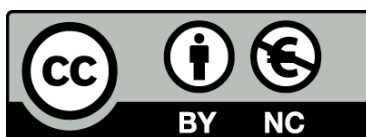




UNIVERSITAT DE
BARCELONA

**Les representacions externes
com a eina de construcció del model de força
al Grau de Mestre d'Educació Primària**

Àngela Garcia Lladó



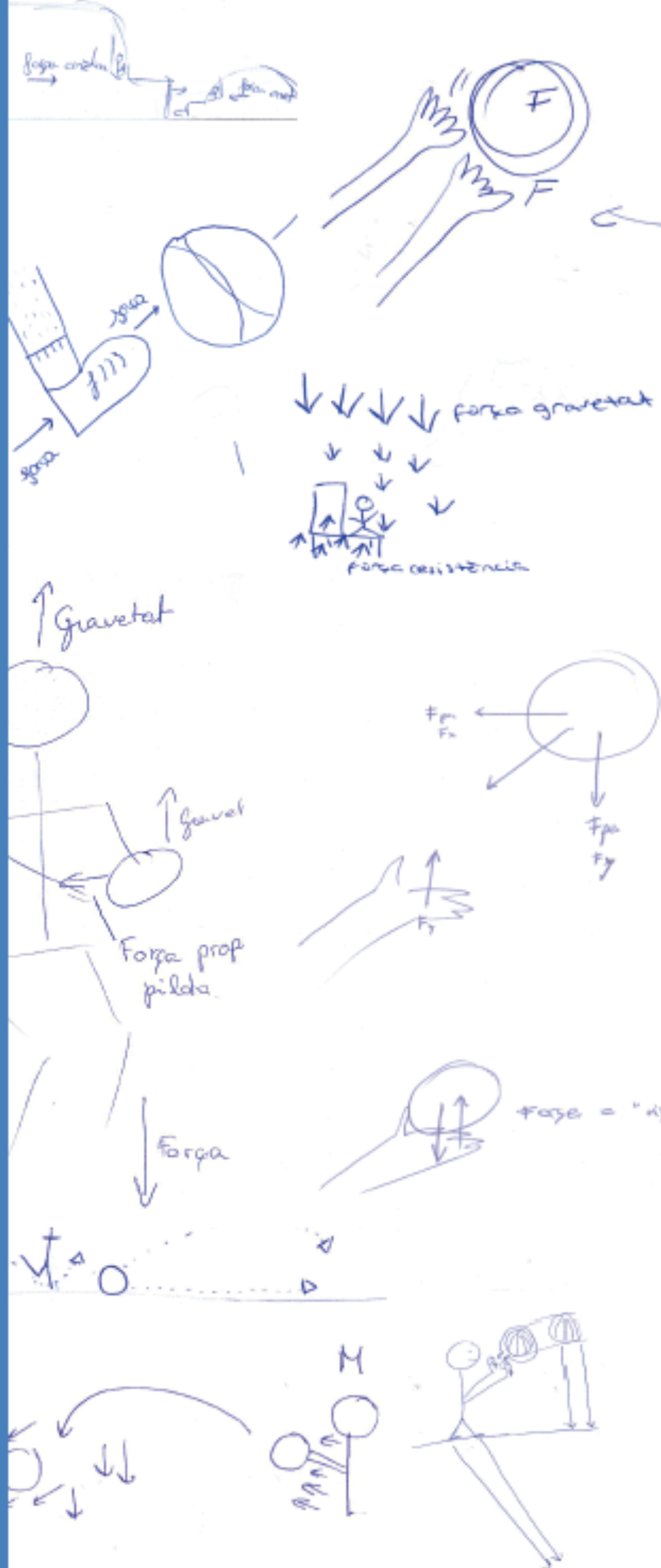
Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License.**

Les representacions
externes com a eina
de construcció del
model de força al
Grau de Mestre
d'Educació Primària

Àngela Garcia i Lladó





UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Les representacions externes com a eina de construcció del model de força al Grau de Mestre d'Educació Primària

Programa de doctorat en Didàctica de les Ciències, les Llengües,
les Arts i les Humanitats

Facultat d'Educació

Autora: Àngela Garcia Lladó

Directores: Marina Castells Llavanera i Mercè Garcia-Milà Palaudarias

Tutor: Joaquim Giménez Rodríguez

A totes i tots els alumnes que he tingut a la facultat (als '*alumnitos*', vaja). Sense vosaltres, literalment, no hagués après tot el que he après en aquest treball ni tindria cap sentit la feina que fem a la universitat.
Ens veiem a classe! ;)

‘O professor é, naturalmente, um artista, mas ser um artista não significa que ele ou ela consiga formar o perfil, possa moldar os alunos. O que um educador faz no ensino é tornar possível que os estudantes se tornem eles mesmos.’

Paulo Freire

“You can know the name of a bird in all the languages of the world, but when you're finished, you'll know absolutely nothing whatever about the bird... So, let's look at the bird and see what it's doing — that's what counts. I learned very early the difference between knowing the name of something and knowing something.”

Richard P. Feynman

May the force be with you.

Presentació

Aquesta memòria recull el treball de tesi doctoral elaborat dins del programa de Doctorat de Didàctica de les Ciències, les Llengües, les Arts i les Humanitats de la Facultat d'Educació de la Universitat de Barcelona. La recerca s'ha inclòs en dos projectes de recerca: '*Impacto de las representaciones externas en el cambio conceptual de los alumnos.*' (EDU2013-47593-C2-2-P, IP: M. Garcia-Milà) i '*Participación reflexiva de profesorado y alumnado en las prácticas científicas: Potencialidades, desafíos y criterios didácticos.*' (EDU2015-66643-C2-1-P, IP: C. Màrquez).

Durant els anys que ha durat la recerca s'ha assistit i participat amb diferents comunicacions orals a congressos locals i nacionals (Jornada d'Investigadors Predoctorals Interdisciplinària de la UB, Trobada de la Societat Catalana d'Història de la Ciència, *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*) i internacionals (*GIREP Conference* i *ESERA Conference*). Durant l'estiu de l'any 2017 s'ha participat a la *Summer School* d'ESERA per tal de discutir el procés de recerca i primers resultats.

S'han elaborat aquestes publicacions amb diferents aportacions i resultats que han sorgit d'aquesta recerca:

- Garcia Lladó, A. (2019). El repte d'aprendre i ensenyar forces. *Revista Ciències*. 37. 19-26.
- Garcia Lladó, A; López, V. (Acceptat) Beyond the recurring free-body force diagrams: educational pros and cons of the alternative representations of forces and interactions. *The Physics Teacher*.

Agraïments

Si mireu la portada, posa que jo sóc l'autora d'aquesta tesi. Però com qualsevol projecte que un dugui a terme, és impossible fer-lo solitàriament. Molta gent m'ha acompanyat en aquest camí de cinc anys. Sigui estirant del carro quan la cosa s'encallava, aguantant-me quan me n'anava avall, suportant estoicament hores i hores de xarrera sobre detalls insignificants que semblaven el més important del món o simplement, estant al meu costat i donant-me suport (de tots els tipus imaginables: logístic, alimentari, emocional, laboral...). M'agradarà que el primer que es trobi qui agafi aquest *totxamen* (com s'ha anomenat a aquesta memòria en aquests últims mesos) sigui a totes vosaltres i com us agraeixo que m'hagueu facilitat el camí fins aquí.

El primer agraïment va per la Marina i per la Mercè. El tàndem de directores que han gestionat la direcció de maneres molt diferents però amb una cosa en comú: de les que he après molt. Amb la Marina amb les hores de reunions i debats mentre avançava la recerca (tot i les dificultats horàries ho hem aconseguit!) que m'han servit per parar, reflexionar, contrastar visions i anar-me construint el meu propi criteri. Amb la Mercè amb les trobades més preparades i eficients que mai he tingut a la universitat. Amb unes reunions que eren com l' 'avecrem' de l'aprenentatge: un concentrat de contingut que vas diluint i del que surt suc per estona.

Junt a aquesta codirecció, s'hi ha de sumar una altra pota responsable de part important de l'aprenentatge que he fet durant aquests anys: el grup de recerca d'Alfagraf. En aquest espai i debatent amb tots ells he après moltíssim. He tingut estones de debat molt enriquidores i espero poder continuar trobant un forat bisetmanal per buscar maneres de col·laborar. Crec que la interdisciplinarietat és una de les eines més potents que tenim per a resoldre problemes i construir, i en aquesta tesi s'ha notat!

L'altre gran agraïment va per la Carolina. Ha estat a l'ombra però a punt sempre que ha calgut. Facilitant infinitat de tasques, col·laborant sempre que li he demanat des de tots els àmbits possibles: si necessitava que participés algun dels seus grups classe, allà estava. Si necessitava suport emocional i una mica de *dulce de leche*, allà estava. Si necessitava criteri professional, allà estava. Això és un equip! Gràcies amiga. I faig extensiu part d'aquest agraïment a la Bea i al Carlos. Mil gràcies per deixar-vos enganyar sense dubtar per a poder col·laborar els vostres grups classe amb unes sessions tan complexes com les de forces, i per estar posats amb els 5 sentits a la tasca tot i ser en dates complicades. No us ho pagaré prou amb tots els sopars als que us convidi.

I per últim, m'agradaria agrair tota la feina que ha fet (en molts sentits) al Josep Maria. No ha participat directament en l'elaboració de la tesi, però segurament és culpa seva que jo hagi arribat fins aquí. Les primeres reflexions didàctiques amb cara i ulls que vaig fer i que em van començar a despertar el cuc de voler-ne saber més van ser a les reunions de coordinació. Que a banda de coordinar l'equip de DMEI, sempre han estat un seminari de didàctica de física i química encobert. Un espai on el coneixement es construeix en equip a partir del debat sobre el que passa a l'aula. Gràcies per tot! I junt amb el Josep Maria, moltes gràcies a tot l'equip d'associades i associats de física i química per tot: pel que aprenem, pel que debatem, pel que ens coordinem encara que ens ho posin difícil... Moltes gràcies Nora, Emili, Julià, Carme, Edu, Marta, Iván, Coral... i els que vénen i els que han passat.

A totes i tots els alumnes de DMEI del cursos 2016/17 i 2017/18 que vau participar amb els qüestionaris i entrevistes, 1.000 gràcies! No us puc convidar a tots perquè m'arruïno però sense la vostra col·laboració res hagués pogut ser. Continuarem treballant perquè cada dia odieu i us avorriu menys amb la física i la química. Al final us agradaran! ;)

Finalment, gràcies a l'equip de la UAB per ser-hi des de la distància. Per donar-me un cop de mà, convidar-me a les seves sessions de formació o facilitar l'anada a congressos quan ha calgut. I per ensenyar-me tant en les ràpides converses que he pogut tenir amb totes vosaltres. *Ojalà* hagués pogut tenir més temps per quedar-me quan estàvem de congrés, per anar a més jornades de doctorands i a seminaris... Gràcies en especial, a la gent amb qui més contacte he pogut tenir de manera especial. Gràcies a l'Anna, al Víctor, a la Digna i a la Conxita de manera especial.

I sortint del terreny universitari... queda alguna gent que es mereix un agraïment molt especial. El tindran en persona segur, però és gràcies a totes elles que he pogut arribar fins aquí. Els camins de les tesi són durs sobretot, emocionalment parlant. Com que tenim tota la vida per endavant ja us ho aniré recordant com d'agraïda us estic, però començarem ara.

Les primeres i més grans 'gràcies' són per Eduxarxa. La família que he triat per treballar i intentar fer de la feina un lloc amb sentit. O el que és el mateix, pel clan eduxaxi: l'Anna, l'Edu, l'Estela, la Maria i la Montse. Gràcies per haver construït un projecte que posa les coses fàcils quan tot es gira en contra. Gràcies per entendre en cada moment 'les fases de la tesi' i haver-ho encaixat en el sistema laboral, per haver-me permès consumir els 'joules' que tocaven en cada moment... Si no m'ho haguéssiu posat tant fàcil, crec que no hauria arribat fins aquí.

Les segones gràcies per la família Garcia, la família Lladó i la família Garcia-Lladó. Per haver fet tant bé allò de 'mirar, escoltar, callar'... (i jo sumo, acompanyar... i al·lucinar?) quan venia enfadada amb el món, o quan m'heu trobat més preocupada del compte, o simplement per demanar... i què tal això de la tesi? Ala, ja teniu una doctora a la família. Però de les que a nivell pràctic tampoc serveixen per molt.

And last but not least... Anna G, Anna V, Alba, Blanca, Berta C, Carles G, Comandante, Carmeta, Damià, David, Elena, Èlia, Eva, Guillem, Horaci, Ignasi, Juanitu, Jordi, Laia, Magda, Marc, Marta C, Marta M, Míriam, Nuri, Olga G, Olga M, Ori A, Ori C, Ori R, Oscar, Pau C, Pau G, Pau S, Pep, Peke, Raul i Roger!!! Prometo no parlar més de la tesi a menys que m'ho demaneu. Finito!

Esteu en aquesta llista perquè heu aguantat hores de birres monotema, o perquè m'heu tret de festa o a cremar carrers en algun correfoc quan més o necessitava, o perquè quan us he dit 'no puc quedar, tinc tesi' no heu fet mala cara. En definitiva, per ser l'acompanyament humà millor que algú es podria imaginar per un viatge així. Sou totals! Com a mínim, us convido a una birra cadascun (ho anirem espaiant en el temps, que l'economia no ha estat una de les guanyadores d'aquests anys) i ja *lo que surja*... que és el que se'ns dona millor.

I per acabar... agraïment un pèl curiós. Ja sabeu que no sóc dona de silencis. Per treballar necessito SEMPRE música. I aquí estan els que m'han acompanyat aquests últims mesos tancament redactor. A moltíssims no els conec ni els coneixeré mai, però tinc la sensació que són com de casa ja. Gràcies per ajudar-me a concentrar i motivar-me. Gràcies Hozier, Portugal. The Man, Bukahara, The Cat Empire, Toots & The Maytals, Hepcat, Outer Space, Jimmy Cliff, Desmond Dekker, The Skatalites, Ella Fitzgerald, Louis Armstrong, Nina Simone, The Gramophone Allstars Big Band i els que sortien recomanats després de la llista. Gràcies per fer aquest viatge menys dur.

Sumari

Presentació.....	I
Agraïments.....	II
Sumari.....	IV
Índex de figures.....	X
Índex de taules.....	XIII
Abstract.....	XVII
Resum.....	XVIII
Introducció.....	1
1.1. Presentació i justificació de l'objecte d'estudi.....	1
1.2. Glossari sobre forces i moviment.....	3
1.3. Estructura de la memòria.....	4
Objectius i preguntes de recerca.....	9
2.1. Objectius de la recerca.....	9
2.2. Preguntes de recerca.....	9
Fonamentació teòrica.....	13
3.1. La ciència escolar i la ciència professional.....	14
3.1.1. Acords de la Didàctica de les Ciències.....	14
3.1.2. La caracterització de l'ACE.....	14
3.1.3. Els principis i continguts de l'ACE.....	16
3.2. L'aprenentatge científic.....	16
3.2.1. Perspectives de l'aprenentatge científic des de la Psicologia de l'Educació.....	16
3.2.2. L'aprenentatge encarnat, a través del cos.....	17
3.2.3. El paper dels models en l'aprenentatge dels conceptes científics contra-intuïtius.....	18
3.3. Els diferents models: científic, científic escolar i mental.....	19

3.3.1. Model científic (MC).....	19
3.3.2. Model científic escolar (MCE)	20
3.3.3. Model mental (MM).....	20
3.4. La funció de les representacions i el llenguatge en l'aprenentatge de les ciències	21
3.4.1. El llenguatge i l'aprenentatge de les ciències.....	21
3.4.2. Les representacions gràfiques i l'aprenentatge de les ciències.....	21
3.4.2.1. L'aprenentatge mitjançant la interpretació de representacions	23
3.4.2.2. L'aprenentatge mitjançant les representacions creades per l'alumnat	24
3.5. L'aprenentatge a les aules de les forces i el moviment.....	24
3.5.1. Els models mentals inicials de forces i moviment	25
3.5.2. El model científic escolar de forces i moviment	26
3.5.3. Els models de força de l'alumnat universitari.....	32
3.5.4. L'ús de les representacions múltiples i l'aprenentatge de forces i moviment	34
3.6. La formació del professorat	35
Metodologia	41
4.1. Estudi Pilot	41
4.1.1. Disseny.....	42
4.1.2. Anàlisi del qüestionari i conclusions de l'exploració	42
4.2. Marc metodològic: <i>mixed methods</i>	43
4.3. Disseny	44
4.4. Instruments de recollida de dades	45
4.4.1. Qüestionari.....	47
4.4.1.1. Disseny.....	48
4.4.1.2. Garanties de qualitat i limitacions	50
4.4.2. Entrevista.....	51

4.4.2.1. Disseny.....	51
4.4.2.2. Garanties de qualitat i limitacions	54
4.5. Descripció de variables i codificació.....	54
4.5.1. Operacionalització de les variables quantitatives	55
4.5.1.1. Quines forces identifica l'alumnat en una situació concreta d'interacció entre dos cossos?	55
4.5.1.2. Com fa l'alumnat les representacions gràfiques de la situació?.....	57
4.5.1.3. Existeix coherència entre les diferents parts de la resposta?	59
4.5.1.4. Quin model de força expressa l'alumnat en les seves respostes?.....	62
4.5.2. Operacionalització de les variables de la part qualitativa	68
4.5.2.1. Categories i codificació per a l'objectiu 1	69
4.5.2.2. Categories i codificació per a l'objectiu 2 i 3.....	69
4.6. Participants.....	71
4.6.1. Mostra del curs 2016/17.....	72
4.6.1.1. Entrevista.....	72
4.6.1.2. Qüestionari.....	72
4.6.2. Mostra del curs 2017/18.....	72
4.6.2.1. Entrevista.....	72
4.6.2.2. Qüestionari.....	73
4.7. Procediment.....	73
4.8. Anàlisi de les dades.....	76
4.8.1. Anàlisi de les respostes dels qüestionaris.....	76
4.8.2. Anàlisi de les respostes de les entrevistes	77
4.9. Qüestions d'ètica.....	78
Presentació de l'assignatura objecte de la investigació: Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció ...	83

5.1. Fonamentació teòrica.....	83
5.1.1. Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció.....	83
5.1.2. Fonament didàctic de l'assignatura.....	85
5.1.3. Les activitats dialògiques.....	86
5.2. Programació d'aula del bloc 'Interacció per forces: equilibri i moviment'	88
Proposta de representació gràfica alternativa.....	95
6.1. Antecedents de representacions gràfiques alternatives	95
6.1.1. Presentació de les representacions gràfiques alternatives	95
6.1.2. Comparativa i anàlisi.....	99
6.2. Justificació de la proposta.....	101
6.3. Representació gràfica d'interaccions i forces.....	102
6.4. Implementació en les sessions d'aula.....	106
Resultats	113
7.1. Resultats dels qüestionaris	113
7.1.1. Curs 2016/17.....	114
7.1.1.1. Resultats obtinguts a partir de les categories establertes	114
7.1.1.2. Evolució dels models de força en les respostes PRE i POST dels qüestionaris	117
7.1.1.3. Significativitat de l'evolució del model de força: aplicació del test de Friedman	120
7.1.1.4. Nivell del model d'interacció assolit per l'alumnat.....	121
7.1.2. Curs 2016/17.....	123
7.1.2.1. Resultats obtinguts a partir de les categories establertes	123
7.1.2.2. Evolució dels models de força en les respostes PRE i POST dels qüestionaris	127
7.1.2.3. Significativitat de l'evolució del model de força: aplicació del test de Friedman	130
7.1.2.4. Nivell del model d'interacció assolit per l'alumnat.....	131
7.1.2.5. Ús de la representació gràfica d'interaccions i forces	132

7.2. Anàlisi del contingut i resultats de les entrevistes	133
7.2.1. Identificació de forces i mostra de representacions gràfiques	133
7.2.2. Resultats per a l'objectiu 1	149
7.2.3. Resultats per a l'objectiu 2.....	151
7.2.4. Resultats per a l'objectiu 3.....	153
Discussió de resultats	159
8.1. Síntesi i discussió dels resultats dels qüestionaris.....	159
8.1.1. Síntesi dels resultats dels qüestionaris	159
8.1.2. Comparativa i discussió dels resultats dels dos grups.....	164
8.2. Síntesi i discussió dels resultats de les entrevistes.....	167
8.2.1. Síntesi dels resultats de les entrevistes	167
8.2.2. Discussió dels resultats de les entrevistes.....	168
Conclusions.....	173
9.1. Els models mentals dels futurs mestres i la seva resistència al canvi.....	173
9.2. La representació gràfica d'interaccions i forces.....	175
9.3. L'aprenentatge de forces dels futurs mestres a partir d'una nova representació gràfica	177
9.4. Reflexions sobre les aportacions, limitacions de la recerca i noves línies de treball.....	178
9.4.1. Principals aportacions.....	178
9.4.2. Limitacions de recerca	179
9.4.3. Noves preguntes i propostes de treball	180
Bibliografia	183
Annex 1. Qüestionari pilot	192
Annex 2. Qüestionari	199
Annex 3. Programació fina de les sessions del bloc de forces del curs 2016/17.....	208
Annex 4. Programació fina de les sessions del bloc de forces del curs 2017/18.....	217
Annex 5. Presentació <i>Power Point</i> usada durant les sessions del curs 2017/18	232

Annex 6. Consentiment informat.....	246
Annex 7. Resultats detallats del qüestionari pel curs 2016/17.....	247
Annex 8. Resultats detallats del qüestionari pel curs 2017/18.....	259

Índex de figures

Figura 1. Diagrames de forces proposats per al cas d'un cavall estirant d'un carro (Tipler & Mosca, 2010).	3
Figura 2. Procés de dotació de significat de les representacions.	22
Figura 3. Distribució temporal de les diferents etapes de la recerca.	46
Figura 4. Estructura de les preguntes obertes.	48
Figura 5. Estructura de les preguntes tancades.	49
Figura 6. Representació dels elements bàsics per a la construcció de coneixement científic (Arca et al., 1990).	86
Figura 7. Representació de les diferents formes d'aproximació comunicativa (Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006)	87
Figura 8. Representació de cos lliure.	96
Figura 9. Representació de forces al llibre ' <i>Forze, deformazioni, movimento</i> ' (Gagliardi, Gallina, Guidoni, & Piscitelli, 1989).	96
Figura 10. Representació de forces al llibre ' <i>Raisonnement en physique: La part du sense commun</i> ' (Viennot, 1996).	97
Figura 11. Representacions gràfiques proposades a l'article ' <i>A developmental approach to cognitive change in mechanics</i> ' (Lemeignan & Weil-Barais, 1994).	97
Figura 12. Representacions gràfiques proposades a l'article Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? (Savinainen, Mäkynen, Nieminen, & Viiri, 2013).	98
Figura 13. Representacions gràfiques proposades a l'article Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals (Jiménez & Perales, 2001).	98
Figura 14. Representacions gràfiques proposades a l'article ' <i>Using the System Schema Representational Tool to Promote Student Understanding of Newton's Third Law</i> ' (Hinrichs, 2005).	99
Figura 15. Exemple de representació gràfica utilitzada a DMEI.	101
Figura 16. Pas 1 de la representació gràfica d'interaccions i forces.	103
Figura 17. Pas 2 de la representació gràfica d'interaccions i forces.	103
Figura 18. Pas 3 de la representació gràfica d'interaccions i forces.	104
Figura 19. Pas 4 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi d'un sol cos.	104

Figura 20. Pas 5 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi d'un sol cos.	105
Figura 21. Pas 4 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi de múltiples cossos.	105
Figura 22. Pas 5 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi de múltiples cossos.	105
Figura 23. Nivells amb els que s'expressa el model d'interacció en els qüestionaris PRE i POST en el curs 2016/17.	122
Figura 24. Representació de S1 en el qüestionari POST de l'alumne 5A-6.	124
Figura 25. Representació de S1 en el qüestionari POST de l'alumne 1B-8.	124
Figura 26. Nivells amb els que s'expressa el model d'interacció en els qüestionaris PRE i POST en el curs 2017/18.	132
Figura 27. Desenvolupament de l'entrevista 2.	148
Figura 28. Desenvolupament de l'entrevista 3.	148
Figura 29. Desenvolupament de l'entrevista 4.	149
Figura 30. Desenvolupament de l'entrevista 5.	149
Figura 31. Desenvolupament de l'entrevista 6.	149
Figura 32. Desenvolupament de l'entrevista 7.	149
Figura 33. Desenvolupament de l'entrevista 8.	149
Figura 34. Desenvolupament de l'entrevista 9.	149
Figura 35. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 1 pel curs 2016/17.	160
Figura 36. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 1 pel curs 2016/17.	160
Figura 37. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 2 pel curs 2016/17.	160
Figura 38. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 2 pel curs 2016/17.	160
Figura 39. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 3 pel curs 2016/17.	162
Figura 40. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la cadira en la situació 3 pel curs 2016/17.	162

Figura 41. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 1 pel curs 2017/18.	163
Figura 42. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 1 pel curs 2017/18.	163
Figura 43. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 2 pel curs 2017/18.	163
Figura 44. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 1 pel curs 2017/18.	163
Figura 45. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 2 pel curs 2017/18.	163
Figura 46. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la cadira en la situació 3 pel curs 2017/18.	163
Figura 47. Ús del model d'interacció per a les tres situacions en els qüestionaris del curs 2016/17.	166
Figura 48. Ús del model d'interacció per a les tres situacions en els qüestionaris del curs 2017/18.	166
Figura 49. Classificació dels models segons els eixos de rol de la força i pertinença al cos.	175

Índex de taules

Taula 1. Idees sobre forces que componen els models mentals de l'alumnat (Alonzo & Steedle, 2009). ...26	26
Taula 2. Desenvolupament de la idea d'acció a distància segons les edats de l'alumnat (Harlen et al., 2015).27	27
Taula 3. Desenvolupament de la idea dels efectes d'una força segons les edats de l'alumnat (Harlen et al., 2015).28	28
Taula 4. Progressió d'aprenentatge de forces i moviment (Alonzo & Steedle, 2009).32	32
Taula 5. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a propietat d'un objecte'.33	33
Taula 6. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a desig intern o <i>'drive'</i> '.34	34
Taula 7. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a agent'.34	34
Taula 8. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a interacció'.34	34
Taula 9. Relació d'objectius específics i preguntes que ha de resoldre cada instrument.45	45
Taula 10. Preguntes de l'entrevista.52	52
Taula 11. Codificació elaborada per a la identificació de forces.55	55
Taula 12. Codificació elaborada per a la representació gràfica de les forces.56	56
Taula 13. Codificació elaborada per a la coherència de les respostes.59	59
Taula 14. Codificació dels models de força utilitzats.62	62
Taula 15. Codificació dels nivells d'aprofundiment dels models d'interacció.64	64
Taula 16. Codificació de la realització de la representació del gràfic d'interaccions i forces.66	66
Taula 17. Codificació per a identificar com l'alumnat s'expressa verbalment.69	69
Taula 18. Codificació per a analitzar com l'alumnat utilitza la representació gràfica de la força i quines dificultats té en el diagrama del cos lliure.70	70
Taula 19. Grups implicats en l'estudi 2017/18.73	73
Taula 20. Objectius i resum de la sessió 1 del bloc de forces del curs 2017/18.88	88
Taula 21. Objectius i resum de la sessió 2 del bloc de forces del curs 2017/18.89	89
Taula 22. Objectius i resum de la sessió 3 del bloc de forces del curs 2017/18.90	90
Taula 23. Objectius i resum de la sessió 4 del bloc de forces del curs 2017/18.91	91
Taula 24. Criteris per a la valoració de la usabilitat de les representacions gràfiques.100	100
Taula 25. Comparativa de representacions gràfiques de forces i interaccions.100	100

Taula 26. Dificultats principals de l'alumnat de DMEI amb la comprensió de forces i l'ús de les representacions gràfiques.	101
Taula 27. Objectius i resum de la sessió 1 del bloc de forces del curs 2017/18.	106
Taula 28. Objectius i resum de la sessió 2 del bloc de forces del curs 2017/18.	107
Taula 29. Objectius i resum de la sessió 3 del bloc de forces del curs 2017/18.	108
Taula 30. Objectius i resum de la sessió 4 del bloc de forces del curs 2017/18.	109
Taula 31. Identificació de forces feta en els qüestionaris PRE del curs 2016/17.	114
Taula 32. Identificació de forces feta en els qüestionaris POST del curs 2016/17.	114
Taula 33. Identificació de models de força fets en els qüestionaris PRE del curs 2016/17.	115
Taula 34. Identificació de models de força fets en els qüestionaris POST del curs 2016/17.	116
Taula 35. Freqüències relatives d'ús del model d'interacció (Mod-I) en les respostes dels qüestionaris PRE i POST.....	117
Taula 36. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S1 en el curs 2016/17.	118
Taula 37. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S1 en el curs 2016/17.	118
Taula 38. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S2 en el curs 2016/17.	119
Taula 39. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S2 en el curs 2016/17.	119
Taula 40. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S3 en el curs 2016/17.	120
Taula 41. Taula creuada dels models de força expressats per a la cadira en S3 en el curs 2016/17.	120
Taula 42. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 1, respectivament, en el curs 2016/17.	121
Taula 43. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 2, respectivament, en el curs 2016/17.	121
Taula 44. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 3, respectivament, en el curs 2016/17.	121
Taula 45. Respostes sobre les forces que actuen en la situació de xoc entre un camió i un cotxe en el curs 2016/17.	122
Taula 46. Respostes sobre les forces que actuen en la situació d'una làmpada penjant d'un sostre en el curs 2016/17.	122
Taula 47. Identificació de forces feta en els qüestionaris PRE del curs 2017/18, en el curs 2017/18.	123
Taula 48. Identificació de forces feta en els qüestionaris POST del curs 2017/18, en el curs 2017/18. ..	123
Taula 49. Identificació de models de força fets en els qüestionaris PRE en el curs 2017/18.	125

Taula 50. Identificació de models de força fets en els qüestionaris POST en el curs 2017/18.	125
Taula 51. Freqüències relatives d'ús del model d'interacció en les respostes dels qüestionaris PRE i POST en el curs 2017/18.	127
Taula 52. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S1, en el curs 2017/18.	128
Taula 53. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S1, en el curs 2017/18.	128
Taula 54. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S2, en el curs 2017/18.	129
Taula 55. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S2, en el curs 2017/18.	129
Taula 56. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S3, en el curs 2017/18.	130
Taula 57. Taula creuada dels models de força expressats per a la cadira en S3, en el curs 2017/18.	130
Taula 58. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 1, respectivament, en el curs 2017/18.	131
Taula 59. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 2, respectivament, en el curs 2017/18.	131
Taula 60. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 3, respectivament, en el curs 2017/18.	131
Taula 61. Respostes sobre les forces que actuen en la situació de xoc entre un camió i un cotxe en el curs 2017/18.	132
Taula 62. Respostes sobre les forces que actuen en la situació d'una làmpada penjant d'un sostre en el curs 2017/18.	132
Taula 63. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 2.	135
Taula 64. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 3.	137
Taula 65. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 4.	139
Taula 66. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 5.	141
Taula 67. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 6.	143
Taula 68. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 7.	145
Taula 69. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 8.	147
Taula 70. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 9.	148
Taula 71. Anàlisi de les característiques de les representacions gràfiques lliures fetes durant les entrevistes.	151
Taula 72. Expressions utilitzades per l'alumnat per a explicar el significat dels diferents elements de la fletxa.	152

Taula 73. Anàlisi de les característiques de les representacions gràfiques pautades fetes durant les entrevistes.	154
Taula 74. Model més utilitzat per a explicar les forces que actuen en diferents situacions fetes per a diferents cossos.	160

Abstract

The context of this research is the semi-annual course on Didactics of the Matter, the Energy and the Interaction (DMEI) addressed to Teacher Training in the Primary Education Degree at the University of Barcelona. This is a compulsory course in the second year of the Degree. It is known that the majority of students arrive at the Degree with a very poor knowledge on Physics and Chemistry. In most cases, the last course in which they studied Physics is at compulsory secondary education (when they were 14-15 years old). That's because most of them chose a Social and Humanities major at Secondary High Education (16-18 years old). On the other hand, there is a widespread perception that one of the most difficult topics in the pre-service primary teacher education is the forces and its relationship with everyday situations.

According to this, the PhD purposes are to explore how mental models; the use external representation and their interrelationship improve the learning of the concept of force and to design materials and practices to develop a better understanding of the concept. Given the small number of sessions devoted to the topic of forces in the DMEI course, in our PhD we chose to focus only on one of the most fundamental but less intuitive ideas of force: the force as an interaction between two objects or systems.

A case study and a questionnaire were designed to analyse the main difficulties in the modelling of forces, how graphic representations help pre-service teachers to do it and which are the different force models and representations that students have before and after the class sessions. With the results obtained by these instruments and the literature research on alternative external representations done we have designed a new representation that was used during de 2017/18 DMEI sessions. An adaptation of the 2016/17 sessions is carried out. The only change done to the sessions was the inclusion of a new graphic representation as an instrument to think with the different given situations in terms of interactions with the aim to be able to reach the representation of the forces on a body with the free body diagram.

The number of responses that mention force as an interaction between bodies is higher during the 2017/18 course, so we can say that the new representation helps them to promote the interaction force model. In addition, the use of this graphic representation as a tool for solving problems has been well received by pre-service teachers. During the DMEI exam it was not mandatory to use it, but there was a part of them who used it spontaneously to solve the problem of forces proposed. Although the identification of the forces present in a situation has improved, problems are still encountered in the realization of the drawing of the free body diagram.

Resum

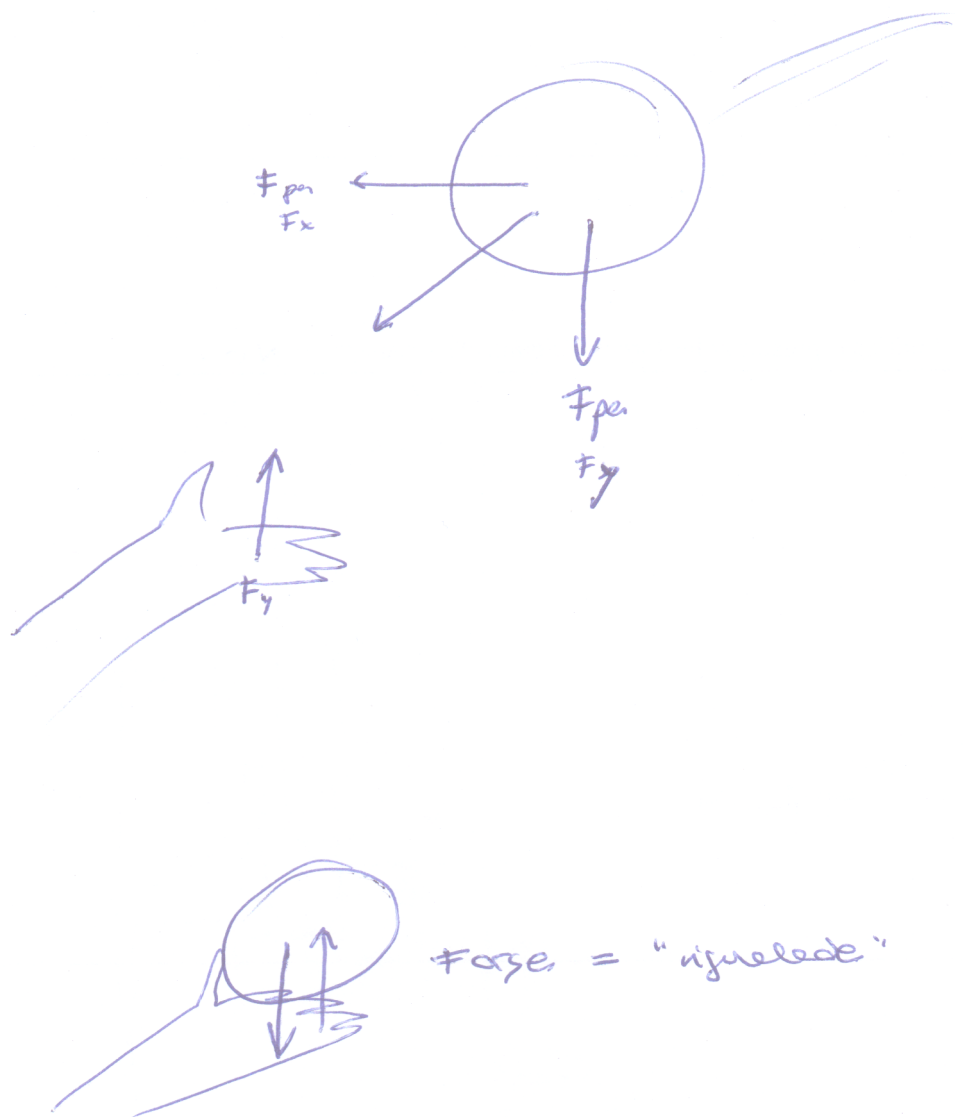
El context d'aquesta investigació és l'assignatura obligatòria semestral de Didàctica de la Matèria, l'energia i la interacció (DMEI) del Grau de Mestre d'Educació Primària de la Universitat de Barcelona, que dura un semestre. Se sap que la majoria d'estudiants arriben al Grau amb uns coneixements molt pobres de Física i Química. En la majoria dels casos, l'últim curs en què van estudiar Física és durant l'Educació Secundària Obligatòria (quan tenien 14-15 anys). Això és degut a que la majoria d'ells van escollir els batxillerats social o d'humanitats. D'altra banda, hi ha una percepció generalitzada per part dels futurs mestres que un dels temes més difícils del contingut de ciències que han de treballar a l'Educació Primària són les forces i la seva relació amb situacions quotidianes.

A partir d'aquest context, els propòsits de doctorat són explorar quins són els models mentals de força de l'alumnat, quin ús fan de les representacions externes i analitzar de quina manera la seva interrelació pot ajudar a una millora de l'aprenentatge del model de força. Per a fer-ho es dissenyaran materials nous i per a utilitzar durant les sessions d'aula. Tenint en compte el nombre reduït de sessions dedicades al tema de les forces durant el curs DMEI, s'ha optat per centrar la recerca en una de les idees de força més fonamentals, però menys intuïtives: la força com a interacció entre dos objectes o sistemes.

S'han dissenyat un estudi de cas i un qüestionari per a analitzar quins són els diferents models de força i representacions que tenen els estudiants abans i després de les sessions de classe, com les representacions gràfiques ajuden els futurs mestres a explicitar els seus models mentals i les principals dificultats en l'ús del model de força per a explicar diferents situacions. Amb els resultats obtinguts per aquests instruments i la investigació bibliogràfica sobre representacions gràfiques alternatives, s'ha dissenyat una nova representació que s'ha posat en pràctica durant les sessions de DMEI del curs 2017/18. Aquesta nova representació gràfica s'ha pensat com a instrument per ajudar pensar en termes d'interacció les forces que es donen en diferents situacions. I es planteja amb l'objectiu de facilitar l'anàlisi de la situació plantejada i poder arribar a la representació de les forces que actuen sobre un cos amb el diagrama de cos lliure.

El nombre de respostes dels qüestionaris que mencionen la força com a interacció entre cossos és més gran durant el curs 2017/18, de manera que podem dir que la nova representació ajuda a promoure el model de força d'interacció. A més, l'ús d'aquesta representació gràfica com a eina per resoldre problemes ha estat ben rebuda pels futurs mestres. Durant l'examen de DMEI no era obligatori utilitzar-la, però hi va haver una part d'alumnat que l'havia treballat que la va començar a utilitzar espontàniament per resoldre el problema de forces proposat. Tot i que la representació gràfica funciona i la identificació de les forces presents en una situació ha millorat, encara es troben problemes en la realització del dibuix del diagrama del cos lliure que es poden continuar treballant.

Introducció



1

Introducció

En el capítol 1 s'introdueix la recerca feta durant la tesi doctoral a partir de la seva justificació i presentació (Secció 1.1). A continuació s'introdueixen un parell de seccions més tècniques per a garantir una bona comprensió de la memòria. En primer lloc hi ha un glossari sobre forces i moviment per tal de garantir que tothom que la llegeixi comparteixi els significats de les paraules més tècniques (Secció 1.2). Per tancar el capítol es presenta un resum de l'estructura de la memòria (Secció 1.3).

1.1. Presentació i justificació de l'objecte d'estudi

Aquesta recerca parteix d'una de les diferents inquietuds del grup de professorat de la Universitat de Barcelona que imparteix l'assignatura de Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció (DMEI) al 2n curs del Grau de Mestre d'Educació Primària de la Universitat de Barcelona. Aquesta assignatura és l'única obligatòria que cursarà l'alumnat del Grau per a treballar el contingut de física i química que es tracta a Educació Primària: la matèria, l'energia, les interaccions entre matèria i energia, les transformacions químiques, les forces i el moviment i el so i la llum.

L'objectiu de l'assignatura és treballar amb les i els futurs mestres els principis bàsics de la didàctica d'aquests continguts per a poder-los donar eines per a treballar amb el seu alumnat. Any rere any, però, trobem que els futurs mestres (FM) arriben sense un coneixement científic dels diferents continguts (fet imprescindible per a poder generar situacions d'aprenentatge en un futur) i, habitualment, amb un seguit d'emocions molt

negatives respecte a aquests continguts (Pipitone, Guitart, Agudelo, & Garcia-Lladó, 2019) Els objectius s'han d'ampliar i hi afegim treballar tot el contingut científic escolar que hauran de desenvolupar quan siguin mestres i modificar aquestes emocions negatives cap a positives. Ja que, el que sentin ells cap a aquestes disciplines, serà el que transmetran al seu alumnat.

L'assignatura de DMEI planteja diferents reptes a l'equip de professorat. La manera d'afrontar-los des de l'equip de professorat és a partir del plantejament de diferents recerques que van aportant coneixement sobre com millorar el treball amb l'alumnat. En els últims anys s'han treballat aspectes relacionats amb el model de matèria que es treballa en una de les pràctiques que es desenvolupen a l'inici de l'assignatura (Pipitone, Agudelo, & Garcia-Lladó, 2017), sobre quines són les causes que destaca l'alumnat que promouen un canvi d'emocions negatives a positives (Pipitone et al., 2019) o sobre com evolucionen les habilitats dels futurs mestres de l'assignatura de fer-se preguntes investigables a mesura que avança l'assignatura (Aguada Berteà, 2019). Un dels reptes que encara estava pendent era revisar la feina que es fa en el bloc de forces i moviment de l'assignatura.

Aquest bloc s'ha de fer en molt poques sessions i són molt properes al final de curs. Sumat a aquest context, hi ha el fet que el contingut que es treballa és molt abstracte i distant del que té l'alumnat quan comença l'assignatura. Aquesta combinació implica que, el de forces i moviment, sigui un dels blocs que generen més maldecaps, tant als futurs mestres (FM) com al professorat de l'assignatura. Als primers perquè els suposa un esforç important d'aprenentatge en molt poc temps i als segons perquè intentem trobar la manera de que aquest aprenentatge es pugui fer en el temps del que es disposa sense que suposi una generació de frustració per als FM.

El problema es podria resoldre fàcilment si es pogués dedicar més temps al bloc, però no és viable a menys que es compti amb més crèdits obligatoris per a treballar aquests continguts. Per aquest motiu es va considerar que un problema didàctic interessant i amb aplicacions directes en la formació dels FM seria veure de quina manera es pot millorar aquest bloc de contingut de l'assignatura. En aquest context s'hi ha sumat la meua participació en el grup de recerca interdisciplinari 'Alfagraf' (Alfabetització Gràfica) del que participen investigadores i investigadors dels camps de la Psicologia de l'Educació, de la Didàctica de la Física i de la Didàctica de les Matemàtiques. En el moment de plantejar la recerca de la tesi, el grup de recerca estava desenvolupant un projecte sobre el paper de les representacions externes en l'aprenentatge de conceptes científics i matemàtics per part de l'alumnat (Martí & Pozo, 2000). Per aquest motiu, es va arribar a l'acord de fer una tesi en què s'investigués la manera com amb les representacions externes podien ajudar a l'alumnat del Grau de Mestre d'Educació Primària a comprendre millor el concepte de força. Per aquest motiu, la tesi està vinculada al Departament d'Educació Lingüística i Literària i de Didàctica de les Ciències Experimentals i de la Matemàtica, però amb una co-direcció del Departament de Cognició, Desenvolupament i Psicologia de l'Educació.

1.2. Glossari sobre forces i moviment

Al llarg de tota la tesi s'aniran anomenant alguns conceptes i continguts científics relacionats amb les forces el moviment i el seu ensenyament a les aules. Tot i que són coneixements que tothom té més o menys presents, hi ha molta diversitat de matisos en les seves definicions. Els definirem ja que és essencial que tothom que llegeixi aquesta memòria en comparteixi el mateix significat. Es presenta el següent glossari de conceptes clau relacionats amb les forces i el moviment. Hi ha altres conceptes relacionats amb el món de la didàctica i l'educació científica que també tenen molts matisos en la bibliografia, però no s'inclouen aquí. Això és degut a que quan apareguin al llarg de la memòria es discutirà el significat exacte amb el que nosaltres els treballarem.

Cos: Substància material que intervé en una situació.

Objecte: Cosa material sense vida que podem percebre a través dels nostres sentits.

Diagrama de cos lliure: Representació gràfica majoritàriament utilitzada pels professionals i estudiants de física per a analitzar les forces que actuen sobre un cos determinat. Totes les forces es representen sobre el cos amb vectors que indiquen la direcció i magnitud de la força aplicada. Hi ha versions del diagrama en què totes les forces que hi actuen es representen en el centre de masses del cos i versions del diagrama en què cada força es presenta en el punt d'aplicació. En la Figura 1 es poden observar els exemples de les representacions gràfiques de forces que es poden trobar al llibre introductori 'Física per a la ciència i la tecnologia' (Tipler & Mosca, 2010). Aquest és un dels llibres més usats com a manual per a l'ensenyament de la física a nivell d'educació superior.

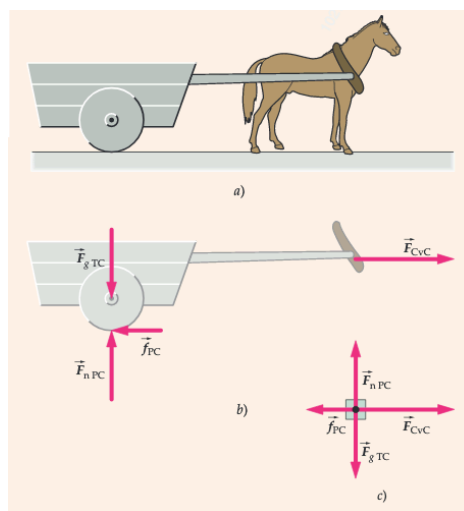


Figura 1. Diagrames de forces proposats per al cas d'un cavall estirant d'un carro (Tipler & Mosca, 2010).

Representació gràfica científicament correcta: Representació gràfica que s'adequa a la codificació que marca el diagrama de cos lliure adaptada al nivell d'educació primària. Es representen les forces sobre el cos indicant-ne la direcció i sentit, però la magnitud de les forces només es representa de manera qualitativa.

Lleis de Newton: Lleis que va formular Isaac Newton per descriure les causes i formes de moviment dels cossos, publicades l'any 1687 al llibre '*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*' que fonamenten tota la mecànica clàssica. Tot i que a educació primària no es treballen de manera explícita les tres lleis si que tot el contingut de forces i moviment que es desenvolupa té relació amb aquestes.

1a Llei de Newton (Principi d'Inèrcia): Si la suma de totes les forces que actuen sobre un cos és nul·la, aquest continuarà en estat de repòs (si estava aturat) o en moviment (si s'estava movent).

2a Llei de Newton (Principi fonamental de la dinàmica): Si la suma de totes les forces que actuen sobre un cos no és nul·la, aquest adquirirà una acceleració directament proporcional a la força aplicada i inversament proporcional a la seva massa.

3a Llei de Newton (Principi d'acció - reacció): Quan un cos exerceix una força sobre un altre, el segon exerceix una força d'igual magnitud i de sentit contrari sobre el primer.

Força: Efecte que es produeix quan dos cossos interaccionen entre ells i que pot provocar el canvi de moviment o de forma d'aquests.

1.3. Estructura de la memòria

Aquesta memòria s'ha estructurat utilitzant com a referència els principals apartats i seccions que s'utilitzen per a presentar un estudi empíric, que s'han adaptat per tal de donar a conèixer les diferents aportacions i contextos específics d'aquesta recerca.

Després del sumari i introducció d'aquest capítol, trobem els següents elements estructurats en capítols:

- **Objectius i pregunta de recerca.** Es fonamenta tota la investigació i en marquen la direcció i instruments d'anàlisi.
- **Fonamentació teòrica.** Es presenta el marc teòric que fixa la base de la nostra recerca. Defineix a partir de quines de les múltiples corrents i visions que conviuen a dia d'avui sobre aprenentatge i educació científica fonamenten la recerca en el nostre context. Concretament específica què entenem per ciència escolar, quins elements faciliten l'aprenentatge científic de l'alumnat, què entenem per model (científic, científic escolar i mental) i quin paper tenen en la formació de professorat de primària, quina funció tenen les representacions gràfiques en l'aprenentatge de continguts i habilitats científiques, quins són els principals objectius i esculls de l'alumnat en l'aprenentatge de forces i moviment i, finalment, quins seran els objectius de la formació del professorat.
- **Disseny de l'estudi i metodologia.** Partint de les observacions fetes durant un estudi pilot el curs 2015/16 es presenta la proposta d'estudi, el marc metodològic que s'utilitzarà, el disseny, els instruments de dades que s'han dissenyat, la població i mostra que sobre les que s'aplicaran, la

proposta d'anàlisi de dades i les qüestions d'ètica que s'han hagut de considerar per a garantir els drets de l'alumnat participant a l'estudi.

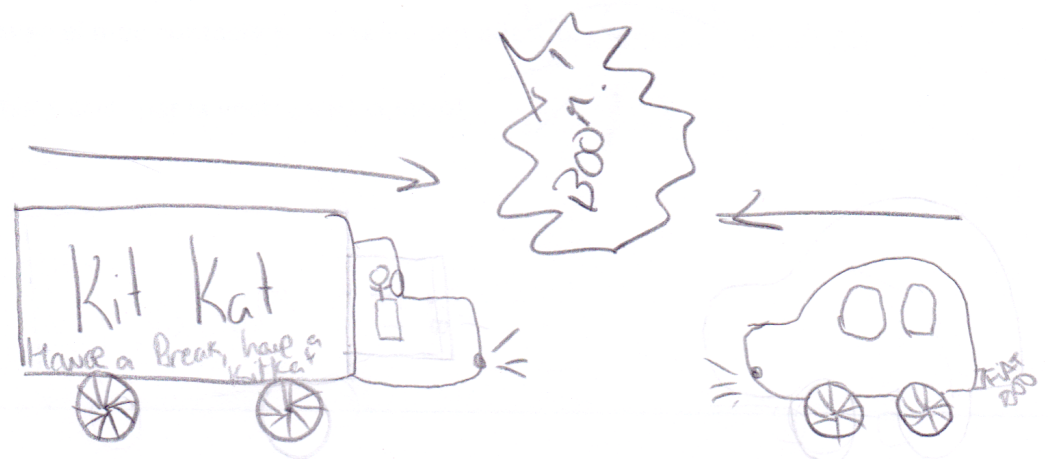
- **Assignatura objecte d'estudi: Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció.** En aquest capítol es presenta l'assignatura en la que es desenvolupa la recerca, justificant-ne les seves activitats i es presenta la programació de les sessions de treball del bloc que treballa forces i moviment.
- **Proposta de representació gràfica alternativa.** Es presenta la proposta de representació gràfica alternativa que s'ha introduït a les sessions d'aula del curs 2017/18.
- **Resultats.** Es recullen i expliquen els resultats que s'han obtingut amb els instruments d'anàlisi dissenyats. S'organitzen a partir dels dos cursos dels que s'ha recollit informació (2016/17 i 2017/18) i segons l'instrument que s'ha utilitzat per a obtenir-los.
- **Síntesi i discussió de resultats.** Es descriuen i interpreten els resultats més destacats dels instruments i es comparen els aprenentatges fets durant els dos cursos per tal de valorar l'ús de la proposta de representació feta.
- **Conclusions.** Es tanca l'estudi amb la valoració de les principals aportacions fetes per a cadascun dels objectius, les limitacions de recerca i les noves preguntes i propostes de treball que han sorgit en el seu transcurs.

Com és habitual, després d'aquest capítol trobarem la bibliografia (Capítol 10) i els annexos que mostren tot el contingut detallat i mostres dels instruments de treball als que es fa referència durant la memòria (Capítol 12). A part d'això, s'adjunta un suport digital (USB) on hi ha inclosos tots els qüestionaris analitzats, les transcripcions i les representacions gràfiques fetes durant les entrevistes i una còpia digital d'aquesta memòria.

Objectius

i

preguntes de recerca



2

Objectius i preguntes de recerca

En el capítol 2 es presenten els objectius (Secció 2.1) i les preguntes que guiaran tota la recerca (Secció 2.2).

2.1. Objectius de la recerca

L'objectiu principal d'aquesta recerca és analitzar de quina manera les representacions gràfiques que fan els FM d'Educació Primària de les forces poden oferir una guia per a desenvolupar nous materials i pràctiques que facilitin l'evolució del model de força que tenen cap a un model més científic.

Aquest objectiu es concreta en 4 objectius específics que estructurin la recerca:

Objectiu 1 (O1). Usar les representacions gràfiques dels FM com a finestra per a poder accedir als models mentals que tenen de la força abans de cursar l'assignatura de DMEI i poder analitzar la seva evolució.

Objectiu 2 (O2). Analitzar quines són les principals dificultats que tenen els FM al llarg del procés d'aprenentatge de les forces i els elements del seu model mental són més resistents al canvi.

Objectiu 3 (O3). Dissenyar una representació gràfica específica per a les sessions d'aula de DMEI per tal de facilitar el procés d'ensenyament-aprenentatge dels FM, a partir de les conclusions dels objectius anteriors.

Objectiu 4 (O4). Analitzar l'aprenentatge de les forces dels FM quan aquests treballen amb la representació gràfica proposada en la intervenció a l'aula.

2.2. Preguntes de recerca

Els objectius anteriors es concreten amb les següents preguntes de recerca.

Relacionades amb O1 i O2:

- Quin model mental de força tenen els FM quan comencen l'assignatura de DMEI? Com representen gràficament i raonen sobre les situacions proposades?
- Quin model mental de força tenen els FM quan han acabat l'assignatura de DMEI? Com representen gràficament i raonen sobre les situacions proposades?
- Quins models mentals o idees específiques d'un model són més reticents al canvi?

Relacionades amb O3:

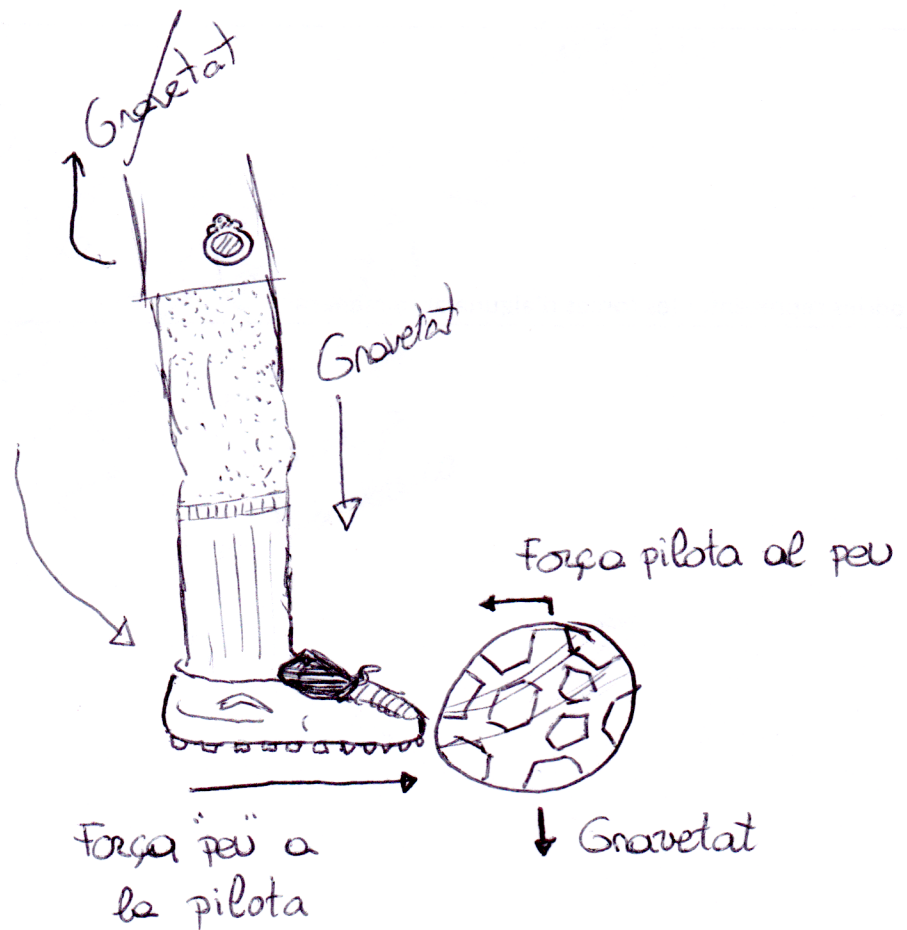
- Quin paper té la representació gràfica en la reflexió i evolució del model mental dels FM?
- Com hauria de ser una representació gràfica alternativa al diagrama de cos lliure que faciliti l'aprenentatge del model de força?

Relacionades amb O4:

- Quines millores en l'evolució del model de força dels FM podem trobar a partir del nou instrument introduït a les sessions d'aula?

Fonamentació

teòrica



3

Fonamentació teòrica

En aquest capítol es presenten les bases teòriques sobre les que s'estructura la concepció de l'activitat científica a les aules, que provenen del camp de la Didàctica de les Ciències Experimentals, concretant en la Didàctica de la Física, per aquesta recerca. La fonamentació s'estructura començant per les bases més generals que defineixen què entenem per educació científica i com entenem que és l'aprenentatge de la ciència (Seccions 3.1 a 3.4), fins a les més aplicades i focalitzades en l'aprenentatge de les forces i l'ús de les representacions gràfiques amb aquesta finalitat (Secció 3.5). Per a tancar el capítol fem una revisió sobre les característiques que ha de tenir la formació del professorat, ja que també acabarà definint quina és l'activitat que hem de desenvolupar a les aules de la universitat (Secció 3.6).

L'activitat d'ensenyament - aprenentatge que es desenvolupa a l'assignatura de DMEI és el focus central d'estudi d'aquesta tesi. La base teòrica que recollim en aquest capítol està integrada per referents del camp de la Didàctica de les Ciències Experimentals, posant el focus en la Didàctica de la Física; però que tenen el suport d'altres camps de coneixement que s'hi relacionen fortament com la Filosofia de la Ciència, la Psicologia, en particular la Ciència Cognitiva, i la Psicologia de l'Educació, la Semiòtica. Es revisen perspectives sobre com aprèn l'alumnat però també sobre aspectes de la formació que ha de tenir el professorat d'Educació Primària per a poder fer una bona tasca com a docents.

A través de les diferents seccions del capítol es va fonamentant l'estructura de l'Activitat Científica Escolar (ACE), és a dir, de l'activitat que es fa a les aules i laboratoris de les escoles d'educació primària. Aquesta reflexió teòrica junt amb la informació que s'ha obtingut sobre l'efectivitat de les sessions de forces del bloc de DMEI, han ajudat a determinar els nous objectius d'aprenentatge dels FM i, en particular, quin ha de ser el paper de les representacions externes en el treball que es fa a les aules per a fomentar l'aprenentatge dels FM sobre forces.

3.1. La ciència escolar i la ciència professional

L'inici de tot el desenvolupament teòric d'una tesi focalitzada en l'aprenentatge d'un contingut científic per part dels FM, ha de ser la definició de què entenem per educació científica.

3.1.1. Acords de la Didàctica de les Ciències

1. El treball a les aules ha de partir de la ciència pròpia que l'alumnat hi porta. La Didàctica de les Ciències Experimentals, de manera conjunta amb altres disciplines com la Filosofia de la Ciència o la Psicologia de l'Educació, té per objectiu definir què és i què ha de caracteritzar l'educació científica així com estudiar com aprèn l'alumnat i com li podem facilitar aquesta tasca. Actualment hi ha un acord prou estès de la comunitat investigadora a considerar aquest aprenentatge com una modificació i reestructuració de les maneres com l'alumnat ha interpretat i entès de manera pròpia els fenòmens naturals que l'envolten, acostant-se cada vegada més cap als models científics que s'han anat desenvolupant al llarg de la història de la ciència per a explicar-los.

2. La ciència dels professionals és diferent de la ciència de l'alumnat, tot i que tenen punts en comú. Un fet que ha quedat ben establert és que la ciència consensuada per a la comunitat científica és diferent de la ciència amb què l'alumnat arriba a les aules, tot i que també hi pot haver similituds entre elles. Per tant, l'educació científica a les escoles ha de promoure una nova manera de pensar teòricament, diferent de les formes de raonament espontànies amb les que s'hi arriba. L'objectiu de l'aprenentatge científic serà que aquells fenòmens que formin part de la vida quotidiana de l'alumnat o siguin d'interès social vagin sent pensats i explicats d'una manera cada vegada més similar a la de la comunitat científica. Això implicarà també utilitzar nous llenguatges i formes de representació més abstractes que la verbal.

3. El treball a les aules s'ha de fer a partir d'activitats científiques específicament dissenyades per a l'escola. Aquest procés d'aprenentatge s'haurà de desenvolupar a partir d'activitats específicament dissenyades per a l'alumnat. Aquestes seran el que conformaran l'Activitat Científica Escolar (ACE) o Ciència Escolar (CE) (Izquierdo, Sanmartí, & Espinet, 1999). Un objectiu que han de compartir totes les activitats que formen part de la CE és que han d'estar en consonància amb els valors que s'ensenyen a l'escola de manera general, i han de contribuir al desenvolupament general de les competències que permetin a l'alumnat poder esdevenir ciutadans i ciutadanes autònoms i amb pensament crític per a poder prendre decisions en un futur.

3.1.2. La caracterització de l'ACE

Per a explicar com ha de ser l'ACE prenem com a referència el marc teòric elaborat per Izquierdo -Aymerich & Adúriz-Bravo (2003) que defineix els principals elements que hauria de considerar l'educació científica partint de les visions més actuals de la filosofia de la ciència sobre què és l'activitat científica. Ho fa inspirat en les visions més contemporànies de la Filosofia de la Ciència, anomenada Nova Filosofia de la Ciència.

Aquest corrent filosòfic s'ha desenvolupat a partir de l'avançament dels estudis en Història de la Ciència, on es dona un pes més destacat a l'activitat que duu a terme la comunitat científica professional que a les idees o teories que tracten.

En aquest marc es defineix l'Activitat Científica Professional (ACP) des de la perspectiva del Model Cognitiu. Aquest model, desenvolupat per Ronald Giere (1988), presenta la ciència com una activitat humana que té per objectiu poder interpretar el món utilitzant les capacitats humanes de desenvolupar models teòrics amb l'objectiu que siguin un instrument perquè les persones puguin arribar a comprendre fenòmens naturals del seu entorn, sense partir de 'veritats' incontestables. En aquesta construcció dels models s'hi contemplan factors personals com ara de quina manera es prenen les decisions, com es desenvolupa el treball en equip o quins valors incorpora la ciència.

Amb aquesta visió de l'ACP podem establir una coincidència bàsica entre l'ACP i l'ACE: ambdues busquen la comprensió del món i la construcció d'idees teòriques de manera rigorosa i significativa, així com la seva expressió i comunicació mitjançant l'ús de llenguatges abstractes o representacions externes (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). Però també podem veure diferències essencials entre les dues activitats científiques: l'ACP selecciona els problemes que li resulten més interessants i rellevants, i crea els seus propis models teòrics per a poder-los explicar; mentre que en l'ACE, tant els problemes com els models que s'han de resoldre ja estan seleccionats i desenvolupats prèviament.

D'acord amb aquestes idees, les principals característiques que definiran l'ACE són:

- Adaptar els objectius als de l'activitat escolar. Totes les activitats científiques escolars han de tenir objectius relacionats amb els valors que s'ensenyen a l'escola de manera general i han de capacitar a l'alumnat per a poder ser ciutadanes i ciutadans autònoms en un futur (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003).
- Considerar les idees de l'alumnat. Les idees que tingui cada infant sobre els fenòmens que observa seran els models sobre els que s'haurà d'ancorar el coneixement construït a l'aula. Si aquests models no són explicitats, no podrem fer aquesta tasca (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003).
- Promoure i cuidar els processos metacognitius. Si l'objectiu de l'ACE és aprendre és important que l'alumnat sigui conscient que ho està fent. Per a fer-ho l'activitat ha de tenir sentit en el seu context i s'han de plantejar processos de reflexió metacognitiva perquè l'alumnat sigui conscient del seu propi aprenentatge i del fet que és responsable d'aquest (Sanmartí, 2002; Schwarz & White, 2005).
- Reconstruir els continguts científics i la seva estructura. El contingut i estructura de la ciència professional han de ser diferents de l'escolar, ja que aquesta ha d'anar orientada a la instrucció. Una de les tasques de la didàctica, doncs és triar i adaptar les idees clau del domini que vulguem treballar i reconstruir l'estructura que tingui aquest contingut (Duit, Gropengießer, & Kattmann, 2005).
- Desenvolupament de pràctiques científiques. No només serà necessari treballar amb contingut i idees científiques. Perquè l'alumnat compregui què és la ciència, s'haurà d'implicar en el desenvolupament

de pràctiques científiques a l'aula (Osborne, 2014).

3.1.3. Els principis i continguts de l'ACE

Per a poder concretar quin contingut tractarà i a través de quines pràctiques ho farà l'ACE, analitzem el document *'Principles and Big Ideas of Science Education'* (Harlen et al., 2010) en el que es proposen 14 grans idees o idees clau per a desenvolupar el contingut de les ciències naturals al llarg dels currículums de l'educació obligatòria, així com un seguit de principis. Aquest document es va revisar l'any 2015 editat amb el títol de *'Working with Big Ideas of Science Education'* (Harlen et al., 2015) revisant la vigència i desenvolupant encara més les idees clau i els principis. Aquests, volen cobrir tots aquells aspectes de l'educació científica que tenen a veure el desenvolupament de competències i habilitats que travessen diferents continguts i àrees. Els més destacats per al disseny del currículum, que complementen i completen la visió de l'ACE descrita fins al moment són:

- L'objectiu dels programes educatius escolars hauria de ser el desenvolupament i manteniment de la curiositat sobre el món, el gaudi de l'activitat científica i la comprensió sobre com es poden explicar els fenòmens naturals.
- L'educació científica té diferents objectius. Ha de procurar desenvolupar:
 - La comprensió d'un conjunt d' 'idees clau' en la ciència que inclouen 'idees de ciència' i 'idees sobre ciència' i el seu paper en la societat.
 - Les capacitats científiques relacionades amb la recollida i l'ús d'evidències.
- La presentació i aprenentatge d'aquestes grans idees s'hauria de fer a partir de temes que siguin de l'interès dels estudiants i rellevants per a les seves vides.
- Totes les activitats del currículum haurien d'aprofundir en la comprensió d'idees científiques alhora que buscar desenvolupar actituds i capacitats transversals.

A dia d'avui la majoria de currículums educatius d'Europa s'han orientat en base a aquestes directrius, fomentant el desenvolupament de competències de l'alumnat.

3.2. L'aprenentatge científic

A banda de definir què és la ciència escolar, és important centrar-nos en comprendre com serà l'aprenentatge per part dels infants. Com aprenen continguts i habilitats científiques? Què els facilita el procés? Què els ho dificulta?

3.2.1. Perspectives de l'aprenentatge científic des de la Psicologia de l'Educació

Diferents recerques del camp de la Psicologia de l'Educació s'han centrat en comprendre com les persones duen a terme processos cognitius com l'aprenentatge de la ciència. Aquests treballs evolucionen partint de les tesis de Piaget i de Vygotsky, que desenvolupen, respectivament, una visió constructivista i sociocultural

de l'aprenentatge. Partint d'aquests fonaments, al llarg dels anys s'ha anat definint què és la cognició i com es construeix coneixement. Recentment es tendeix a considerar la cognició humana com una activitat que sobrepassa els límits del cervell humà i té relació amb l'entorn físic de la persona (Martí, 2017).

Durant molt de temps s'ha considerat que la ment que construïa aquests processos cognitius era un processador de símbols físics connectats, que manipulava procediments formals i regles sintàctiques sense contingut (Pozo, 2001). Aquesta ment es coneix com a ment AAA (Arbitrària, Abstracta i Amodal) (Glenberg, De Vega, & Graesser, 2008). Es considera una ment escindida i desvinculada del cos, que processa pensaments abstractes que no tenen relació amb el seu entorn. Seguint aquesta tradició, l'educació formal també ha tendit a estructurar la seva activitat a partir de l'ensenyament de codis i regles formals abstractes d'un context.

Això ha canviat des de fa uns anys, quan diferents autors ja parlen de l'aprenentatge de disciplines tradicionalment abstractes com les matemàtiques o la ciència, des de l'enfoc de l'*embodied cognition* o cognició encarnada (Black, Segal, Vitale, & Fadjo, 2012; Castro-Alonso, Ayres, & Pass, 2015; Mayer, 2014). Aquest enfoc incorpora al treball més abstracte de la ment AAA desenvolupat fins al moment, la ment EEEE (Encarnada, Enactiva, Encaixada i Estesa). Pozo (2017) descriu cadascuna d'aquestes característiques amb les següents afirmacions:

- És *encarnada* perquè està arrelada al cos i la seva funció essencial és controlar i regular l'acció del cos que en restringeix la seva activitat.
- És *enactiva* perquè basa el seu treball més en l'acció amb el món que en la contemplació del món.
- És *encaixada* perquè està situada en un context i entorn, que no pot ignorar i dels que no es pot separar.
- És *extensa* perquè l'acció mental anirà molt més enllà del cervell, també passarà pel cos i pels recursos materials i simbòlics extracorporals dels que s'ajudi.

3.2.2. L'aprenentatge encarnat, a través del cos

Entenent que la ment està lligada al cos, des del marc de la cognició encarnada s'afirma que tot el coneixement que construïm de manera autònoma ve condicionat per aquest i per la seva interacció en l'entorn. Com reconeix Pozo (2017), serà especialment important tenir-ho en compte en el cas de l'ensenyament de la mecànica ja que «el nostre cos és molt sensible al pes, la força o al moviment perceptible dels objectes, aquestes idees tenen una forta presència en la nostra física intuïtiva».

Aquesta física intuïtiva està formada pel que anomenen representacions internes. Quan parlem de representacions en el context de la pràctica científica professional i escolar, ens estem referint a tot allò que representa un significat concret. Normalment es classifiquen segons si són internes o externes. Les externes són aquelles que existeixen en el món físic (poden ser símbols, dibuixos...) i les internes impliquen aquelles estructures que donen significat a l'entorn dins la nostra ment (poden ser proposicions, models, esquemes...

). Aquestes representacions internes es caracteritzen per ser encarnades (construïdes a partir de les interaccions del cos amb els objectes) i implícites (s'activen sense que la persona sigui conscient que les està utilitzant) (Pozo, 2014).

A partir d'aquesta estructura de representacions internes que ens permet actuar en el món, Dienes i Perner (1999) proposen que la construcció del coneixement arriba a partir de l'explicitació d'aquestes representacions a través de diferents processos. Entendrem que una representació interna s'explicita quan una persona és capaç de comunicar-la a d'altres o a ella mateixa (J. R. Anderson, 1996). Aquesta explicitació es desenvolupa a través de les representacions externes. Aquestes representacions adquireixen diferents formes: accions corporals, gestos, llenguatge oral, ús d'objectes, representacions codificades (imatges, textos, fórmules matemàtiques) o sistemes externs de representació. Aquest coneixement que construïm no sempre coincidirà amb el que desenvolupa la comunitat científica, però serà coneixement per a cada un de nosaltres.

3.2.3. El paper dels models en l'aprenentatge dels conceptes científics contra-intuïtius

Dins de la recerca feta en el camp del desenvolupament cognitiu, en els últims anys, hi ha estudis que han posat el focus en els 'models' com a eines per a treballar l'aprenentatge de conceptes científics.

Vosniadou (2013) defineix el coneixement com aquelles creences i representacions mentals que poden ser construïdes i modificades a partir d'eines i la interacció amb altres aprenents en contextos socioculturals. Defineix un model segons la visió de Giere (1988) que argumenta que els models són una representació simplificada del comportament i l'estructura dels sistemes físics als que representen que ens ajuda a fer hipòtesis, construir teories i ens dóna la capacitat de poder explicar i predir fenòmens.

Vosniadou entén que quan la gent raona sobre fets que ocorren en el món físic, construeixen representacions amb forma de models que els ajuden a resoldre problemes. Aprendre ciències, doncs, serà el procés lent i gradual de la revisió de models ja existents, no una modificació sobtada de representacions simples ja existents. Un treball a l'aula que no només es basi en explicacions verbals, sinó en l'explicitació i reconstrucció d'aquests models que usem per interpretar l'entorn, ajudarà a poder produir canvis conceptuals profunds a l'alumnat.

L'activitat a l'aula ha d'anar adreçada a ajudar a l'alumnat a reconstruir els seus propis models o a poder cobrir els espais buits que hi ha entre aquests i els que representaran l'explicació científica per al mateix fenomen. El treball que es faci per fer aquesta transformació de model ha de començar per l'externalització del model implícit de l'alumnat. Amb aquesta externalització l'estarem ajudant a ser conscient d'aquest coneixement que té i a poder-lo fer útil perquè se'l pugui qüestionar, revisar i fer noves teoritzacions.

Per tot això, Vosniadou (2013) recomana el treball a l'aula a partir dels models, ja que són una eina clau per aconseguir el canvi conceptual i per a l'aprenentatge de les ciències en general. «L'ensenyament

sistemàticament basat en models té potencial per a moure gradualment a l'alumnat des de les seves representacions del món físic, basades en la percepció, fins a la construcció de models conceptuals abstractes, consistents amb les representacions de l'actual ciència culturalment acceptada.»

3.3. Els diferents models: científic, científic escolar i mental

El concepte de **model** s'ha anat imposant al llarg dels últims anys en les diferents disciplines que estudien i analitzen l'adquisició la construcció del coneixement des de diferents punts de vista. Tot i que no hi ha un acord amb la definició del que és un model, tant des de la Filosofia, com des de la Psicologia de l'Educació, com des de les ciències de l'educació ja es reconeix com una de les unitats base per a la construcció del coneixement.

Des del camp de la filosofia, Steven Horst (2016) el proposa com a unitat fonamental de coneixement. Sota la idea del 'pluralisme cognitiu' afirma que argumentar que comprenem el món a través de molts models diferents d'àrees de contingut també diferents resol diferents problemes existents en el món de la filosofia de la ment, del llenguatge o de l'epistemologia.

Hi ha molta literatura i treballs elaborats sobre què és la conceptualització de la ciència, de la ciència escolar o sobre els processos individuals d'aprenentatge que reflexionen sobre què són i quin paper tenen els models en la construcció del coneixement. Tot i que encara hi ha diferents posicions i matisos en les propostes de definició, totes elles consideren que el model és un substitut conceptual del sistema real que estem estudiant (Espineta, Izquierdo, & Bonil, 2012; Oh & Oh, 2011).

En aquesta secció exposem les definicions de model amb les que s'ha treballat durant aquesta tesi, que són diferents segons parlem dels Models Científics (MC) (Subsecció 3.3.1), dels Models Científics Escolars (MCE) (Subsecció 3.3.2) o dels Models Mentals (MM) (Subsecció 3.3.3).

3.3.1. Model científic (MC)

Giere (1988) és un dels primers autors en parlar sobre que la ciència s'estructura a partir de models. Per ell, un model és «qualsevol representació, utilitzant qualsevol tipus de mitjà simbòlic, que permet pensar, parlar i actuar rigorosament i amb profunditat sobre el sistema que està sent estudiat».

Amb els anys diferents autories han anat aportant matisos a aquesta definició. Nosaltres ens quedem amb la definició que en fan Greca & Moreira (2001). Un model científic es dona «quan els enunciats de la teoria es refereixen a un sistema o fenomen físic simplificat i idealitzat».

A banda de la definició, hi ha un seguit de característiques que ajuden a interpretar millor quin és el paper del model en l'activitat científica (Coll & Lajium, 2011). El fet de construir un model implicarà simplificar l'objectiu del nostre estudi. Això es considera beneficiós perquè en facilita la seva comprensió i ús. El que caracteritza un model científic és que:

- Són una invenció humana, una construcció mental.
- Representen una aproximació de la realitat. Per tant, presenten una comprensió incompleta d'una realitat o fenomen. Aquestes limitacions es tenen presents i són acceptades per la comunitat científica.
- Són eines dinàmiques utilitzades per comprendre l'entorn. No són representacions estàtiques.

3.3.2. Model científic escolar (MCE)

Des del camp de la recerca en educació científica s'ha treballat per definir com han de ser aquests models als que aspirem que arribi l'alumnat, definint així el MCE. Hi ha un acord entre diversos experts en Didàctica de les Ciències Experimentals que afirmen que aquest model hauria d'estar basat en poques idees però molt centrals, que es complementin entre elles, i que siguin útils a l'alumnat per comprendre el seu entorn. Aquestes idees s'hauran d'anar desenvolupant i fent més complexes a mesura que vagi avançant l'escolaritat de l'alumnat (Harlen et al., 2015; Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2003). També hi ha un acord en considerar que l'objectiu de desenvolupar aquest MCE no és únicament construir uns coneixements en particular, sinó que fer-ho ha de permetre a l'alumnat anar desenvolupant certes habilitats com la capacitat d'argumentar a partir d'evidències o d'indagar sobre fenòmens del seu entorn. En definitiva, anar desenvolupant la seva competència científica.

3.3.3. Model mental (MM)

Per definir què és un MM agafem dues definicions publicades que considerem complementàries i ens donen una bona imatge de com la nostra ment comprèn el món que l'envolta. Segons Vosniadou i Brewer (1994) un MM «és una estructura dinàmica i idiosincràtica que ha estat generada per resoldre problemes específics». Anys després, Greca i Moreira (2001) completen la definició afirmant que un «model mental és una representació interna que actua com a anàleg estructural d'una situació o procés. El seu paper és tenir en compte el raonament de les persones tant quan intenten entendre un discurs com explicar i predir el comportament del món físic».

Entem, aleshores, que qualsevol persona construeix MM pel simple fet d'habitar el món i poder-lo interpretar, predir i actuar-hi. Abans de rebre classes d'algun contingut de ciències, tothom ja té un model sobre com funcionen els diferents aspectes del món natural. Entendre com es creen els diferents models mentals ens ajudarà a comprendre com l'alumnat els ha construït i ajudarà en la guia del seu aprenentatge.

La font primària de construcció d'un model mental és la percepció (Johnson-Laird, 1983). A partir d'aquesta font primària, es segueixen un seguit de principis per a articular els MM (Johnson-Laird, 1990):

- En un domini determinista, tots els esdeveniments tenen una causa.
- Les causes precedeixen els seus efectes.

- Una acció sobre un objecte és la causa probable de qualsevol canvi que s'hi produeixi.

Un altre element important en la construcció dels MM és el llenguatge. El paper del discurs en el procés de construcció dels models mentals també és molt important ja que és l'eina que utilitzem per a construir i revisar el model i que el dota de significat. Tanmateix, no tot el que llegim o expliquem acabarà sent un MM. Només considerarem que un discurs té aquest valor si té relació amb algun aspecte del món real. Si no ho fa, recordarem el discurs únicament de manera proposicional i l'oblit serà molt més ràpid (Johnson-Laird, 1990).

3.4. La funció de les representacions i el llenguatge en l'aprenentatge de les ciències

Les representacions externes més significatives per a l'aprenentatge de les ciències en general i de les forces en particular són el llenguatge i les representacions gràfiques (Nieminen, Savinainen, & Viiri, 2017). En les següents seccions veiem quin paper tenen.

3.4.1. El llenguatge i l'aprenentatge de les ciències

Com hem vist en la secció anterior, el llenguatge té un pes fonamental en la construcció dels MM. De la mateixa manera que el llenguatge que té l'alumnat donarà forma als seus MM, aquests donaran forma al seu llenguatge. Per tant, tindrà un pes fonamental en l'aprenentatge de les ciències. Carlsen (2007) fa una revisió de les tres funcions principals que té. Entén el llenguatge com a: un medi per a transmetre informació, un sistema per a interpretar i donar sentit al món i una eina per a interactuar i participar en les comunitats d'aprenentatge.

D'entrada el llenguatge és el medi que hi ha entre el món real i la ment de cada persona. És el codi de símbols que, junt amb altres representacions, dona significat a allò que s'ha d'aprendre.

També usem el llenguatge per a interpretar i comprendre. Per aprendre ciència, cal aprendre a parlar ciència (Jay L. Lemke, 1997). El llenguatge és l'eina amb la que podrem raonar i comprendre el món. Quan aprenguem continguts científics haurem d'aprendre a parlar i escriure de manera que ens ajudi a explicar el món des d'aquesta perspectiva científica. Per fer-ho, s'ha de promoure que l'alumnat també vagi adquirint habilitats lingüístico-cognitives, que l'ajudaran a construir els models a partir de l'experiència del món real.

Finalment, el llenguatge també ens permet comunicar idees, models i raonaments, així com establir les diferents relacions socials que es donen a l'aula o en les diferents comunitats que desenvolupin l'activitat científica.

3.4.2. Les representacions gràfiques i l'aprenentatge de les ciències

Diferents recerques han analitzat la influència que tenen les representacions gràfiques en la construcció del coneixement científic i com a eina d'aprenentatge. Aquests estudis han seguit dues línies: una primera que

fa èmfasi en la interpretació de les representacions externes elaborades per part d'experts o del professorat (J. Clement, 2008; Gilbert & Boulter, 1998); l'altra analitza l'aprenentatge a partir de les representacions realitzades pel mateix alumnat (Waldrip, Prain, & Sellings, 2012).

Les teories socio-culturals entenen l'aprenentatge científic com una introducció a les pràctiques de construcció del coneixement que usen les comunitats científiques. Així doncs, el treball que es faci amb les representacions a l'aula es pot considerar com una d'aquestes pràctiques, sense les que no es pot concebre la construcció de models científics (Ford, 2008; Gee, 2004; J.L. Lemke, 2003, 2004; Lunsford, Melear, Roth, Perkins, & Hickok, 2007).

D'altra banda, la Semiòtica entén el discurs científic com a un discurs multimodal. Així, l'aprenentatge de la ciència s'entén, també, com la integració dels significats que es desprenen dels diferents modes de representació que utilitza la ciència, que poden ser verbals, matemàtics o gràfics (Halliday & Martin, 1993). Aquests modes s'usen de manera individual o coordinada per representar el coneixement científic. Hi ha un acord general en veure que el funcionament i interpretacions d'aquestes representacions ha de ser après per l'alumnat. On trobem divergències és en la concreció de les pràctiques amb les que s'ha de desenvolupar aquest aprenentatge.

Partirem el marc teòric dibuixat per Peirce (1931) a principis de segle i ampliat per Lemke (2003, 2004) i DiSessa (2004) que considera la dotació de significat de les representacions externes que s'utilitzen en l'ensenyament de les matemàtiques i la ciència a partir del que anomena *meaning-making practices*. En la Figura 2 es pot veure els elements que han d'interactuar en aquestes pràctiques: la representació, el referent al món real i el significat.

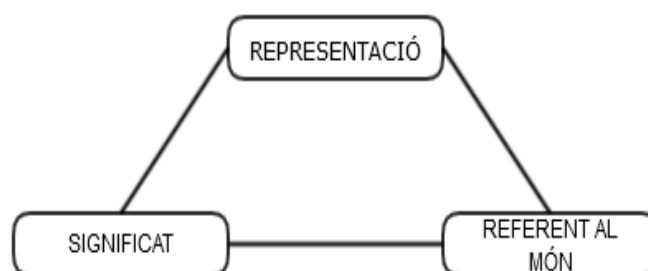


Figura 2. Procés de dotació de significat de les representacions.

Cada vegada que interpretem una representació per a donar-li significat o vincular-la a un concepte, interactuen aquests tres elements, produint la interpretació. Anderberg, Svensson, Alvegård i Johanson (2008) matisen que quan aquesta interpretació la realitzen els estudiants, és normal que la interacció sigui molt més dinàmica i ambigua que en el cas d'un científic expert, que té molt clars els referents amb els que interpreta cada representació.

Segons aquesta visió, cada intent d'entendre o explicar un concepte nou, passa per activar i involucrar els recursos que tinguem tant de coneixement del contingut com d'interpretació de representacions per, d'aquesta manera, donar significat als nous conceptes.

Lemke (2003) fa una interessant aportació, referint-se a la construcció de significats científics i matemàtics durant l'aprenentatge científic. Tots els referents que s'utilitzaran en la construcció i interacció per donar significat al concepte depenen de l'entorn i llenguatge quotidià de l'alumne. Per tant, aquest necessitarà diversos intents per intentar traduir els continguts de la disciplina (*disciplinary understandings*) al seu llenguatge natural, degut a l'abstracció de les representacions científiques i matemàtiques.

3.4.2.1. L'aprenentatge mitjançant la interpretació de representacions

De manera tradicional, les representacions gràfiques, s'han usat a les classes de ciències per treballar-les a partir de la seva interpretació. Per a desenvolupar els procediments que caracteritzen la tasca científica, normalment es treballarà amb la interpretació de representacions de conceptes científics en diferents formats: escrit, gràfic i matemàtic.

Ainsworth (1999), un dels investigadors que ha aprofundit en aquest camp, afirma que per tal de comprendre el significat de les representacions externes d'un mateix concepte científic, els estudiants han de ser capaços de:

- Entendre els significats i codis amb les que estan construïdes les representacions, comprenent la relació existent entre la representació i el concepte o procés al que fa referència.
- Traduir les característiques més representatives del concepte amb el llenguatge de la representació.
- Conèixer quines característiques del concepte s'han d'emfatitzar en el disseny d'una representació d'aquest.

Així doncs, la tasca d'interpretar representacions és molt completa. Això implicarà que sigui molt rica i potent a l'hora de transmetre conceptes complexos i abstractes. Per contra, la interpretació d'una representació gràfica no serà trivial i moltes vegades l'alumne necessitarà ajuda externa i entrenament per arribar a dominar com fer la interpretació. En aquest sentit, encara queda molta feina per fer, investigant la influència que té el professorat, les seves rutines a l'aula i el context de la classe en els alumnes a l'hora d'aprendre a treballar amb representacions gràfiques (Waldrip & Prain, 2012).

Ainsworth (2006) menciona, per això, una mancança important en la recerca cognitiva feta fins al moment. L'orientació dominant d'aquesta s'ha centrat a estudiar el potencial cognitiu de la interpretació de les representacions en els reptes cognitius i guanys que aporta a l'aprenentatge, però ha tendit a ignorar tots els aspectes expressius, perceptius, afectius, estratègics, metacognitius i de retòrica.

Així doncs, encara queda molta feina per fer en aquest camp sobre la interpretació i vinculació de l'alumnat amb les representacions externes, degut a les noves possibilitats i opcions de representació que permeten les noves tecnologies, al nombre creixent de factors que s'està veient que tenen un paper important en aquesta tasca, així com en la seva complexitat.

De manera particular, s'ha volgut estudiar també el valor que aporta treballar de manera simultània amb múltiples representacions. Segons Ainsworth (2006) quan es fa, compleixen tres funcions diferents:

- Es complementen entre elles expressant diferents informacions o donant suport a diferents processos necessaris per resoldre un problema.
- Poden ajudar a l'alumnat a entendre algun tema concret, ja que una pot acotar la interpretació d'una segona, fent-la més senzilla de comprendre.
- Poden ajudar a la construcció d'una comprensió més profunda ja que l'alumnat integra informacions procedents en diferents formats de diferents representacions.

Tot i que veiem que combinar múltiples representacions és beneficiós, no vol dir que sigui senzill per a l'alumnat poder-les usar i comprendre de manera correcta. S'ha vist com aspectes relacionats estrictament amb la comprensió de l'ús de les representacions afecten a la resolució dels problemes (Meltzer, 2005). Per tant, serà una eina que haurem de tenir en compte però que haurem d'usar a partir d'un disseny molt acurat.

3.4.2.2. L'aprenentatge mitjançant les representacions creades per l'alumnat

Les representacions creades per l'alumnat i la seva revisió poden complir diverses funcions importants en un procés d'aprenentatge, tals com: ser una eina exploratòria de les idees inicials de l'alumne, o ser una eina que basteixi la construcció de la comprensió dels conceptes o imatges del nou pensament i raonament de l'alumnat (Waldrip & Prain, 2012).

Des del punt de vista de la innovació pedagògica, diferents autors (Brizuela & Gravel, 2013; Gunstone, 1995; Hubber, Tytler, & Haslam, 2010; Prain, 2006; Prain & Hand, 1996) han treballat buscant les condicions cognitives i comunicatives que col·laboren a la construcció de coneixement científic, arribant a la conclusió que l'ús i elaboració d'un rang ampli de representacions contribueix positivament a aquesta tasca.

3.5. L'aprenentatge a les aules de les forces i el moviment

A partir dels fonaments assentats pels estudis de Didàctica de Ciències Experimentals més generals, s'han anat desenvolupant discussions per a determinar les idees clau que ha d'aprendre l'alumnat durant la seva educació obligatòria, recerques per a conèixer quins són els MM que té sobre aquestes idees clau i quins són els MCE que hauria de poder desenvolupar en cada etapa del seu aprenentatge. En aquesta secció

presentem la recerca que s'ha desenvolupat en el camp de la Didàctica de la Física, focalitzada en l'ensenyament-aprenentatge de les forces i el moviment. A banda de presentar els resultats dels estudis que ens parlen dels MM i MCE de l'alumnat, revisarem també quins resultats han obtingut els estudis que ens parlen de l'ús de les representacions gràfiques i de múltiples representacions al treball de forces a l'aula.

3.5.1. Els models mentals inicials de forces i moviment

Des de que naixem convivim amb les forces i els seus efectes. Són perceptibles i mesurables en qualsevol canvi de moviment o forma dels objectes. Tot i això, definir què és una força ha estat una tasca difícil també per a la comunitat científica que ho ha intentat al llarg de la història (Jammer, 1957). Des d'Aristòtil fins a Newton, la definició científica de què era una força ha anat evolucionant. En els inicis es va veure com una propietat o una 'voluntat' dels objectes. Però aquest model es va anar modificant fins a arribar al model que va proposar Newton i es considera científicament correcte a dia d'avui, considerar les forces com un 'tipus d'interacció entre cossos' que produeix deformacions o canvis de moviment en aquests. D'aquest model es deriven dues característiques de les forces molt poc intuïtives: les accions que s'exerceixen els cossos que interaccionen entre sí tenen la mateixa intensitat (independentment de les seves masses) i les accions són simultànies, mai podem tenir-ne una sense l'altra. Tot i que les forces són un dels fenòmens amb qui més convivim quotidianament i, per tant, segur que n'hem desenvolupat MM per interactuar-hi, científicament s'expliquen amb un model molt poc intuïtiu. Aquí raurà la dificultat de l'aprenentatge científic d'aquest contingut: haurem de modificar un MM molt arrelat i usat per un MCE molt poc intuïtiu.

Hi ha molta literatura sobre com treballar les forces a l'aula. Des dels inicis de la didàctica trobem treballs que es centren en les concepcions alternatives que té l'alumnat sobre el concepte de força i sobre com superar-les (Bliss & Ogborn, 1994; Driver, Guesne, & Tiberghien, 1989; Mazzoli, Arcà, & Guidoni, 1987). Les idees sobre forces que componen els MM de l'alumnat han estat estudiades per multitud de recerques dutes a terme durant els anys 80 i 90. Alonzo i Steedle (2009) van fer-ne una síntesi on es recullen les principals, que es mostren en la Taula 1.

Taula 1. Idees sobre forces que componen els models mentals de l'alumnat (Alonzo & Steedle, 2009).

La força i els objectes	
La força és una propietat d'un objecte i no una característica de la interacció entre dos objectes.	Reiner et al., 2000
Les forces són causades per éssers vius o objectes actius.	Halloun & Hestenes, 1985
Les forces només poden ser causades per algun objecte que toca un altre objecte.	Halloun & Hestenes, 1985
El pes, el moviment o la rigidesa d'un objecte són importants per a determinar la força que aquest és capaç de fer.	Ioannides & Vosniadou, 2001
La força i el moviment	
Un objecte en moviment té una força a dins que és la que el manté en moviment. Quan aquesta força s'acaba (fet que passa de manera natural al cap d'una estona), l'objecte s'atura.	Reiner et al., 2000 Halloun & Hestenes, 1985 Ioannides & Vosniadou, 2001
Si hi ha moviment, hi ha una força actuant. Si no hi ha moviment, no hi ha cap força actuant.	Halloun & Hestenes, 1985 Ioannides & Vosniadou, 2001
Una velocitat constant resulta d'una aplicació constant de força. Una acceleració constant requereix una força que varia de manera constant.	Halloun & Hestenes, 1985
El moviment d'un objecte és proporcional a la força que actua sobre seu.	Halloun & Hestenes, 1985
Les forces causen moviment en la direcció en la que estan actuant.	diSessa, 1983
Una força no pot mantenir accelerat un objecte de manera indefinida.	Halloun & Hestenes, 1985

El fet que totes aquestes idees s'articulin a partir de la percepció del món exterior i de la relació entre el cos i l'entorn, fa que siguin les mateixes per tots els alumnes, procedeixin de les cultures que procedeixin i en l'època que sigui. Per tant, tot i que els MM són propis de cada individu, si que podem dir que amb una probabilitat molt alta contindran la majoria d'aquestes idees.

Com es pot veure a la Taula 1 moltes idees intuïtives són oposades a les que implica el MC que indica que la força és una interacció entre objectes. Per tant, per a poder reforçar aquest aspecte del model s'haurien de reforçar les activitats entorn a aquest aspecte del model (Brown, 1989), és a dir, entorn a la 3a Llei de Newton.

3.5.2. El model científic escolar de forces i moviment

De la mateixa manera que hi ha molta literatura revisant les idees de l'alumnat sobre forces i moviment, també trobem propostes elaborades que ens indiquen quines haurien de ser les idees que conformessin el MCE que ha de ser objectiu del procés d'ensenyament - aprenentatge.

Trobem diferents propostes fetes durant la primera dècada del segle XXI. D'una banda revisarem la proposta elaborada per un equip d'investigació sintetitzada en els documents *'Principles and Big Ideas of science education'* (Harlen et al., 2010) i *'Working with Big Ideas of Science Education'* (Harlen et al., 2015). De l'altra, la proposta de revisió del currículum de primària dels Estats Units, feta per a les assignatures de ciències i resumida en els *'Next Generation Science Standards'*¹. Ambdues són propostes elaborades de manera col·lectiva i basades en resultats previs de recerca en diferents camps relacionats amb l'educació científica.

El treball de Harlen et al. (2010, 2015) és fruit d'un seminari internacional constituït a partir de la preocupació de veure que, excepte en comptades ocasions, en molts països l'educació científica de l'alumnat entre primària i secundària està mancada d'una coherència i d'una noció de progrés de les idees amb el pas dels anys. Hi ha molts equips treballant en el desenvolupament de currículums en cada país, però falten algunes idees de base que fonamentin el desenvolupament de tots aquests currículums. A partir d'aquí van treballar per a desenvolupar una proposta de principis i grans idees que poguessin de guiar com fer l'educació científica de les escoles.

En aquests treballs es proposen 14 grans idees per a desenvolupar el contingut de les ciències experimentals al llarg dels currículums d'educació obligatòria, així com un seguit de principis que haurien de guiar tota l'educació científica independentment del contingut que es tracti. D'aquestes 14 idees n'hi ha 2 que es relacionen directament amb el contingut de forces i moviment.

- Idea 2. *'Objects can affect other objects at a distance.'* Els objectes poden afectar altres objectes a distància.
- Idea 3. *'Changing the movement of an object requires a net force to be acting on it.'* Canviar el moviment d'un objecte requereix que una força neta actuï sobre seu.

Durant la revisió feta durant l'any 2015, aquestes grans idees s'han desenvolupat i seqüenciat segons les diferents edats o períodes de formació obligatòria especificant quins continguts es poden desenvolupar en cada una d'elles, per anar-les construint amb aquesta coherència que es volia aconseguir. En les següents taules (Taules 2 i 3) es pot trobar el contingut d'aquestes idees relacionat amb les forces i moviment.

Taula 2. Desenvolupament de la idea d'acció a distància segons les edats de l'alumnat (Harlen et al., 2015).

Els objectes poden afectar altres objectes a distància

Tots els objectes tenen un efecte sobre altres objectes sense estar en contacte amb ells. En alguns casos, l'efecte es desplaça des de la font al receptor en forma de radiació (per exemple, llum visible). En altres casos, l'acció a distància s'explica en termes de l'existència d'un camp d'influència, com un camp magnètic, elèctric o gravitatori. La gravetat és una atracció universal entre tots els objectes per petits o grans, mantenint els planetes en òrbita al voltant del Sol i fent que caiguin objectes terrestres cap al centre de la Terra.

¹ <https://www.nextgenscience.org/>

5 - 7	—
7 - 11	<ul style="list-style-type: none"> • Els objectes poden tenir un efecte en altres objectes, fins i tot quan no estan en contacte amb ells. [...] • Altres exemples d'objectes que afecten altres objectes sense tocar-los són les interaccions entre imants o càrregues elèctriques i l'efecte de la gravetat que fa que les coses caiguin a la Terra.
11 - 14	<ul style="list-style-type: none"> • La gravetat és l'atracció universal entre tots els objectes, siguin grans o petits, tot i que només s'evidencia quan un dels objectes és molt gran. Aquesta atracció gravitatòria manté els planetes en òrbita al voltant del Sol, la Lluna al voltant de la Terra i altres "llunes" al voltant d'altres planetes. • A la Terra, la gravetat, es manifesta de manera que tot és estirat cap avall cap al seu centre. Aquesta atracció descendent és el pes d'un objecte. • L'objecte estira de la terra tant com la Terra estira de l'objecte, però com que la massa terrestre és molt més gran, observem el moviment resultant de l'objecte, no de la Terra. L'efecte de la gravetat sobre un objecte si estem a la Lluna és inferior que si estem a la Terra perquè la Lluna té menys massa que la Terra, de manera que una persona a la Lluna pesa menys que a la Terra encara que la seva massa sigui la mateixa. • L'atracció de la Terra a la Lluna la manté orbitant la Terra mentre que l'atracció de la Lluna a la Terra dóna lloc a les marees.
14 - 17	<ul style="list-style-type: none"> • [...] Alguns casos d'acció a distància no s'expliquen en termes de radiació des d'una font a un receptor. Un imant, per exemple, pot atreure o repel·lir un altre imant. De la mateixa manera, l'atracció i la repulsió entre les càrregues elèctriques és recíproca. • La idea d'un camp és útil per pensar en situacions d'aquest tipus. Un camp és la regió d'influència de l'objecte al seu voltant, la força del camp disminueix amb la distància de l'objecte. Un altre objecte que entra en aquest camp experimenta un efecte: atracció o repulsió. La interacció de gravetat, elèctrica i magnètica es pot descriure en termes de camps.

Taula 3. Desenvolupament de la idea dels efectes d'una força segons les edats de l'alumnat (Harlen et al., 2015).

Canviar el moviment d'un objecte requereix que una força neta actuï a sobre seu	
<p>La força que actua sobre un objecte no es percep directament, sinó que es detecta pel seu efecte sobre el moviment o la forma de l'objecte. Si un objecte no està movent, les forces que actuen sobre ell són de mida igual i contrària en direcció, equilibrant-se entre sí. Com que la gravetat afecta tots els objectes de la Terra, sempre hi ha una altra força oposada a la gravetat quan un objecte està en repòs. Les forces desequilibrades provoquen canvis en el moviment en la direcció de la força neta. Quan les forces oposades que actuen sobre un objecte no estan a la mateixa línia, fan que l'objecte es giri o es torci. Aquest efecte s'utilitza en algunes màquines simples.</p>	
5 - 7	<ul style="list-style-type: none"> • Les forces poden empènyer, estirar o retorçar objectes, fent-los canviar el moviment o la forma. • Les forces actuen en direccions particulars. • Les forces iguals que actuen en direccions oposades en la mateixa línia es cancel·len i

	<p>són descrites dient que estan en equilibri.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El moviment dels objectes es canvia si les forces que actuen sobre ells no estan en equilibri.
7 - 11	<ul style="list-style-type: none"> • La velocitat d'un objecte en moviment és una mesura de com de lluny arribaria en un temps determinat. • Com canvia de ràpid la velocitat d'un objecte depèn de la força que hi actua i de la massa de l'objecte. Com més gran sigui la massa d'un objecte, més temps triga a accelerar-se o alentir-se. Aquesta propietat de la massa s'anomena inèrcia.
11 - 14	<ul style="list-style-type: none"> • Tots els objectes de la Terra estan afectats per forces gravitacionals. • Un objecte que es queda en repòs a la superfície de la Terra té una o més forces que actuen sobre ell contraposant la força de la gravetat. <ul style="list-style-type: none"> ○ Un llibre en repòs sobre una taula no cau perquè els àtoms de la taula estan empenyent cap amunt sobre el llibre amb una força igual a la força descendent de la gravetat. ○ Un objecte que flota en un líquid o en l'aire no es mou perquè hi ha una força que empenys cap amunt que equilibra la força de la gravetat que empeny cap avall. La força ascendent és igual al pes del fluid desplaçat, de manera que els objectes pesats poden surar si desplacen un gran pes d'aigua.
14 - 17	<ul style="list-style-type: none"> • Quan les forces que actuen sobre un objecte no són iguals i contràries, el seu resultat és canviar el moviment de l'objecte, accelerar-lo (accelerar) o alentir-lo (desacceleració). Sovint la força que està actuant no es reconeix com a força i se suposa que un objecte en moviment, com ara una bola rodant, redueix la seva velocitat automàticament. Quan realment, el seu moviment es veu desaccelerat per la força de la fricció amb el seu entorn. En tots els casos, el canvi en moviment es produeix per forces desequilibrades. Si no hi ha cap força neta, cap moviment no canviarà; l'objecte romandrà estacionari o, continuarà movent-se per sempre en línia recta. El canvi en moviment és en la direcció de la força neta. • Els satèl·lits es mantenen en òrbita al voltant de la Terra perquè són enviats amb força suficient per assolir una alçada on el seu moviment és una òrbita corba al voltant de la Terra, degut a que la força de gravetat modifica contínuament la seva direcció del moviment i no hi ha resistència de l'aire per desaccelerar-la. • Quan les forces oposades que actuen sobre un objecte sòlid no estan en la mateixa línia, actuen per girar o torçar l'objecte. L'efecte de gir d'una força depèn de la seva distància respecte de l'eix sobre el qual gira. Com més distància sigui el punt d'inflexió, menys força es necessita, però més lluny s'ha de moure. Això té moltes aplicacions en eines i màquines on s'utilitza una força petita que actua sobre una distància gran per produir una força gran que actua sobre una distància petita. • La pressió és una mesura de la quantitat de força que actua sobre una determinada àrea. Una força repartida per una àrea més gran produeix menys pressió que quan es reparteix per una àrea més petita. Aquesta relació té moltes aplicacions, des de sabates de neu fins als punxons o ganivets. La pressió en un fluid (líquid o gas) en un punt determinat depèn del pes del fluid per sobre d'aquest punt, de manera que la pressió de l'aire a la Terra disminueix amb l'alçada creixent per sobre del sòl i la pressió d'un líquid augmenta amb la profunditat.

El currículum de les assignatures de ciències dels Estats Units ha estat recentment actualitzat i ara s'estructura sota el paraigua dels *Next Generation Science Standards*. Aquesta tasca s'ha desenvolupat de manera coordinada entre 26 estats basant-se en resultats de recerques anteriors. En la pàgina web del projecte s'hi poden consultar, a banda dels elements més centrals que estructuraven el currículum, models d'activitats per fer a l'aula o propostes d'avaluació.

L'estructura de l'aprenentatge científic que proposa aquest currículum al llarg de totes les etapes educatives s'organitza en tres dimensions: *crosscutting concepts* (conceptes transversals), *science and engineering practices* (pràctiques de la ciència i l'enginyeria) i *disciplinary core ideas* (idees principals de la disciplina). L'objectiu d'estructurar-ho en aquestes 3 dimensions té a veure amb el desenvolupament d'aquesta competència científica que ha de permetre utilitzar el contingut construït pels MCE per a interpretar i actuar sobre el món en pro del benestar d'un mateix, de la comunitat i de l'entorn natural que ens envolta. Cada activitat científica que es duu a terme a l'aula treballarà uns continguts a partir d'unes pràctiques científiques que ajudaran al desenvolupament d'aquesta competència. En l'última dimensió, *disciplinary core ideas*, és on podem veure quina és l'evolució que es proposa de les idees bàsiques del MCE de forces i moviment. A continuació resumim les principals pel que fa a forces i moviment.

Edat: 5 – 6 anys

- Empènyer o llançar un objecte pot fer canviar la velocitat o direcció del seu moviment i pot començar a aturar-lo.
- Quan els objectes es toquen o xoquen, s'empenyen els uns als altres i poden canviar el seu moviment.

Edat: 6 – 11 anys

- Cada força que actua sobre un objecte en particular té una intensitat i una direcció. Un objecte en repòs té múltiples forces actuant a sobre d'ell, però la seva suma fa que la força neta que hi actua sigui nul·la. Les forces que no sumen zero poden provocar canvis en la velocitat o en la direcció del moviment. (Les addicions de forces són qualitatives i conceptuals.)
- Els objectes en contacte poden exercir-se forces mútuament.
- Les forces elèctriques i magnètiques entre un parell d'objectes no requereixen que els objectes estiguin en contacte. Les intensitats de les forces en cada situació depenen de les propietats dels objectes i de la distància que els separa i, en el cas de forces entre dos imants, de la orientació relativa entre ells.

Edat: 11 – 14 anys

- Per a qualsevol parell d'objectes que interactuen, la força que exerceix el primer objecte sobre el segon té la mateixa intensitat que la força que el segon objecte exerceix sobre el primer, però en sentit oposat. (Tercera llei de Newton).
- El moviment d'un objecte està determinat per la suma de les forces que hi actuen; si la força total

sobre l'objecte no és zero, el seu moviment canviarà. Com més gran és la massa de l'objecte, més gran serà la força necessària per aconseguir el mateix canvi de moviment. Per a qualsevol objecte donat, una força més gran provoca un canvi de moviment més gran.

- Les forces que actuen a distància (elèctriques, magnètiques i gravitacionals) es poden explicar per camps que s'estenen a través de l'espai i es poden localitzar pel seu efecte en un objecte de prova (un objecte carregat, un imant o una bola, respectivament).

Edat: 14 – 18 anys

- La segona llei de Newton preveu amb precisió canvis en el moviment dels objectes macroscòpics.
- La llei de gravetat universal de Newton i la llei de Coulomb proporcionen els models matemàtics per a descriure i predir els efectes de les forces gravitatòries i electrostàtiques entre objectes distants.
- Les forces a distància s'expliquen per camps (gravitacionals, elèctrics i magnètics) que impregnen tot l'espai i que poden transferir energia través d'aquest espai.

Una línia de recerca que s'està desenvolupant per contribuir al disseny dels currículums i les activitats per desenvolupar-los a l'aula són les progressions d'aprenentatge. Aquesta proposta organitza les diferents formes de pensar o entendre un tema determinat per part de l'alumnat, assenyalant un camí preferent per passar de les idees més simples i concretes cap a les més abstractes i complexes (National Research Council, 2007). Un seguit d'equips estan desenvolupant, analitzant i reflexionant sobre quins són els camins que facilitaran aquesta tasca en el cas de les forces (Alonzo & Gotwals, 2012). Tot i estar desenvolupant encara estudis sobre quines són les millors propostes de progressió, les progressions d'aprenentatge comencen a oferir alguns resultats interessants.

En base als estudis fets s'elaboren eines molt més pràctiques de cara al professorat com ara els mapes de progrés, que indiquen quins d'aquests camins són preferents per a l'aprenentatge (AAAS, 2007). A partir d'aquests mapes es poden anar dissenyant els objectius d'aprenentatge de les diferents etapes de l'educació obligatòria.

En el cas de les forces i el moviment comptem amb recerques sobre quina podria ser aquesta progressió d'aprenentatge (Alonzo & Steedle, 2009). Un d'aquests estudis analitza l'evolució de diferents grups d'estudiants i fa una proposta de diferents nivells de progrés en l'aprenentatge de forces i moviment. En la Taula 4 es pot veure quina és la proposta de progressió d'aprenentatge que es proposa. A banda del coneixement per a cada un dels diferents nivells s'hi mostren els errors més comuns que hi corresponen. Fins que no s'ha assolit el coneixement i superat els errors d'un dels diferents nivells, no es poden assolir els coneixements i superar els errors del següent.

Taula 4. Progressió d'aprenentatge de forces i moviment (Alonzo & Steedle, 2009).

Nivell	Descripció
--------	------------

1	<p>L'alumnat entén la força com una estirada o una empena que pot implicar, o no, un moviment.</p> <p>Errors comuns</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les forces són causades per éssers vius. • La força és una propietat interna dels objectes que va relacionada amb el seu pes. • Les forces impedeix el moviment natural dels objectes (p.ex. La gravetat impedeix que els objectes volin cap a l'espai.)
2	<p>L'alumnat creu que el moviment implica una força en la direcció del moviment i que el no moviment no implica cap força. Per contra, creu que la força implica un moviment en la direcció de la força.</p> <p>Errors comuns</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si no hi ha moviment, no hi ha forces que actuïn. • Quan un objecte es mou, hi ha una força en la direcció del seu moviment. • Quan l'objecte s'atura és perquè la força que 'duia' amb ell s'ha consumit.
3	<p>L'alumnat entén que un objecte és estacionari perquè no hi ha forces que hi actuïn o perquè no hi ha cap força neta que actui sobre ell.</p> <p>Entén de manera parcial les forces que actuen sobre objectes en moviment.</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'alumnat reconeix que els objectes poden estar en moviment fins i tot quan no s'apliquen forces. Tanmateix, no creu que els objectes puguin seguir movent-se a velocitat constant sense una força aplicada. • L'alumnat reconeix que pot haver-hi forces que actuen sobre un objecte que no van en la direcció del seu moviment. Tanmateix, creu que un objecte no es pot moure a una velocitat constant en una direcció en la qual no s'està aplicant cap força. • L'alumnat creu que la velocitat de l'objecte (més que la seva acceleració) és proporcional a la força neta en el sentit del seu moviment. <p>Errors comuns</p> <ul style="list-style-type: none"> • La velocitat i la direcció d'un objecte són proporcionals a la força neta diferent de zero que hi actua. • Un objecte pot estar en repòs quan les forces oposades (per exemple, la força que posa l'objecte inicialment en moviment i la gravetat) entren en equilibri. • Una força constant provoca una velocitat constant. • Sense aplicar-los una força, tots els objectes perden velocitat i, finalment, s'aturen.
4	<p>L'alumnat entén que la força neta aplicada sobre un objecte és proporcional a l'acceleració resultant (canvi de velocitat o de direcció) i que aquesta força pot no tenir la mateixa direcció que el moviment.</p>

3.5.3. Els models de força de l'alumnat universitari

L'alumnat que arriba a la universitat, però, en la majoria dels casos no té assumit el MCE objectiu de l'aprenentatge definit en la subsecció anterior. Tampoc podem assumir que tingui els MM que té l'alumnat d'Educació Primària perquè ha passat per tota l'educació obligatòria. Cal conèixer doncs, quin model de força tindrà aquest alumnat particular.

Una codificació establerta en l'article '*Force, ontology and linguistics*' per (Brookes & Etkina, 2009) classifica els diferents models de força que expressa l'alumnat universitari. En l'article es vol mesurar quina és la concepció del model de força que té l'alumnat a partir de les expressions lingüístiques que utilitzen.

Per a categoritzar la concepció de força i la seva relació amb moviment que mostra l'alumnat durant diferents entrevistes ho fa en base a uns criteris lingüístics i ontològics. Basen l'estructura de les seves categories en l'equivalència entre la negociació de significats que es fa sobre les paraules que utilitzen els professionals de la física quan elaboren les seves teories i l'alumnat quan treballa per a modificar els seus models inicials cap als models més científics.

Sequeira i Leite (1991) mostren que hi ha similituds entre els models de força desenvolupats històricament per la ciència professional i els que mostra l'alumnat i professorat en formació. De fet, aquests models s'entreveuen fent una revisió de la història de la ciència, com la que va fer Jammer (1957) a partir d'aportacions de diversos especialistes en història de la ciència i està al llibre *Concepts of force*. Els models sobre força i moviment que presenten Brookes i Etkina (2009) concorden amb l'evolució de les concepcions de força que han existit des de molt antic i que trobem en Jammer. Conèixer aquests models històrics és útil per a poder determinar com és el model de l'alumnat.

En les següents taules (Taula 5, 6, 7, 8) mostrem els quatre models que defineixen Brookes i Etkina (2009).

Taula 5. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a propietat d'un objecte'.

Categoria	La força és la propietat d'un objecte.
Rol	El terme 'força' funciona com un participant gramatical passiu.
Localització	La força s'interpreta metafòricament com la propietat d'un objecte al que se li atribueix la metàfora de ser el 'contenedor'. Podem identificar-ho perquè es parla de 'la seva força' suggerint que pertany als objectes dels que parlem.
Exemple històric	Leibniz: ' <i>...two soft or unelastic bodies Meeting together, los some of their force...</i> ' .
Exemple modern	La tensió d'una corda. El pes d'un objecte.

Taula 6. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a desig intern o 'drive''.

Categoria	Força és un desig intern o motor natural (drive).
Rol	El terme 'força' funciona com un participant gramatical actiu que duu l'objecte a l'acció. Ens referirem a la força com un ímpetu o un esperit que té l'objecte.
Localització	La força sembla que resideix a l'interior d'un objecte que s'està movent o girant.

	S'usen paraules per definir-la com: 'degut a' i preposicions com 'dins' mostren la presència de la força dins de l'objecte.
Exemple històric	Copernicus: <i>'I think the gravity is ...a certain natural appetite [desire] given to the parts of the Earth by divine providence of the Architect of universe..'</i> Kepler: <i>'Gravity is a mutual affection among related bodies which tends to unite and conjoint them'</i> . Buridan: <i>'...he [God] has given to each of them [the celestial spheres] an impetus which kept them moving since then...'</i>
Exemple modern	La Lluna és atreta per la Terra.

Taula 7. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a agent'.

Categoria	La força és un agent.
Rol	El terme 'força' funciona com un participant gramatical actiu, com un objecte que està fent alguna cosa sobre un altre objecte.
Localització	La força és externa a l'objecte amb el qual està interactuant. Podem identificar-la per les preposicions 'sobre'.
Exemple històric	Da Vinci: <i>'define as an incorporeal agency, an invisible power...'</i> . Descartes: <i>'but I desire now that you consider what the gravity of this Earth is, that is to say, the force which unites all its parts and which makes them all tend towards the centre...'</i>
Exemple modern	Una força neta causa que un objecte s'acceleri. Una força actua sobre un objecte.

Taula 8. Descripció i exemples de la categoria 'Força com a interacció'.

Categoria	La força és un mitjà passiu d'interacció.
Rol	El terme 'força' funciona com un participant gramatical passiu. S'entén com alguna cosa que està passant d'un objecte a un altre.
Localització	La força és externa als dos objectes. Podem identificar-la per les preposicions 'sobre' i 'cap a'. Suggereixen que la força té contacte amb la superfície dels objectes però que no s'introdueixen dins dels objectes.
Exemple històric	Newton: <i>"An impressed force is an action exerted upon a body..."</i> Defineix clarament la força com un " <i>procés</i> " (una acció). Directament no fa res a cap objecte per si mateixa.
Exemple modern	L'objecte A exerceix o aplica una força sobre o a l'objecte B.

3.5.4. L'ús de les representacions múltiples i l'aprenentatge de forces i moviment

S'ha mostrat de manera repetida que l'ús de les representacions múltiples pot ajudar en la resolució de problemes de física. Són útils per dos motius principalment: són eines visuals que ajuden a l'alumnat a comprendre els problemes que se'ls proposen i actuen com a pont entre les representacions verbals i matemàtiques (Rosengrant, Van Heuvelen, & Etkina, 2009; Van Heuvelen & Zou, 2001).

En una recerca duta a terme en diferents escoles finlandeses s'han estudiat els diferents efectes que té en l'alumnat de secundària estudiar forces utilitzant diferents representacions. Les principals conclusions dels diferents estudis duts a terme (Nieminen et al., 2017) mostren que no totes les representacions són igualment usables per a diferents alumnes, sinó que depèn de cada context i contingut de la situació física que s'analitzi. D'altra banda, l'adquisició de les habilitats per a poder fer diferents representacions de diferents situacions va lligat amb una millora de l'aprenentatge de conceptual.

Aquesta conclusió coincideix amb altres estudis (Sutopo, Liliyasi, Waldrip, & Rusdiana, 2012) que conclou que l'alumnat utilitza representacions per desenvolupar la seva comprensió en mecànica, millora tant les seves habilitats representatives com el raonament sobre la situació, explicant i justificant el que està volent representar.

Per tot això, l'equip de Nieminen (2017) recomanen que l'ús de múltiples representacions introdueixi a les aules. Alerten, també, que cal tenir en compte, per això, que la presència de les representacions als llibres de text no és suficient perquè aquestes tinguin un efecte positiu sobre l'aprenentatge, cal que el professorat en domini el seu ús i ho pugui transmetre a l'alumnat. Per fer-ho s'hauran d'elaborar materials de suport o formar al professorat en l'ús d'aquestes noves representacions i com extreuen el màxim potencial.

3.6. La formació del professorat

Per últim cal considerar que la nostra activitat no serà formar alumnat d'Educació Primària o Secundària, sinó FM d'Educació Primària durant la seva formació inicial. Per això, cal tenir en compte aquells aspectes que caracteritzen al professorat com a alumnat i considerar-los en les seqüències d'ensenyament - aprenentatge que es plantegin.

Les primeres reflexions sobre quin coneixement específic havia de tenir el professorat de ciències les va fer a mitjans dels anys 80 Lee S. Shulman (1986). Durant aquesta última dècada aquest model s'ha reduït a 3 dimensions interrelacionades entre elles (Baumert et al., 2010): el Coneixement Pedagògic (CP) (*Pedagogical Knowledge*), el Coneixement de Contingut (CC) (*Content Knowledge*) i el Coneixement Pedagògic del Contingut (CPC) (*Pedagogical Content Knowledge*). Es considera que són tres dimensions que es van superposant i són totes necessàries per a poder exercir la tasca de ser professor/a. Per tant, l'objectiu de les diferents assignatures del Grau de Mestre d'Educació Primària haurà de ser ajudar a l'alumnat a construir aquestes tres dimensions del coneixement.

Considerem que el CP és tot aquell coneixement teòric après durant la formació del professorat, però també les habilitats i competències desenvolupades com a resultat de la pràctica professional i de la formació permanent (Clandinin & Connelly, 1995). Aquestes habilitats tenen a veure amb aspectes com la gestió de l'aula, les actituds, la gestió de les de l'alumnat, la definició d'objectius d'aprenentatge, el disseny de seqüències d'aprenentatge adequades al context de la seva aula, etc. Part d'aquest coneixement es pot

començar a desenvolupar durant la formació inicial, però cal remarcar que bona part es desenvoluparà a partir de la reflexió sobre la pròpia experiència professional.

El CC és tot aquell contingut conceptual de la matèria que s'ha d'ensenyar. És conegut que part de l'èxit de l'ensenyament que pugui promoure el professorat depèn de la profunditat de coneixements que tingui de la matèria que ensenyarà (Van Driel & Verloop, 1999). Tot i així, per a poder-ho fer caldrà que aquest contingut pugui ser transformat de manera adequada per tal que l'alumnat el pugui aprendre.

Aquesta última habilitat requerida al professorat és el que es coneix com a CPC. Per a desenvolupar-lo és necessari un bon CC, tot i que aquest no és condició suficient (Fischer, Borowski, & Tepner, 2012). Magnusson, Karjick i Broko (1999) concreten una mica més aquest tipus de coneixement descrivint-ne 5 components que consideren que té en el cas particular de l'ensenyament de les ciències:

- Coneixement i creences del professorat sobre els propòsits i objectius de l'ensenyament de les ciències a un nivell determinat.
- Coneixement sobre el currículum.
- Coneixement sobre l'avaluació.
- Coneixement de la comprensió de l'alumnat té del contingut científic que ha d'aprendre.
- Coneixement d'estratègies i metodologies d'ensenyament-aprenentatge.

La formació inicial que es fa a la Facultat d'Educació té un paper molt important en aquest procés permanent de formació.

Els FM que arriben a la facultat ho fan amb una gran experiència (tota la seva vida) com a alumnat. Això ha fet que adquireixin una visió sobre què és ensenyar i què és aprendre, basada en la seva vivència. Aquest coneixement tindrà una gran influència ja que «respon a experiències reiterades i s'adquireix de forma no reflexiva com una cosa natural, òbvia, de 'sentit comú', escapant a la crítica i convertint-se en un veritable obstacle» (Gil Pérez, 1991).

Com ja s'ha mencionat, l'aprenentatge de tots aquests continguts no és qüestió d'uns anys de formació sinó el resultat d'una formació permanent. En relació al paper que té la formació inicial de mestres en aquest aprenentatge constant, estem d'acord amb dues de les funcions principals que descriu Sanmartí (2001):

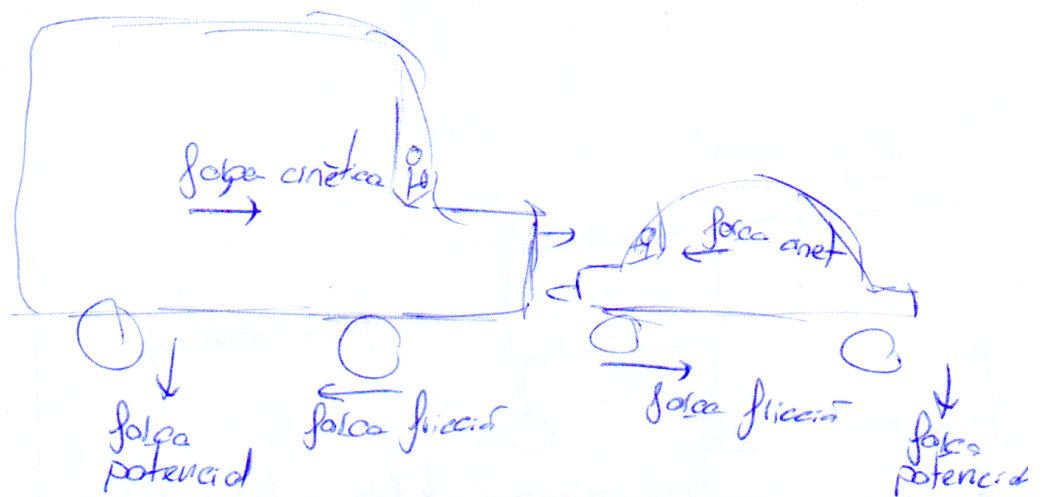
1. El repte de la formació inicial serà dotar al professorat del pensament creatiu, crític i de les eines que el permetin autoregular-se i poder-se continuar formant amb criteri durant tota la seva carrera professional.
2. La formació inicial haurà de donar l'oportunitat a cada futur mestre de que, per mitjà d'un procés metacognitiu de reflexió, sigui conscient de les seves creences, coneixements, pràctiques i actituds

a l'aula. A partir d'aquí, les ha de poder anar revisant, i si cal, modificant per anar desenvolupant el seu model didàctic personal.

Sintetitzant totes les característiques i coneixements que necessita un FM i el paper que té la formació inicial universitària, podem concloure que a les aules de formació inicial del professorat, haurem de:

- Revisar els models mentals de l'alumnat dels diferents continguts científics que han de treballar quan siguin mestres a l'aula i ajudar-los a evolucionar cap al model científic escolar.
- Treballar amb els coneixements i habilitats científiques que també es consideren part del coneixement científic: saber parlar i fer ciència.
- Transmetre metodologies i pràctiques d'aula que s'han mostrat eficients per a l'aprenentatge de diferents continguts científics. Aquestes, però no es poden transmetre de manera teòrica, els futurs mestres hauran de formar-ne part i viure-les com a alumnat, per anar contribuint amb noves vivències com a alumnat que ajudin a evolucionar la visió de l'ensenyament-aprenentatge de les ciències que ja tenen.
- Proporcionar-los diferents espais per a la reflexió sobre el seu propi aprenentatge, per anar construint aquesta capacitat metareflexiva.
- Procurar que tinguin espais de pràctica on puguin fer de mestres per tal de poder reflexionar sobre l'activitat duta a terme.

Metodologia



4

Metodologia

En el capítol 4 s'explica la metodologia i disseny de la recerca desenvolupats per a poder assolir els objectius marcats. S'inicia amb l'estudi pilot (Secció 4.1) realitzat durant el curs 2015/16 per concretar la millor metodologia i instruments per comprendre les principals dificultats que presenta l'alumnat així com els elements de les representacions gràfiques poden ser d'ajuda. Després es desglossa el marc metodològic amb el que es treballarà: el de mètodes mixtes (*mixed methods*), que combina els paradigmes quantitatiu i qualitatiu (Secció 4.2). A partir d'aquí es concreten el disseny de la recerca (secció 4.3), els instruments de la recollida de dades (Secció 4.4), la descripció de les variables implicades i la seva operacionalització (Secció 4.5), els participants (Secció 4.6), el procediment (Secció 4.7), l'anàlisi dels resultats (Secció 4.8) i les qüestions ètiques que s'han considerat per dur a terme la recerca a l'aula (Secció 4.9).

4.1. Estudi Pilot

Per a definir el disseny de la recerca de la tesi doctoral es va plantejar inicialment un estudi pilot per a poder fer una anàlisi exploratòria de l'aprenentatge assolit durant les sessions de forces de DMEI a través de les respostes d'un qüestionari passat abans i després de les sessions del bloc de forces. Aquesta exploració es va dur a terme durant el curs 2015/16 amb els objectius de poder valorar quins aspectes del model de força eren més controvertits i resistents a l'aprenentatge, definir el paper de la representació gràfica en la nova proposta d'intervenció i esbrinar si el qüestionari dissenyat era l'instrument adequat per a obtenir la informació que necessitàvem.

En aquesta secció es presenta l'exploració feta i les conclusions extretes per a la fonamentació del disseny definitiu de l'estudi.

4.1.1. Disseny

Les sessions de forces del curs 2015/16 es van desenvolupar sense fer modificacions a la programació que es treballa de manera habitual. Les representacions gràfiques s'utilitzen durant totes les sessions per anar resolent les diferents activitats proposades però no es preveu cap modificació respecte a la que s'usa habitualment, el diagrama de cos lliure.

Es va preparar un qüestionari pilot (Annex 1) per a determinar els aspectes del model de força més susceptibles a l'aprenentatge al llarg de les sessions a l'aula. Aquest qüestionari consta de 5 blocs de preguntes que tracten aspectes relacionats amb el concepte de força i amb la relació entre forces i moviment.

Les preguntes estan organitzades segons els següents blocs:

- Es plantegen 3 preguntes extretes del *Force Concept Inventory* (FCI) (Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992) relacionades amb les Lleis de Newton.
- Es plantegen 4 situacions dibuixades en les que es demana quines forces actuen o com actuen.
- Es plantegen 3 situacions en què una nena empeny un carretó que es mou de diferents maneres, en les que es demana quines forces actuen o com actuen.
- Diferents representacions gràfiques que mostren la situació d'un camió sobre un pont.
- Un problema qualitatiu sobre la 3a Llei de Newton.

Els qüestionaris es van passar a 3 grups classe abans i després de les sessions de forces. Les respostes als qüestionaris juntament amb algunes de les respostes recollides dels exàmens de l'assignatura van permetre fer una avaluació de l'eina i preparar el disseny definitiu de l'estudi.

4.1.2. Anàlisi del qüestionari i conclusions de l'exploració

Una vegada feta una anàlisi exploratòria de les respostes PRE i POST al qüestionari es va arribar a les conclusions següents.

- El qüestionari plantejat no permet avaluar l'evolució del concepte de força vinculat a l'ús de representacions gràfiques per diferents motius:
 - L'evolució del model és molt subtil i el qüestionari no té tanta precisió. No es noten diferències evidents entre les respostes PRE i POST.
 - Engloba massa temes i ho fa de manera superficial.
- El fet d'usar representacions gràfiques en les activitats d'aula no modifica l'aprenentatge ja que les respostes PRE i POST als qüestionaris no mostren canvis significatius quan les comparem entre sí.

Es comparteixen aquestes conclusions i l'avaluació del qüestionari amb les directores de la tesi i s'arriba a les següents conclusions que ens porten a fer una reestructuració de l'estudi:

- Es focalitzarà la tasca de recerca en l'anàlisi de la comprensió de la força com una interacció entre cossos, o sigui, en la 3a Llei de Newton. Ja que és un dels conceptes que més resistent a l'aprenentatge.
- Es reelaborarà el qüestionari seguint aquestes directrius:
 - Totes les situacions plantejades seran interaccions únicament entre dos cossos. Una persona i un objecte inanimat en diferents situacions.
 - Es deixaran les preguntes de test provinents del FCI) (Hestenes et al., 1992) però centrades únicament en interaccions.
 - El qüestionari ha de ser més curt per assegurar que el màxim d'alumnat el pugui respondre de manera completa.
 - La descripció que es demani de les situacions de forces serà més completa per a poder verificar que les respostes que s'estan donant són coherents.
- A banda del qüestionari també es farà un estudi qualitatiu amb entrevistes l'objectiu de les quals és conèixer quin és el paper que juguen les diferents representacions externes (verbal, ús d'objectes i gràfica) en la construcció del model mental de força dels alumnes i en l'evolució d'aquest cap al MCE.
- L'estudi s'estructurarà en dues etapes. La primera serà per a poder analitzar l'aprenentatge que es duu a terme durant les sessions que es faran de la forma habitual i poder, en la segona etapa, preparar una intervenció que per a millorar-lo. Durant la segona etapa s'avaluarà l'aprenentatge fet a partir d'aquesta intervenció revisada.

4.2. Marc metodològic: *mixed methods*

En el camp de la recerca en ciències socials existeix un debat sobre els marcs metodològics amb els que s'estructuren les recerques: el quantitatiu o el qualitatiu. El **quantitatiu** s'associa a un paradigma positivista. El positivisme es fonamenta en la racionalitat i l'empirisme, i assumeix que el món social pot ser estudiat amb una metodologia similar a la que es fa servir per a estudiar el món natural. Que hi ha una única realitat observable de la que podem estudiar les seves característiques. Entén que la objectivitat és bàsica i que l'investigador es relaciona amb l'objecte d'estudi sense implicar-s'hi ni alterar-lo. Per contra, el **qualitatiu** s'associa amb un paradigma interpretatiu. Aquest assumeix que el món social és un espai desendreçat, ple de contradiccions, complex i molt ric en detalls. Entén que els comportaments de les persones i, per tant, les dades de l'investigador/a estan connectades amb un context concret. Per tant, afirma que les situacions no s'han d'aïllar del seu context sinó comprendre-les en aquest.

A principis de segle XXI han començat a sorgir veus que argumenten en contra d'aquesta dicotomia d'apropament raonant que va en contra de les mateixes recerques i s'afirma que els plantejaments qualitatiu i quantitativ són compatibles en un mateix estudi sota determinades condicions (Erickson & Roth, 2006). Anomenen aquest nou marc metodològic '*mixed methods*'. Tot i que durant anys s'ha anat presentant en

recerques de manera més o menys informal, durant la última dècada ha augmentat el nombre de revistes i articles que reflexionen sobre aquest marc i el seu paradigma. Tot i que està en discussió encara, si que hauria de ser considerat un tercer marc al mateix nivell que el quantitatiu o el qualitatiu segons molt recercadors ja que existeix un acord en la seva validesa (Cohen, Manion, & Morriison, 2011). El paradigma en el que es basa és el pragmatisme (Johnson & Onwuegbuzie, 2007; Onwuegbuzie & Leech, 2005; Teddlie & Tashakkori, 2009). Aquest marc metodològic aprofita i integra enfocaments i dades tant numèriques com narratives, mètodes quantitius i qualitius per a poder respondre la pregunta o preguntes de recerca plantejades (Johnson & Onwuegbuzie, 2007).

Dins de les categoritzacions dels diferents tipus de recerca que es poden dur a terme en aquest marc s'han dibuixat diferents tipus de dissenys que es classifiquen segons les maneres de combinar els acostaments qualitius i quantitius en la recerca, reconeixent que serà la pregunta de recerca i l'objectiu de la investigació qui condicioni el disseny (Teddlie & Tashakkori, 2009).

La nostra recerca té per objectiu principal estudiar la forma d'aprendre dels futurs mestres per a poder millorar la proposta d'intervenció educativa. Entenem que la millor manera de comprendre el que passa en una aula és considerant la informació en el context d'aquesta i per tant, amb metodologies qualitatives. Tot i això, usarem mètodes més propis de les recerques quantitatives per a extreure i sintetitzar la informació que obtinguem dels qüestionaris sobre la visió del model de força que té l'alumnat.

4.3. Disseny

Dins del marc dels *mixed methods* es plantegen diferents tipus de disseny en funció de com es combinen i de quin pes tenen els paradigmes qualitatiu i quantitatiu de la recerca. De tots ells, es planteja dur a terme un estudi basat en el '*parallel mixed design*' o '*concurrent design*' (Teddlie & Tashakkori, 2009). En aquest tipus de disseny es duen a terme els apropaments quantitatiu i qualitatiu de manera independent i simultània per tal de respondre a les diferents preguntes de recerca proposades. Els dos apropaments tenen un pes similar en la recerca, no n'hi ha un que estigui subordinat a l'altre.

La **part quantitativa** de l'estudi s'estructura a partir d'un disseny quasi experimental PRE/POST amb grups control i experimental que mesurarà quin és l'aprenentatge de força de l'alumnat de DMEI. La variable independent és la intervenció que es plantejarà a l'aula (veure Capítol 6) i la variable dependent és el grau d'aprenentatge de força. L'instrument que s'utilitzarà és un qüestionari que es passarà a dos grups d'alumnat que cursi DMEI durant els cursos 2016/17 i 2017/18.

La **part qualitativa** de l'estudi s'estructura a partir d'un estudi de cas simple (Yin, 2014) que analitza els punts forts i febles que té usar representacions gràfiques per treballar amb situacions de forces, així com el paper que fan en relació a l'explicitació de les forces de l'alumnat. L'instrument que s'utilitzarà és una

entrevista semi-estructurada que es farà de manera individual a alguns dels alumnes que cursin DMEI durant els cursos 2016/17 i 2017/18.

En la Figura 3 (p. 58) s'observa l'organització de les diferents activitats que ha implicat la recerca, especificant què s'analitza i amb quin instrument, quan es fa la proposta d'intervenció a l'aula, i com és l'aprenentatge dels alumnes després de les intervencions a l'aula.

4.4. Instruments de recollida de dades

Es necessiten dos instruments per a fer la de recollida de dades i respondre a les preguntes de la recerca. El primer instrument consisteix en un qüestionari, amb l'objectiu de donar informació sobre el coneixement que té l'alumnat sobre forces abans i després de cursar l'assignatura de DMEI. El segon instrument consisteix en una entrevista, amb l'objectiu de proporcionar-nos informació sobre com les representacions gràfiques lliures i pautades ajuden a l'alumnat a treballar amb problemes de forces.

A cada instrument se l'hi assignen un grup d'objectius específics i preguntes de recerca que hauran de respondre les dades que reculli. En la Taula 9 es pot veure la relació d'instruments, objectius específics i preguntes de recerca.

Taula 9. Relació d'objectius específics i preguntes que ha de resoldre cada instrument.

Instrument	Objectius específics	Preguntes de recerca
Entrevista	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analitzar l'impacte de l'ús de la representació gràfica en la manera com l'alumnat expressa verbalment quines forces actuen en cada situació plantejada. 2. Descriure les característiques que tenen les representacions lliures fetes per l'alumnat durant l'entrevista. 3. Detectar les principals dificultats que té l'alumnat a l'hora de representar forces utilitzant els significats que es donen en la representació del diagrama de cos lliure a la direcció / sentit, llargada i origen/punta de la fletxa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. En què fa modificar la manera de parlar i pensar en una situació física determinada de l'alumne, el fet que se li demani que faci servir una representació gràfica? 2. Quins elements comparteixen les representacions gràfiques lliures que fa l'alumnat de les forces que hi ha en els diverses situacions plantejades? 3. Quines son les dificultats d'interpretació i representació que presenta per a l'alumnat el codi que defineix el diagrama de cos lliure?
Qüestionari	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprendre i avaluar quin és el procés d'ensenyament-aprenentatge facilitat per l'assignatura de DMEI amb l'objectiu de comprendre la força com a la causa de la interacció entre diferents objectes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quines forces identifica en una situació concreta? 2. Fa la representació científicament acceptada de la situació? 3. És coherent en les diferents parts de la seva resposta? 4. Quin model de força expressa en les seves

		respostes? 5. Quins són els models de força més reticents al canvi per a cada situació i objecte? 6. Hi ha una evolució significativa del model de força quan s'ha acabat el curs? 7. Quin nivell d'assoliment del model de força d'interacció té l'alumnat que hi ha arribat?
--	--	---

CURS 2016 - 2017	Abril		
	Objecte d'anàlisi	Coneixement de l'alumnat sobre forces quan arriba a l'assignatura de DMEI.	
	Instrument	Qüestionari	
	Objecte d'anàlisi	Efecte de les diferents representacions externes (verbal, ús d'objectes i gràfica) en la reflexió i explicitació de les forces que actuen en una situació donada.	
	Instrument	Entrevista	
	Maig		
	Sessions del bloc de forces de DMEI.		
	Juny		
	Objecte d'anàlisi	Coneixement de l'alumnat sobre forces quan acaba l'assignatura de DMEI.	
	Instrument	Qüestionari	
CURS 2017 - 2018	Hivern		
		Anàlisi dels resultats i elaboració de la proposta d'intervenció a l'aula.	
	Abril		
	Objecte d'anàlisi	Coneixement de l'alumnat sobre forces quan arriba a l'assignatura de DMEI.	
	Instrument	Qüestionari	
	Objecte d'anàlisi	Efecte de les diferents representacions externes (verbal, ús d'objectes i gràfica) en la reflexió i explicitació de les forces que actuen en una situació donada.	
	Instrument	Entrevista	
	Maig		
		Sessions del bloc de forces de DMEI.	
		Juny	
	Objecte d'anàlisi	Coneixement de l'alumnat sobre forces quan acaba l'assignatura de DMEI.	
	Instrument	Qüestionari	

Figura 3. Distribució temporal de les diferents etapes de la recerca.

Tot i utilitzar dos instruments diferents, les tasques que plantejarem que es resolguin seran diferents situacions en què dos cossos interaccionen on demanarem que l'alumnat identifiqui les forces que s'estan donant.

L'aprenentatge encarnat és el responsable de l'elaboració de les representacions internes (les intuïtives o de sentit comú) de les forces, que són la base del concepte de força que cadascun de nosaltres construeix (concepció alternativa o coneixement previ).

Per aquest motiu tant al qüestionari com a les entrevistes, plantejem situacions en les que hi intervé el cos. Aquestes són aquelles amb les que estem més familiaritzats i tenim una noció més clara de la representació interna de les forces que hi intervenen. Díficilment dubtarem molt a l'hora d'explicar quines forces actuen en un llançament de pilota, ja que tenim una explicació creada pels anys d'experiència en el llançament d'objectes.

Les característiques del concepte de força que reforça l'aprenentatge encarnat són:

- S'estableix una jerarquia entre dos tipus de força (inexistent a nivell científic) que fa distingir entre 'forces' i 'resistències':
 - Forces que fem activament es consideren com a tals.
 - Les forces que fem per parar objectes o que processem com a una acció de 'resistència' no són considerades com a tals.
- Considerem que si no notem cap efecte sobre nosaltres, la força és inexistent. Això vol dir que si ens trobem en una situació d'equilibri, tampoc identificarem forces actuant sobre cossos.

Les tres situacions que es plantegen en les preguntes obertes del qüestionari representen cadascuna d'aquestes situacions:

- Llançar la pilota: situació activa. (S1)
- Aturar la pilota: situació de resistència. (S2)
- Estar assegut en una cadira: situació d'equilibri. (S3)

4.4.1. Qüestionari

Quan parlem de poder mesurar el coneixement de l'alumnat sobre forces ens referim tant al model mental de força usat per a interpretar les diferents situacions, com a la capacitat de representar-les gràficament i la coherència de les respostes en els diferents formats que donin (escrit i gràfic). En el qüestionari, doncs, hi posarem preguntes que cobreixin les tres situacions que volem plantejar expressades en diferents formats i alguna pregunta que ens permeti comprovar el nivell d'assoliment de la 3a Llei de Newton.

Parlant en termes de variables, aquest qüestionari té com a variable dependent el model de força de l'alumnat i com a variable independent la intervenció que fem a l'aula.

4.4.1.1. Disseny

La primera part del qüestionari consta de tres preguntes obertes on es plantegen 3 situacions als participants. Aquestes situacions es centren en la interacció entre cossos i en la identificació de les forces que actuen en aquestes situacions.

En cada pregunta es demana als participants que identifiquin les forces que fan els dos cossos, que justifiquin la seva resposta i representin la situació gràficament. A continuació, se'ls demana que expliquin el perquè de la seva representació i si en tenen d'alternatives.

Els objectius d'aquest conjunt de preguntes són:

- Tenir una mesura el més acurada possible sobre la representació interna que tenen les i els alumnes de les forces des del punt de vista de la interacció.
- Veure la coherència de les diferents representacions externes (verbals i gràfiques) que en fan.

En la següent Figura 4 podem observar la distribució de les preguntes i els espais que es deixen per respondre en cada cas.

Per cada una de les situacions que et presentem, respon a les següents qüestions que hi ha a les dues columnes del dret.

1. Xutes una pilota.
Tu fas alguna força? Quina? _____
La pilota fa alguna força? Quina? _____

Pots representar la situació i les forces que hi actuen?

• Explica la teua representació.

• Podries representar les forces d'alguna altra manera?

Figura 4. Estructura de les preguntes obertes.

Les preguntes són:

- Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? La pilota fa alguna força? Quina?
- Agafes al vol una pilota de bàsquet amb les mans. Tu fas alguna força? Quina? La pilota fa alguna força? Quina?
- Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? La cadira fa alguna força? Quina?

Per cadascuna d'elles demanem:

- Pots representar la situació i les forces que hi actuen?
- Explica la teva representació.
- Podries representar les forces d'alguna altra manera?

La segona part està composta per dues preguntes tancades adaptades del FCI) (Hestenes et al., 1992) per a identificar quin concepte de força tenen les i els alumnes en situacions molt particulars.

A banda de la resposta del test, es demana als participants que justifiquin la seva resposta i representin la situació plantejada. Així tenim una informació més completa de quina és la seva representació interna de la resposta.

L'objectiu d'aquestes qüestions és identificar de nou el model mental de força que tenen. En les respostes obertes, sobretot en els qüestionaris POST, podria ser que trobéssim respostes reproductives i memoritzades amb elements relacionats amb el contingut treballat a classe. En el cas de les dues preguntes tancades, aquesta memorització no és aplicable i permet veure si el model ha evolucionat de manera profunda.

En la Figura 5 s'observa la distribució de les preguntes i els espais que es deixen per respondre en cada cas.

Per últim, et presentem diferents situacions en les que hi actuen forces. Podries marcar l'opció correcta?

1. Un camió gran xoca frontalment amb un petit automòbil. Durant la col·lisió:

- La intensitat de la força que el camió fa sobre l'automòbil és major que la de la força que l'automòbil fa sobre el camió.
- La intensitat de la força que l'automòbil fa sobre el camió és major que la de la força que el camió fa sobre l'automòbil.
- Cap dels dos fa força sobre l'altre, l'automòbil queda aixafat perquè s'interposa en el camió del camió.
- El camió fa una força sobre l'automòbil però l'automòbil no fa cap força sobre el camió.
- El camió fa una força de la mateixa intensitat sobre l'automòbil que la que l'automòbil fa sobre el camió.

Quina justificació dones a la teva resposta?

Pots representar les forces que actuen en aquesta situació?

Figura 5. Estructura de les preguntes tancades.

Les preguntes plantejades són:

- Un camió gran xoca frontalment amb un petit automòbil. Durant la col·lisió:
 - La intensitat de la força que el camió fa sobre l'automòbil és major que la de la força que l'automòbil fa sobre el camió.
 - La intensitat de la força que l'automòbil fa sobre el camió és major que la de la força que el camió fa sobre l'automòbil.
 - Cap dels dos fa força sobre l'altre, l'automòbil queda aixafat perquè

- s'interposa en el camí del camió.
- El camió fa una força sobre l'automòbil però l'automòbil no fa cap força sobre el camió.
- El camió fa una força de la mateixa intensitat sobre l'automòbil que la que l'automòbil fa sobre el camió.
- Una làmpada està penjant del sostre per un cable. Les forces que actuen sobre la làmpada són:
 - La força de la gravetat que estira cap al terra i la tensió del cable que estira cap al sostre.
 - La força de la gravetat que estira cap al terra.
 - La força del cable que estira cap al sostre.
 - Cap força, ja que la làmpada no es mou ni cap amunt ni cap avall.

4.4.1.2. Garanties de qualitat i limitacions

Com tots els instruments de recollida de dades creats a propòsit per a un estudi concret, cal establir quines són les limitacions i garanties de qualitat que té aquest qüestionari, ja que això indicarà la qualitat de la informació que ens poden donar. Per fer l'avaluació d'aquest qüestionari analitzarem els tres indicadors més bàsics del paradigma positivista a l'hora de valorar la qualitat de les dades recollides: la fiabilitat (*reliability*), la validesa i la objectivitat (Cohen et al., 2011; Mertens, 1998). Cap instrument en ciències socials complirà al 100% amb tots els estàndards, però és important arribar a un compromís tenir-los presents durant el disseny de l'instrument, per tal d'arribar al compromís entre objectius de mesura i estàndards més òptim, així com mostrar-ne explícitament els seus punts forts i limitacions.

La fiabilitat d'un qüestionari ens dona garanties que la informació recollida és estable al llarg del temps. És a dir, que la diferència de la informació recollida no dependrà del moment en el que la recollim sinó de la intervenció que haguem pogut fer entre els qüestionaris PRE/POST. Aquest indicador el podem obtenir a partir dels dos qüestionaris PRE passats a dues mostres diferents (l'alumnat del curs 2016/17 i l'alumnat del curs 2017/18) abans de cursar l'assignatura. Tot i ser tècnicament mostres diferents, l'experiència cursant l'assignatura ens diu que el perfil d'alumnat cada any és molt similar i per tant hauríem d'obtenir respostes molt similars en els dos qüestionaris tot i ser passats en anys diferents.

La validesa d'un qüestionari ens dona garanties que les mesures que estem recollint són les que ens hem marcat com a objectiu i que podem avaluar com l'acció de la variable independent fa evolucionar la variable dependent. En aquest procurem per la seva validesa a partir de la reiteració de preguntes entorn a la variable dependent: el model de força en el cas de situacions d'interacció. A més, per a cada pregunta recollim diferents evidències sobre la resposta: escrita i gràfica. I amb les dues preguntes tancades, provinents del FCI (Hestenes et al., 1992), acabem de contrastar el model de força que expressa l'alumnat.

A banda de l'estructura interna, el qüestionari s'ha treballat i debatut en el sí del grup de recerca Alfagraf (Alfabetització Gràfica) de la UB format per investigadores i investigadors dels camps de la psicologia de l'educació i de la didàctica de les ciències i de les matemàtiques.

L'objectivitat d'un qüestionari ens indica fins a quin punt l'instrument és susceptible de recollir les creences i biaixos de les persones que l'administren, codifiquen o interpreten. Les mesures més objectives són les de resposta més curta o de test, ja que no són susceptibles a cap interpretació. En aquest cas, el qüestionari havia de tenir respostes obertes ja que era important per tal de poder captar el model de l'alumnat i la coherència en les seves respostes, així com poder recollir les representacions gràfiques que fan de les situacions. D'altra banda, per reduir el biaix en la interpretació, s'han inclòs les dues preguntes amb resposta tancada i la codificació de l'anàlisi de les respostes obertes ha estat discutida amb el grup de recerca d'Alfagraf, amb les directores de la tesi i triangulada amb una altra professora de l'assignatura de DMEI.

4.4.2. Entrevista

En el cas de l'entrevista volem estudiar diferents fenòmens subtils i molt concrets. Més concretament, plantegen com els futurs mestres:

- van evolucionant en l'explicació de les forces que actuen en una situació determinada a mesura que van tenint més eines per a poder explicitar el seu model mental.
- representen de manera lliure les forces que hi actuen.
- el significat que donen als símbols amb els que representen les forces.
- les dificultats que tenen a l'hora de comprendre la codificació dels símbols que es dona a la fletxa quan representem forces a l'aula.

Per a fer-ho es prepara una entrevista semi-estructurada individual que es farà a alguns futurs mestres que formen part també del grup que respondrà els qüestionaris.

4.4.2.1. Disseny

L'entrevista ha de preguntar per tres situacions similars a les del qüestionari: llançament d'una pilota, parada d'una pilota, estirada d'una corda elàstica. Aquesta última situació és una situació d'equilibri, com la persona asseguda en una cadira plantejada en el qüestionari, però que introdueix la corda elàstica. L'objectiu d'aquesta variació és veure quin paper pot tenir la intervenció en la situació d'un objecte que evidencia la força que s'està fent. En aquest cas la corda elàstica s'estira en funció de la intensitat amb la que l'estirem.

A partir d'aquestes tres situacions, dividim l'entrevista en diferents esdeveniments en els que anirem introduint les representacions externes que podem usar de manera successiva per poder analitzar com varia la identificació i anàlisi de les forces amb les diferents eines d'explicitació. L'ordre d'introducció es basarà en una classificació amb la que J.I. Pozo (2017) ordenava les representacions, de més properes al

coneixement implícit a més facilitadores de l'explicitació d'aquest coneixement. En la Taula 10 Es pot veure com s'endrecen les preguntes de l'entrevista.

Taula 10. Preguntes de l'entrevista.

Esdeveniment	Situació	Pregunta [accions a realitzar]
--	--	Durant aquesta entrevista anirem realitzant diferents accions i pensarem sobre les forces que hi actuen. Ho anirem explicant de diferents maneres.
1	1	[Donar-li una pilota i demanar-li que la llenci des del pit] <ul style="list-style-type: none"> • Dignes quines forces actuen en aquesta situació. • Per què hi ha aquestes forces?
2	2	[Tornar-li la pilota i que la pari] <ul style="list-style-type: none"> • Dignes quines forces actuen en aquesta situació. • Per què hi ha aquestes forces?
3	3	[Fer estirar una corda elàstica que estarà enganxada en algun punt de la sala.] <ul style="list-style-type: none"> • Dignes quines forces actuen en aquesta situació. • Per què hi ha aquestes forces?
4	1	[Donar-li una pilota i que la llenci un altre cop si vol, després agafar la pilota i posar-li al davant.] <ul style="list-style-type: none"> • Ara, explica quines forces actuen sobre aquesta pilota en aquest cas quan has fet el llançament. • I sobre tu, quines forces actuen quan lances la pilota?
5	2	[Llançar la pilota i demanar-li que la torni a agafar.] <ul style="list-style-type: none"> • I en aquest moment, explica quines forces han actuat sobre la pilota quan tu has parat la rebuda? • I sobre tu, quines forces actuen quan reps la pilota?
6	3	[Tornar a estirar la corda.] <ul style="list-style-type: none"> • Quan estàs estirant la corda, quines forces actuen sobre la corda? • I sobre tu, actua alguna força?
7	1	Ara usarem una pilota diferent per realitzar les mateixes accions i hi reflexionarem de manera detallada. [Passar-li la pilota medicinal a la persona i demanar-li que la llenci de nou.] <ul style="list-style-type: none"> • Quina diferència hi ha hagut entre aquest llançament i el de la pilota anterior? • Quines forces han actuat sobre la pilota? • I sobre tu? <p>Si la persona no veu que la pilota està exercint força sobre ell/a comentar-li si ha notat si es movia al llançar aquesta pilota o reincidir en les diferències amb l'altre llançament.</p>
8	2	[Llançar-li la pilota a la persona perquè la pari.] <ul style="list-style-type: none"> • Quina diferència hi ha hagut entre aquesta rebuda i la de la pilota anterior? • Quines forces han actuat ara sobre tu? • Quines forces han actuat sobre la pilota?

9	1/2	<p>Les forces de les que hem parlat anteriorment, expressa-les de la manera més acurada possible en aquests fulls fent-ne una representació gràfica.</p> <p>[Donarem 2 fulls a la persona, en un cas el títol serà: “Llances la pilota” en l'altre: “Reps la pilota”. En cadascun d'aquests fulls haurà de fer la representació com vulgui. Una vegada hagi fet les representacions demanar-li que les expliqui.]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veient els dos dibuixos, quines similituds i diferències trobes entre les situacions de llançar la pilota i rebre la pilota? • Per què representes les forces d'aquesta manera? Què significa la fletxa? <p>Si no hi ha formalització canònica, explicar-la i tornar a demanar les representacions gràfiques i les similituds i diferències.</p> <p>Quan ho hagi fet, si no ho ha explicat demanar-li pels elements del vector:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què representa el punt d'origen de les fletxes, si representa alguna cosa? • Què representa la llargada de les fletxes, si representa alguna cosa? • Què representa la direcció, si representa alguna cosa? • Què representa el sentit de les fletxes, si representa alguna cosa? <p>Centrats en la situació 3 de nou, en la que estirem la corda. Demanem que es faci la representació en un full nou, com s'ha fet en els casos anteriors.</p> <p>Per guiar la representació demanarem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En quins dos objectes ens hem de fixar en aquest cas? • Quines forces actuen sobre aquests objectes?
10	3	<p>Ara farem la representació de les tres situacions, però a la fletxa li donarem els significats que jo t'indiqui: el punt d'origen estarà en el cos que rep la força, la longitud indicarà la intensitat de la força i la seva direcció i sentit, la direcció i sentit de la força.</p> <p>[La persona repeteix les representacions en els mateixos fulls on ha representat la versió lliure de les situacions. Una vegada les ha fet, li demanem que s'expliqui.]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veient els dos dibuixos, quines similituds i diferències trobes entre les situacions de llançar la pilota i rebre la pilota?

Les evidències que hi haurà de cada entrevista seran: l'enregistrament en vídeo de l'entrevista, els diferents dibuixos que es demanaran a l'alumnat i la transcripció de l'entrevista. A banda, s'anirà anotant en un diari de camp tot allò que ha passat durant l'entrevista que no queda reflectit en cap de les tres evidències anteriors.

4.4.2.2. Garanties de qualitat i limitacions

Com en el cas del qüestionari, cal establir les limitacions i garanties de qualitat de l'entrevista. Ara, però, els estàndards de qualitat que utilitzarem seran els corresponents al paradigma interpretatiu, ja que estem utilitzant un instrument típicament qualitatiu. Els tres indicadors més bàsics del paradigma interpretatiu a l'hora de valorar la qualitat de les dades recollides són: la fiabilitat (*dependability*), la credibilitat i la confirmabilitat (Cohen et al., 2011; Mertens, 1998). En el cas dels instruments de recollida de dades qualitius no podem garantir objectivitat, ni que la presència de l'investigador/a sigui nul·la en els resultats, ja que es reconeix que la presència de l'investigador forma part de la informació obtinguda i que la informació que obtinguem no podrà ser objectiva. Tot i això, s'han marcat estàndards equivalents per a garantir la qualitat de la informació obtinguda.

La fiabilitat, com en el cas del qüestionari, ens indica si l'instrument recull informació de manera estable al llarg del temps. En el cas de les entrevistes, es reconeix que aquest canvi és inevitable ja que el mateix fet d'estar responent a l'entrevista pot modificar el comportament o pensaments de la persona entrevistada. Ja que aquest canvi no es pot evitar, s'ha de revisar i analitzar públicament. Reconeixent quina part de la informació ve donada per aquest canvi provocat per a l'instrument.

La credibilitat de l'instrument busca la correspondència amb la que la persona entrevistada percep i expressa la realitat i la manera en què l'investigador retrata aquestes visions. Tot i que la interpretació és inevitable, s'ha de buscar que aquesta sigui el màxim de fidel possible a la visió de la persona entrevistada. Per a fer això, en aquestes entrevistes es recull la informació en diferents formats (gravat en vídeo, escrit i dibuixat) per tal que la interpretació de la persona que investiga es faci en base a diferents evidències sobre un mateix fet i puguin tenir més pes les evidències que aquesta interpretació.

La confirmabilitat també busca minimitzar el judici de la persona que investiga, per garantir que la informació obtinguda de l'entrevista i la seva interpretació no formin part de la imaginació d'aquesta. Per garantir això es recomana que la traçabilitat entre la conclusió i la font original on es troba la dada sigui explícita i evident. De manera, que qualsevol persona que revisi la recerca pugui relacionar les conclusions de la persona investigadora amb les dades de les entrevistes. Per facilitar això, l'apartat de resultats de l'entrevista va acompanyat de tots els fragments d'entrevista (ja siguin escrits o dibuixats) que donen suport a les conclusions extretes.

4.5. Descripció de variables i codificació

En aquesta secció es presenta quina ha estat l'operacionalització i els esquemes de codificació que s'han establert per a cada una de les variables que s'hauran d'analitzar dels resultats dels qüestionaris i entrevistes. Primerament s'exposa per a la part quantitativa de la recerca i, a continuació, la qualitativa.

4.5.1. Operacionalització de les variables quantitatives

La variable dependent que s'ha de mesurar utilitzant els qüestionaris PRE/POST és el grau d'aprenentatge de força de l'alumnat de l'assignatura de DMEI. S'ha considerat que el grau d'aprenentatge es pot valorar observant diferents categories de les respostes de l'alumnat:

1. Quines forces identifica l'alumnat en una situació concreta d'interacció entre dos cossos?
2. Com fa l'alumnat les representacions gràfiques de la situació?
3. Existeix coherència entre les diferents parts de la resposta?
4. Quin model de força expressa l'alumnat en les seves respostes?

En les següents taules (Taules 11, 12, 13, 14 i 15) es mostren els esquemes de codificació realitzats per a poder analitzar les respostes de l'alumnat i poder extreure informació de les respostes als qüestionaris.

4.5.1.1. Quines forces identifica l'alumnat en una situació concreta d'interacció entre dos cossos?

Per cada situació plantejada s'observa quines forces s'identifiquen i amb quina profunditat s'expliquen tant en la resposta com en les justificacions escrites que es demanen. Bàsicament es distingeix si amb l'explicació que es dona de cada força se'n pot deduir un model o no.

Taula 11. Codificació elaborada per a la identificació de forces.

CODI	NOM	DESCRIPCIÓ	EXEMPLE
Pe – 0 Pi – 0 Ca – 0	No respon	No ha respost la pregunta.	--
Pe - I Pi – I Ca – I	Identifica la força que fa un cos	Menciona que la persona/pilota/cadira fa una força però no especifica que sigui cap a cap cos concret. No la defineix ni n'explica cap característica. Normalment en aquestes respostes tindrem el nom que es dona a la força i cap explicació més.	S1 – Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? PRE A-3: ' <i>Sí, no ho sé.</i> ' S2 – Agafes al vol una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? POST 1A-8: ' <i>Sí, força de fregament.</i> '
Pe – M Pi – M Ca – M	Explica la força que fa un cos	Menciona que la persona/pilota/cadira fa una força però no especifica que sigui cap a cap cos concret. En aquesta explicació hi trobem elements que ens permeten relacionar-la amb un model concret.	S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. La cadira fa alguna força? Quina? POST 3A-42: ' <i>Sí, contraresta la força del teu pes.</i> ' S2 – Agafes al vol una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? PRE 5D-19: ' <i>Sí, donat que si prové d'algun lloc, té la força que li han traspasat.</i> '

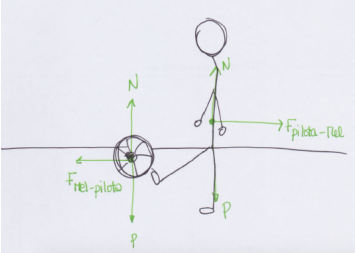
PePi – I PeCa – I	Identifica la força que fa la persona sobre un cos	Menciona que hi ha una força de la persona cap a la pilota/cadira o la dibuixa a la representació gràfica, però no la defineix ni n'explica cap característica. Normalment en aquestes respostes tindrem el nom que es dona a la força i cap explicació més.	S1 – Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? POST 3A-35: <i>'Sí, força del peu a la pilota.'</i> S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? POST 3A-32: <i>'Sí, cap a la cadira.'</i>
PePi – M PeCa – M	Explica la força que fa la persona sobre un cos	Menciona que hi ha una força de la persona cap a la pilota/cadira o la dibuixa a la representació gràfica i l'explica. En aquesta explicació hi trobem elements que ens permeten relacionar-la amb un model concret.	S2 – Agafes al vol una pilota. Tu fas alguna força? Quina? PRE 1A-13: <i>'Sí, fas força amb els braços per mantenir i aguantar el pes de la pilota.'</i> S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? POST 5D-302: <i>'Sí, la força que fa la meva massa.'</i>
PePi – No PeCa – No	Respon que la persona no fa força cap a la pilota o la cadira	En tot l'exercici no s'identifica cap força de la persona cap a la pilota o la cadira.	S2 – Agafes al vol una pilota. Tu fas alguna força? Quina? PRE 5A-2: <i>'Diria que no, la força de la gravetat? Ni idea.'</i> S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? POST C1 – 15: <i>'No, ja que el equilibri no és una força.'</i>
PiPe – I CaPe – I	Identifica la força que fa el cos sobre la persona	Menciona que hi ha una força de la pilota/cadira cap a la persona o la dibuixa a la representació gràfica, però no la defineix ni n'explica cap característica. Normalment en aquestes respostes tindrem el nom que es dona a la força i cap explicació més.	S1 – Xutes una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? POST 5D-29: <i>'Sí, força normal.'</i> S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. La cadira fa alguna força? Quina? POST C1-20: <i>'Sí. Gravatat.'</i>
PiPe – M CaPe – M	Explica la força que fa el cos sobre la persona	Menciona que hi ha una força de la persona cap a la pilota/cadira o la dibuixa a la representació gràfica i l'explica. En aquesta explicació hi trobem elements que ens permeten relacionar-la amb un model concret.	S1 – Xutes una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? POST 5A-8: <i>'Empeny el peu amb el que es dona una patada.'</i>

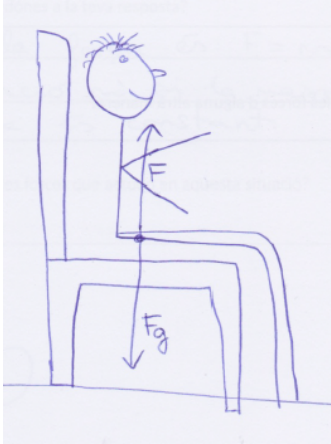
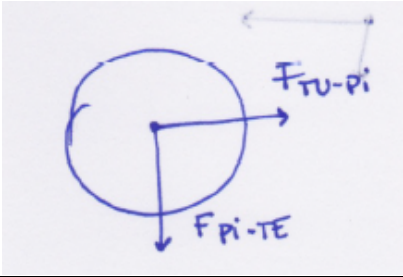
			S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. La cadira fa alguna força? Quina? POST 5A-24: <i>'Si, empeny a la persona.'</i>
PiPe – No CaPe – No	Respon que el cos no fa cap força sobre la pilota	En tot l'exercici no s'identifica cap força de la pilota o la cadira cap a la persona.	S2 – Agafes al vol una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? PRE C3-4: <i>'No, la força la genera la persona, la pilota no té cap força. Depèn del seu moviment, pes i massa.'</i> S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. La cadira fa alguna força? Quina? PRE C2-2: <i>'No, perquè no és humana.'</i>

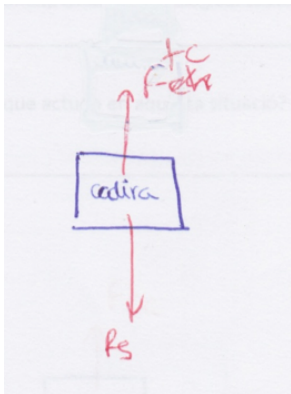
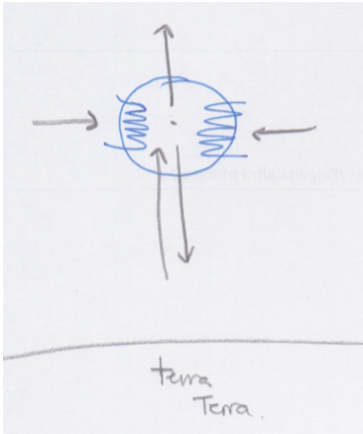
4.5.1.2. Com fa l'alumnat les representacions gràfiques de la situació?

Es codifiquen les representacions segons el seu nivell de proximitat respecte a la que considerem científicament correcta. Es considera correcta la representació gràfica que es fa com s'ha explicat a l'aula: representar totes les forces que actuen sobre un cos i amb origen al seu centre, fent servir fletxes que indiquin la direcció de cada força i que tinguin una llargada proporcional a la seva intensitat (de manera qualitativa).

Taula 12. Codificació elaborada per a la representació gràfica de les forces.

CODI	NOM	DESCRIPCIÓ
RGr - C	Científicament correcta	<p>La representació gràfica és científicament correcta.</p> <p>Entenem per representació correcta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es representen els dos cossos implicats en la interacció • Cada un dels dos rep una força. Per tant, es dibuixarà una fletxa sobre cada cos. • Aquelles respostes que incorporin el pes en cadascun dels dos objectes, encara que no ho demani l'activitat, també es consideren correctes.
		<p>Exemple – POST 3A-32</p> 

RGr - C Pe	Científicament correcta per la persona	<p>La representació gràfica és científicament correcta per la persona únicament.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Únicament es representa la persona però hi veiem la força que ha rebut de la pilota. • Aquelles respostes que incorporin el pes de la persona, encara que no ho demani l'activitat, també es consideren correctes.
		<p>Exemple – PRE 5A-13</p> 
RGr - C Pi	Científicament correcta per la pilota	<p>La representació gràfica és científicament correcta per la pilota únicament.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Únicament es representa la pilota però hi veiem la força que ha rebut de la persona. • Aquelles respostes que incorporin el pes de la persona, encara que no ho demani l'activitat, també es consideren correctes.
		<p>Exemple – POST C1-16</p> 
RGr - C Ca	Científicament correcta per la cadira	<p>La representació gràfica és científicament correcta per la pilota únicament.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Únicament es representa la cadira però hi veiem la força que ha rebut de la persona. • Aquelles respostes que incorporin el pes de la persona, encara que no ho demani l'activitat, també es consideren correctes.

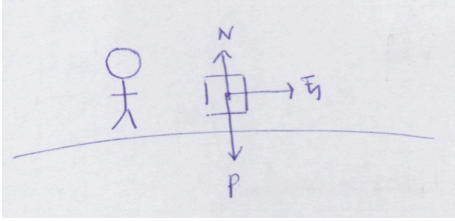

		<p>Exemple – POST 1A-10</p> 
RGr - NoC	No científicament correcta	<p>La representació gràfica no és científicament correcta. És qualsevol de les que no compleixen les condicions de RGr - C.</p> <p>Exemple – POST 1A-12</p> 
RGr – 0	No es representa.	No hi ha cap representació gràfica.

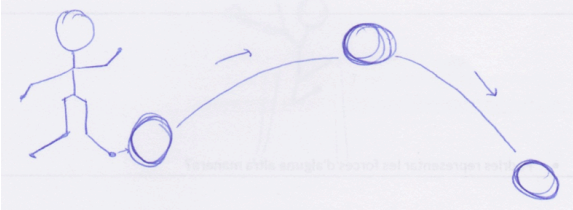
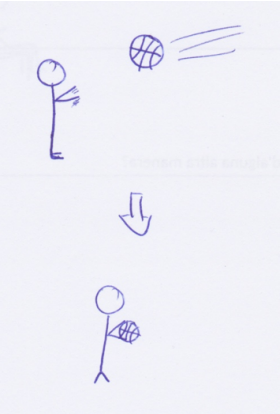
4.5.1.3. Existeix coherència entre les diferents parts de la resposta?

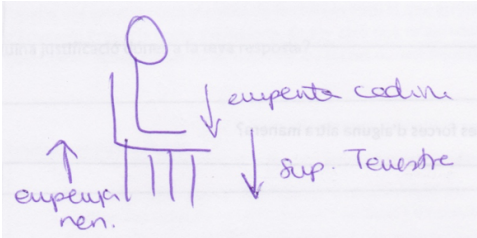
Per a determinar la coherència de la resposta s'analitza si les diferents parts de la resposta que es demanen per a cada situació proposada són coherents entre elles. És important destacar el fet que la coherència valora que totes les respostes diguin el mateix encara que sigui en formats diferents, no que la resposta sigui coherent amb el model científic escolar.

Taula 13. Codificació elaborada per a la coherència de les respostes.

CODI	NOM	DESCRIPCIÓ
Coh - No	No coherent	<p>L'explicació de les forces que es dóna a les respostes escrites no és coherent amb la representació gràfica que es fa de les mateixes.</p> <p>Es considera incoherent:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hi ha un número de forces escrites en la resposta i un altre número de forces dibuixades.

		<ul style="list-style-type: none"> Es representen en un mateix cos, forces que s'escriu que les fan cossos diferents. <p>Exemple – S1 POST 1A-1 Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? <i>Sí, acció – reacció.</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina? <i>Sí, la força causada a partir de la interacció que s'ha produït quan jo he xutat la pilota.</i></p> <p>Representació gràfica</p> 
Coh - Si	Coherent	<p>L'explicació de les forces que es dona a les respostes escrites és coherent amb la representació gràfica que es fa de les mateixes.</p> <p>Es considera coherent:</p> <ul style="list-style-type: none"> Totes les forces que es mencionen, apareixen dibuixades i no n'apareixen de les que es representen per defecte (ex: F normal). Representen gràficament en diferents cossos les forces exercides per cada un d'ells. <p>Exemple – S2 PRE 1A-3 Agafes al vol una pilota de bàsquet amb les mans. Tu fas alguna força? Quina? <i>Sí, sustentas la pilota que cau.</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina? <i>Sí, gravitatòria.</i></p> <p>Representació gràfica</p> 

Coh - No - Alter	Causa: Fletxa no representa força	<p>Dibuixa fletxes que no representen les forces sinó altres aspectes de la situació: moviment, trajectòria, 'intenció'...</p> <p>Exemple – S1 PRE C2-3 Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? <i>Sí, cinètica, força d'empènyer.</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina? <i>Sí, força gravitatòria.</i></p> <p>Representació gràfica</p> 
Coh - No - Falta	Causa: No correspon dència	<p>En les respostes escrites, anomena forces que o representa gràficament.</p> <p>Exemple – S2 PRE 5A-8 Agafes al vol una pilota de bàsquet amb les mans. Tu fas alguna força? Quina? <i>Força de resistència per frenar la pilota i agafar-la i força per aguantar la pilota.</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina? <i>Suposo que sí, però no sé com dir-ho.</i></p> <p>Representació gràfica</p> 
Coh - No - Sobra	Causa: Sobren forces	<p>Representa gràficament més forces de les que ha anomenat en la resposta escrita.</p> <p>Exemple – S3 C1-7 Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? <i>Sí.</i></p> <p>La cadira fa alguna força? Quina?</p>

		<p>Sí.</p> <p>Representació gràfica</p> 
--	--	--

4.5.1.4. Quin model de força expressa l'alumnat en les seves respostes?

Les categories definides per a Brookes i Etkina (2009) al seu article (veure Secció 3.5.3), de l'anàlisi exploratori de les respostes a les preguntes obertes del qüestionari i dels debats sorgits a partir de la triangulació, s'ha desenvolupat una codificació pròpia útil per l'anàlisi quantitativa de les respostes de l'alumnat de DMEI en les situacions plantejades als qüestionaris.

Els diferents models categoritzats estan ordenats de més llunyà Model Propietat-Objecte (Mod F – P) a més proper Model d'Interacció (Mod – I) al MCE que volem transmetre. L'objectiu de l'aprenentatge, per tant, serà Mod – I. A continuació presentem la descripció de les diferents categories de models de força que fem servir en la nostra anàlisi, així com d'algunes exemples que les il·lustren (Taula 14).

Taula 14. Codificació dels models de força utilitzats.

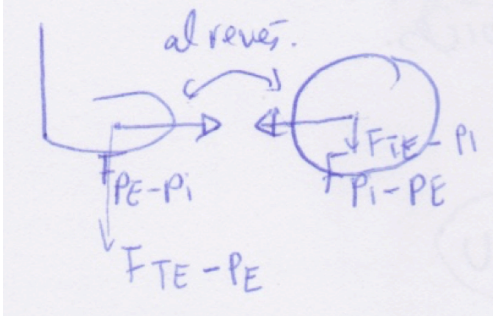
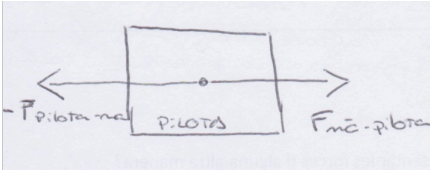
CODI	NOM	DESCRIPCIÓ	EXEMPLE
Mod F - 0	No es pot inferir un model.	No es pot deduir cap model de la resposta.	S1 – Xutes una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? POST 5D-16: 'Sí, força normal.' S1 – Xutes una pilota. Tu fas alguna força? Quina? PRE 1B-22: 'Sí, però no sé quina.'
Mod F - P	Model Propietat - Objecte	La força s'interpreta com una propietat més de l'objecte. <ul style="list-style-type: none"> La localització de la força és interna a l'objecte. Té un paper passiu en la situació. És un element que té l'objecte i que pot donar-lo acumular-lo, rebre'l...	S1 – Xutes una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? PRE 1B-26: 'Sí, perquè acumules energia en aquella part del cos per moure-la.' S2 – Agafes al vol una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? PRE 5D-19: 'Sí, donat que si prové d'algun lloc, té la força que li han traspasat.'

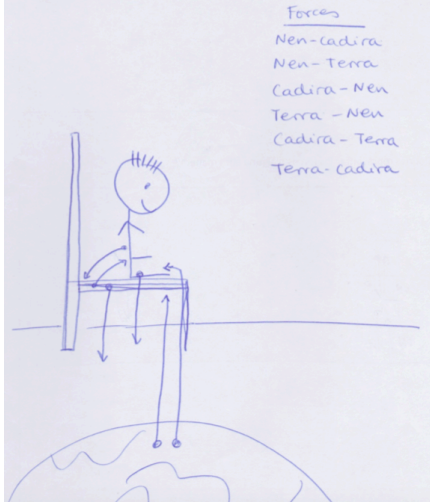
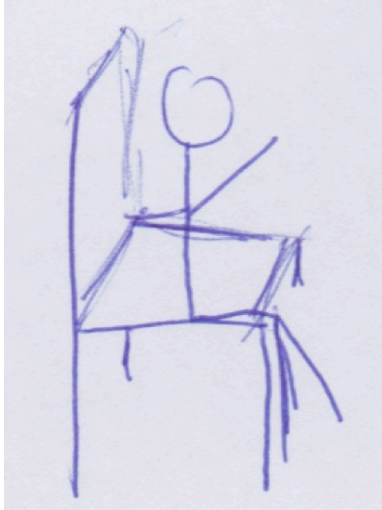
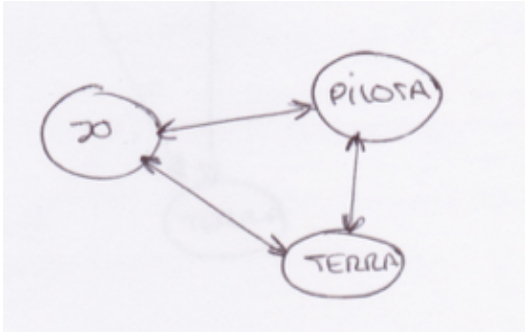
Mod F - D	Model Voluntat - Desig	<p>La força s'interpreta com una acció que el cos és capaç de fer per sí mateix.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La localització de la força és interna a l'objecte. • Té un paper actiu en la situació. • S'utilitza el verb per descriure sobre el paper dels cossos en la situació plantejada. <p>Els cossos seran capaços de fer accions com: 'aguantar' o 'resistir' per sí mateixos.</p>	<p>S1 – Xutes una pilota. La pilota fa alguna força? Quina? PRE B-22: <i>'Sí, la resistència a moure's.'</i></p> <p>S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? PRE C1-12: <i>'Sí, la força d'aguantar-se a la cadira'</i></p>
Mod F - A	Model Agent - Acció	<p>La força s'interpreta com un agent extern al cos generat per l'acció del propi cos que té la capacitat d'actuar sobre altres cossos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La localització de la força és externa a l'objecte. • Té un paper actiu en la situació. • Es menciona que un objecte pot fer una força sobre un altre, però no que en rebi cap d'aquest, ni que hi hagi hagut cap interacció. • S'utilitzen verbs per descriure el paper de la força en la situació plantejada. 	<p>S2 – Agafes al vol una pilota. Tu fas alguna força? Quina? POST 5D-19: <i>'Sí. La d'agafar la pilota.'</i></p> <p>S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. Tu fas alguna força? Quina? PRE 1A-4: <i>'La gravetat l'empeny a aplicar una força sobre la cadira.'</i></p>
Mod F - I	Model Interacció	<p>La força s'interpreta com l'acció mútua que es fan dos objectes quan interactuen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La localització de la força és externa a l'objecte. • Té un paper passiu en la situació. • Es menciona la interacció entre els objectes de manera explícita ja sigui en la resposta o la seva justificació escrita. • Es menciona que la força és conseqüència de l'acció mútua que es fan els objectes que interactuen (encara que no utilitzin la paraula exacta) i es reconeix el parell de forces en la representació de la situació. • S'identifica la força que fa cada un dels dos objectes que estan interactuant sobre l'altre. • Encara que utilitzin la paraula 'interacció' en les seves respostes, si les forces no són recíproques entre els objectes valorem que el model no 	Veure Taula 15.

		s'ha assumit del tot i no el marcarem.	
--	--	--	--

El model d'interacció s'ha desglossat en quatre nivells d'assoliment diferents, en funció de com de completes i coherents han estat les respostes que dona l'alumnat en cada cas. En la Taula 15 es poden veure els diferents nivells amb els que s'han classificat les respostes que han explicat les situacions utilitzant el model d'interacció.

Taula 15. Codificació dels nivells d'aprofundiment del models d'interacció.

Nivell 3	
<p>És el nivell que considerarem científic i l'objectiu del procés d'aprenentatge.</p> <ul style="list-style-type: none"> S'identifica la força que es fa cada cos sobre l'altre. Es parla de la interacció entre els 2 cossos com a causa de la força. <p>S'explica que les 2 forces tenen la mateixa intensitat i sentit contrari. Ho podem veure en la representació gràfica o per l'explicació escrita.</p>	
<p>Exemple – POST 5A-3 S3 – Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira. POST 5A-3 Tu fas alguna força? Quina? 'Si empenys la pilota' La pilota fa alguna força? Quina? 'Si empeny cap a tu.'</p>	
Nivell 2	
<p>El model de la força és el d'interacció, tot i que encara queden aspectes perquè arribi a ser totalment científic.</p> <ul style="list-style-type: none"> S'identifica la força que es fa cada cos sobre l'altre. Es parla de la interacció entre els 2 cossos com a causa de la força. 	
Nivell 2A	
<ul style="list-style-type: none"> No es reconeix que les forces realitzades pels 2 cossos tinguin la mateixa intensitat, sinó que una de les dues en té més. En la representació gràfica es situen totes les forces de la interacció en un mateix cos. 	
<p>Exemple – POST 3A-47 S2 – Agafes al vol una pilota. Tu fas alguna força? Quina? 'Si la d'aturar un moviment (mà-pilota).'</p> <p>La pilota fa alguna força? Quina? 'Si la de la pilota cap a la mà.'</p>	
Nivell 2B	
<ul style="list-style-type: none"> Tot i parlar de la interacció entre cossos es continuen reconeixent forces 'individuals' com ara 'la força de la gravetat' o 'la força de fregament'. 	

<p>Exemple – POST 3A-44</p> <p>S3 - Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira.</p> <p>Tu fas alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí. Persona (pes) - cadira.'</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí. Cadira – persona.'</i></p>	
<p>Nivell 2C</p> <p>No menciona la intensitat que tenen les forces que comenta i, per tant, no podem valorar si ha assumit el model de manera completa.</p>	
<p>Exemple – PRE 1A-8</p> <p>S3 - Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira.</p> <p>Tu fas alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí, ja que hi ha interacció entre dos cossos.'</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí.'</i></p>	
<p>Nivell 1</p>	
<p>El model de força indica que es comencen a reconèixer elements propis de la interacció, però encara no es parla pròpiament d'interacció entre cossos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • S'identifica la força que es fa cada cos sobre l'altre. • En ocasions, l'explicació de la causa de la força deixa entreveure que encara s'entén com una propietat o motor/voluntat intern al cos. S'indicarà si l'explicació de la causa de la força és més propera al Model propietat-objecte o desig-voluntat si es pot detectar. 	
<p>Exemple – POST C2-8</p> <p>S1 – Xutes una pilota.</p> <p>Tu fas alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí. Xutar la pilota i estar dempeus a terra.'</i></p> <p>La pilota fa alguna força? Quina?</p> <p><i>'Sí. Quan xoca contra el meu peu.'</i></p>	

Nivell 0

És el model més primitiu. Encara no el podem considerar científic, tot i que té els elements bàsics per començar a construir-lo.

- S'identifica la força que es fa cada cos sobre l'altre. Pot ser per la representació gràfica o per l'explicació escrita.
- No hi ha més informació al respecte i no podem deduir més informació del model.

Exemple – POST B-10

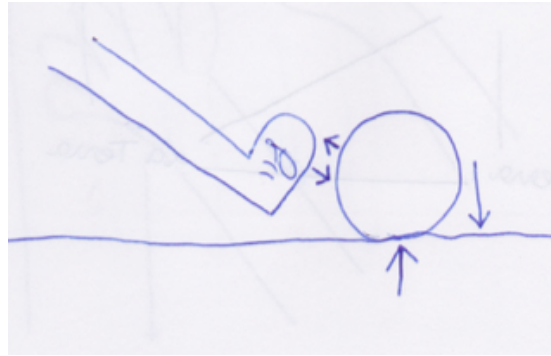
S1 – Xutes una pilota.

Tu fas alguna força? Quina?

'Sí'

La pilota fa alguna força? Quina?

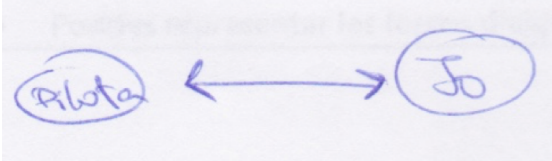
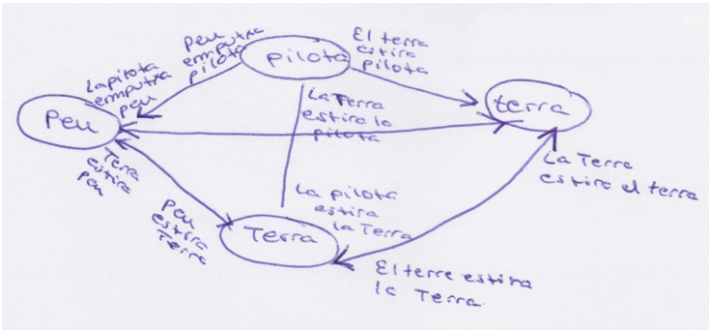
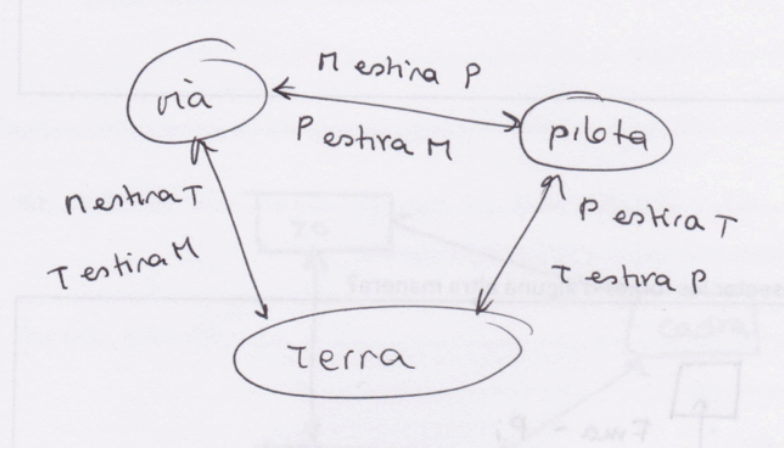
'Sí'

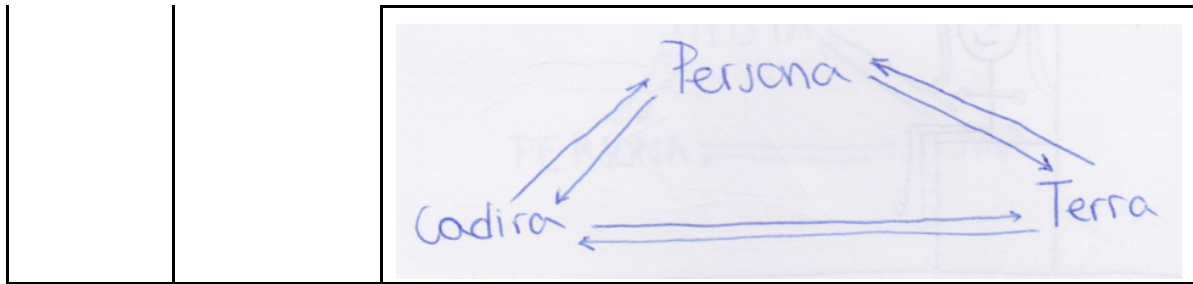


Una vegada realitzades les primeres anàlisis exploratòries de les respostes, s'ha definit una altra categoria a les proposades inicialment. Tot i que no s'havia demanat de manera explícita en el qüestionari, hi ha un grup d'alumnat que ha utilitzat en els qüestionaris la representació gràfica d'interaccions i forces que es proposa a les aules durant el curs 2017/18 (Capítol 6). Per tal d'analitzar si aquestes representacions s'utilitzen de manera correcta o no, s'ha proposat la codificació de la representació gràfica d'interaccions i forces que ha fet l'alumnat en base a les representacions gràfiques proposades a l'aula (veure Taula 16).

Taula 16. Codificació de la realització de la representació del gràfic d'interaccions i forces.

CODI	NOM	DESCRIPCIÓ
DI - Si	Representació feta	Dibuixa un diagrama d'interaccions, a banda de la representació gràfica de les forces, per respondre a les preguntes.
DI - No	Representació no feta	No dibuixa cap diagrama d'interaccions en cap de les respostes.
DI - Correcte	Representació feta correctament	Dibuixa el diagrama d'interaccions de manera correcta: hi surten representades totes les interaccions de la situació i les forces que implica cadascuna d'aquestes. Exemple – S1 5A-13
DI - No	Representació	Dibuixa de manera incorrecta el diagrama. O no hi apareixen totes les

correcte	feta incorrectament	<p>interaccions, o les forces que apareixen no són les que apliquen aquestes interaccions.</p> <p>Exemple – S2 C3-10</p> 
DI - Complet	Representació completa	<p>El diagrama que dibuixa segueix totes les pautes que es van treballar a classe.</p> <p>Especifica: objectes, indicació de les interaccions i acció dels cossos entre ells.</p> <p>Exemple – S1 B-1</p> 
DI - Simplificat	Representació simplificada	<p>El diagrama és una representació parcial del model treballat a classe.</p> <p>Especifica: objectes i indicació de les interaccions.</p> <p>Exemple – S2 C2-7</p> 
Di - Propi	Representació pròpia	<p>Dibuixa la representació amb les seves pròpies regles, de manera diferent a com s'ha treballat a l'aula.</p> <p>Exemple – S3 B-16</p>



4.5.2. Operacionalització de les variables de la part qualitativa

Les entrevistes han proporcionat dades a partir de les transcripcions, gravacions i representacions gràfiques que ha dibuixat l'alumnat. La quantitat d'informació que han aportat és molt gran i s'han dissenyat diferents tipus d'anàlisis per a poder respondre a cadascuna de les preguntes que els ha plantejat.

S'han definit les categories i codis per a l'anàlisi mitjançant el mètode de la comparació constant. Aquest mètode pauta un procés típic d'anàlisi qualitatiu que combina l'anàlisi amb la interpretació de les informacions que van sorgint (Gibbs, 2007).

Amb aquest mètode es van comparant noves dades amb les dades analitzades i categories ja existents, fins que totes les dades encaixen amb les categories establertes o amb les que puguin sorgir de l'anàlisi. El procés va acompanyat d'un treball de reflexió que es recomana anar deixant registrat ja que serà la interpretació d'aquestes informacions la que ens pugui suggerir noves categories, per exemple.

A mesura que es van fent comparatives entre les dades de les entrevistes va augmentant la validesa interna dels resultats (Boeije, 2002). A banda, sempre que hi hagi una mostra més o menys homogènia sobre la que es fa l'estudi, els conceptes i relacions que es puguin extreure de les entrevistes podran ser generalitzables al col·lectiu que representi la mostra, en aquest cas els futurs mestres que cursen DMEI.

El procés que s'ha seguit per a definir les categories i interpretar les informacions seleccionades de les entrevistes en aquest cas ha estat el següent:

- Comparació de les dades dins d'una entrevista.
- Comparació de les dades entre les entrevistes d'un mateix curs.
- Comparació de les dades entre els grups d'entrevistes de dos cursos diferents.
- Comparació de cada una de les entrevistes amb les categories i codis que han quedat establerts.
- Comparació de la categorització i codis amb la fonamentació teòrica sobre treball de representacions gràfiques i forces.

Una vegada aplicat, han quedat definides les categories i codificacions que es presenten en la següent secció.

4.5.2.1. Categories i codificació per a l'objectiu 1

La categorització obtinguda per a analitzar l'impacte de l'ús de la representació gràfica en la manera com l'alumnat expressa verbalment les forces que actuen en cada situació plantejada (O1) és la que es mostra en la Taula 17.

Taula 17. Codificació per a identificar com l'alumnat s'expressa verbalment.


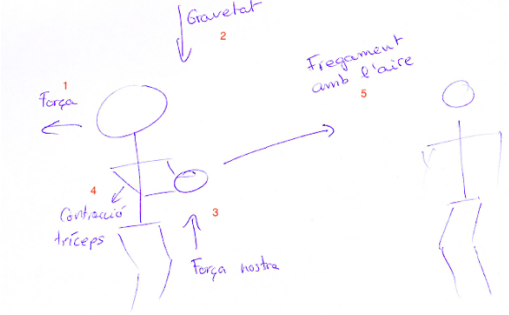
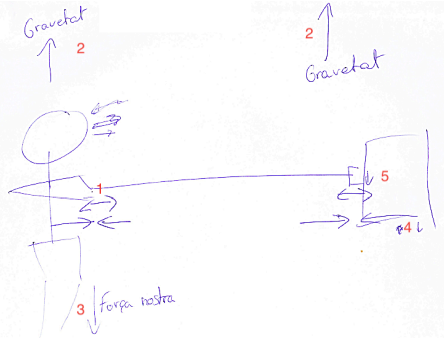
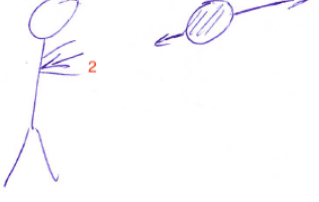
CODI	DESCRIPCIÓ	EXEMPLE
Rv – Descriptiva	Utilitza la representació verbal per definir les forces que actuen sobre la situació. De les paraules no podem deduir cap model de força.	<i>'Aleshores, hi ha una força contra la gravetat.'</i> – Entrevista 2
Rv – Explicativa	Utilitza la representació verbal per explicar les forces que actuen sobre la situació. A partir de les paraules es pot deduir un model de força.	<i>'La força que aplico aquí està a la pilota ... Però aquí la paro i la força em passa a mi.'</i> – Entrevista 1
Rv – Dubitativa	Utilitza la representació verbal per expressar el seu dubte sobre el seu propi model mental de força o sobre les forces que actuen sobre una situació específica.	<i>'Però no sé si la força de fregament...'</i> – Entrevista 1 <i>'... No sé si el fet que estigui estirada és o no una força. O és la mateixa que estic exercint.'</i> – Entrevista 5

4.5.2.2. Categories i codificació per a l'objectiu 2 i 3

La categorització que es fa servir per a analitzar com són les representacions gràfiques externes que fa l'alumnat (O2) i quines dificultats tenen els alumnes en fer servir els significats del diagrama de forces del cos lliure (direcció /sentit, llargada, origen/punta de la fletxa) (O3) es pot veure en Taula 18.

Taula 18. Codificació per a analitzar com l'alumnat utilitza la representació gràfica de la força i quines dificultats té en el diagrama del cos lliure.

CATEGORIA		DESCRIPCIÓ
Situació general	Imatge / fotograma	Ha representat gràficament un moment concret de la situació.
		Exemple: Entrevista 3

		
	Procés / vídeo	<p>Ha representat gràficament un procés en el que es veuen diferents etapes de la situació.</p> <p>Exemple: Entrevista 2</p> 
Representació de forces	A l'aire	<p>Les fletxes amb les que representa les forces estan situades a l'aire.</p> <p>Exemple: Entrevista 2</p> 
	La punta o l'origen de la fletxa toquen un cos	<p>Les fletxes amb les que es representen les forces toquen al cos per la punta o el punt d'origen d'aquestes.</p> <p>Exemple: Entrevista 3</p> 
	La fletxa uneix dos cossos	<p>Les fletxes amb les que es representen les forces uneixen els dos cossos.</p> <p>Exemple: Entrevista 5</p>

Acotacions	Etiqueta	<p>A banda de les fletxes va escrivint paraules per complementar la informació.</p> <p>Exemple: Entrevista 5</p>
	Acció	<p>A banda de les fletxes va escrivint petites frases per complementar la informació.</p> <p>Exemple: Entrevista 2</p>

4.6. Participants

La població sobre la que es fa aquest estudi és l'alumnat del Grau de Mestre d'Educació Primària que està cursant l'assignatura de DMEI que és una de les obligatòries del 2n curs del grau. Cada any compta amb

una matrícula mitjana d'unes 300 persones. En aquesta secció especificuem la mostra que s'ha escollit cada curs tant per a l'entrevista com per al qüestionari.

4.6.1. Mostra del curs 2016/17

4.6.1.1. Entrevista

La mostra d'aquest curs ha estat de 4 alumnes (A2, A3, A4, A5) que estan cursant l'assignatura de DMEI durant el curs 2016/17. A l'hora de fer la selecció s'ha buscat que fossin alumnes que participin en la mostra més àmplia dels qüestionaris i que s'expressessin de manera molt fluïda sense vergonya d'explicar els seus models mentals per por a que estiguin malament. A banda, hi ha hagut una altra alumna (A1) que ha estat la persona que ha fet l'entrevista pilot, per tal de comprovar i acabar de tancar l'estructura final i seqüències de l'entrevista. L'única diferència que podria ser important entre ells/es és que A4 ha cursat el batxillerat tecnològic, A3 va començar el batxillerat de ciències de la salut però no el va acabar i A2 i A5 van cursar el batxillerat social. Com veurem en l'anàlisi de les entrevistes aquesta diferència, no ha tingut cap efecte important en els resultats.

4.6.1.2. Qüestionari

Dels diferents grups classe que cursen l'assignatura, se n'ha seleccionat una mostra de tres sobre els que passar els qüestionaris PRE/POST. Els criteris per seleccionar aquests tres grups han estat el següents:

- Els tres grups fan l'assignatura amb la mateixa professora, que participarà en la recerca durant el curs 2016/17 i 2017/18.
- L'alumnat dels tres grups suma 99 alumnes que es considera una mostra prou àmplia per començar a treballar, tenint en compte que el número final de tests PRE/POST que quedin per analitzar serà un nombre menor que l'inicial.

Finalment la mostra d'aquest curs és de 51 alumnes, que és el grup que ha pogut respondre els qüestionaris PRE/POST de manera correcta.

4.6.2. Mostra del curs 2017/18

4.6.2.1. Entrevista

La mostra per a aquest estudi ha estat de 4 alumnes que estan cursant l'assignatura de DMEI durant el curs 2017/18. A l'hora de fer la selecció s'ha buscat, de nou, que fos alumnat que participés en la mostra més àmplia dels qüestionaris i que s'expressessin de manera molt fluïda sense vergonya d'explicar els seus models mentals per por a que estiguin malament.

L'alumnat d'aquest curs no podem saber si va cursar el batxillerat científic, tecnològic, humanístic o social, ja que la pregunta no estava inclosa en l'entrevista. En el curs 2016/17 es va resoldre relacionant cada

alumne/a entrevistat/da amb el qüestionari que havia respost per a l'estudi de les sessions d'aula. Durant el curs 2017/18 no s'ha pogut fer aquesta relació ja que l'alumnat formava part dels grups-classe dels que la investigadora és professora i els qüestionaris han hagut de ser totalment anònims, ja que no podien incloure el nom (veure secció 4.9. 'Qüestions d'ètica').

4.6.2.2. Qüestionari

Dels diferents grups classe que cursen l'assignatura, s'ha seleccionat una mostra de set grups-classe sobre els que passar els qüestionaris PRE/POST, que han fet l'assignatura amb quatre professors/es diferents.

El motiu d'ampliar el nombre de grups participants en aquest estudi i incloure-hi més professorat ha estat poder tenir una mostra el més àmplia possible per avaluar les propostes introduïdes en les sessions de forces. També s'ha buscat que les propostes de canvi les introduïssin diferents professors/es per tal d'avaluar-ne el seu nivell d'aplicabilitat.

En la Taula 19 es pot veure la informació amb el nombre de grups implicats, quin professor/a els feia classe i el nombre de qüestionaris PRE/POST recollits per a cada grup. En aquest cas, s'ha considerat que els grups als que dona classe la investigadora si que havien de participar en la mostra i l'estudi (una vegada resoltes les qüestions ètiques pertinents, especificades en l'apartat 4.9.) per tal de poder avaluar també a partir de l'observació participant el funcionament de les propostes de canvi incorporades a les sessions. Finalment, quan s'ha fet la correspondència PRE/POST de tots els qüestionaris la mostra ha quedat fixada en 118 alumnes.

Taula 19. Grups implicats en l'estudi 2017/18.

Professor/a	Grup	Qüestionaris PRE	Qüestionaris POST	Correspondències PRE/POST
1 (investigadora)	1B	15	26	12
	5A	30	27	26
2	A	23	10	10
3	B	27	29	24
4	C1	31	22	22
	C2	29	11	11
	C3	30	13	13

4.7. Procediment

En aquesta secció es presenta el procediment que s'ha anat seguint durant els anys 2017 i 2018 per dur a terme la recollida d'informació i anàlisi de la recerca.

Entre els mesos de febrer i abril del 2017 es va fer la selecció de la mostra d'alumnat del curs 2016/17, tant per a les entrevistes com per als qüestionaris. S'han escollit tres grups-classe als que dona classe una

professora que ha col·laborat amb la recerca. És doctora en didàctica de la física, els grups-classe que tindrà durant el curs següent també formaran part de la mostra del curs 2017/18 i participaran en la triangulació de la codificació.

El qüestionari PRE es va passar durant el mes d'abril, quan ja feia 2 mesos que s'havia iniciat el curs, però un mes abans de treballar el contingut de forces. Els qüestionaris tenien la informació sobre el consentiment informat a la portada i els va passar la mateixa professora amb una petita introducció explicant que eren per a la tesi doctoral i posant èmfasi en que no tindrien cap repercussió en la qualificació de les seves notes. Tal i com estava previst, degut als alumnes que es van matricular a avaluació única i assistien de manera ocasional a classe i a les absències puntuals d'alguns alumnes durant els dies que es va passar el qüestionari a l'aula, es va poder passar el previ a les sessions (PRE) a un total de 58 alumnes. El qüestionari posterior a les sessions (POST) es va passar a un total de 78 alumnes. Una vegada feta la revisió de tots els qüestionaris recollits s'ha pogut fer la correspondència PRE/POST d'un total de 51 qüestionaris, que defineixen la mostra del curs 2016/17.

Per a buscar l'alumnat per fer les entrevistes es va seleccionar un alumnat que ja participés en la mostra més àmplia dels qüestionaris i que s'expressés de manera molt fluida sense vergonya d'explicar els seus models mentals per por a que estiguin malament. La professora encarregada de fer l'assignatura va fer una primera selecció de 6 alumnes que complissin aquestes condicions. Es va fer la proposta de participació a totes les persones i finalment es va poder acordar una data i hora per fer l'entrevista amb 5 d'elles. D'aquestes 5 persones, una va fer l'entrevista pilot que va servir per a tancar la seqüència de les preguntes i les altres quatre (A2, A3, A4, A5) ja formaven part de la mostra.

Les sessions de forces es van desenvolupar sense problemes destacats durant les últimes sessions del curs seguint el programa detallat que es pot veure a l'Annex 3.

El qüestionari POST es va passar just finalitzades les sessions de forces. També el va passar la mateixa professora, recordant l'absència total de relació amb l'avaluació de l'assignatura i que l'objectiu d'aquest qüestionari és poder comparar l'evolució que hi ha hagut a partir de les sessions de classe.

Durant l'estiu del 2017 i inici del curs 2017/18 es va fer una primera anàlisi dels resultats dels qüestionaris i entrevistes, així com una revisió de referències bibliogràfiques per a poder detectar aquells aspectes més costosos i poder fonamentar el disseny de la intervenció a l'aula del curs següent (veure Capítol 6). A partir d'aquí es va fer una proposta de representació gràfica d'interaccions i forces per a treballar a l'aula. Una vegada feta es va sotmetre a discussió al grup de recerca Alfagraf, on es va discutir. A partir d'aquesta discussió es va tancar una proposta de representació gràfica per a incloure a l'aula que va ser discutida amb el grup de professorat voluntari per a que els seus grups classe participin a la recerca durant el curs 2017/18.

Per a que les sessions d'aula fossin comparables a les del curs anterior es va partir de la programació i presentació de *Power Point* utilitzada durant el curs 2016/17. Es va deixar la mateixa programació però s'hi

va afegir l'ús de la representació gràfica d'interaccions i forces per a fer l'anàlisi de les diferents situacions de forces que es plantegen a l'aula al llarg de les sessions. La programació fina del bloc del curs 2017/18 es pot veure a l'Annex 4 i la presentació utilitzada com a fil conductor de les sessions a l'Annex 5.

A l'inici del semestre de primavera del curs 2017/18 es va fer la elecció de la mostra que participà en la recerca durant aquell curs. Finalment hi han participat set grups-classe i els quatre professors/es (incloent-hi la investigadora).

Una tasca important a dur a terme entre els mesos de març i juny del 2018 ha estat coordinar l'activitat del professorat que ha participat amb els seus grups-classe a la recerca, per tal de fer que els estils personals de fer classe tinguessin els menors efectes possibles en l'aprenentatge de l'alumnat en el bloc de forces i, per tant, els resultats de tots els grups poguessin ser comparables i formar part d'una mateixa mostra. Per fer-ho s'han pres les següents mesures:

- Preparació d'una guia per al professorat que inclou la programació de les quatre sessions de forces que es treballen a l'aula. En aquesta programació es mostra la temporització de cada activitat, el seu objectiu, el desenvolupament a l'aula i el discurs del professorat (Annex 4).
- Preparació d'una única presentació (Annex 5) que ha guiat el treball a l'aula, incloent-hi les preguntes planejades a l'alumnat, les instruccions per a fer la representació gràfica d'interaccions i forces, les activitats proposades i la síntesi de contingut.
- Entrega del material i programació d'una reunió per tal d'aclarir tots els dubtes respecte al Gràfic en particular i a les sessions en general.
- Al final de la primera setmana d'implementació de les sessions (just a la meitat del bloc), es va organitzar una altra reunió per a comentar com anava la tasca i valorar si hi havia dificultats o no i si s'haurien de fer modificacions al respecte a la planificació inicial.
- Una vegada recollides totes les dades, els qüestionaris es van codificar de manera que es pogués identificar el grup al que pertanyia aquell alumne/a. Un cop finalitzada la primera anàlisi exploratòria de la informació recollida en els qüestionaris POST, es va fer una anàlisi posterior diferenciant cada professor/a per tal d'avaluar diferències significatives d'algun dels grups. Quan es va confirmar que no es podia distingir cap comportament particular per cap dels grups, es va unificar definitivament tota la mostra.

De la mateixa manera que s'ha fet durant el curs anterior, s'han passat els qüestionaris PRE i POST poc abans i poc després del bloc de forces de DMEI.

Una vegada es tenia tota la informació es va procedir a tancar la codificació per poder extreure resultats dels qüestionaris

La codificació es va elaborar seguint diferents etapes i compartint-la amb diferents persones expertes per tal de garantir la màxima objectivitat. Les primeres codificacions se van treballar amb la direcció de la tesi, una vegada feta una proposta en ferm es va discutir i posar en comú amb el grup de recerca d'Alfagraf amb qui s'han compartit altres moments de la recerca.

Una vegada tancada la codificació es va realitzar una triangulació de les categories més susceptibles a interpretació: el model de força i la coherència de les respostes. Per tal de fer-la, es van passar 15 parelles de qüestionaris PRE/POST (un total de 30 qüestionaris) a una de les professores de l'assignatura de DMEI que han participat a l'estudi. Aquesta persona va codificar de manera independent els qüestionaris. En una reunió es van posar en comú els resultats de les codificacions fetes de manera paral·lela, obtenint un acord del 90% en l'anàlisi de la coherència i d'un 86 % del model de força.

En els casos en què hi havia discrepància, se n'analitzà el motiu. Es va valorar quela causa acostumava a ser que l'alumnat es trobava entre dos tipus de models a l'hora d'etiquetar la resposta. Per resoldre això van definir bé els codis. Respecte al model de força hi va haver un terç de les respostes on les dues investigadores van mostrar dubte entre dos models diferents. En tots els casos es presentava el model d'interacció i un altre. A partir d'aquests dubtes es van establir uns criteris més afinats per a identificar el model d'interacció i es va establir una escala dins del mateix nivell. Part dels dubtes sorgien perquè l'alumnat mostrava en les seves respostes nivells diferents d'assoliment del model i no quedava clar com s'havien d'etiquetar.

4.8. Anàlisi de les dades

En aquesta secció es presenten els procediments d'anàlisi de les dades que s'han usat per a cadascun dels dos instruments utilitzats. Com que formen part de metodologies diferents, cadascun es presenta en una subsecció diferent on s'especifiquen aquells elements que s'han tingut en compte per a poder treballar amb les especificitats de cada una.

4.8.1. Anàlisi de les respostes dels qüestionaris

Per tal d'analitzar les respostes dels qüestionaris es van aplicar diferents tècniques estadístiques. Amb aquesta finalitat es van codificar els qüestionaris establint una categoria per a cada una de les diferents informacions que es podien extreure del qüestionari. Una vegada establertes aquestes categories i codificacions es van aplicar a tots els qüestionaris vàlids (que estaven respostos de manera completa i dels que es podia fer una correspondència PRE/POST).

Els qüestionaris es van codificar utilitzant el programa informàtic Atlas.ti, que permet aplicar els mateixos codis a imatges i text en un mateix arxiu i poder-los tractar de la mateixa manera. A partir d'aquest programa s'han obtingut la base de dades que s'ha introduït al programa SPSS amb el que s'han obtingut les diferents mesures estadístiques amb les que es presenten els resultats.

Les diferents mesures estadístiques aplicades a les dades han estat les següents:

- Totes les preguntes que ens donen una imatge del coneixement sobre forces que té l'alumnat (tant en els qüestionaris PRE com en els POST) s'han estudiat mitjançant distribucions de freqüència de les codificacions de les diferents preguntes del qüestionari. D'aquesta manera s'ha determinat quines forces identifica, com les representa, quin model expressa i quina coherència té la resposta de alumne/a.
- La comparativa entre les respostes dels qüestionaris PRE/POST d'una mateixa persona s'ha fet mitjançant diferents tècniques:
 - Situant la informació en taules creuades per a les respostes d'un mateix objecte i situació en els qüestionaris PRE i POST, s'ha descrit quina és l'evolució dels models amb què s'ha interpretat cada situació de manera més acurada.
 - Aplicant el test de Friedman per a dades no paramètriques, s'ha calculat si el canvi de model per a interpretar la força per a cada objecte i situació ha estat o no significatiu en la mostra estudiada.
 - Amb la distribució de freqüències de les respostes fetes a les preguntes del FCI incloses en cada qüestionari, s'ha analitzat l'aprofundiment en la comprensió del model d'interacció d'aquell alumnat que l'ha utilitzat.

4.8.2. Anàlisi de les respostes de les entrevistes

Per poder valorar O1 (analitzar l'impacte de l'ús de la representació gràfica en la manera com l'alumnat expressa verbalment quines forces actuen en cada situació plantejada) s'ha volgut analitzar el to de les intervencions al llarg de l'entrevista. Per a fer-ho es va dividir l'entrevista en diferents seqüències (Taula 10). Per a cada seqüència de l'entrevista d'un alumne/a, es van seleccionar totes les frases en què es parla sobre les forces que hi ha en la situació que s'està tractant i a cada una se li va assignar el codi que definia millor el llenguatge que estava utilitzant. A partir d'aquí, es va aplicar la codificació indicada a la Taula 17. Per a fer-ho es va assignat un codi a cada una de les frases que deia l'alumne/a per parlar de les forces presents en les diferents situacions plantejades al llarg de l'entrevista. Amb la finalitat de poder tenir un retrat que ens indiqués de quina manera s'expressa cada persona quan parla de forces durant l'entrevista es va fer la distribució de freqüències de la codificació.

Per a poder treballar amb O2 (Descriure les característiques que tenen les representacions lliures fetes per l'alumnat durant l'entrevista.) i O3 (Detectar les principals dificultats que té l'alumnat a l'hora de representar forces utilitzant els significats que es donen en la representació del diagrama de cos lliure a la direcció/sentit, llargada i origen/punta de la fletxa.) es va fer una anàlisi simultània de les transcripcions i les representacions gràfiques (tant lliures com pautades) fetes per l'alumnat durant les entrevistes. Els fragments transcrits de l'entrevista contextualitzen aquells elements més destacats de les representacions gràfiques que fa l'alumnat, o ens aporten explicacions i preguntes que es fan mentre dibuixen o pensen sobre la situació proposada.

De cada entrevista es van seleccionar únicament 3 fragments de la transcripció, que junt amb les representacions gràfiques que els acompanyaven van servir per respondre les preguntes 2 i 3. Els fragments són:

- Conversa que es manté mentre es l'alumnat entrevistat fa la representació lliure de la situació 1: llançar la pilota.
- Conversa que es manté mentre l'alumnat entrevistat fa la representació lliure de la situació 2: rebre la pilota.
- Conversa que es manté mentre l'alumnat entrevistat fa les representacions pautades de les situacions 1 (llançar la pilota), 2 (rebre la pilota) i 3 (estirar la corda).

4.9. Qüestions d'ètica

En el plantejament de qualsevol recerca és imprescindible delimitar quines seran consideracions ètiques que s'hauran de plantejar i que hauran de guiar el procés de la mateixa manera que ho fan les limitacions de la metodologia o dels instruments que utilitzem. De manera especial, haurà de ser així en la recerca educativa, on hi ha implicades persones i els seus processos d'aprenentatge. Hi ha una tensió constant entre els interessos de l'equip de recerca que necessita informació i dades d'un grup de persones, i el grup de participants a l'estudi que han de ser considerats amb tots els seus drets.

En aquest cas, s'han considerat les diferents mesures ètiques, basades en els principis bàsics del consentiment informat, la confidencialitat i anonimat i la valoració de conseqüències de l'estudi sobre les persones participants.

Consentiment informat

- Tot l'alumnat que ha participat a l'estudi ho ha fet a partir d'un consentiment informat que es presentava en el qüestionari que se'ls donava per a respondre. Quan se'ls repartia s'informava que no era obligatori i que omplir el qüestionari PRE no implicava haver de respondre el POST, tot i que se'ls animava a fer-ho. Se'ls explicava el context de la recerca i els seus objectius. La informació que es presentava es pot veure en l'Annex 2, en la presentació del qüestionari.
- L'alumnat que ha estat entrevistat, se l'ha informat per correu electrònic sobre els objectius de l'entrevista en la que se'ls demanava de participar de manera voluntària. De nou, abans de començar l'entrevista se'ls informava dels objectius de l'estudi i la finalitat de fer l'entrevista.
- Els dos grups dels que la investigadora ha estat professora, han signat un consentiment extra ja que les sessions de forces s'han gravat en vídeo. En aquest consentiment (Annex 6) se'ls informava dels motius de la gravació i se'ls demanava autorització expressa per a poder ser gravats. Tot i que també se'ls comunicava que les imatges no serien difoses ja que eren únicament per a fer el seguiment de

com es desenvolupaven les activitats proposades durant el curs 2017/18 a l'aula.

Confidencialitat i anonimat

- Tot i que en els qüestionaris hi ha un espai per a posar nom i cognoms, aquesta informació només s'ha demanat per a poder fer la correspondència PRE/POST. Aquell alumnat que ha demanat no posar el nom, se li ha demanat que posés alguna identificació (NIUB) per tal de poder fer aquesta correspondència. Una vegada rebuts els qüestionaris se'ls ha identificat amb un codi que incloïa si el qüestionari era PRE o POST, el grup al que pertanyia i un número.
- L'anonimat de l'alumnat entrevistat s'ha garantit amb el compromís de no difondre les imatges de les entrevistes. Únicament es difonen les transcripcions i representacions elaborades. Cada una de les persones entrevistades ha estat codificada per a no fer difusió del seu nom real. Així doncs, cadascuna d'elles està identificada amb un 'AX' on X és el número d'entrevista que es va fer.
- La confidencialitat i anonimat s'havien de tractar de manera particular en el cas d'un grup d'alumnat participant durant la segona etapa de l'estudi. Aquest grup ha estat participant en l'estudi i alumnat de la persona que ha dut a terme la recerca. La investigadora no podia relacionar els qüestionaris amb les persones a qui donava classe. Tampoc podien posar el NIUB, ja que la investigadora tenia accés a partir de les matrícules a la relació entre NIUB i noms i cognoms. Es va demanar explícitament que no possessin al nom als qüestionaris i que hi possessin un codi que se'ls repartia a l'atzar (el grup d'aula i un número). Per tal de poder fer la correspondència PRE/POST, aquests codis es van guardar en un sobre. Cada alumne hi tenia un paper doblegat amb el seu codi (de manera que no es veiés) i el seu nom visible. Aquest sobre ha estat tancat fins a l'hora de respondre els qüestionaris pots, a l'hora de respondre'ls s'ha obert davant de l'alumnat i cadascú ha agafat el paper amb el seu nom i posat el codi que corresponia al qüestionari.

Conseqüències de l'estudi

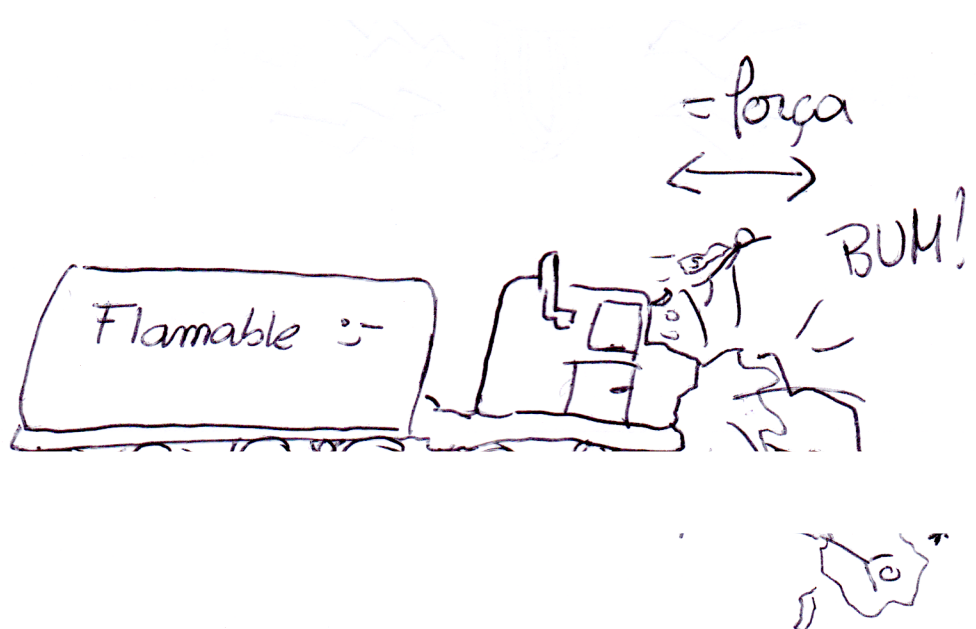
En el cas d'aquesta recerca que té per objectiu la millora dels processos d'ensenyament - aprenentatge que es duen a terme a l'aula i que ha d'interaccionar amb l'activitat d'aula, és molt important garantir que cap alumne veurà afectat el seu aprenentatge degut al desenvolupament de la recerca.

- L'etapa més compromesa en aquest sentit és la segona, ja que s'aplica la proposta de representació gràfica. Per tal de garantir que aquesta modificació de les sessions d'aula no tingui cap efecte negatiu en l'aprenentatge de l'alumnat s'han pres les següents mesures.
- La proposta ha estat fonamentada sobre una recerca d'un curs sencer i bibliografia i estudis que mostraven resultats positius.

- Durant l'aplicació de la proposta s'ha mantingut comunicació constant amb el professorat que l'estava implementant per tal de valorar, entre d'altres aspectes, si la proposta estava ajudant o no a l'alumnat. S'ha tirat endavant ja que en tots els casos s'ha confirmat que no era un problema per a l'alumnat entendre-la.
- A banda, durant el segon curs, també s'ha considerat de manera especial el grup d'alumnat que formava part dels grups dels que la investigadora era professora. A partir de l'anonimat s'ha garantit que cap de les respostes dels qüestionaris pogués tenir influència en les notes del grup i s'ha remarcat en diverses ocasions la desvinculació total de la recerca amb el transcurs habitual de les sessions d'aula, aprenentatge i avaluacions i qualificació de l'assignatura.

Presentació de
l'assignatura objecte de
la investigació:

Didàctica de la Matèria,
l'Energia i la Interacció



5

Presentació de l'assignatura objecte de la investigació: Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció

En el capítol 5 es presenta l'assignatura que és objecte d'estudi en aquesta tesi. Primer s'expliquen les bases teòriques que l'orienten a partir de l'exposició el seu pla docent i les bases teòriques en les que s'estructura (Secció 5.1.). Es fa una atenció especial en les activitats dialògiques que són presents al llarg de tot el curs. Per acabar el capítol, es presenta la programació de les 4 sessions d'aula del bloc de forces i moviment (Secció 5.2.).

5.1. Fonamentació teòrica

5.1.1. Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció

Aquesta assignatura és l'única obligatòria que cursa l'alumnat del Grau de Mestre d'Educació Primària sobre l'ensenyament-aprenentatge de la física i la química durant l'Educació Primària. Per tant, ha de poder cobrir totes les necessitats dels FM tant pel que fa a continguts científics com didàctics.

Els FM que cursen DMEI cada any mostren un seguit de característiques comunes que, junt amb els objectius generals de la formació inicial del professorat han estat la base per al disseny del pla docent de l'assignatura. Aquestes característiques són:

- Els FM han cursat, majoritàriament, els batxillerats social o humanístic, per tant no estudien Física o Química des de 3r o 4t d'ESO. Els coneixements que tenen sobre el contingut científic s'apropen molt més als MM més intuïtius que als MCE als que ha d'arribar l'alumnat de primària.
- El record que tenen de la seva experiència com a alumnes acostuma a ser dolent i relacionat amb emocions negatives i contraproductives per a l'aprenentatge com la inseguretat, la por o la frustració (Pipitone et al., 2019).

Partint d'aquestes condicions inicials, és evident que l'assignatura haurà de treballar, a banda del contingut didàctic que s'espera que tingui, tots els continguts científics que es demanen al currículum de primària i considerar que l'experiència com a alumnat dels FM durant l'assignatura pugui convertir aquestes emocions negatives envers a la Física i la Química en positives.

Considerant tot això, el pla docent de l'assignatura (Facultat d'Educació, 2019) conté els següents objectius d'aprenentatge:

- L'alumnat ha de conèixer:
 - El caràcter interpretatiu i modèlic, obert i dinàmic de la ciència.
 - Els continguts científics i socio-científics propis de l'assignatura, quant a educació obligatòria.
 - Els llenguatges propis del coneixement científic quant a l'ensenyament obligatori.
 - Les teories i models bàsics de la didàctica aplicables a l'ensenyament dels continguts de l'assignatura.
 - Les dificultats d'aprenentatge dels continguts científics de l'assignatura i la diversitat de recursos per a facilitar-ne l'aprenentatge.
- L'alumnat ha de desenvolupar la capacitat de:
 - Cercar i identificar, utilitzant la diversitat de mitjans d'informació al seu abast, situacions interessants i adequades per a l'alumnat per plantejar activitats d'estudi o d'aplicació de coneixements científics sobre matèria, energia i les seves implicacions socials.
 - Plantejar-se preguntes adients davant de fets o problemes de contingut científic o socio-científic relacionats amb els continguts de l'assignatura, a partir de les quals ha de proposar explicacions científiques o solucions argumentades sobre aquests fets i problemes.
 - Comunicar les idees de manera argumentada, aportant proves i utilitzant diversos llenguatges.
 - Planificar i dur a terme investigacions o projectes per obtenir més dades o provar hipòtesis i solucions.
 - Interpretar dades i formalitzar resultats de coneixement científic o socio-científic i comunicar-los amb els llenguatges apropiats.
 - Pensar i argumentar críticament la incidència social de la ciència i la tecnologia i promoure-la en l'alumnat.
 - Actuar dialògicament i amb empatia, facilitant l'interès i la comunicació, i impulsar-los en l'alumnat.
 - Reflexionar sobre el propi procés d'aprenentatge amb relació als continguts de l'assignatura i fomentar-lo en l'alumnat.
 - Analitzar, interpretar i sintetitzar les idees expressades per l'alumnat i situar-les amb relació

a la teoria i documentació sobre els seus coneixements previs.

- Enfocar els continguts de l'assignatura de manera sistèmica, situant-los en el quotidià, en el context sociocultural, i interrelacionant-los amb altres disciplines.

Considerant que només es disposa del 6 crèdits per a poder assolir aquests objectius es treballen de manera simultània els continguts científics i la didàctica d'aquests. En un primer bloc de contingut s'introdueixen de manera sintètica tots els continguts didàctics que es treballaran durant el curs. Durant la resta de blocs de l'assignatura, aquestes primeres nocions didàctiques, es desenvolupen i exemplifiquen amb les activitats que treballen el contingut científic. Aquests blocs són:

1. Bases de la didàctica de la matèria, l'energia i la interacció. El laboratori escolar.
2. La diversitat de la matèria: propietats i classificació.
3. L'energia: característiques, formes i transferències. L'energia elèctrica.
4. Estats de la matèria: energia tèrmica i canvis d'estat. Variables d'estat i transformacions físiques de la matèria.
5. Transformacions químiques de la matèria i les seves aplicacions.
6. Interacció per forces: equilibri i moviment.
7. La llum i el so i les seves aplicacions.

5.1.2. Fonament didàctic de l'assignatura

Les activitats que van desenvolupant l'assignatura estan guiades per seqüències d'aprenentatge consecutives que aniran acompanyant als FM en l'evolució dels seus MM cap als MCE que hauran d'ensenyar quan siguin mestres. Aquestes seqüències es fonamenten en dos pilars: la comunicació a l'aula i la meta-reflexió sobre les seves experiències com a alumnat.

La gestió de la comunicació a l'aula es considera un dels pilars de la formació dels FM d'Educació Primària ja que és un dels recursos mediadors més bàsics durant les etapes de l'educació formal inicial (Vygotsky, 1978). La necessitat del domini del llenguatge per a un bon aprenentatge de les ciències ha estat recurrentment confirmada per diferents estudis (Lemke, 1997; Sanmartí & Izquierdo-Aymerich, 2003). Considerem que aprendre ciències implica construir nous significats a partir del correcte ús del llenguatge.

Compartim també, el paradigma constructivista sociocultural de l'aprenentatge que destaca la necessitat del grup social per a poder desenvolupar l'aprenentatge (Vygotsky, 1978), així com la perspectiva de construcció cultural del coneixement impulsada per (Arca et al., 1990). Des d'aquesta visió, el coneixement només es pot construir a partir de la interacció de les experiències en el món real, el pensament sobre aquestes i el llenguatge. No estan relacionats per cap jerarquia i sense un dels tres no es pot donar l'aprenentatge científic. Segons això, aprendre ciència voldrà dir aprendre a raonar i parlar sobre les experiències del món real.



Figura 6. Representació dels elements bàsics per a la construcció de coneixement científic (Arca et al., 1990).

Estudis més actuals, reforcen aquesta visió de l'aprenentatge, mostrant que és a partir de la discussió i comparació de diferents arguments per explicar un mateix fenomen, com va evolucionant la conceptualització dels diferents models científics (Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamanta, 2003). Així doncs, el coneixement que vagin adquirint els FM es va construint a partir de la discussió i reflexió de les diferents propostes d'activitat que es duran a terme a l'aula.

L'altre pilar que estructura la formació dels FM és el fet de considerar la seva experiència com a alumnat i la consegüent meta-reflexió sobre les seves activitats d'aprenentatge com un contingut més de les sessions d'aula. És sabut que les experiències viscudes per a qualsevol persona com a aprenent, la condicionaran quan hagi de dissenyar-ne el seu ensenyament. Però per a poder-ho fer de manera conscient, cal explicitar aquests aprenentatges i les seves valoracions en un procés de meta-reflexió.

5.1.3. Les activitats dialògiques

Per tal de poder treballar potenciant els aspectes de l'aprenentatge mencionats anteriorment, s'han establert les activitats dialògiques com a activitats base de l'assignatura. A partir d'aquestes activitats s'estructuren les seqüències d'aprenentatge dels blocs de contingut de l'assignatura.

Els objectius d'aquestes activitats són els següents:

- Aconseguir que l'alumnat expliciti el seu MM per a interpretar una situació concreta. Sense això, serà impossible continuar amb la construcció del coneixement.
- Generar en l'alumnat un conflicte cognitiu entre el model mental expressat i l'experiència que s'està portant a terme.
- Promoure l'evolució del model mental que utilitza l'alumnat per a interpretar l'experiència, cap a un de més proper al model científic escolar.

Les eines que tindran el professorat i l'alumnat per a poder anar assolint els diferents objectius seran les bàsiques per a la construcció del coneixement: l'experiència, el llenguatge i el pensament. Per tant, els diàlegs sobre l'experiència que s'estableixin entre professorat i alumnat, i entre el mateix alumnat. Cal prestar doncs, molta atenció a les interaccions que es donen a l'aula i saber-les conduir de manera adequada perquè puguin guiar cap a un bon aprenentatge.

La seqüència d'aprenentatge de cada una de les activitats s'articula a partir de les dimensions que pot assolir el diàleg que (Mortimer & Scott, 2002) distingeixen:

- Discussió (DI) en la que es discuteix sobre el fenomen que s'observarà més endavant per tal que l'alumnat expliciti els seus MM.
- Experimentació (EX) en la que es fa l'experiència (que sempre intenta generar algun tipus de conflicte cognitiu amb els models expressats anteriorment) i s'explica el que està passant.
- Avaluació (AV) en la que es construeix una nova explicació per l'experiència observada a partir de la discussió, reconstruint el model mental expressat.

En el cas de l'alumnat de DMEI, cada activitat acostuma a finalitzar amb un espai de meta-reflexió en el que valorar els aprenentatges fets gràcies a cada activitat.

Quan els FM siguin mestres conduiran les diferents activitats que proposin a partir del diàleg que establiran amb l'alumnat. Scott, Mortimer i Aguiar (2006) plantegen que facilitarà la construcció de coneixement de l'alumnat, que les intervencions que faci el professorat vagin seguint diferents patrons d'interacció em funció dels objectius que es marquin al llarg de l'activitat. Concretament, proposen que les diferents interaccions es pugin classificar segons dos eixos: dialògic - autoritari i interactiu - no interactiu (Figura 7).

	DIALÒGIC	NO INTERACTIU
INTERACTIU	Interactiu i dialògic	No interactiu i dialògic
AUTORITARI	Interactiu i autoritari	No interactiu i autoritari

Formes d'aproximació comunicativa

Figura 7. Representació de les diferents formes d'aproximació comunicativa (Scott et al., 2006)

Aquests eixos determinen 4 tipus bàsics d'interacció:

- Interactiva - dialògica: hi ha un diàleg entre professorat i alumnat, que evoluciona segons les idees que va posant sobre la taula l'alumnat.
- No interactiva - dialògica: el professorat recull totes les idees de l'alumnat, les sintetitza i les exposa.
- Interactiva - autoritària: el professorat manté un diàleg amb l'alumnat però amb un únic punt de vista: el seu.
- No interactiva - autoritària: el professorat exposa un determinat punt de vista a l'aula.

Al llarg de l'activitat dialògica el professorat haurà d'anar guiant el diàleg i la discussió per tal de garantir un avenç en el discurs científic escolar sobre l'experiència sobre la que es discuteix. Per fer això, haurà d'anar evolucionant per les diferents formes d'interacció que es descriuen, segons cada moment, mantenint una tensió sempre entre les intervencions dialògiques i autoritàries i les interactives i no interactives.

En base a aquest treball a l'aula centrat en la comunicació i meta-reflexió sobre les activitats dutes a terme, tots els blocs de contingut s'estructuren de manera molt similar. S'inicien amb un seguit d'activitats que tenen per objectiu l'explicitació dels MM de l'alumnat. Segueixen d'altres experiències que aniran perfilant diferents aspectes del MCE que es vol assolir i es tancaran amb una síntesi del contingut desenvolupat tant a nivell de model científic escolar, com de continguts didàctics de l'assignatura. Al llarg de totes les activitats s'aniran deixant espais per a la reflexió de l'activitat desenvolupada. Tot i que cada professor/a adapta la programació segons el temps amb el que compta, i proposa els espais de reflexió com li sembla més adequat, les principals activitats que es plantegen i els aspectes del model científic que es treballen són els mateixos per a tots els grups. La programació que es mostra aquí és la que ha dut a terme la professora que ha fet classe als grups estudiats durant la primera etapa de la recerca.

5.2. Programació d'aula del bloc 'Interacció per forces: equilibri i moviment'

En aquesta secció es presenta una síntesi del contingut i activitats realitzades en cada una de les sessions de l'aula. Per a cada una de les sessions trobem una taula en la que es resumeixen els objectius i es fa una descripció de les activitats que es fan a l'aula (Taulas 20, 21, 22, 23). El desglossament detallat de la programació es pot consultar a l'Annex 3.

Taula 20. Objectius i resum de la sessió 1 del bloc de forces del curs 2016/17.

SESSIÓ 1: Moviment i forces
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Distingir els conceptes de: posició, moviment, objectes de referència i sistema de referència. • Assumir que l'acceleració és una variació de moviment. No només cal que augmenti la velocitat perquè hi hagi acceleració, també pot ser que disminueixi o hi hagi un canvi de direcció del moviment. • Entendre la força com a causant de la variació del moviment.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Objectes de referència, sistema de referència, moviment i canvis de moviment: <ul style="list-style-type: none"> ○ Trajectòria, camí recorregut, desplaçament ○ Interval de temps relacionat amb el desplaçament -> velocitat ○ Canvis de moviment en un interval de temps -> acceleració -> força • Què pensem que és una força? – Pluja d'idees

- Activitat 1: el moviment. Es planteja una pluja d'idees en petits grups per respondre diferents preguntes entorn al moviment i posem en comú les respostes.
- Activitat 2: posició i sistemes de referència. A partir d'una sèrie de preguntes es busca la manera de representar les posicions d'un objecte i mostrem la necessitat de definir els sistemes de referència. A partir d'aquí es proposen diferents canvis de posició per a definir-los i anem definint què és el desplaçament i què la trajectòria.

- Activitat 3: el canvi de posició amb el temps – la velocitat. A partir d’una sèrie de preguntes es planteja què passa quan hi ha canvis de posició en el temps per a buscar la relació entre la rapidesa, la lentitud i la velocitat.
- Activitat 4: el canvi de velocitat amb el temps – l’acceleració. A partir del vídeo del salt estratosfèric que va fer Felix Baumgartner² i el velocímetre que hi apareix s’analitzen els canvis de velocitat que es donen i es demana a l’alumnat quines són les causes de cadascun d’ells.
- Activitat 5: síntesi dels continguts de moviment. Per tancar l’apartat de moviment es fa una revisió dels continguts treballats: posició, sistema de referència, velocitat i acceleració.
- Activitat 6: pluja d’idees sobre forces. Es plantegen diferents imatges associades a situacions on hi ha forces i es demana una pluja d’idees sobre tots aquells continguts que relacionen amb la paraula ‘força’. Es comencen a respondre diferents preguntes sobre les forces, pensant en qui pot produir-les.

Taula 21. Objectius i resum de la sessió 2 del bloc de forces del curs 2016/17.

SESSIÓ 2: Forces i Lleis de Newton
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Fem forces amb el cos. • Què pensem que és una força? • Concepte de la 1a Llei de Newton: si sobre un objecte no actuen forces, continua com estava (sigui parat o en moviment). • Concepte de la 2a Llei de Newton: si sobre un objecte hi actuen forces, la seva velocitat es modificarà (acceleració) de manera proporcional a la força i de manera inversament proporcional a la massa.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Maneres de fer força amb el cos <ul style="list-style-type: none"> ○ Plataforma amb rodes – estirar a algú ○ Estirar la corda ○ Estirar la corda (sense moviment) • Posada en comú dels esquemes de forces elaborats • 1a i 2a Llei de Newton a partir de diferents situacions

- Activitat 1: maneres de fer força amb el cos. Es demana a diferents alumnes que surtin a estirar la corda o a estirar un carretó. Una vegada ho fan es fan diferents preguntes per començar a analitzar les situacions. Aquestes estan relacionades amb què passa amb els objectes quan exercim forces sobre ells, com estem exercint aquestes forces, com podem aconseguir efectes diferents, quins cossos estan implicats en la situació...

² Vídeo del salt de Felix Baumgartner: <https://www.youtube.com/watch?v=dYw4mcRWGd4>

- Activitat 2: què és una força? A partir del treball fet en les situacions anteriors es plantegen de nou les preguntes que s'han fet en la sessió anterior sobre què és una força, com es produeix i quins efectes té.
- Activitat 3: 1a Llei de Newton: estirem la corda. Es torna a proposar la situació d'estirar la corda i entre tot el grup classe es representa la situació gràficament utilitzant la representació gràfica de forces que s'estan exercint sobre cada cos. A partir d'aquí s'introdueixen les situacions d'equilibri i la 1a Llei de Newton.
- Activitat 4: 2a Llei de Newton: estirem un carretó. Es parla de nou de la situació d'estirar el carretó i es demana que, en petits grups, es faci la representació gràfica de les forces que s'estan exercint sobre cada cos.

Taula 22. Objectius i resum de la sessió 3 del bloc de forces del curs 2016/17.

SESSIÓ 3: 3a Llei de Newton
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Distingir: pes, massa, gravetat, pressió. • Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat . • Composició de forces: <ul style="list-style-type: none"> ○ com es poden combinar diferents forces que actuen sobre un sistema de cossos.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Repàs diagrames i 1a/2a Lleis de Newton • Què mesura la balança • Distinció i relacions entre massa / pes / pressió / força • 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula

- Activitat 1: 2a Llei de Newton: estirem un carretó. Es reprèn l'activitat a partir de les representacions fetes de la situació del carretó. Entre tota la classe es fan les dues representacions i repassen els dubtes que quedin respecte els aspectes més tècnics de la representació i respecte a les forces que actuen en la situació.
- Activitat 2: què mesura una balança? Massa, pes, gravetat i pressió. Es fan parelles en el grup classe i se'ls planteja la següent activitat. Un alumne/a de cada parella és a sobre d'una balança de ban. L'altre serà al seu costat i l'empenyerà cap a baix i l'estirarà cap amunt. Mirarem el que indica la balança en cada una de les 3 ocasions: l'alumne/a es pesa sol, el company/a l'empeny i el company/a l'estira. A partir de les mesures fetes per la balança s'estableix una conversa per acabar definint les diferències entre massa, pes, gravetat i pressió. Per ajudar a la reflexió es pot visualitzar

un vídeo del programa ‘QuèQuiCom’ on es veu l’efecte que té la pinya d’un castell sobre el pes que suporten les persones que són a la base³.

- Activitat 3: el nen i la balança. Es planteja el problema del nen que és sobre una balança i amb un pal empeny cap avall. Què indicarà la balança: el mateix pes, menys o més? Una vegada tothom ha argumentat la seva resposta, demanem que s’argumentin per tal de poder convèncer entre ells. A partir d’aquí es comprova quina és la resposta correcta reproduint la situació a l’aula amb diferents balances i pals.

Taula 23. Objectius i resum de la sessió 4 del bloc de forces del curs 2016/17.

SESSIÓ 4: 3a Llei de Newton i Flotabilitat
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> ● Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat . ● La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma. ● Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> ● 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula ● Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1^a i 2^a Llei de Newton) ● Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

- Activitat 1: el nen i la balança. A la sessió 3 pot ser que l’activitat quedi tallada pel final de la sessió. A l’inici d’aquesta sessió s’acabarà l’activitat i es tornarà a fer la revisió de les representacions i del significat de la 3a Llei de Newton. Si queden dubtes, es poden plantejar altres situacions d’anàlisi per a aprofundir en la visualització de que les 2 forces que s’exerceixen en una interacció tenen la mateixa intensitat.
- Activitat 2: la caiguda dels cossos. Es demana a l’alumnat què caurà abans a terra quan els llancem des de la mateixa alçada: si una poma o un full de paper. Al full se li donen diferents formes i es va guiant la conversa per concloure que tots els cossos cauen amb la mateixa acceleració i que el que varia la velocitat és el fregament amb l’aire. Per a reforçar el contingut es projecten vídeos de caiguda d’objectes amb masses molt diferents al buit^{4,5}.
- Activitat 3: activitat del mamut. A partir del conte del mamut que ha de travessar un riu, es treballa quins són els factors que intervenen en la flotabilitat d’un cos.

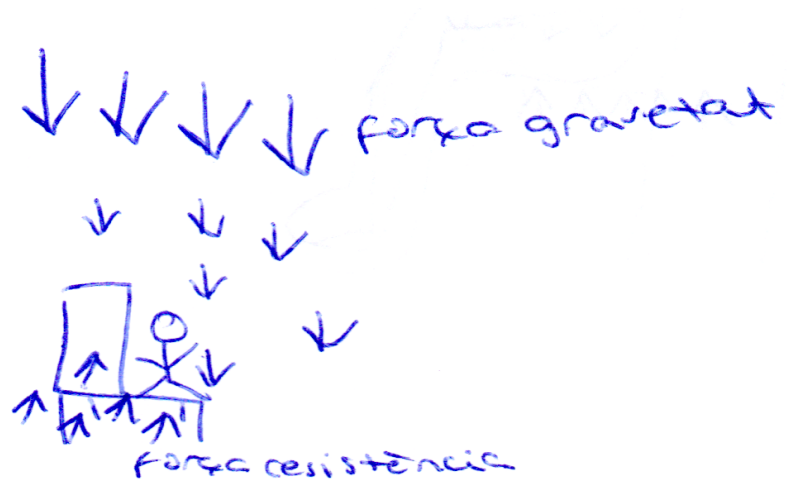
³ Vídeo del programa ‘QuèQuiCom’: <https://www.ccma.cat/tv3/alcanta/quequicom/castellers-pinya-forca-i-manilles/video/3729910/>

⁴ Vídeo ‘Hammer vs Feather’ – Physics on the Moon: <https://www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8&t=6s>

⁵ Vídeo ‘Brian Cox visits world’s biggest vacuum – Human Univers – BBC’: <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs&t=2s>

- Activitat 4: flotabilitat de diferents fruites i verdures. Es posen en un recipient amb aigua un pebrot, una poma, un plàtan amb pell i un sense, i una taronja amb pell i una sense. A partir de l'experiència sobre si floten o no, es demana que es representin les forces dels diferents casos. A partir d'aquí s'explica la flotabilitat de les diferents fruites o verdures en funció de les forces que s'exerceixen sobre elles.

Proposta de representació gràfica alternativa



6

Proposta de representació gràfica alternativa

En el capítol 6 es presenten les propostes de representacions gràfiques trobades a la literatura de les que descrivim les seves característiques i context en el que s'han proposat. Després es comparen entre elles per a valorar quins aspectes del model de força ajuden a comprendre millor cadascuna d'elles (Secció 6.1.). Amb aquesta base es justifica la proposta que es planteja per a l'assignatura de DMEI (Secció 6.2.) i es mostra la representació gràfica (Secció 6.3.). En el tancament del capítol es mostra de quina manera aquesta representació s'introdueix en les activitats de les sessions del bloc de forces i moviment de DMEI (Secció 6.4.).

6.1. Antecedents de representacions gràfiques alternatives

De manera paral·lela a la recerca duta a terme sobre la comprensió del model científic de força per part de l'alumnat, també s'ha investigat com les representacions externes poden facilitar o dificultar la comprensió d'aquest model. Algunes d'aquestes recerques s'han centrat a veure com representacions gràfiques alternatives al diagrama de cos lliure poden ajudar a fer comprendre millor aspectes concrets del model de força. Per tal de fomentar la representació gràfica proposada per a la intervenció a DMEI, s'ha revisat la literatura de les propostes de representació incloses a materials educatius, de formació de professorat de publicacions de recerca.

6.1.1. Presentació de les representacions gràfiques alternatives

El *diagrama de cos lliure*: la representació canònica

El diagrama de cos lliure és la representació més usada a la física, tant per a l'anàlisi científica de diferents situacions com en tasques educatives. Mostra com diverses forces actuen sobre un o diferents cossos implicats en la situació d'anàlisi. Les forces es representen per mitjà de fletxes que comencen al centre del

cos i indiquen la direcció i sentit de la força. En alguns casos, les fletxes es situen en els punts d'aplicació de la força sobre el cos (per exemple, en el cas de les forces de fricció es poden situar entre el cos i la superfície de contacte). En l'ús científic de les representacions tenen una funció de càlcul, ja que cada fletxa és un vector matemàtic i el càlcul de la força resultant sobre un cos de la situació es fa mitjançant la suma de vectors que actuen sobre el cos. En l'ús educatiu, les fletxes no acostumen a tenir el significat del vector ja que l'alumnat encara no l'ha treballat, però n'indiquen la direcció, sentit i intensitat.

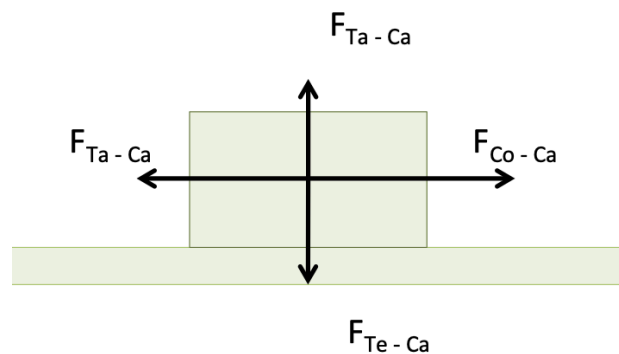


Figura 8. Representació de cos lliure.

Representació de forces emparellades

Aquesta representació la podem trobar al llibre *Forze, deformazioni, movimento* (Gagliardi et al., 1989), una guia per al professorat que explica com ensenyar forces i moviment. En el llibre es critica el diagrama de cos lliure i es proposa que les forces es representin sempre per parelles per transmetre la idea que cada interacció entre objectes es pot interpretar com dues forces simultànies de la mateixa intensitat i sentit oposat. Les forces ja no es situen al centre del cos on actuen i podem veure com en aquest cas ja no es poden assumir com a vectors.

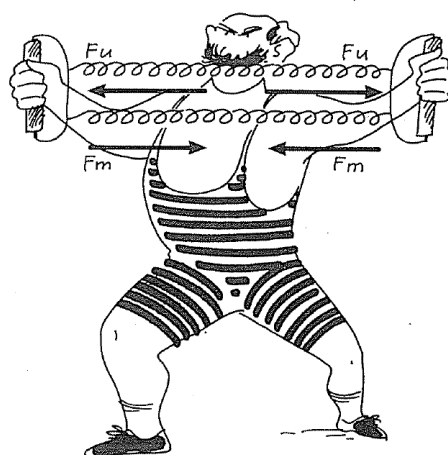


Figura 9. Representació de forces al llibre *Forze, deformazioni, movimento* (Gagliardi et al., 1989).

Representació de cossos separats

Un altre llibre dedicat al professorat, *Raisonnement en physique: La part du sens commun* (Viennot, 1996), recull quines explicacions construeix l'alumnat per a diferents conceptes físics aplicant el sentit comú i com el professorat pot ajudar a desenvolupar-los cap a explicacions més científiques. En el llibre es presenta una altra estratègia per ajudar a l'alumnat a comprendre el principi d'acció - reacció a partir d'una representació gràfica. Proposa separar i encerclar els dos cossos que estan interaccionant i després dibuixar les forces que s'estan fent mútuament. Representa les forces que actuen sobre cada cos, com es feia en el diagrama de cos lliure, però alhora mostra les forces que es fan mútuament cada parell de cossos, indicant amb la llargada de les fletxes que tenen la mateixa intensitat.

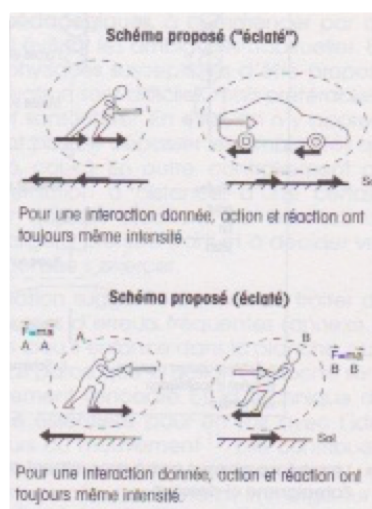


Figura 10. Representació de forces al llibre *Raisonnement en physique: La part du sens commun* (Viennot, 1996).

Representació d'interaccions

En el seu estudi, Lemeignan i Weil-Barais (1994) presenten una nova proposta per ajudar a la comprensió del principi d'acció - reacció: posar el focus en la representació de les interaccions i no en la de les forces. Això fa que la representació ja passi a ser molt abstracta: els cossos són representats per cercles i les fletxes ja no representen ni la direcció, ni el sentit, ni la intensitat de les forces que estan actuant en la situació. Proposen usar fletxes corbades entre els cossos per accentuar la idea de reciprocitat de la interacció.

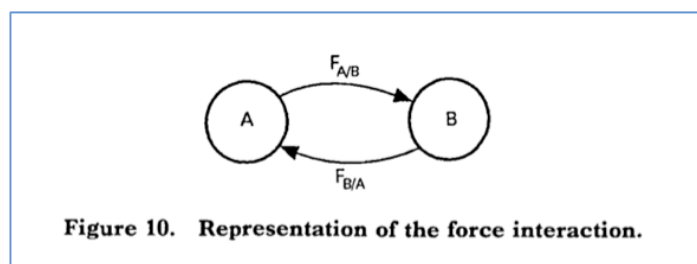


Figura 11. Representacions gràfiques proposades a l'article *A developmental approach to cognitive change in mechanics* (Lemeignan & Weil-Barais, 1994).

Diagrama d'interaccions

En un estudi dut a terme en onze instituts de Finlàndia, Savinainen, Mäkynen, Nieminen i Viiri (2013) han investigat els efectes d'una eina de representació gràfica en l'habilitat de l'alumnat per identificar les forces que actuen en una situació i construir un diagrama de cos lliure correcte. Aquesta representació és un diagrama abstracte en el que es situa el cos del que s'estudiarà el moviment al centre de la representació dibuixant en forma d'el·lipse. La resta de cossos implicats estan representats amb rectangles rodejant al principal. Les interaccions entre cossos es representen unint-los amb línies i al costat s'hi indica quines forces s'estan exercint els cossos parlant d'empenyiments i estiraments.

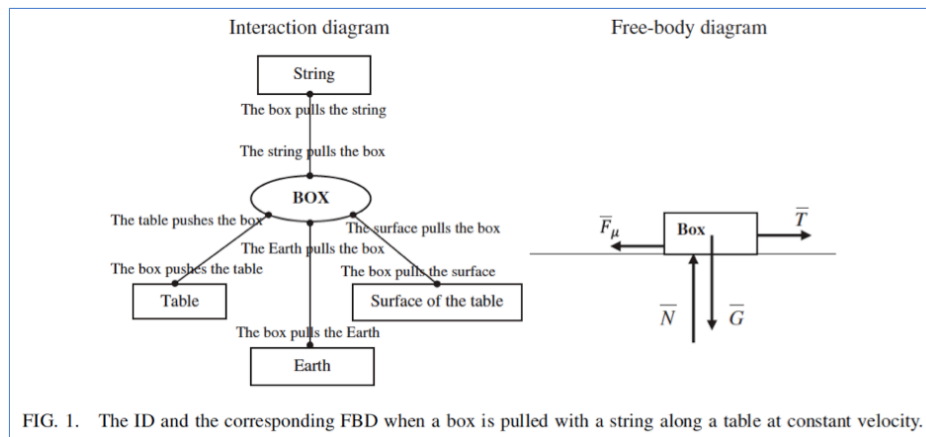


Figura 12. Representacions gràfiques proposades a l'article Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? (Savinainen et al., 2013).

Representació simbòlica d'interaccions (RSI)

En un altre estudi similar, dut a terme amb joves de 15 a 16 anys, Jiménez i Perales (2001) estudien una altra proposta de representació gràfica alternativa. Proposen una representació molt similar a l'anterior però usant fletxes amb doble punta per a representar les dues forces actuant en cada interacció. Altres característiques que inclouen a la representació per dotar-la de més informació són: anomenar amb la inicial el tipus d'interacció que es dona entre cossos ('g' si és gravitatòria, 'em' si és electromagnètica).

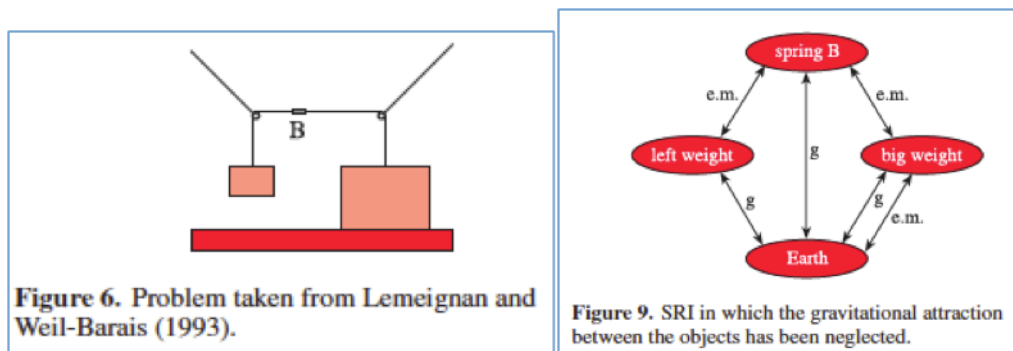


Figura 13. Representacions gràfiques proposades a l'article Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals (Jiménez & Perales, 2001).

System Schema Representation

Un parell de treballs realitzats per Turner (2003) i Hinrichs (2005) estudien com la proposta desenvolupada pel programa 'The Modelling Instruction' de l' 'Arizona State University' minimitza les dificultats de l'alumnat a l'hora de construir bons diagrames de cos lliure. Aquesta representació també es focalitza en les interaccions, com fa l'anterior. Acompanya cada una de les fletxes que indica la interacció amb una inicial per indicar si són de contacte (c) o degudes a la gravetat (g). A més a més, encercla el cos que s'estudia per a poder localitzar totes les forces que actuen en un cos.

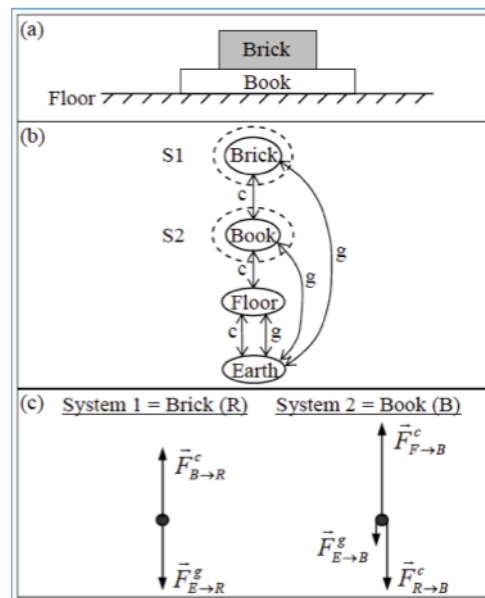


Figura 14. Representacions gràfiques proposades a l'article 'Using the System Schema Representational Tool to Promote Student Understanding of Newton's Third Law' (Hinrichs, 2005).

6.1.2. Comparativa i anàlisi

Per tal d'analitzar les diferents propostes de representacions es comparen a base de revisar les següents característiques: si s'explicita la interacció entre objectes, o no, i la seva utilitat per a poder comprendre bé la 2a o la 3a Llei de Newton.

Per a poder analitzar la usabilitat de les representacions gràfiques per poder millorar la comprensió la 2a o la 3a Llei de Newton s'han establert diferents criteris (Taula 24) que ens ajuden a poder-les valorar.

Quan analitzem la usabilitat per a la comprensió de la 2a Llei de Newton, buscarem que la representació focalitzi en la visualització de la suma de les forces que estan actuant sobre un cos concret i es faciliti el càlcul de la força resultant. Quan analitzem la usabilitat per a la comprensió de la 3a Llei de Newton, buscarem que la representació focalitzi en la visualització de la interacció entre cossos i les forces que s'exerceixen mútuament.

Taula 24. Criteris per a la valoració de la usabilitat de les representacions gràfiques.

	Baix	Mig	Alt
Comprensió 2a Llei de Newton	L'alumnat no pot identificar fàcilment totes les forces actuant sobre el cos estudiat.	L'alumnat pot identificar fàcilment totes les forces actuant en el cos estudiat però no es poden comparar entre elles per a poder deduir la força resultant.	L'alumnat pot identificar fàcilment totes les forces actuant en el cos estudiat i les pot comparar entre elles per a poder deduir la força resultant.
Comprensió 3a Llei de Newton	L'alumnat no pot identificar fàcilment que dos cossos estan interactuant exercint-se forces mútuament.	L'alumnat pot identificar fàcilment que dos cossos estan interactuant exercint-se forces mútuament, però no es pot deduir quines dues forces corresponen a la mateixa interacció.	L'alumnat pot identificar fàcilment que dos cossos estan interactuant exercint-se forces mútuament i deduir quines dues forces corresponen a la mateixa interacció.

Les representacions gràfiques presentades s'han analitzat sota aquests criteris presentats. Els resultats d'aquesta comparativa feta es poden veure a la Taula 25.

Taula 25. Comparativa de representacions gràfiques de forces i interaccions.

	Explicitació de la interacció	Usabilitat per a la comprensió de la 2a Llei de Newton	Usabilitat per a la comprensió de la 3a Llei de Newton
El diagrama de cos lliure: la representació canònica	No	Alta	Baixa
Representació de forces emparellades	No	Baixa	Mitja
Representació de cossos separats	No	Mitja	Mitja
Representació d'interaccions	No	Baixa	Mitja
Diagrama d'interaccions	No	Mitja	Alta
Representació simbòlica d'interaccions	Si	Baixa	Mitja
<i>System Schema Representation</i>	Si	Mitja	Mitja

Com es pot comprovar, no hi ha una representació que sigui millor que les altres, ja que cadascuna cobreix un objectiu concret i és adequada per a treballar un aspecte particular del model de força. Les que són molt útils per a treballar la 3a Llei no ho són per a treballar la 2a i viceversa, i les que s'utilitzen per a treballar les dues no ho fan de manera completament eficient.

Fruit de l'anàlisi es conclou que el diagrama de cos lliure és la millor representació per a poder analitzar quines són les forces que actuen sobre un cos i treballar amb la 2a Llei de Newton. Tot i això, no és útil per

a comprendre la 3a Llei i poder comprendre que les forces són interaccions entre cossos. Per tant, potser serà útil per treballar en alguns problemes donats, però necessitarem una representació per a poder treballar la 3a Llei de manera més exclusiva.

Per definir bé la representació que necessitem per millorar la intervenció a l'aula, haurem de definir bé els problemes que ha d'ajudar a resoldre i els objectius que ha de complir. A partir d'aquí, dissenyarem una representació que contingui alguns dels elements d'aquestes representacions gràfiques analitzades.

6.2. Justificació de la proposta

La representació gràfica que s'utilitza durant les sessions d'aula és com la que es mostra en la Figura 15. S'utilitza per tal d'analitzar les forces que estan actuant sobre un cos concret. Per tant, tot i que a vegades no es representen les forces dins d'un rectangle simbòlic i les fletxes no s'interpreten completament com a vectors, si que la representació segueix els patrons generals del diagrama de cos lliure.

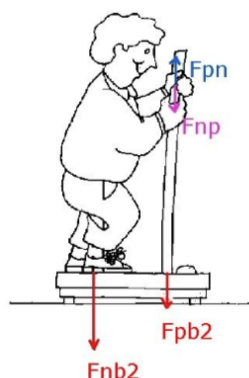


Figura 15. Exemple de representació gràfica utilitzada a DMEI.

A partir de les conclusions extretes de l'anàlisi de les entrevistes i qüestionaris hem vist quines són les principals dificultats de l'alumnat pel que fa a la representació que s'està utilitzant a l'aula i respecte a l'assoliment del model d'interacció de les forces, que es resumeixen en aquesta taula.

Taula 26. Dificultats principals de l'alumnat de DMEI amb la comprensió de forces i l'ús de les representacions gràfiques.

Dificultats de l'alumnat amb l'ús de la representació gràfica	Dificultats de l'assoliment del model d'interacció
<ul style="list-style-type: none"> • La representació és abstracta i poc comprensible si no s'entén que les forces les fa un cos sobre un altre. • Situar la força en un punt concret és un dels aspectes que és més costós, ja que a vegades es veu com un fenomen però no es localitza bé a l'espai. • Obliga als alumnes a estudiar noves 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar les forces d'acció/reacció d'una mateixa interacció i comprendre que són instantànies. • Comprendre que les dues forces que s'exerceixen dos cossos que interactuen, actuen sobre cossos separats i per aquest motiu no s'anul·len entre elles. • Comprendre que les dues forces tenen la

característiques i codis de representació sobre un tema que no comprenen bé. Acaben per memoritzar representacions.	mateixa intensitat, sigui el cos de la mida que sigui o tingui la massa que tingui.
---	---

En base a aquestes dificultats i tenint en compte que l'objectiu del seu ús ha de ser l'evolució del model mental de l'alumnat cap al model científic escolar (en aquest cas, el model d'interacció), les característiques que hauria de tenir la representació gràfica que es proposa són:

- Ha de posar el focus en les interaccions entre els objectes i introduir les forces que s'estan exercint per a permetre identificar totes les que actuen en una situació donada, reconeixent-ne l'origen i el destí.
- Ha de poder guiar la representació del cos lliure que es farà, si s'escau, per a poder analitzar les forces que actuen sobre cos concret. Però ha de ser prou explícita per a poder raonar totes les forces que estan actuant en una situació sense necessitat de fer més representacions.
- Ha de ser prou simple com per poder-la treballar amb l'alumnat de primària. Per tant, introduirà les forces com a estiraments i empenyiments entre cossos.
- Ha de ser una eina per a raonar sobre la situació, és tant important el procés de construcció com el resultat final de la mateixa.

De totes les representacions analitzades, els elements que es consideren més útils per a poder utilitzar a l'aula de DMEI són:

- La representació de tots els cossos que estan interactuant en el sistema que es fa en el *system schema* ajuda a identificar l'origen de totes les forces i que no n'hi hagi de 'fantasmes' com la gravetat.
- La separació que es fa en l'últim pas del *system schema* per a poder valorar quines forces són les que actuen sobre un cos ajuda a comprendre que les forces d'acció i reacció d'un parell d'objectes no actuen les dues sobre un mateix cos.
- El fet de concebre la representació com un pas previ a la representació del diagrama de cos lliure i proposar que per a resoldre un problema es faran les dues ajuda a poder treballar eficaçment aspectes que tinguin a veure amb la 3a Llei primer i la 2a després.
- Les frases que introdueix la representació de Savinainen en el diagrama d'interaccions, ajuda a poder introduir la força a partir de les interaccions a banda de donar-li una direcció i sentit (especificant si els objectes s'estiren o empenyen entre ells).

6.3. Representació gràfica d'interaccions i forces

Amb aquestes premisses es dissenya la representació gràfica d'interaccions i forces. En les següents figures (Figures 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22) es va definint la representació proposada especificant-ne els passos per a poder-la construir. S'exemplifica en el cas de les forces que actuen en una làmpada penjant del sostre.

S'explicarà a l'alumnat seguint aquesta seqüència i s'introduirà com a eina d'anàlisi de les situacions per tal de determinar les forces que intervenen en una situació concreta.

1. Dibuixem tots els objectes que estan interactuant en la situació.



Figura 16. Pas 1 de la representació gràfica d'interaccions i forces.

2. Dibuixem les interaccions que hi ha entre els objectes. Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.

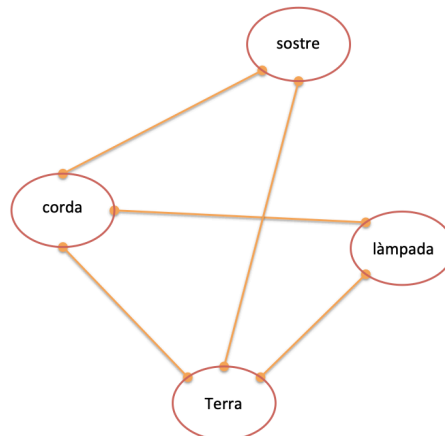


Figura 17. Pas 2 de la representació gràfica d'interaccions i forces.

3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.

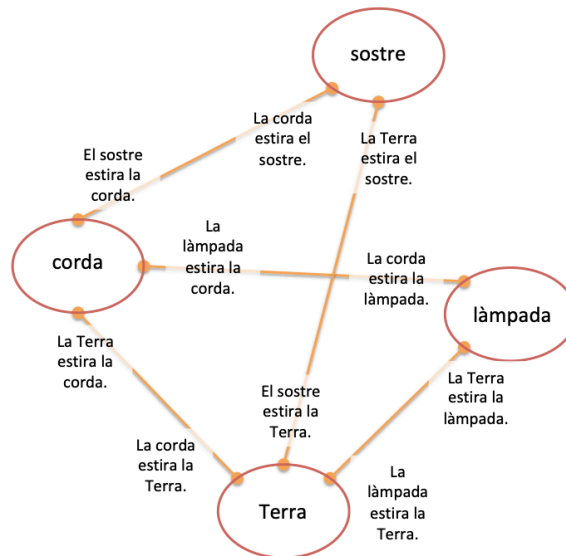


Figura 18. Pas 3 de la representació gràfica d'interaccions i forces.

4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.

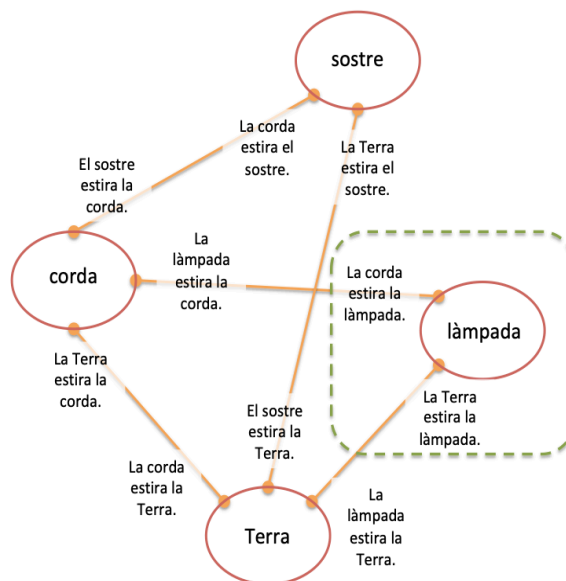


Figura 19. Pas 4 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi d'un sol cos.

5. Dibuixem el cos i les forces que actuen sobre ell. Per ajudar a continuar visualitzant les interaccions, cada parell de forces provinent d'una interacció concreta pot dibuixar-se d'un color diferent.

- Si la interacció queda tallada pel marc que hem situat, només podrem dibuixar una de les dues forces de la interacció.

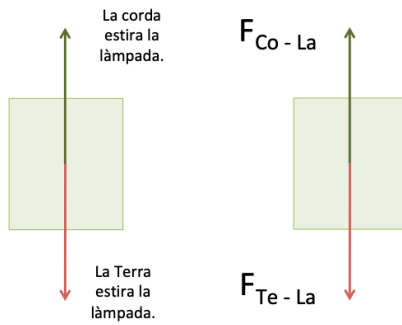


Figura 20. Pas 5 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi d'un sol cos.

- Si la interacció queda inclosa per complet dins del requadre, haurem de dibuixar les dues forces de la interacció sobre el cos en el que actüin.

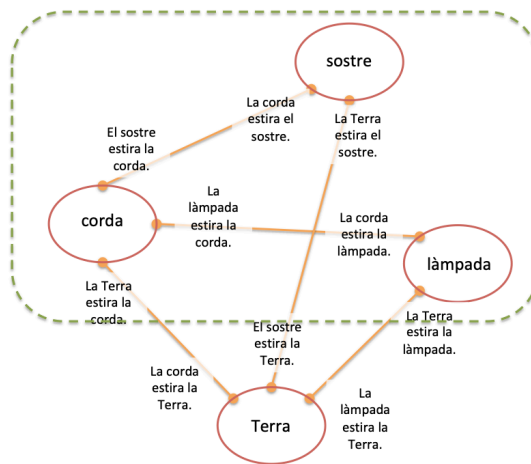


Figura 21. Pas 4 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi de múltiples cossos.

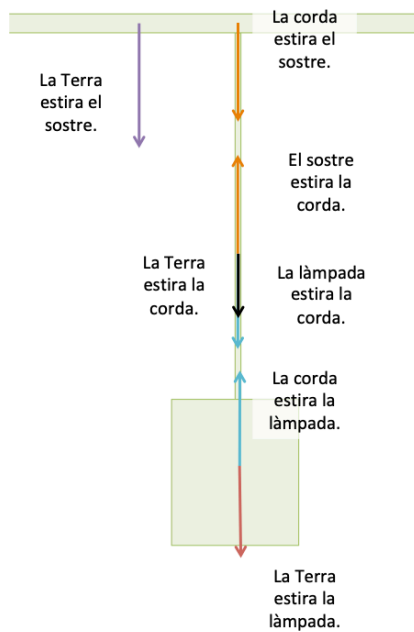


Figura 22. Pas 5 de la representació gràfica d'interaccions i forces en el cas d'anàlisi de múltiples cossos.

6.4. Implementació en les sessions d'aula

En aquesta secció es presenta una síntesi del contingut i activitats realitzades en cada una de les sessions de l'aula. La intervenció només varia respecte a la del curs anterior, per l'ús de la nova representació gràfica. Per a cada una de les sessions trobem una taula en la que es resumeixen els objectius i es fa una descripció de les activitats que es fan a l'aula (Taulas 27, 28, 29, 30). El desglossament detallat de la programació es pot consultar a l'Annex 4. També es pot consultar la presentació de diapositives que s'ha usat per a conduir les activitats a l'Annex 5.

Taula 27. Objectius i resum de la sessió 1 del bloc de forces del curs 2017/18.

SESSIÓ 1: Moviment i forces
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none">• Distingir els conceptes de: posició, moviment, objectes de referència i sistema de referència.• Assumir que l'acceleració és una variació de moviment. No només cal que augmenti la velocitat perquè hi hagi acceleració, també pot ser que disminueixi o hi hagi un canvi de direcció del moviment.• Entendre la força com a causant de la variació del moviment.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none">• Objectes de referència, sistema de referència, moviment i canvis de moviment:<ul style="list-style-type: none">○ Trajectòria, camí recorregut, desplaçament○ Interval de temps relacionat amb el desplaçament -> velocitat○ Canvis de moviment en un interval de temps -> acceleració -> força• Què pensem que és una força? – Pluja d'idees

- Activitat 1: el moviment. Fem una pluja d'idees en petits grups per respondre diferents preguntes entorn al moviment i posem en comú les respostes.
- Activitat 2: posició i sistemes de referència. A partir d'una sèrie de preguntes busquem la manera de representar les posicions d'un objecte i mostrem la necessitat de definir els sistemes de referència. A partir d'aquí anirem proposant diferents canvis de posició per a definir-los i anem definint què és el desplaçament i què la trajectòria.
- Activitat 3: el canvi de posició amb el temps – la velocitat. A partir d'una sèrie de preguntes ens plantejarem què passa quan hi ha canvis de posició en el temps i busquem la relació entre la rapidesa, la lentitud i la velocitat.
- Activitat 4: el canvi de velocitat amb el temps – l'acceleració. A partir del vídeo del salt estratosfèric que va fer Felix Baumgartner i el velocímetre que hi apareix analitzem els canvis de velocitat que es donen i busquem quines són les causes de cadascun d'ells. Aquí es comença a treballar amb la necessitat de la interacció entre cossos (no sempre en contacte) per tal de poder trobar canvis en la velocitat dels objectes. És important comentar també que tant si augmenta com si disminueix la velocitat, parlarem d'acceleració.

- Activitat 5: síntesi dels continguts de moviment. Tanquem l'apartat de moviment fent una revisió dels continguts treballats: posició, sistema de referència, velocitat i acceleració.
- Activitat 6: pluja d'idees sobre forces. Es plantegen diferents imatges associades a situacions on hi ha forces i es demana una pluja d'idees sobre tots aquells continguts que relacionen amb la paraula 'força'. Es comencen a respondre diferents preguntes sobre les forces, pensant en qui pot produir-les.

Taula 28. Objectius i resum de la sessió 2 del bloc de forces del curs 2017/18.

SESSIÓ 2: Forces i Lleis de Newton
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Fem forces amb el cos. • Què pensem que és una força? • Concepte de la 1a Llei de Newton: si sobre un objecte no actuen forces, continua com estava (sigui parat o en moviment). • Concepte de la 2a Llei de Newton: si sobre un objecte hi actuen forces, la seva velocitat es modificarà (acceleració) de manera proporcional a la força i de manera inversament proporcional a la massa.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Maneres de fer força amb el cos <ul style="list-style-type: none"> ○ Plataforma amb rodes – estirar a algú ○ Estirar la corda ○ Estirar la corda (sense moviment) • Posada en comú dels esquemes de forces elaborats • 1a i 2a Llei de Newton a partir de diferents situacions

- Activitat 1: maneres de fer força amb el cos. Fem sortir diferents alumnes a estirar la corda o a estirar un carretó. Una vegada ho fan plantejem diferents preguntes per començar a analitzar les situacions. Plantejem qüestions relacionades amb què passa amb els objectes quan exercim les forces, com estem exercint aquestes forces, com podem aconseguir efectes diferents, quins cossos estan implicats en la situació...
- Activitat 2: què és una força? A partir del treball fet en les situacions anteriors tornem a plantejar les preguntes que hem fet en la sessió anterior sobre què és una força, com es produeix i quins efectes té...
- Activitat 3: com representem els forces? Introduïm la representació gràfica d'interaccions i forces per poder-la utilitzar a partir d'aquest moment en l'anàlisi de les situacions que plantejem.
- Activitat 4: 1a Llei de Newton: estirem la corda. Tornem a plantejar la situació d'estirar la corda i entre tot el grup classe fem la representació de la situació usant la representació gràfica d'interaccions i forces i el diagrama de cos lliure. A partir d'aquí introduïm les situacions d'equilibri i la 1a Llei de Newton.

- **Activitat 5: 2a Llei de Newton: estirem un carretó.** Plantegem de nou la situació d'estirar el carretó i demanem que facin en petits grups les dues representacions gràfiques de les situacions.

Taula 29. Objectius i resum de la sessió 3 del bloc de forces del curs 2017/18.

SESSIÓ 3: 3a Llei de Newton
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Distingir: pes, massa, gravetat, pressió. • Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat . • Composició de forces: <ul style="list-style-type: none"> ○ com es poden combinar diferents forces que actuen sobre un sistema de cossos.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Repàs diagrames i 1a/2a Lleis de Newton • Què mesura la balança • Distinció i relacions entre massa / pes / pressió / força • 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula

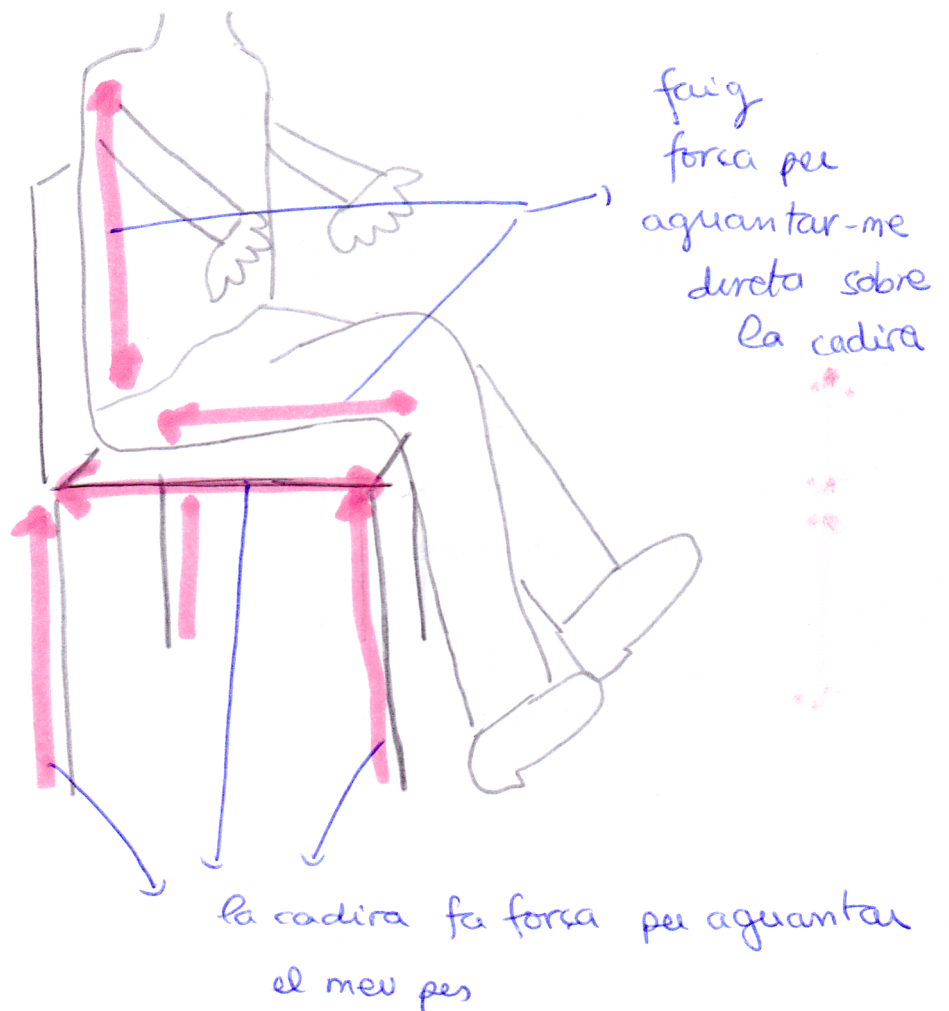
- Activitat 1: 2a Llei de Newton: estirem un carretó. Reprenem l'activitat a partir de les representacions fetes de la situació del carretó. Entre tota la classe fem les dues representacions i repassem els dubtes que quedin respecte els aspectes més tècnics de la representació i respecte a les forces que actuen en la situació.
- Activitat 2: què mesura una balança? Massa, pes, gravetat i pressió. Demanem que es facin diferents parelles. Un alumne/a de cada parella és a sobre d'una balança de bany. L'altre serà al seu costat i l'empenyerà cap a baix i l'estirarà cap amunt. Mirarem el que indica la balança en cada una de les 3 ocasions: l'alumne/a es pesa sol, el company/a l'empeny i el company/a l'estira. A partir de les mesures fetes per la balança establim una conversa per acabar definint les diferències entre massa, pes, gravetat i pressió. Per ajudar a la reflexió podem visualitzar un vídeo del programa 'QuèQuiCom' on es veu l'efecte que té la pinya d'un castell sobre el pes que suporten les persones que són a la base.
- Activitat 3: el nen i la balança. Es planteja el problema del nen que és sobre una balança i amb un pal empeny cap avall. Què indicarà la balança: el mateix pes, menys o més? Una vegada tothom ha expressat la seva opinió, demanem que s'argumentin per tal de poder convèncer entre ells. A partir d'aquí comprovem què passa amb una balança i un pal. Fem les dues representacions gràfiques per veure quines forces actuen sobre aquesta situació.

Taula 30. Objectius i resum de la sessió 4 del bloc de forces del curs 2017/18.

SESSIÓ 4: 3a Llei de Newton i Flotabilitat
Objectius de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat . • La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma. • Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.
Resum de la sessió
<ul style="list-style-type: none"> • 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula • Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1^a i 2^a Llei de Newton) • Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

- Activitat 1: el nen i la balança. A la sessió 3 pot ser que l'activitat quedi tallada pel final de la sessió. A l'inici d'aquesta sessió s'acabarà l'activitat i es tornarà a fer la revisió de les representacions i del significat de la 3a Llei de Newton. Si queden dubtes, es poden plantejar altres situacions d'anàlisi per a aprofundir en la visualització de que les dues forces que s'exerceixen en una interacció tenen la mateixa intensitat.
- Activitat 2: la caiguda dels cossos. Plantegem què caurà abans a terra quan els llancem si una poma o un full de paper. Al full li donarem diferents formes i guiarem la conversa per concloure que tots els cossos cauen amb la mateixa acceleració i que el que varia la velocitat és el fregament amb l'aire. Per reforçar el contingut projectarem vídeos de caiguda d'objectes amb masses molt diferents al buit.
- Activitat 3: activitat del mamut. A partir del conte del mamut, es treballa quins són els factors que intervenen en la flotabilitat d'un cos.
- Activitat 4: flotabilitat de diferents fruites i verdures. En un recipient amb aigua, hi posem un pebrot, una poma, un plàtan amb pell i un sense, i una taronja amb pell i una sense. A partir de l'experiència sobre si floten o no, representem les interaccions i forces dels diferents casos. A partir d'aquí expliquem la flotabilitat de les diferents fruites o verdures en funció de les forces que reben.

Resultats



7

Resultats

En el capítol 7 es mostren els resultats dels qüestionaris i entrevistes que s'han passat a l'alumnat de DMEI. La presentació s'estructura, de nou, en dos grans parts: els resultats del qüestionari (Secció 7.1) i els de l'entrevista (Secció 7.2).

La primera secció s'organitza en dues grans subseccions que presenten els resultats pera a cada un dels grups als que s'han passat els qüestionaris. Per a cada grup s'han organitzat les respostes en funció de les diferents categories definides a la Secció 4.5. Els resultats de les entrevistes es presenten a partir dels diferents objectius que havia de complir l'instrument de mesura.

7.1. Resultats dels qüestionaris

La presentació dels resultats PRE i POST dels qüestionaris es fa a partir de les categories marcades en l'operacionalització del grau d'aprenentatge de força de l'alumnat. Per a cada una de les categories presentem les freqüències obtingudes per als diferents codis tant en els qüestionaris PRE com en els POST, per tal de facilitar-ne la comparativa. A continuació es presentaran les taules de correlació dels models de força usats per a poder avaluar com ha estat l'evolució de cada un dels models segons el cos i la situació tractada. Per tancar la presentació de resultats d'aquest grup de dades es presenta el test de Friedman calculat per a cada situació i cos que intervenia en la interacció que servirà per veure la significativitat d'aquesta evolució.

Si els resultats de les anàlisis són molt diferents segons la pregunta que s'hagi respost, es presenten desglossats per les diferents situacions plantejades. En el cas que l'anàlisi no hagi sortit molt diferenciat per les tres situacions, s'ha considerat que es podia respondre la pregunta sense fer aquesta distinció. Les situacions són llançar la pilota (S1), aturar la pilota a l'aire (S2) i seure en una cadira (S3). A la conclusió de l'anàlisi es fa una síntesi de tota la informació presentada per anar responnent a cadascuna de les preguntes plantejades.

El detall de totes les dades que es sintetitzen a continuació, es troba als Annexos 7 i 8. Allà s'hi poden trobar les freqüències absolutes i relatives de totes les codificacions, així com els gràfics de la distribució de freqüències per a cada una de les situacions plantejades.

7.1.1. Curs 2016/17

7.1.1.1. Resultats obtinguts a partir de les categories establertes

1. Quines forces identifica l'alumnat en una situació concreta d'interacció entre dos cossos?

Els resultats obtinguts en els qüestionaris PRE es mostren en la Taula 31 i els obtinguts en els POST en la Taula 32.

Taula 31. Identificació de forces feta en els qüestionaris PRE del curs 2016/17.

S1 / S2	La majoria d'alumnat considera que la persona està fent una força sobre la pilota (S1: 66,7%, S2: 68,7%). Quan parla de la pilota, només un 15,7% en S1 i un 11,7% en S2 considera també que la pilota està fent una força sobre a la persona. La majoria considera que la pilota fa una força, però no especifica que sigui cap a cap cos concret (S1: 66,7% i S2: 74,5 %).
S3	La majoria de respostes afirmen que tant la cadira (53,0%) com la persona (68,6%) fan una força però sense especificar cap a quin altre cos la fan. Una part de l'alumnat si que reconeix que la persona fa força cap a la cadira (25,5%) i que la cadira en fa cap a la persona (23,6%).

Taula 32. Identificació de forces feta en els qüestionaris POST del curs 2016/17.

S1/S2	El canvi més destacat en aquestes dues situacions també és molt similar. La quantitat d'alumnat que ha estat capaç de descriure que la pilota fa força també sobre la persona en les dues situacions ha augmentat de manera important. <ul style="list-style-type: none"> • A S1 ha passat d'un 15,7% en els qüestionaris PRE a un 47,1% en els qüestionaris POST. • A S2 ha passat d'un 11,7% en els qüestionaris PRE a un 41,2% en els qüestionaris POST. El nombre d'alumnes que reconeix que la persona fa força sobre la pilota es manté estable a S1 (passa d'un 66,7 % a un 70,6 %) o inclús baixa lleugerament a S2 (passa d'un 68,7% a un 56,9%).
S3	En aquest cas el canvi més significatiu és que el nombre d'alumnes que consideren que la persona fa força sobre la cadira i viceversa augmenten lleugerament respecte als qüestionaris PRE. Tot i l'augment, el percentatge d'alumnat que veu aquesta actuació recíproca és molt menor al que surt dues anteriors situacions. <ul style="list-style-type: none"> • En S1 ha passat d'un 25,5% en els qüestionaris PRE a un 33,3% en els qüestionaris POST. • En S2 ha passat d'un 23,6% en els qüestionaris PRE a un 33,3% en els qüestionaris POST.

2. Com fa l'alumnat les representacions gràfiques de cada situació?

En els qüestionaris PRE es veu com a les tres situacions es repeteix el mateix patró. Hi ha un nombre molt poc significatiu de l'alumnat que faci una representació gràfica científicament correcta de la situació. (Situació 1: 2,0 %, Situació 2: 3,9 %, Situació 3: 9,8 %).

En els qüestionaris POST es veu com molt pocs alumnes han aconseguit fer representacions gràfiques de les situacions que estiguin d'acord amb els canons que marca el diagrama del cos lliure. Tot i que el nombre d'alumnat que ho fa correctament ha augmentat respecte als qüestionaris PRE (S1: 25,5 %, S2: 17,6%, S3: 37,3%).

3. Existeix una coherència entre les diferents parts de la resposta?

En els qüestionaris PRE es veu com en les tres situacions l'alumnat repeteix el mateix patró. La majoria de les respostes escrites i gràfiques són coherents per a cada una de les situacions. (Situació 1: 86,3%, Situació 2: 80,4 %, Situació 3: 74,5 %).

En els qüestionaris POST, tot i que la coherència en les respostes continua sent majoritària ha baixat significativament respecte als qüestionaris PRE, on la coherència rondava el 80% de les respostes. (S1: 54,9%, S2: 49%, S3: 49%). Aquest resultat ens indica que, encara que hi hagi evolució en els models, caldrà tenir en compte que no s'han comprès d'una manera completa i encara hi ha bastanta indecisió a l'hora d'analitzar les forces d'una situació.

4. Quin model de força expressa l'alumnat en les seves respostes?

En el cas del model de les forces expressat en cada una de les situacions sí que es veuen diferències molt evidents en funció de la situació o cos que intervé en la interacció. Per aquest motiu, es presenta el resultat de l'anàlisi en una taula que distingeix entre les tres situacions i, en cadascuna, per un dels dos cossos que interaccionen. Els resultats obtinguts en els qüestionaris PRE es mostren en la Taula 33 i els obtinguts en els POST en la Taula 34.

Taula 33. Identificació de models de força fets en els qüestionaris PRE del curs 2016/17.

S1	Persona	- El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (51%). - El segon model més expressat és el de propietat-objecte (Mod-P) (29,4%), tot i que ja està a una distància prou significativa del primer, té molta més presència que la resta de models possibles que es poden considerar anecdòtics.
	Pilota	- En aquest cas hi ha una part important de l'alumnat (33,3 %) que no dóna una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació. - Dels que expliquen la situació referint-se a algun model de força, la majoria de l'alumnat expressa la situació de la pilota a partir del model de propietat-objecte (Mod-P) (33,3%).
S2	Persona	- El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (45,1%). Tot i que és una mica inferior al nombre d'alumnes que han optat per aquest model en la situació 1 continua sent el model més expressat.

		- El segon model més expressat és, a diferència de en el cas anterior, el de desig-voluntat (Mod-D) (25,5%).
	Pilota	- El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el propietat-objecte (Mod-P) (47,1%). - Es torna a repetir el que passava amb S1 per la pilota. Una gran part de l'alumnat, no és capaç d'explicar prou la situació com per poder-ne deduir cap model de força de la resposta (27,5%).
S3	Persona	- En aquesta resposta hi ha una dispersió molt elevada de models amb els que s'expressa la situació. Hi ha un empat entre 3 dels models (propietat-objecte (Mod-P): 23,5%, desig-voluntat (Mod-D): 25,5%, acció (Mod-A): 23,5%). - És molt alt el nombre de persones que no expressen cap model de força particular (21,6%).
	Cadira	- El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el desig-voluntat (Mod-D) (43,1%). - Es torna a repetir el que ja ha passat amb l'objecte inanimat per S1 i S2, una gran part de l'alumnat, no és capaç d'explicar prou la situació com per poder-ne deduir cap model de força de la resposta (31,4%).

Taula 34. Identificació de models de força fets en els qüestionaris POST del curs 2016/17.

S1	Persona	- El model que s'utilitza de nou de manera majoritària per a l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (51%). - El segon model més expressat, a diferència dels qüestionaris PRE és el d'interacció (Mod-I) (25,5%). - El model de propietat-objecte (Mod-P) ha baixat fins a ser identificat per només un 9,8% de l'alumnat.
	Pilota	- Novament hi ha una part important de l'alumnat (27,5 %) que no dona una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació. - Tot i això, l'alumnat que ha especificat un model per a la força que fa la pilota ho fa majoritàriament amb el model d'acció (Mod-A) (27,5%) i d'interacció (Mod-I) (25,5%).
S2	Persona	- El model que s'ha continuat utilitzant de manera majoritària en l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (33,3%). - Tot i això, un nombre d'alumnat molt similar han donat una resposta basada en el model d'interacció (Mod-I) (27,5%) o una que no ha usat cap model de força (29,4%), ja que no explica de manera prou detallada la situació.
	Pilota	- Els model que s'utilitza de manera majoritària en l'explicació de la situació és el de propietat-objecte (Mod-P) (27,5%). - Es torna a repetir el que passava amb S1 per la pilota. Una gran part de l'alumnat, no és capaç d'explicar prou la situació com per poder-ne deduir cap model de força de la resposta (25,5%).
S3	Persona	- La majoria de l'alumnat (37,3%) no dona una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació. - De l'alumnat que sí que relaciona la situació amb un model concret de força, la resposta majoritària utilitza el d'acció (Mod-A) (31,4%).
	Cadira	- La majoria de l'alumnat (39,2%) no dona una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació.

- De l'alumnat que si que relaciona la situació amb un model concret de força, la resposta majoritària la tenen els models d'acció (Mod-A) (23,5%) i desig-voluntat (23,5%).
--

Si ens fixem únicament en el model d'interacció (Mod-I), que és l'objectiu del procés d'ensenyament-aprenentatge, podem veure que en les tres situacions hi ha hagut un augment de l'alumnat que explica les situacions usant aquest model. També podem veure que hi ha una part de l'alumnat que l'utilitza en funció de la situació. En la Taula 35 podem veure les freqüències relatives d'ús d'aquest model per a cada situació en els qüestionaris PRE i POST.

Taula 35. Freqüències relatives d'ús del model d'interacció (Mod-I) en les respostes dels qüestionaris PRE i POST.

	PRE	POST
S1	5,9%	25,5%
S2	2,0%	27,5%
S3	5,9%	13,7 %

7.1.1.2. Evolució dels models de força en les respostes PRE i POST dels qüestionaris

A continuació es mostren les taules creuades dels models de força per a cada situació i cos que hi intervé (Taulas 36, 37, 38, 39, 40 i 41). Cada taula s'acompanya d'una selecció de les dades més destacades de l'evolució del models en aquell cas.

S1 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 36 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- El model d'acció és el més reticent al canvi de tots els explicats inicialment. Tot i això, l'alumnat que tenia aquest model i l'ha evolucionat, ho fa cap al d'interacció.
- L'altre moviment més destacat és que l'alumnat que havia marcat el model de propietat-objecte ha evolucionat cap al model d'acció.

Taula 36. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S1 en el curs 2016/17.

		Qüestionari POST (S1/persona)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionari	Mod-0	3	1	0	0	0	4

PRE (S1/persona)	Mod-P	1	1	1	8	4	15
	Mod-D	0	1	0	1	1	3
	Mod-A	2	2	0	15	7	26
	Mod-I	0	0	0	2	1	3
Total		6	5	1	26	13	51

S1 – Pilota

De l'anàlisi de la Taula 37 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Part de l'alumnat que havia respost sense especificar un model clar de força continua sense fer-ho, però una part ja la reconeix i l'expressa amb el model de propietat-objecte.
- Una petita part de l'alumnat que utilitzava el model de desig-voluntat ha passat al d'acció.
- Hi havia una grup d'alumnat que en els testos PRE havia reconegut el model d'interacció, però en els qüestionaris POST no ha conservat l'explicació.

Taula 37. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S1 en el curs 2016/17.

		Qüestionaris POST (S1/pilota)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S1/pilota)	Mod-0	6	1	3	3	4	17
	Mod-P	5	5	0	5	2	17
	Mod-D	2	0	0	3	5	10
	Mod-A	0	0	1	2	1	4
	Mod-I	1	0	0	1	1	3
Total		14	6	4	14	13	51

S2 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 38 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- En general, costa que hi hagi una evolució dels models explicitats inicialment.
- Des del model d'acció, un grup d'alumnes ha evolucionat cap al model d'interacció però un altre ha passat a no explicitar cap model concret per a aquella situació.

Taula 38. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S2 en el curs 2016/17.

Qüestionaris POST (S2/persona) | Total

		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S2/persona)	Mod-0	5	0	1	1	2	9
	Mod-P	1	0	0	4	0	5
	Mod-D	1	0	1	5	6	13
	Mod-A	7	0	3	7	6	23
	Mod-I	1	0	0	0	0	1
Total		15	0	5	17	14	51

S2 - Pilota

De l'anàlisi de la Taula 39 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- De nou, en el cas de la pilota és més complex trobar una evolució molt evident. En aquest cas, el model de propietat-objecte és el reticent al canvi.
- A banda d'això, de tot l'alumnat que havia expressat el model de propietat-objecte en un inicia, un grup ha passat a expressar la situació utilitzant el model d'interacció però l'altre ho ha fet no especificant cap model clar.

Taula 39. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S2 en el curs 2016/17.

		Qüestionaris POST (S2/pilota)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S2/pilota)	Mod-0	4	3	1	2	4	14
	Mod-P	7	9	0	3	5	24
	Mod-D	0	0	1	1	3	5
	Mod-A	1	2	1	1	2	7
	Mod-I	1	0	0	0	0	1
Total		13	14	3	7	14	51

S3 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 40 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- De nou, per a la persona el model d'acció és reticent a l'evolució cap al model d'interacció. De l'alumnat que ha evolucionat, una part ho ha fet cap a aquest model, però també n'hi ha que ho fa en el sentit contrari.
- Les altres evolucions que destaquen en aquest cas, són les dels models de propietat-objecte i desig-voluntat. Una part important d'alumnat ho ha fet cap al model d'acció però no podem dir que sigui

un comportament general, perquè una altra ho ha fet en sentit contrari anant cap a models més allunyats del d'interacció o cap a no expressat cap model concret.

Taula 40. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S3 en el curs 2016/17.

		Qüestionaris POST (S3/persona).					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S3/persona)	Mod-0	6	1	0	1	3	11
	Mod-P	4	2	1	5	0	12
	Mod-D	5	2	0	4	2	13
	Mod-A	2	0	2	6	2	12
	Mod-I	2	1	0	0	0	3
Total		19	6	3	16	7	51

S3 – Cadira

De l'anàlisi de la Taula 41 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Tant el model de desig-voluntat com el fet de no especificar un model concret són reticents a evolucionar.
- L'alumnat que s'ha expressat amb el model de desig-voluntat en els qüestionaris inicials i ha evolucionat, no ho ha fet cap a un sentit concret. Un grup ha evolucionat cap al model d'acció, però l'altre cap a no expressar cap model concret.

Taula 41. Taula creuada dels models de força expressats per a la cadira en S3 en el curs 2016/17.

		Qüestionaris POST (S3/cadira).					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S3/cadira)	Mod-0	8	0	2	4	2	16
	Mod-P	3	0	1	1	0	5
	Mod-D	6	0	7	6	3	22
	Mod-A	1	0	1	1	2	5
	Mod-I	2	0	1	0	0	3
Total		20	0	12	12	7	51

7.1.1.3. Significativitat de l'evolució del model de força: aplicació del test de Friedman

A continuació es presenten els resultats dels test de Friedman que ens donen una mesura de si l'evolució del model de força en cadascuna d'aquestes situacions i objectes ha estat significativa o no. Els resultats de cada test per situació i cos es poden veure en les següents taules (Taulas 42, 43 i 44).

Taula 42. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 1, respectivament, en el curs 2016/17.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,35	1,65		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	7,26 (1)	,007
1,33	1,67	7,81 (1)	,005

Taula 43. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 2, respectivament, respectivament, en el curs 2016/17.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,38	1,62		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	3,79 (1)	,052
1,38	1,62	4,00 (1)	,046

Taula 44. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la cadira en la situació 3, respectivament, respectivament, en el curs 2016/17.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,49	1,51		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	0,03 (1)	,869
1,43	1,57	1,40 (1)	,237

El test de Friedman marca com a nivell de significança $p = ,05$. Per sota d'aquest valor es pot considerar que la variació PRE/POST és significativa. Per tant podem veure com l'evolució obtinguda pels models en la S1 és molt significativa, en la S2 és significativa, però en canvi en la S3 no ho és.

7.1.1.4. Nivell del model d'interacció assolit per l'alumnat

Per acabar l'anàlisi sobre l'aprenentatge de les sessions d'aula i el desenvolupament del model de força assolit, analitzem quin és el nivell d'assoliment del model d'interacció de l'alumnat que l'ha utilitzat en les respostes a S1, S2 i S3. Per fer-ho, s'han revisat les respostes que s'han fet al qüestionari a les preguntes tancades (Taulas 45 i 46) i els diferents nivells de model d'interacció que mostraven les respostes de l'alumnat que l'ha utilitzat (Figura 23).

Taula 45. Respostes sobre les forces que actuen en la situació de xoc entre un camió i un cotxe en el curs 2016/17.

	Mod-I (S1)	Mod-I (S2)	Mod-I (S3)
No respon	2	1	0
Resposta científica	4	4	1
Resposta coneixement previ	6	7	4
Resposta alternativa	1	2	2

Taula 46. Respostes sobre les forces que actuen en la situació d'una làmpada penjant d'un sostre en el curs 2016/17.

	Mod-I (S1)	Mod-I (S2)	Mod-I (S3)
No respon	1	1	0
Resposta científica	12	12	6
Resposta coneixement previ	0	0	0
Resposta alternativa	0	1	1

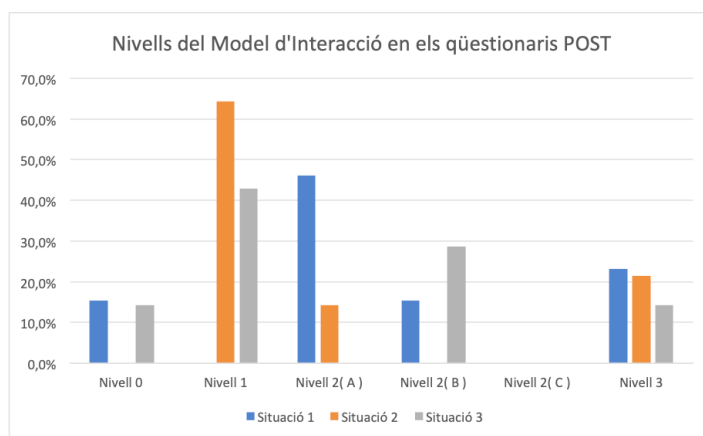


Figura 23. Nivells amb els que s'expressa el model d'interacció en els qüestionaris PRE i POST en el curs 2016/17.

Tant per a les respostes de les preguntes tancades com pels nivells dels models d'interacció veiem que encara hi ha camí per recórrer perquè l'alumnat assolixi correctament el model d'interacció. La resposta majoritària en el cas del xoc entre el cotxe i el camió continua sent la que correspon al coneixement no científic i els nivells assolits per més alumnat en les tres situacions són baixos. És important la quantitat de respostes del nivell 1, en què es comencen a reconèixer elements propis del model, però encara no es parla pròpiament d'interacció entre cossos. L'explicació de la força deixa entreveure que encara s'entén com una propietat-objecte o desig-voluntat intern al cos. L'altra nivell que tenen moltes respostes de la situació 1 és

el 2A, que es caracteritza perquè alumne ja identifica que cada cos fa força sobre l'altre, però encara no expressa que tinguin la mateixa intensitat.

7.1.2. Curs 2016/17

7.1.2.1. Resultats obtinguts a partir de les categories establertes

1. Quines forces identifica l'alumnat en una situació concreta d'interacció entre dos cossos?

Els resultats obtinguts en els qüestionaris PRE es mostren en la Taula 47 i els obtinguts en els POST en la Taula 48.

Taula 47. Identificació de forces feta en els qüestionaris PRE del curs 2017/18, en el curs 2017/18.

S1 / S2	<ul style="list-style-type: none"> - La majoria d'alumnat considera que la persona està fent una força sobre la pilota (S1: 71,1%, S2: 67,8%). En canvi, quan parla de la pilota, només un 13,5% en S1 i un 13,6% en S2 considera també que la pilota està fent una força cap a la persona. - La majoria considera que la pilota fa una força, però no especifica que sigui cap a cap cos concret (S1: 61,8% i S2: 72,0 %).
S3	<ul style="list-style-type: none"> - La majoria de respostes afirmen que tant la cadira (44,9%) com la persona (61,9%) fan una força però sense especificar si ho fan cap a un altre cos. - Una part de l'alumnat si que reconeix que la persona fa força cap a la cadira (27,1%) i que la cadira en fa cap a la persona (29,6%).

Taula 48. Identificació de forces feta en els qüestionaris POST del curs 2017/18, en el curs 2017/18.

S1	<ul style="list-style-type: none"> - La pràctica totalitat de l'alumnat ja afirma que la persona fa força sobre la pilota (s'ha passat d'un 71,1% a un 89,8%). - En el cas de la pilota hi ha hagut un canvi important i és que l'alumnat que pensava que la pilota fa una força sobre la persona, ha passat del 13,5% al 61,0%. - L'alumnat que afirmava que la pilota fa força però no especificava si ho feia en cap cos, ha baixat del 61,80% al 30,5%.
S2	<ul style="list-style-type: none"> - La majoria d'alumnat continua considerant que la persona està fent una força sobre la pilota. D'un 67,8% que ho explicitava a l'inici de curs s'ha passat al 89,8%. - En el cas de la pilota hi ha hagut un canvi important i és que l'alumnat que pensava que la pilota fa una força sobre la persona ha passat del 13,6 % al 55,9%. - L'alumnat que afirmava que la pilota fa força però no especificava si ho feia en cap cos, ha baixat del 72,0% al 28,8%.
S3	<ul style="list-style-type: none"> - L'alumnat capaç de descriure que la pilota i la persona es fan força mútuament ha augmentat. Els que consideren que la persona fa força sobre la cadira han passat del 27,1% al 69,5% i els que consideren que la cadira fa força sobre la persona del 29,6% al 70,4%. - L'alumnat que afirmava que la cadira fa força però no especificava si ho feia en cap cos, ha baixat del 44,9% al 22,1%.

- L'alumnat que afirmava que la persona fa força però no especificava si ho feia en cap cos, ha baixat del 61,9% al 22,1%.
--

2. Com fa l'alumnat les representacions gràfiques de cada situació?

En els qüestionaris PRE es veu com hi ha un nombre molt poc significatiu de l'alumnat que faci una representació gràfica científicament correcta de la situació (S1: 1,7 %, S2: 1,7 %, S3: 2,5 %).

En els qüestionaris POST es veu com molt pocs alumnes han aconseguit fer representacions gràfiques de les situacions que estiguin d'acord amb el diagrama de cos lliure. Tot i que el nombre d'alumnat que ho fa correctament ha augmentat respecte als qüestionaris PRE (S1: 33,1 %, S2: 20,3%, S3: 21,2%).

3. Existeix una coherència entre les diferents parts de la resposta?

En els qüestionaris PRE es veu com en les tres situacions es repeteix el mateix patró. La majoria de les respostes escrites i gràfiques són coherents per a cada una de les situacions. (Situació 1: 79,7%, Situació 2: 68,6%, Situació 3: 68,6%). Dels casos que no responen coherentment, el problema majoritari és que s'identifica un nombre diferents de forces identificades en l'explicació i en la representació gràfica.

En els qüestionaris POST l'alumnat mostra un nombre de respostes més baix que sigui coherent. En els qüestionaris PRE, la coherència oscil·la entre el 70% i el 80% en funció de la situació plantejada. En els qüestionaris POST la coherència per a cada situació és S1: 41,5%, S2: 28,8%, S3: 34,7%. Una vegada analitzades totes les respostes no coherents es veu com hi ha hagut una diferència de comportament interessant respecte al curs 2016/17. Durant el curs 2016/17 la incoherència en la resposta es centra en anomenar forces que no s'acaben representant gràficament i viceversa. En el curs 2017/18, això també succeeix però de manera menys recurrent, en canvi, una part important de l'alumnat dibuixa les situacions de forces com es mostra a les Figures 24 i 25. En aquest exemple, veiem com apareixen les forces que es fan els dos objectes mútuament, però totes dibuixades en un mateix cos. La incoherència ja no ve donada pel nombre de forces que s'anomenen i representen gràficament, sinó pel cos on se situen aquestes forces.

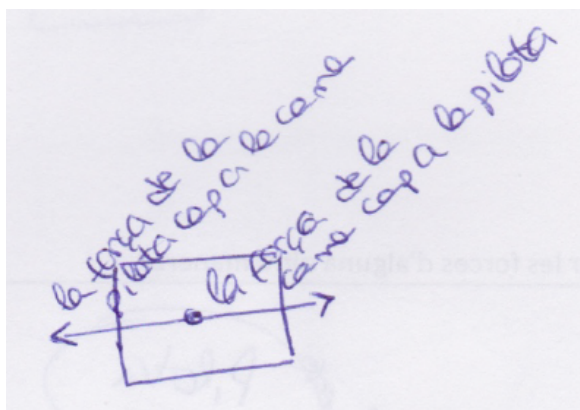


Figura 24. Representació de S1 en el qüestionari POST de l'alumne 5A-6.

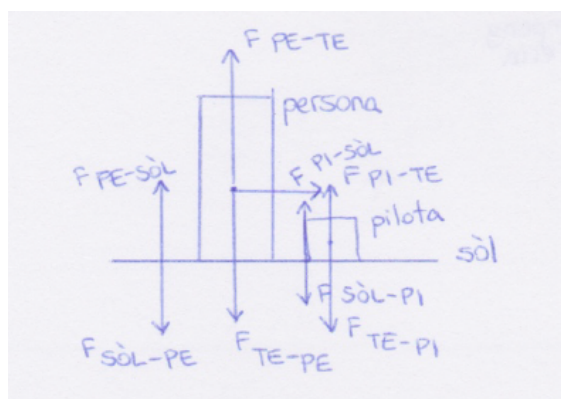


Figura 25. Representació de S1 en el qüestionari POST de l'alumne 1B-8.

En aquests casos, veiem que ja que es reconeix que un cos fa força sobre l'altre i viceversa, però les dues forces es representen sobre el mateix cos. Aquest tipus d'incoherència s'ha donat en les tres situacions (S1: 33,1%, S2: 35,6%, S3: 32,2%).

4. Quin model de força expressa l'alumnat en les seves respostes?

En el cas del model de les forces expressat en cada una de les situacions es veuen diferències molt evidents segons la situació o cos que intervé en la interacció. Per aquest motiu, es presenta el resultat de l'anàlisi en una taula que distingeix per situació i cos que actua en la situació. Els resultats obtinguts en els qüestionaris PRE es mostren en la Taula 49 i els obtinguts en els POST en la Taula 50.

Taula 49. Identificació de models de força fets en els qüestionaris PRE en el curs 2017/18.

S1	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (54,2%). - El segon model més expressat és el de propietat-objecte (Mod-P) (22,9%). Tot i que ja està a una distància prou significativa del primer, té molta més presència que la resta de models possibles que es poden considerar anecdòtics.
	Pilota	<ul style="list-style-type: none"> - Una part important de l'alumnat (47,5 %) no dona una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació. - Dels que expliquen la situació referint-se a algun model de força, la majoria de l'alumnat expressa la situació de la pilota a partir del model de propietat-objecte (Mod-P) (30,5%).
S2	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'acció (Mod-A) (57,6%). - El segon model més expressat és, a diferència del cas anterior, el de desig-voluntat (Mod-D) (16,1%).
	Pilota	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el de propietat-objecte (Mod-P) (42,4%). - Una part de l'alumnat (39,0 %) no dona una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació.

S3	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - La majoria de l'alumnat (33,1 %) no dóna una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació. - En aquesta resposta hi ha una dispersió molt elevada de models amb els que s'expressa la situació. S'utilitzen de manera molt igualada els models de propietat-objecte (Mod-P) (15,3%), desig-voluntat (Mod-D) (21,2%), acció (Mod-A): (28,0%).
	Cadira	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el desig-voluntat (Mod-D) (36,4%). - La majoria de l'alumnat (43,2 %) que no dóna una resposta de la que es pugui deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació.

Taula 50. Identificació de models de força fets en els qüestionaris POST en el curs 2017/18.

S1	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (Mod-I) (46,6%). - El segon model més expressat, és el que en els qüestionaris PRE era el més usat, el del model d'acció (Mod-A) (38,1%). - La resta de models tenen una presència quasi anecdòtica.
	Pilota	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (Mod-I) (46,6%). - La segona resposta amb més freqüència continua sent la que no permet deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació (20,3%). - La resta de models utilitzats són el d'acció (Mod-A) (15,3%) i el de propietat-objecte (Mod-P) (11,9%).
S2	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (Mod-I) (40,7%). - El segon model més expressat, és el que en els qüestionaris PRE era el més usat, el del model d'acció (Mod-A)(27,1%). - Les respostes que no permeten deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació encara tenen algun pes (22,0%), però la resta de models es consideren anecdòtics.
	Pilota	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (Mod-I) (40,7%). - La segona resposta amb més freqüència continua sent la que no permet deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació (29,7%). - La resta de models utilitzats són el d'acció (Mod-A) (11,9%) i el de propietat-objecte (Mod-P) (15,3%).
S3	Persona	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (Mod-I) (47,5%). - La segona resposta amb més freqüència continua sent la que no permet deduir cap model de força, ja que no explica de manera prou detallada la situació (20,3%). - La resta de models utilitzats són el d'acció (Mod-A)(14,4%), el de propietat-objecte (Mod-P)(9,3%) i el de desig-voluntat (Mod-D) (8,5%).
	Cadira	<ul style="list-style-type: none"> - El model que s'utilitza majoritàriament en l'explicació de la situació és el d'interacció (47,5%).

- La resta de models utilitzats són el de desig-voluntat (19,5%), respostes que no permeten deduir cap model de força (19,5%) i el de d'acció (11,0%).
--

Si ens fixem únicament en el model d'interacció (Mod-I), que és l'objectiu del procés d'ensenyament-aprenentatge, podem veure que en les tres situacions hi ha hagut un augment de l'alumnat que explica les situacions usant aquest model. També podem veure que hi ha una part de l'alumnat que l'utilitza en funció de la situació plantejada. En la Taula 51 podem veure les freqüències relatives d'ús d'aquest model per a cada situació en els qüestionaris PRE i POST.

Taula 51. Freqüències relatives d'ús del model d'interacció en les respostes dels qüestionaris PRE i POST en el curs 2017/18.

	PRE	POST
S1	2,5%	46,6%
S2	0,0%	40,7%
S3	2,5%	47,5%

7.1.2.2. Evolució dels models de força en les respostes PRE i POST dels qüestionaris

Les taules creuades dels models de força per a cada situació i cos que hi intervé (Taulas 52, 53, 54, 55, 56 i 57) es presenten a continuació. Cada taula s'acompanya d'una selecció de les dades més destacades de l'evolució del models en aquell cas.

S1 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 52 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- El model d'acció és el més reticent al canvi de tots els explicats inicialment. Tot i així, la majoria de l'alumnat que tenia aquest model i l'ha evolucionat, ho fa cap al d'interacció.
- L'altre evolució destacada és la gran quantitat d'alumnat que havia utilitzat el model de propietat-objecte o no n'havia utilitzat cap i ha passat a explicar la situació a partir del model d'acció o d'interacció.

Taula 52. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S1, en el curs 2017/18.

		Qüestionari POST (S1/persona)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionari PRE (S1/persona)	Mod-0	1	0	0	11	8	20
	Mod-P	3	5	0	10	9	27
	Mod-D	0	0	1	1	2	4

	Mod-A	3	4	1	23	33	64
	Mod-I	0	0	0	0	3	3
Total		7	9	2	45	5	118

S1 – Pilota

De l'anàlisi de la Taula 53 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Els dos models més usats en els qüestionaris PRE (no especificar cap model i propietat-objecte) han evolucionat de manera clara cap a models d'acció i d'interacció.
- Tot i això, cal destacar la reticència de part de l'alumnat que no ha expressat cap model ni en els qüestionaris PRE ni en els POST, així com part de l'alumnat que s'havia expressat usant el model de propietat-objecte que ha passat a no especificar-ne cap.

Taula 53. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S1, en el curs 2017/18.

		Qüestionaris POST (S1/pilota)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S1/pilota)	Mod-0	12	7	5	11	21	56
	Mod-P	9	6	0	3	18	36
	Mod-D	0	1	1	2	4	8
	Mod-A	3	0	1	2	9	15
	Mod-I	0	0	0	0	3	3
Total		24	14	7	18	55	118

S2 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 54 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- De nou, veiem que el model d'acció és molt reticent al canvi quan parlem de la força que fa una persona. Tot i així, gran part de l'alumnat que havia optat per aquest model ha acabat utilitzant el model d'interacció.
- L'altre moviment destacat ha estat que una part de l'alumnat que havia optat pel model d'acció ha explicat la situació sense referir-se a cap model concret.

Taula 54. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S2, en el curs 2017/18.

		Qüestionaris POST (S2/persona)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	

Qüestionaris PRE (S2/persona)	Mod-0	7	1	1	9	8	26
	Mod-P	2	1	0	1	1	5
	Mod-D	3	1	3	4	8	19
	Mod-A	14	1	4	18	31	68
	Mod-I	0	0	0	0	0	0
Total		26	4	8	32	48	118

S2 - Pilota

De l'anàlisi de la Taula 55 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Els dos models més usats en els qüestionaris PRE (no especificar cap model i propietat-objecte) han evolucionat de manera clara cap al model d'interacció.
- Cal destacar que un nombre important d'alumnat que havia respost aquests models en els qüestionaris PRE, ha respost en els POST sense especificar cap model concret.

Taula 55. Taula creuada dels models de força expressats per a la pilota en S2, en el curs 2017/18.

		Qüestionaris POST (S2/pilota)					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S2/pilota)	Mod-0	15	8	1	7	15	46
	Mod-P	14	9	2	3	22	50
	Mod-D	2	0	0	2	3	7
	Mod-A	4	1	0	2	8	15
	Mod-I	0	0	0	0	0	0
Total		35	18	3	14	48	118

S3 – Persona

De l'anàlisi de la Taula 56 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Aquesta situació tenia una dispersió molt alta de models utilitzats en els qüestionaris PRE. L'evolució més destacada és cap al model d'interacció tant per les respostes que no havien definit un model concret, com pels models de propietat-objecte i d'acció.
- Les respostes més reticents a evolucionar han estat, en aquest cas les que no indiquen cap model concret.

Taula 56. Taula creuada dels models de força expressats per a la persona en S3, en el curs 2017/18.

		Qüestionaris POST (S3/persona).					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S3/persona)	Mod-0	11	4	3	4	17	39
	Mod-P	2	2	1	2	11	18
	Mod-D	8	1	4	7	5	25
	Mod-A	2	4	2	4	21	33
	Mod-I	1	0	0	0	2	3
Total		24	11	10	17	56	118

S3 – Cadira

De l'anàlisi de la Taula 57 podem veure que l'evolució global dels models de força que s'ha donat en aquest cas ha estat la següent:

- Aquesta situació tenia una dispersió molt alta de models utilitzats en els qüestionaris PRE. L'evolució més destacada és cap al model d'interacció tant per les respostes que no havien definit un model concret, com pels models de desig-voluntat i d'acció.
- Si que trobem, per això que tant en el model de desig, com en les respostes que no especifiquen cap model concret hi ha una mica de reticència a modificar la resposta.

Taula 57. Taula creuada dels models de força expressats per a la cadira en S3, en el curs 2017/18.

		Qüestionaris POST (S3/cadira).					Total
		Mod-0	Mod-P	Mod-D	Mod-A	Mod-I	
Qüestionaris PRE (S3/cadira)	Mod-0	14	0	6	5	26	51
	Mod-P	0	1	2	0	3	6
	Mod-D	8	2	13	7	13	43
	Mod-A	0	0	2	1	12	15
	Mod-I	1	0	0	0	2	3
Total		23	3	23	13	56	118

7.1.2.3. Significativitat de l'evolució del model de força: aplicació del test de Friedman

A continuació es presenten els resultats dels diferents tests de Friedman que ens donen una mesura de si l'evolució del model de força en cadascuna d'aquestes situacions i objectes ha estat significativa o no. Els resultats de cada test per situació i cos es poden veure en les Taules 58, 59 i 60.

Taula 58. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 1, respectivament, en el curs 2017/18.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,23	1,77		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	46,69 (1)	,001
1,22	1,78	46,34 (1)	,001

Taula 59. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 2, respectivament, en el curs 2017/18.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,33	1,67		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	17,09 (1)	,001
1,29	1,71	27,17 (1)	,001

Taula 60. Distribució de rangs segons el test de Friedman per a l'evolució del model de força per a les respostes de la persona i la pilota en la situació 3, respectivament, en el curs 2017/18.

Quest PRE - persona	Quest POST - persona	Chi^2 (d.g.)	p
1,27	1,73		
Quest PRE - pilota	Quest POST - pilota	31,84 (1)	,001
1,24	1,76	42,77 (1)	,001

El test de Friedman marca com a nivell de significança $p = ,05$. Per sota d'aquest valor es pot considerar que la variació PRE/POST és significativa. Per tant podem veure com l'evolució obtinguda pels models de les tres situacions és molt significativa.

7.1.2.4. Nivell del model d'interacció assolit per l'alumnat

Per acabar l'anàlisi sobre l'aprenentatge de les sessions d'aula i el desenvolupament del model de força assolit, analitzem quin és el nivell d'assoliment del model d'interacció de l'alumnat que l'ha utilitzat en les respostes a S1, S2 i S3. Per fer-ho, s'han revisat les respostes que s'han fet al qüestionari a les preguntes tancades (Taules 61 i 62) i els diferents nivells de model d'interacció que mostraven les respostes de l'alumnat que l'ha utilitzat (Figura 26).

Taula 61. Respostes sobre les forces que actuen en la situació de xoc entre un camió i un cotxe en el curs 2017/18.

	Mod-I (S1)	Mod-I (S2)	Mod-I (S3)
No respon	4	2	1
Resposta científica	25	22	23

Resposta coneixement previ	25	23	30
Resposta alternativa	1	1	2

Taula 62. Respostes sobre les forces que actuen en la situació d'una làmpada penjant d'un sostre en el curs 2017/18.

	Mod-I (S1)	Mod-I (S2)	Mod-I (S3)
No respon	5	3	2
Resposta científica	48	44	51
Resposta coneixement previ	1	1	1
Resposta alternativa	1	0	2

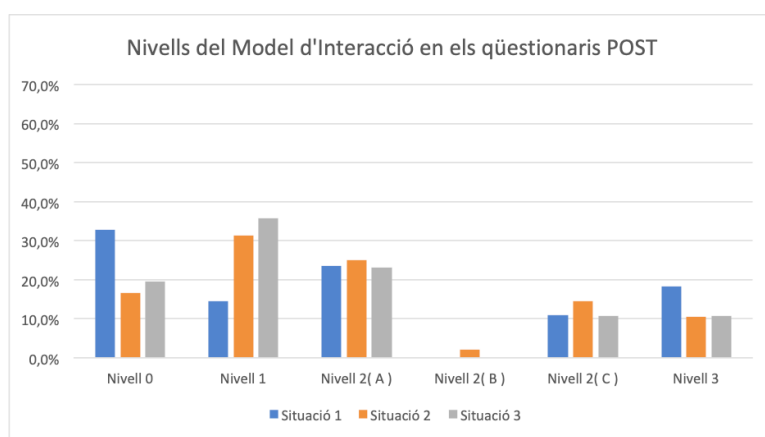


Figura 26. Nivells amb els que s'expressa el model d'interacció en els qüestionaris PRE i POST en el curs 2017/18.

Les respostes de la situació de la làmpada són quasi totes correctes, però les del xoc entre el camió i el cotxe encara mostren un gruix d'alumnat que no comprèn que la intensitat del parell de forces és la mateixa. A banda, hi ha una dispersió dels nivells del model d'interacció en les diferents respostes.

7.1.2.5. Ús de la representació gràfica d'interaccions i forces

Tot i que no es demanava de manera explícita al qüestionari (únicament es demanava representació gràfica de les forces en la situació, no de les interaccions), hi ha part de l'alumnat que ha reproduït els diagrames introduïts en la intervenció. A continuació, es presenta un anàlisi descriptiu de quin ha estat el seu ús i com els han adaptat els FM. Ens fixem en si els han usat o no, si ho han fet de manera correcta i com han fet el diagrama.

Tot i que s'ha fet un anàlisi per cada una de les situacions plantejades en el qüestionari, veiem que les respostes són similars per a les tres. En farem un anàlisi global.

- De tot l'alumnat que omple el qüestionari un 51,7% (S1), un 47,4% (S2) i un 46,6% (S3) fan aquesta

representació.

- De tot l'alumnat que la respon un 55,7% (S1), 57,1% (S2) i un 80% (S3) els han fet correctament.
- De totes les representacions fetes hi ha diferents estils detectats. N'hi ha que fan una adaptació pròpia de la representació gràfica, que la fan completa o que en fan una versió simplificada (la majoria de les respostes).
 - Versió completa: 21% (S1), 21,4% (S2), 18,2% (S3).
 - Versió simplificada: 47,5% (S1), 50% (S2), 60% (S3).
 - Versió adaptació pròpia: 31,1% (S1), 28,6% (S2), 21,8% (S3).

Veiem, per tant, que la majoria dels FM que fan la representació la fan correctament i que moltes en fan una adaptació més simplificada que la proposada a l'aula.

És interessant creuar les dades entre les adaptacions fetes de la representació gràfica amb la correcció que té, per veure si podria fer-se una proposta més simple però igualment efectiva. Per això, s'han fet les taules creuades que relacionen aquestes dues dades. Quan s'han fet es veu que, excepte en la Situació 3 on totes les representacions fetes són correctes, la majoria de diagrames simplificats són correctes, en canvi la majoria de diagrames fets amb adaptacions pròpies són incorrectes.

7.2. Anàlisi del contingut i resultats de les entrevistes

En la resposta dels qüestionaris s'ha vist que l'alumnat tot i pertànyer a cursos diferents, respon de manera molt similar als qüestionaris previs a les sessions d'aula. Com que les entrevistes són fetes abans de les sessions d'aula de forces en els dos cursos, podem agrupar els resultats i l'anàlisi en una mateixa mostra a la que aplicarem els mateixos criteris d'anàlisi.

Comencem l'exposició dels resultats mostrant la identificació de forces i les representacions lliures i pautades que fa cadascuna de les persones entrevistades. Tot i que les preguntes de recerca van més enllà de la simple descripció, s'entén que és interessant mostrar la diversitat de respostes i representacions gràfiques fetes per a comprendre les característiques i dificultats que té l'assumpte que estem tractant (Subsecció 7.2.1.). Una vegada feta aquesta exposició, s'exposen els resultats de les entrevistes seguint els tres objectius que plantejats per a l'instrument de recerca (Subseccions 7.2.2., 7.2.3., 7.2.4.).

7.2.1. Identificació de forces i mostra de representacions gràfiques

En les taules següents (Taules 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70) podem veure com cada alumne ha representat les situacions de llançar la pilota (S1) i de rebre la pilota (S2) en dos moments determinats de l'entrevista.

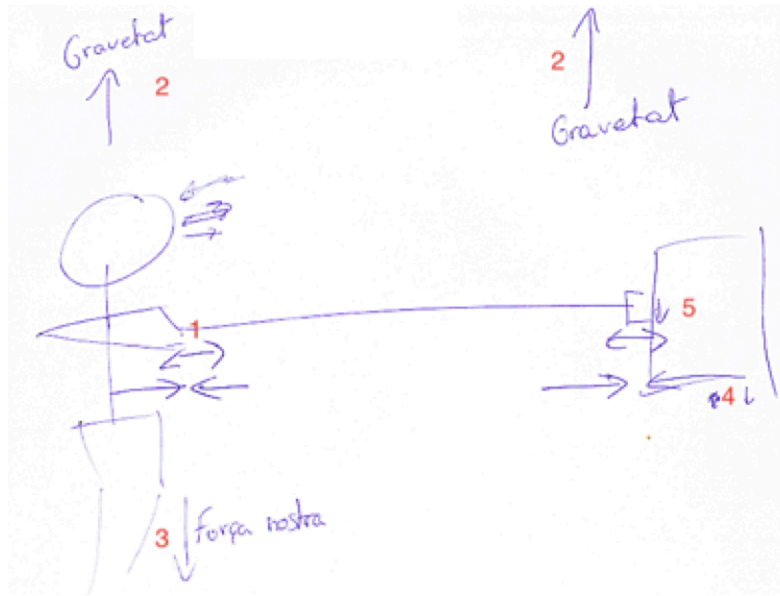
Les representacions gràfiques que anomenem 'representació lliure' són aquelles que ha fet l'alumnat sense seguir cap tipus d'indicació. Les que anomenem 'representació pautada' són aquelles que ha fet l'alumnat quan se li ha demanat que les repeteixi incloent els significats que se li donen al vector en el diagrama de cos lliure. És a dir, tenint en compte que la llargada de la fletxa ha d'indicar la intensitat de la força, la direcció i sentit de la fletxa han d'indicar la direcció i sentit de la força i el punt d'origen de la fletxa ha d'estar situat en el cos en el que s'està aplicant la força.

Taula 63. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 2.

ENTREVISTA 2	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Primer de tot que tinc com una inclinació endavant, perquè llavors al tirar-la com que tiro cap enrere. 2. Hi ha la gravetat que hi és sempre. 3. Hi ha una força ja meva i dels braços i de la pilota, ja per superar-la. 4. Hi ha una força nostra, o sigui, si la tirem així en teoria se'ns... bueno una contracció del tríceps o.. Bueno hi ha com una força als nostres braços. 5. Força de fregament amb l'aire, podríem dir. 6. Una força de la gravetat que l'empeny avall. (la menciona però no la dibuixa) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hi ha la força de la gravetat. 2. La nostra que... o sigui contra la gravetat i la que fem per compensar la gravetat. 3. Com que la pilota ens tira cap enrere nosaltres fem una força cap endavant. 4. En principi és com lo invers... abans s'han contret els tríceps, ara tu fas així contraus els bíceps. 5. Hi havia fins al venir, un fregament amb l'aire.
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquí tenim la gravetat. 2. Farem la força que jo duc a terme per... ha de ser com... si fa o no fa igual a la gravetat, pot ser. (Escriu 'Força nostra') 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Al rebre la pilota nosaltres, al rebre-la fem força cap endavant per tant, seria com així la força que fem cap endavant per no tirar cap enrere. [...]

3. Hi ha com el retro... [...] El fem nosaltres, tirem cap enrere.
4. La gravetat també actua sobre la pilota.
5. La força que propulsem nosaltres, també sobre la pilota.

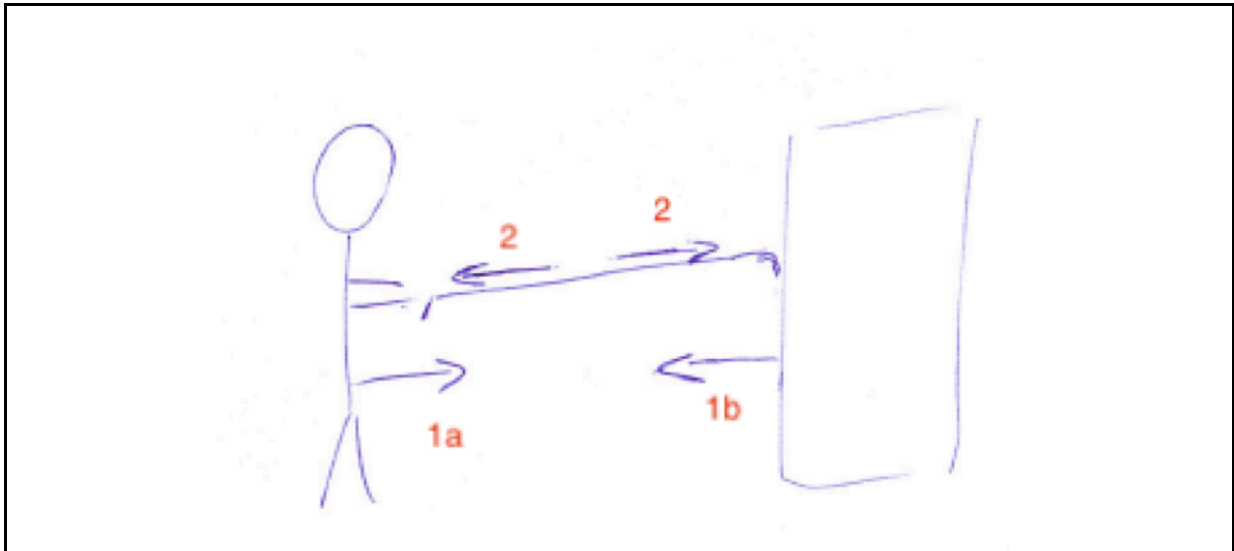
- Aquesta seria més petita, pot ser... [escurça la fletxa] perquè per rebre potser no fa...
2. Hi ha la gravetat
 3. També... podria ser bidireccional?
 4. La força que fem nosaltres per...
 5. N'hi hauria una de la pilota que sí, que... o sigui llavors seria així perquè també la rep la pilota la de contrarestar.



1. Tu a la vegada fas una força i a la vegada la reps, diríem perquè em... tu a la... la corda l'estires però ella també t'estira a tu per l'elasticitat.
2. Gravetat eeeeh...
3. Nosal... o sigui nosaltres també contra... I aquí hi ha una força per... o sigui, la força que havíem dit abans.
4. Podríem dir que hi ha com una força a terra, meva més petita o que... com que... com que toca el terra no sé si hi ha una força cap amunt, podria ser.
5. També una mica de força per compensar aquesta gravetat.

Taula 64. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 3.

ENTREVISTA 3	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. La meva 2. La del medi (fletxa a l'aire) que és més petita. 3. La de la pilota en contra meu. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La meva força. [...] Contra la pilota. 2. La força de la pilota.
Representació pautaada	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquesta. 2. La pilota en contra meu... ai he de tornar a començar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquesta és la que faig jo 2. I la que fa esto... 3. I la que fa la pilota.

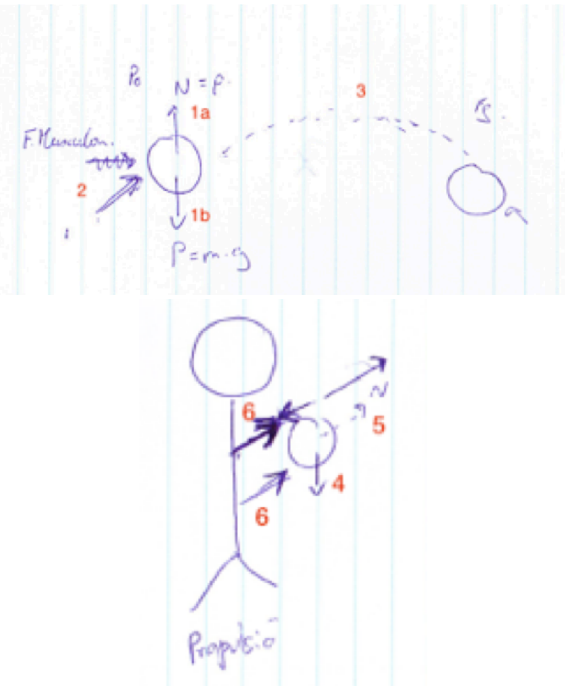
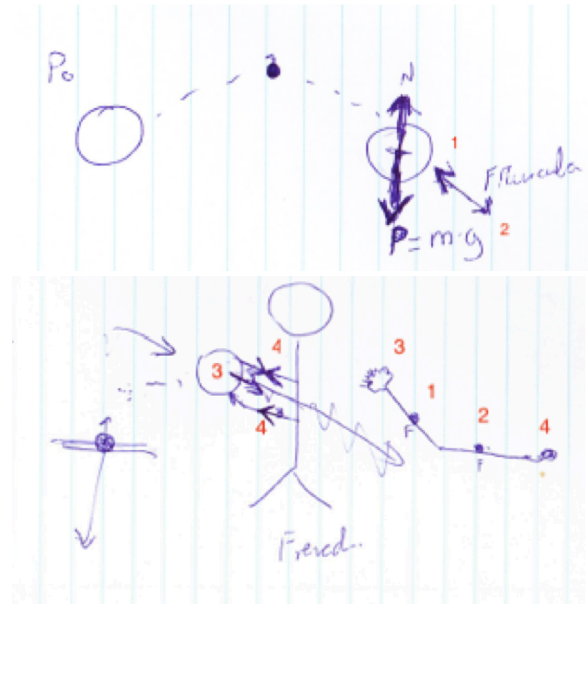


1a. La que li dono jo... o sigui la que rebo jo del moble de què l'aturo.

1b. I la que el moble m'està contrarestant que jo estiro.

2. Bueno, hi hauria totes dues... (redibuixa les 2 forces que ha anomenat a sobre la corda).

Taula 65. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 4.

ENTREVISTA 4	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
	
<p>1a. La força pes</p> <p>1b. La força normal que és igual a la força pes.</p> <p>2. La força muscular, és la força que exerceixen els meus músculs del braç a l'hora de llançar-la per poder superar-ho tot.</p> <p>3. Això és la trajectòria que fa la pilota i aquí [senyala l'altra pilota] el moment on para.</p> <p>4. La pilota m'exerceix aquesta força.</p> <p>6. I per poder-li donar velocitat els meus braços fan una força en aquest costat d'aquí ...</p> <p>5. ... empenyent la pilota.</p>	<p>1. Els músculs en aquest cas, farien una força... però... o sigui en aquest cas la força seria l'exerciries del principi al final. En aquest cas la força seria contrària, seria com de frenada, no?</p> <p>2. La pilota arriba i aquesta fletxa indica que xoca i la frena. No sabria com representar-ho, potser així, però la força tampoc es fa cap allà...</p> <p>3. La pilota fa aquesta força i ...</p> <p>4. ... els braços fan una força contrària.</p>

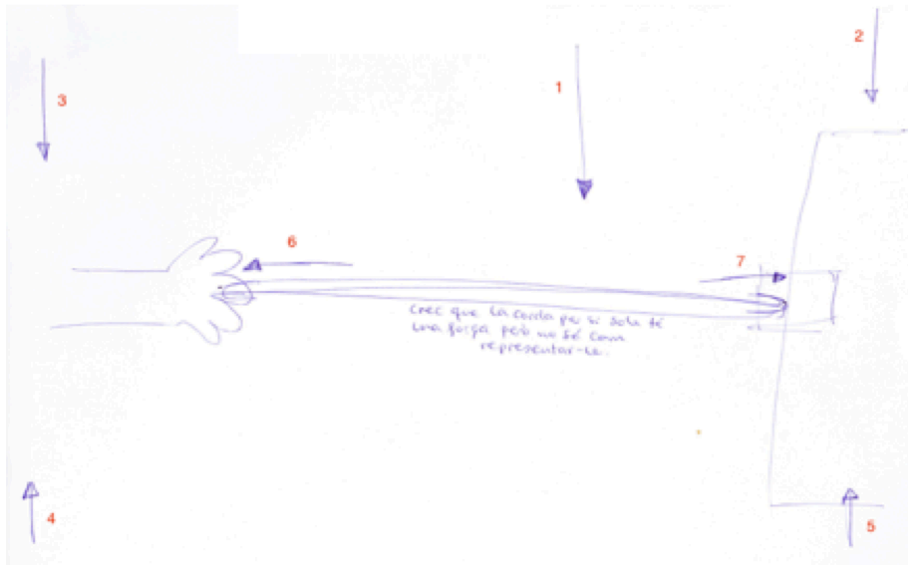
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2
<p>No modifica la representació, la deixa igual.</p>	<p>Deixa la situació igual i hi afegeix la representació detallada del braç de la persona.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pues posaria un punt de força aquí [dibuixa un punt a l'avantbraç]. 2. Un punt de força aquí [dibuixa un punt als bíceps]. 3. I diferents punts de força als dits de les mans. 4. I llavors potser una mica també el pectoral de dalt.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquí jo agafo la corda i faig una força, els meus músculs fan una força cap allà. 2. El ganxo fa una força cap aquí. Aquesta seria la força de... de... de... com es diu això, de compressió diguem-ne de la corda, que sempre tendeix a tornar a la posició inicial. 3. La corda fa una força cap aquí. 4. La cadira l'ha de fer cap allà. 	

Taula 66. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 5.

ENTREVISTA 5	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquesta sobre mi. La gravitatòria, suposo. 2. Aquesta és la que he fet jo per empenyer. 3. No només ets tu, que frenes la pilota. No sé què és, però... alguna cosa, fa també que freni, no? [...] Suposo que hi ha alguna amb fregament o alguna cosa que ... No sé com posar-t'ho però sé que hi ha alguna força. 4. Hi ha aquesta també, que és la mateixa que la meva. Gravitatòria. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suposo que aquesta és la mateixa... la gravitatòria. 2. La pilota fa una força cap allà. [...] No sé si és per desplaçament, per ... no ho sé. És la força que m'has fet tu al llançar-la, no? 3. I jo faig no sé com es diu, però posaré com un tope.
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2

1. Jo suposo que aquesta... serà molt llarga.
2. Perquè d'aquí... a aquí ja veig que hi ha molta força.
3. Com que no sé què és perquè no ho veig... quina força està exercint aquí. Llavors, no sé si fer la fletxa molt llarga... o fer-la molt curta... no ho sé.
4. Vale, llavors... faig així. Doncs... ostres... no sé, si és la mateixa, si és més o si és menys... Bueno, suposo que és la mateixa.

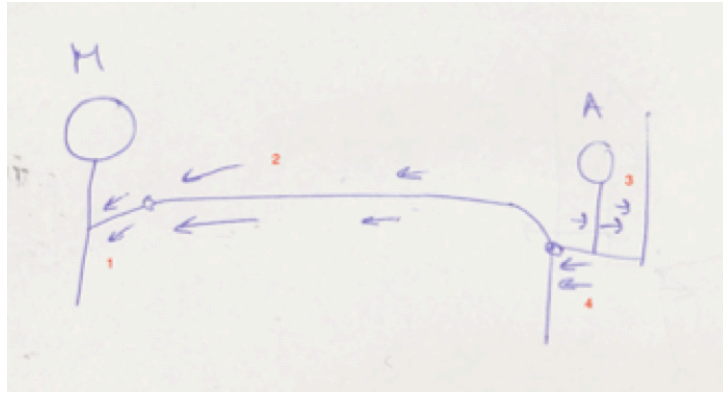
1. no l'explica.
2. Jo crec que exerceixo... no ho sé, més força que la pilota a mi.
3. no l'explica.
4. no l'explica.



1. Llavors hi ha una cap aquí. La de la terra.. que sup... que no sé si aquesta, en aquest cas influeix.
2. Potser en el moble...
3. ... i en mi també.
4. En mi aquesta també. Que suposo que serà més o menys... Bueno igual.
5. Aquí també el mateix segurament de la mateixa llargada.
6. Llavors aniria en direcció a la corda... No ho sé. No ho sé. Jo és que la dibuixaria així.
7. Si. Al moble doncs també. Està fent força estirant cap allà.

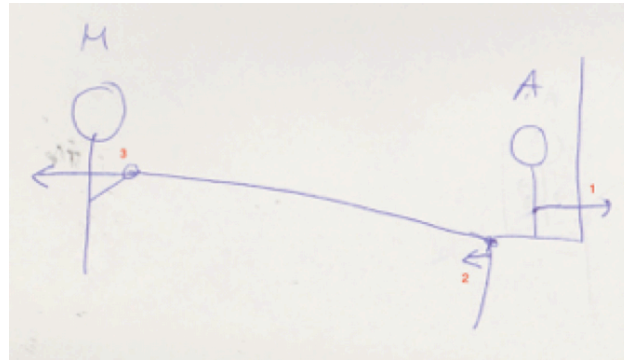
Taula 67. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 6.

ENTREVISTA 6	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<p>1. He posat més fletxes perquè com que la tiro jo, pues necessito força. [...] I tiro amb força per impulsar la pilota perquè lluiti contra la gravetat, que no baixi cap a baix, sinó que tingui suficient força per arribar a tu.</p> <p>2. I tu, la força va cap a aquí perquè tu l'agafes i tornes a pujar.</p> <p>3. Ha d'haver-hi algo que impulsa cap a baix la pilota. O sigui, ha de baixar...</p>	<p>1. La primera força és la teva, que impulsa la pilota perquè voli. I la força va cap allà juntament amb la velocitat.</p> <p>2. Aquesta força quan m'arriba a mi fa que els braços se'm tirin enrere perquè jo pugui fer un pes segons la força.</p> <p>3. Ha d'haver-hi algo que impulsa cap a baix la pilota. O sigui, ha de baixar...</p>
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2
<p>1. Jo he posat que la fletxa comença entre el braç i el principi de la pilota. Perquè és on comença la força. I l'he fet més llarga perquè crec que necessites més força aquí per llançar-la que per subjectar-la.</p> <p>2. No sé com dibuixar-ho però aquí hi ha d'haver-hi una força també perquè la pilota circula.</p> <p>3. Ara m'he donat compte... que en el moment de rebre, aquí només he dibuixat la fletxa dins la pilota però també ha d'incloure els braços perquè són qui fa la força.</p>	<p>1. Aquí he posat lo mateix que allà, que la força està entre la pilota i els braços perquè és qui fa la fora i és més llarga.</p> <p>2. I aquesta... igual que allà... que no sé com dibuixar-ho.</p> <p>3. Primer la que arriba per tocar els braços i en el moment...</p> <p>4. O sigui, el moment de rebre el cop i d'agafar el cop. Però no sé com dibuixar-ho...</p>



1. Jo quan estiro, amb el meu braç faig força cap enrere.
2. I la corda s'estira, per tant tira cap aquí.
3. Tu estàs assentada aquí, i estaves fent força cap allà.
4. He posat que la cadira si que fa una força cap aquí perquè jo l'estic provocant.

Quan ha fet el dibuix se n'adona que no ha aplicat el significat que es demanava a les fletxes i l'ha tornat a repetir.

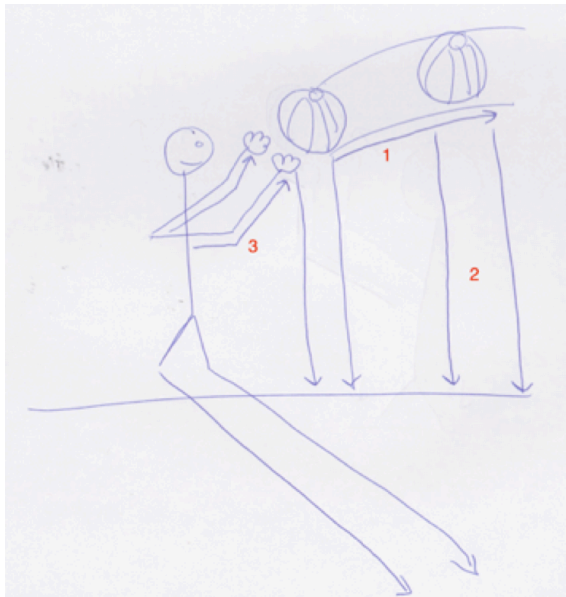
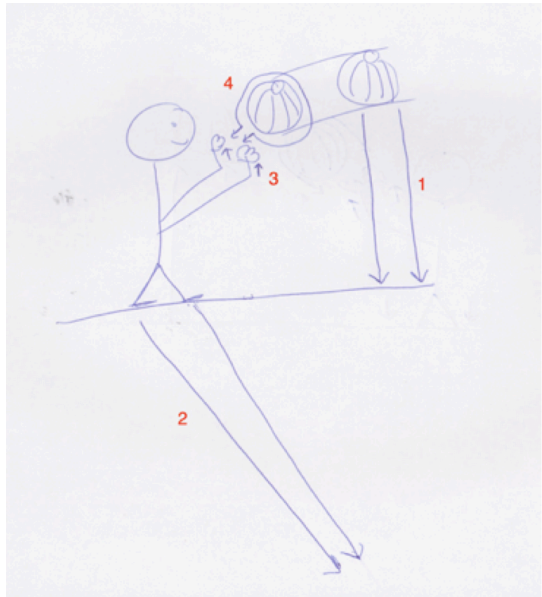
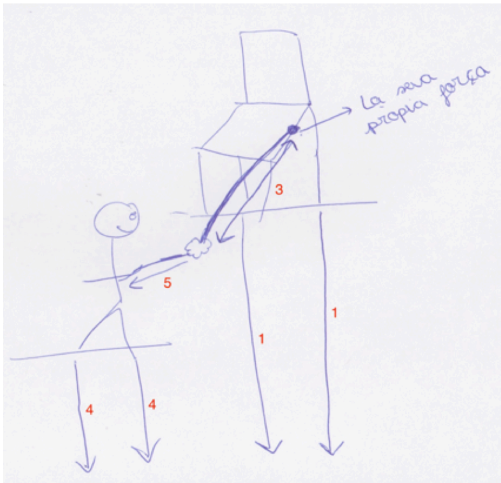


1. Jo he posat que surt des de tu, perquè estàs fent força cap enrere.
2. D'aquí surt de la corda perquè fa força cap aquí, per tant provoca que es mogui la cadira.
3. Que des del braç meu es mou. I l'he posat més llarga perquè crec que faig més força jo que aquesta [senyala la fletxa de la cadira]. I tu també fas força cap allà.

Taula 68. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 7.

ENTREVISTA 7	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquí hi ha una força pels meus braços, ... 2. ... aquí n'hi ha una altra ... 3. ... i del canell a la mà n'hi ha una altra. 4. Jo crec que la pilota en sí té una força. Que això no sé com dibuixar-t'ho... té una força des de baix pel fet de ser gravitatòria. 5. En el procés de llançar la pilota hi ha una altra força i potser segueix sent la gravitatòria, la que té ella pròpia. 6. Jo mateixa també tinc una força cap avall. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tinc la meva força que m'aguanta. 2. La pilota té una força que ve cap a mi. 3. Jo crec que només tinc força aquí (referint-se als braços). 4. Aquí segueix havent-hi una força de... pujada. 5. I aquí també de pujada. O sigui, que l'aguanten. (referint-se a la pilota)

Representació pautada

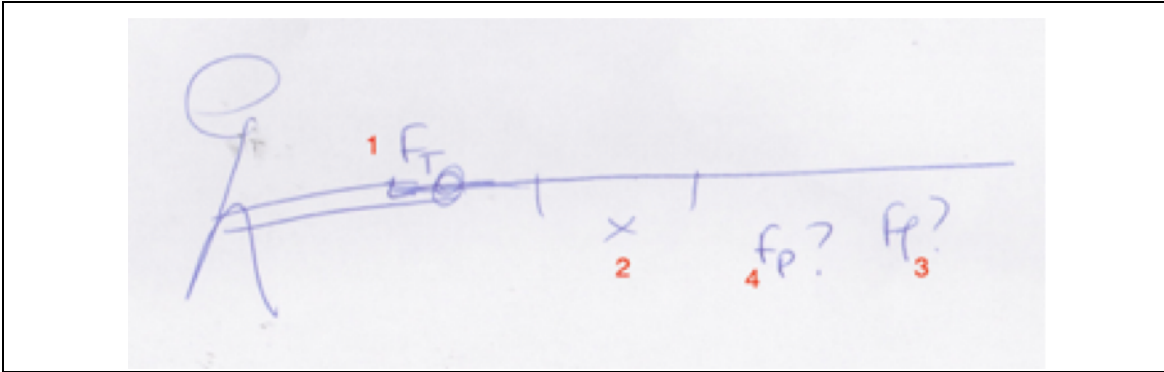
Situació 1	Situació 2
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquí hi ha una força [dibuixa una fletxa que segueix la trajectòria de la pilota]. 2. La de la pilota al terra, aquí també. 3. Per part meva, crec que tot això és una força en els braços. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aquí... Aquesta és que... jo crec que és el cen... o sigui, la faria superllarga perquè és al centre de la Terra. 2. Rebre, seria només aquí la força mmm... 3. Per part de la pilota... No sé com fer-ho però... Ella mateixa té aquesta força.
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La cadira té una força cap al terra. 2. El ganxo. Crec que no puc dibuixar-la amb fletxes perquè és la seva força. 3. Aquí, la corda, al moment de tensar-la crec que hi ha una força en doble direcció 4. La meua força cap al Terra. 5. La fletxa va en direcció contrària [dibuixa una fletxa paral·lela als braços que va de la corda cap al cos]. 	

Taula 69. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 8.

ENTREVISTA 8	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<p>1. He posat fletxes així, perquè la pilota ve fins a mi.</p> <p>2. He posat una fletxa cap allà perquè jo estic <i>emputxant</i> la pilota cap allà.</p> <p>‘Les F era per intentar veu... Bueno, per posar on hi ha una força.’</p> <p>3. Per exemple, al mig és que la pilota té.</p> <p>4. De les mans que tu fas força</p> <p>5. Que arriba la pilota amb una força.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aquí quan tornava ja portava una força de la persona o del que sigui, que l’hagi tirat cap a mi. • A l’agafar-la jo també aplico alguna força envers a la pilota, i ella sobre mi. Per tant, jo també tinc força. • Les F era per intentar veu... Bueno, per posar on hi ha una força.
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2
<p>1. Com que sóc jo qui aplico la força, crec que és més curta perquè hi ha ... no sé, crec que hi ha més força que no pas quan m’arriba la pilota, perquè es perd menys.</p>	<p>1. La de rebre la pilota l’he posat més lluny, pel que t’he dit, perquè crec que al llançar-la, va perdent poc a poc aquesta força i arriba amb menys força de la que ha sortit al principi.</p>
<p>1. Ho he dibuixat recte ja que això està en tensió, perquè jo li estic aplicant una força aquí.</p> <p>2. Aquí també està passant una força bastant gran per tal que això quedi recte.</p>	

Taula 70. Representacions gràfiques i forces identificades durant l'entrevista 9.

ENTREVISTA 9	
Representació lliure	
Situació 1	Situació 2
<p>1. Yo hago primero una fuerza... que es la que es transfereix a la pilota... que és un impuls. [...] Al principi no està la fricció és quan està en moviment.]</p>	<p>1. 'La pilota té una força de fricció,... 2. la força del pes i... 3. té una força que és d'ella.'</p>
Representació pautada	
Situació 1	Situació 2
<p>1. Aquí la força sí que seria més llarga perquè se li està aplicant des del primer moment i encara no s'ha aplicat la fricció. 2. I la del pes seria igual en les dues situacions perquè el pes no varia.</p>	<p>1. La força jo crec que és menor aquesta [la força cap a la persona]. 2. I aquesta és major [la força que va cap a l'altre sentit]. 3. I la del pes seria igual en les dues situacions perquè el pes no varia.</p>



1. Aquí està... la força ... hi ha hagut una força aquí de tensió.
2. I una... Bueno una deformació de la corda, que serà x suposo.
3. Hi ha d'haver també... no sé si hi ha força de fricció o no. Això tinc dubtes. No sé ben bé.
4. La del pes no sé si actua.

7.2.2. Resultats per a l'objectiu 1

Objectiu 1. Anàlisi de l'impacte de l'ús de la representació gràfica en la manera com l'alumnat expressa verbalment quines forces actuen en cada situació plantejada.

En el gràfic tenim les seqüències de l'entrevista situades a l'eix horitzontal i en l'eix vertical el nombre de frases que ha pronunciat l'alumne/a en cada una d'elles.

Els punts de color (blau, taronja i gris) situats en cada una de les seqüències són el nombre de frases que ha dit l'alumne/a de cada categoria. Per exemple, en l'Entrevista 2, a la seqüència 1, l'alumne/a ha fet un total de 4 frases, 3 d'elles explicant les forces que actuaven en la situació i 1 definint-les de manera molt concreta. No n'ha fet cap expressant dubte sobre la situació. En les següents figures (Figures 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34) podem veure com s'han anat desenvolupant les diferents entrevistes.

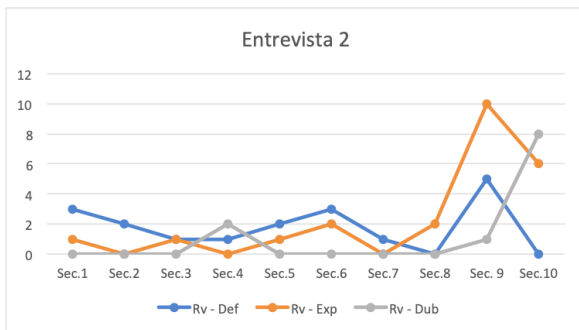


Figura 27. Desenvolupament de l'entrevista 2.

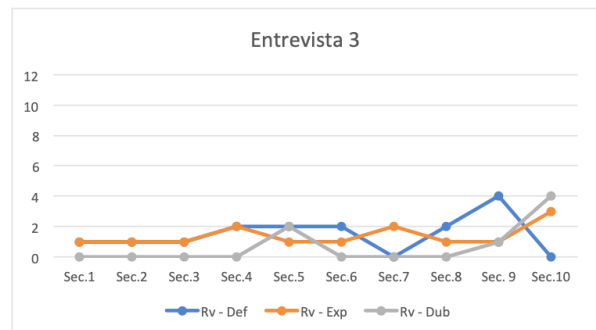


Figura 28. Desenvolupament de l'entrevista 3.

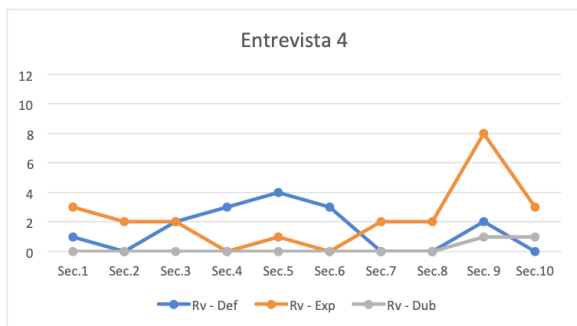


Figura 29. Desenvolupament de l'entrevista 4.

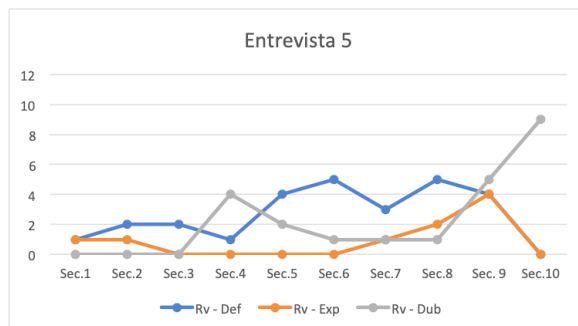


Figura 30. Desenvolupament de l'entrevista 5.

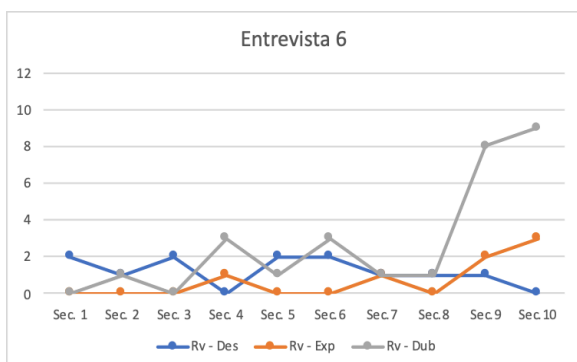


Figura 31. Desenvolupament de l'entrevista 6.

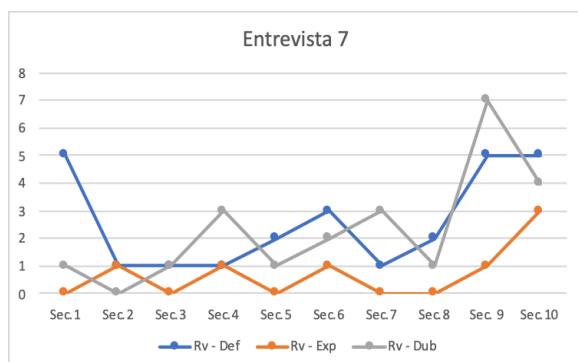


Figura 32. Desenvolupament de l'entrevista 7.

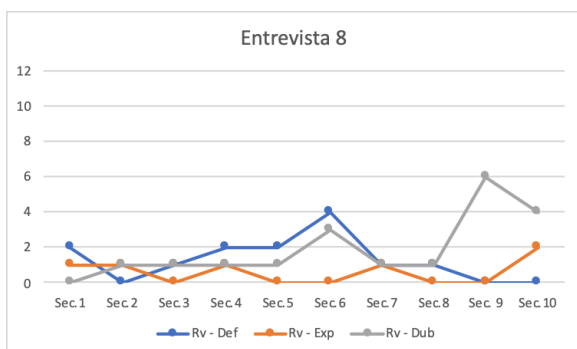


Figura 33. Desenvolupament de l'entrevista 8.

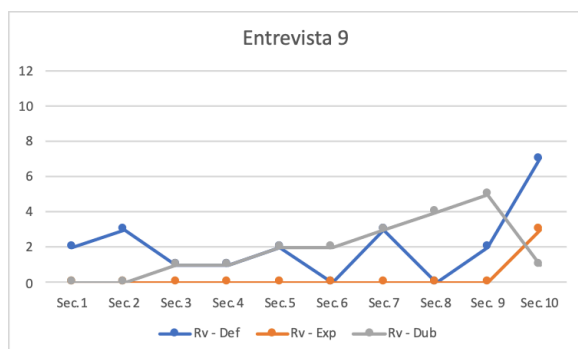


Figura 34. Desenvolupament de l'entrevista 9.

Observant les diferents distribucions de l'ús de l'expressió verbal que es troben a mesura que avancen les seqüències de l'entrevista veiem que:

- Cada alumne/a té un estil diferent explicant les situacions. N'hi ha que necessiten moltes frases i són molt més explicatius (Entrevistes 2 o 7) i n'hi ha que són molt més concisos (Entrevista 3).
- Un patró que es dona en tots els casos és que quan introduïm la instrucció que facin les representacions gràfiques (primer lliures i després pautades), és que sembla que s'estiguin més estona parlant de la situació i pensant-hi. Podem veure com en les seqüències 9 i 10 de cada entrevista, hi ha moltes més frases i com, de manera general, augmenten les dubitatives i explicatives.

A banda d'aquests aspectes més globals, el que s'ha registrat mentre es feien les diferents entrevistes és que quan l'alumnat utilitza representacions gràfiques de manera lliure explica amb detall com és el seu model mental de força i què creu que està passant en la situació. També sembla que desenvolupa millor el seu pensament crític en l'anàlisi la situació, arribant a posar en dubte les seves pròpies idees.

7.2.3. Resultats per a l'objectiu 2

Objectiu 2. Descripció les característiques que tenen les representacions lliures fetes per l'alumnat durant l'entrevista.

Quan fem l'anàlisi de les diferents representacions a partir de les categories que hem definit (Taula 71) el que primer destaca és que tot l'alumnat representa les forces amb fletxes, encara que no se li demani. A part d'això, no trobem cap més punt en comú.

Les representacions gràfiques lliures de l'alumnat entrevistat són molt diferents entre elles i respecte al diagrama de cos lliure, també podem veure que tot i que hem definit algunes categories per aquells ítems que compartien moltes de les representacions, ens hem trobat que un mateix alumne pot variar el seu estil de representació en funció de la situació que es trobi, o pot utilitzar diferents estils en una mateixa situació.

Taula 71. Anàlisi de les característiques de les representacions gràfiques lliures fetes durant les entrevistes.

CATEGORIA		ALUMNAT
Situació general	Imatge / fotograma	A3 /A5/A9
	Procés / vídeo	A2/A4/A6/A7/A8
Representació de forces	A l'aire	A2/A3/A4/A5
	La punta de la fletxa toca un cos	A4
	L'origen de la fletxa toca un cos	A4/A9
	La fletxa uneix dos cossos	
Acotacions	Etiqueta	A2/A4/A5
	Acció	A2/A5

En cada entrevista s'ha demanat quin significat es dona a cadascun dels elements de la fletxa per a poder completar la descripció de la representació lliure. Aquests significats, si s'han aclarit durant l'entrevista, es mostren a la Taula 72.

Taula 72. Expressions utilitzades per l'alumnat per a explicar el significat dels diferents elements de la fletxa.

	Direcció/sentit	Punt d'origen	Llargada
A2	'La direcció i contra qui s'exerceix.'	--	--
A3	'Cap a on actuen les forces. Bueno, a nivell molt esquemàtic... o sigui, ho he fet molt recte, però bueno, cap a on actuaran les forces.'	'No'	'Aquí primer m'he oblidat [senyala una de les fletxes dibuixades] i després aquí sí, o sigui la quantitat de força que jo li he de donar.' 'Aquí ho he intentat fer més gruixut perquè m'he oblidat!'
A4	'Cap allà on actua la força.'	'En aquest cas no però la força començaria just al mig.'	--
A5	'Cap a on va la força.'	'No'	'Ara mateix no... en aquest dibuix les he fet...'
A6	'[La fletxa] Significa que aquí es produeix una força però que a més a més la força, va en aquest sentit o la direcció, sí també.'	'És el primer moment on es comença la força.'	'La distància que recorre la pilota' [en el cas de la fletxa que s'aproxima més a la trajectòria].' 'No en aquest, no significa res la llargada.'[en el cas de les fletxes curtes].
A7	'Ho dibuixo amb fletxes perquè és la ... com va la força. La direcció que va la força, per mi.'	'No [representa res], potser en aquesta si perquè és a partir del colze que fa la força. Però a les altres... potser no.'	'No'
A8	'Significa que la pilota ve des d'aquí i arriba a les meves mans. i aquí, l'he posat aquí en petit al revés, perquè surt de la meva mà i va cap al lloc on hagi llançat la pilota.'	'Aquesta està al costat de la mà... però aquesta no... M'ha sortit així.'	'L'he fet així... però ... no sé.' 'L'he posat més gran perquè és més lluny.'
A9	'cap a on està dirigida aquella força.'	'Que està... al... al centre de la gravetat, a lo millor per dir-ho així.'	No té significat.

A partir d'aquestes evidències, podem dir que els elements que tenen en comú les diferents representacions gràfiques lliure són:

- Les fletxes que dibuixa la gran majoria de l'alumnat estan situades a l'aire, prop dels cossos però sense arribar-los a tocar.
- En moltes ocasions es necessita d'algun tipus d'escrit per acompanyar la representació gràfica. Alguns són simplement paraules que escriuen per anomenar algunes de les forces que dibuixen ('gravitatòria', per exemple). D'altres són petites frases que especifiquen l'acció que fa aquella força.
- Bona part de l'alumnat entrevistat necessita representar diferents moments del procés de la situació plantejada per poder-la explicar i analitzar-ne les forces.

7.2.4. Resultats per a l'objectiu 3

Objectiu 3. Detecció de les principals dificultats que té l'alumnat a l'hora de representar forces utilitzant els significats que es donen en la representació del diagrama de cos lliure a la fletxa.

Quan es demana a l'alumnat que repeteixi les representacions de les situacions aplicant els significats que el diagrama de cos lliure dona a la fletxa, cap d'ells és ho acaba de fer correctament. A banda de les representacions, l'alumnat explicita en algunes ocasions que està tenint dificultats per poder aplicar la representació de les forces seguint el codi que se li ha donat. Manifesten que aquest tipus de significat per a la representació no és intuïtiu.

Entrevista 2

A2: Sí, vale llavor... eeh... aviam? Clar, és que llavor... perquè tu ho penses d'una manera, que [amb les mans fa un gir, com indicant 'invers'] com que com l'instint natural és posar el lloc on reps la força... i llavors és com pensar com ho faries i després fer...

[...]

A2: Ho penso... si ho penso ho faig contràriament.

Entrevista 5

E: Val, doncs el punt d'origen, on comença la fletxa, es situarà en el cos on s'aplica la força. Val?

A5: Interessant...

E: Interessant dius. El cos que està rebent aquesta força, serà el cos on situaràs aquesta fletxa.

A5: Però... l'inici?

E: L'inici.

A5: Ostres!

E: És poc intuïtiu?

A5: Si

[...]

A5: T'ho torno a dibuixar a veure què surt.

E: A veure, què passa. No et sembla molt intuïtiu, no?

A5: No, no... no ho sé, o sigui... no sé... ho veig com... no sé és estrany.

Tenen dificultats per a dibuixar la força a partir de les instruccions donades. Molts mostren aquesta dificultat quan fan la representació, però el cas més extrem és A3. Ha de repetir els dibuixos de les S1 i S2 perquè quan els fa per primera vegada per aplicar el codi del cos lliure, els repeteix exactament igual que quan ha

fet la representació de cos lliure. Una vegada repeteix el dibuix, continua explicitant problemes per fer-ho de manera correcta.

Entrevista 3

A3: Ail, he de tornar a començar. No perquè clar, si jo aquí dibuixo la... si la força aquí la fa la pilota contra mi, es començava des de la pilota, la fletxa? O...

E: No, però el punt d'origen era el cos... o sigui, el punt d'origen s'indica al cos on s'està aplicant la força.

A3: Si clar... si, jo aquí li estic aplicant la força a la pilota, o sigui, començo en mi i acabo a la pilota.

Expressen la dificultat per a poder representar la força amb una única fletxa que tingui el punt d'origen en el cos on s'està aplicant la força.

Entrevista 6

A6: I després, és que aquí no sé com dibuixar-ho però aquí ha d'haver-hi una força també perquè la pilota circula.

[...]

A6: És que hi ha d'haver més fletxes, però clar... si vols que t'ho posi només des del punt on surt...

Entrevista 7

[Quan està dibuixant la força de la terra cap a la cadira].

A7: Aquesta mateixa, mmmmm té una força, però no sé com dibuixar-la.

E: Aquesta mateixa vols dir la corda?

A7: El punt [indica el punt on s'uneixen la cadira i la corda] o sigui...

E: Ah vale, el ganxo.

A7: El ganxo, si. Té una força però no... crec que no puc dibuixar-la amb fletxes perquè és la seva força.

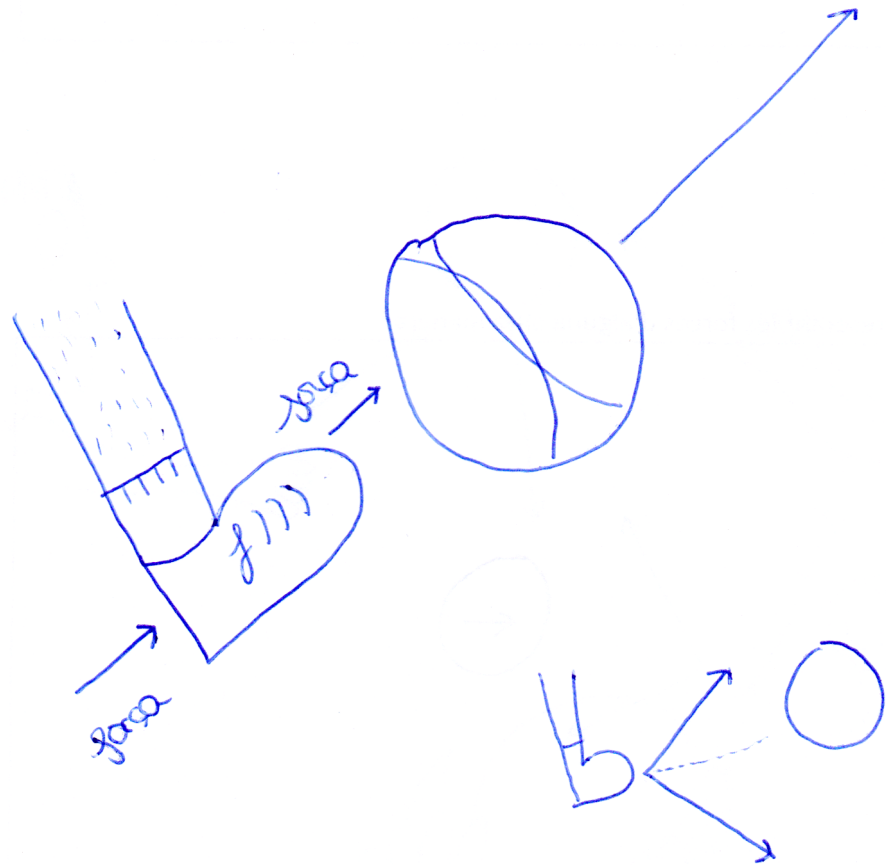
A banda de les dificultats explícites que mostren, analitzem de nou com són les representacions gràfiques que realitzen a partir de les categories marcades (Taula 73).

Taula 73. Anàlisi de les característiques de les representacions gràfiques pautades fetes durant les entrevistes.

CATEGORIA		ALUMNAT
Situació general	Imatge / fotograma	A2/A3/A4/A5/A9
	Procés / vídeo	A6/A7/A8
Representació de forces	A l'aire	A2/A3(S3)/A4/A5 (S3)/A7
	La punta de la fletxa toca un cos	A3 (intents 1 i 2)/A4/A5
	L'origen de la fletxa toca un cos	A3 (intent 2)/A4 (part memorística)/A6/A7/A9
	La fletxa uneix dos cossos	A5/A8
Acotacions	Etiqueta	--
	Acció	A2/A5/A7(S3)

Si hi hagués hagut una bona comprensió del codi de la representació donat, totes les representacions haurien de descriure's com la representació d'una situació concreta, en la que l'origen de la fletxa és qui toca als cossos i en la que no s'usen acotacions escrites. Com veiem, això no és així i encara hi ha molta dispersió de significats assignats a les fletxes.

Discussió de resultats



8

Discussió de resultats

En el capítol 8 es presenta una síntesi i la discussió dels resultats obtinguts per als diferents instruments de mesura utilitzats: entrevistes i qüestionaris. En una primera secció (Secció 8.1.) conclourem quina informació hem obtingut sobre el paper de les representacions gràfiques en l'aprenentatge de les forces per part de l'alumnat de DMEI. A continuació, (Secció 8.2.) es compararan els resultats obtinguts pels qüestionaris dels dos cursos per a poder tenir evidències per a valorar la intervenció feta a l'aula i la millora en l'aprenentatge de forces que ha pogut promoure.

8.1. Síntesi i discussió dels resultats dels qüestionaris

8.1.1. Síntesi dels resultats dels qüestionaris

La síntesi dels resultats obtinguts pels qüestionaris s'organitza a partir d'anar donant resposta a les següents preguntes:

- Quins coneixements sobre la força té l'alumnat abans de cursar l'assignatura de DMEI?
- Quins coneixements sobre la força té l'alumnat quan ha acabat l'assignatura de DMEI?
- Com ha estat l'evolució del model de força promoguda per l'assignatura?

Quins coneixements sobre la força té l'alumnat abans de cursar l'assignatura de DMEI durant el curs 2016/17? I durant el curs 2017/18?

- Les forces han estat identificades en funció de la situació que es planteja en cada pregunta. En general no es té present que dos cossos s'apliquin forces mútuament.
 - Les situacions en què la persona llança o rep la pilota, promouen una visió evident que la persona està fent alguna força però no ho fan així per la pilota. En el cas de la pilota es reconeix que està fent alguna força però, en la majoria dels casos no s'expressa que sigui

una força cap a la persona.

- En la situació en què una persona seu a la cadira, sí que es veu en la majoria dels casos que els dos objectes estan fent una força. Tot i això, no es visualitza que aquesta força se l'apliquin mútuament.
- Tothom representa gràficament les situacions però en quasi cap cas es veu una representació similar a les que es treballen a les aules de ciències. Tot i això, les forces s'indiquen amb fletxes en la majoria dels casos.
- La gran majoria de les respostes, tot i ser científicament incorrectes, són coherents en totes les seves parts. En el curs 2016/17 les respostes coherents han estat entre el 74,5% i el 86,3% en funció de la situació plantejada. I en el 2017/18, entre el 68,6% i el 79,7%.
- El model de força expressat per l'alumnat, no només depèn de la situació, sinó que també del cos que està implicat en la situació. En la següent taula (Taula 74) es mostren els models expressats de manera majoritària per a cada situació i cos que hi intervé perquè ens sembla destacable la similitud de respostes obtinguda en els dos cursos.

Taula 74. Model més utilitzat per a explicar les forces que actuen en diferents situacions fetes per a diferents cossos.

Situació / Cos	Mostra curs 2016/17	Mostra curs 2017/18
S1 / persona	Acció (51%)	Acció (54,2%)
S1 / pilota	Propietat-objecte (33,3%)	Propietat-objecte (30,5%)
S2 / persona	Acció (45,1%)	Acció (57,6%)
S2 / pilota	Propietat-objecte (47,1%)	Propietat-objecte (42,4%)
S3 / persona	Propietat-objecte (23,5%)	Propietat-objecte (15,3%)
	Desig-voluntat (23,5%)	Desig-voluntat (21,2%)
	Acció (23,5%)	Acció (28,0%)
S3 / cadira	Desig-voluntat (43,1%)	Desig-voluntat (36,4%)

Quins coneixements sobre la força té l'alumnat quan ha acabat l'assignatura de DMEI en el curs 2016/17?

- L'alumnat que ja identifica que la persona i l'objecte es fan força mútuament ha passat de ser el 15% a arribar quasi a la meitat de la mostra en el cas de les situacions on hi intervé la persona i la pilota; i d'una tercera part en el cas de la cadira i la persona.
- La representació gràfica és l'aspecte que menys ha millorat de tots, tot i que el nombre d'alumnes que representen de manera científicament correcta les situacions augmenta, no supera en cap de les situacions el 40 % de l'alumnat.
- La coherència en les respostes, que era un dels valors més alts en l'anàlisi dels qüestionaris PRE, ha baixat en les respostes dels qüestionaris POST.
- Pel que fa als models amb els que s'interpreta la situació hi ha hagut una evolució respecte als

qüestionaris PRE. Tot i que hi ha hagut una tendència a analitzar les diferents situacions utilitzant cada vegada més el model d'interacció, aquest model encara no s'utilitza en tots els casos per a fer-ho.

Com ha estat l'evolució del model de força promoguda per l'assignatura en el curs 2016/17?

Les següents figures (Figures 35, 36, 37, 38, 39, 40) ens ajuden a veure com ha estat l'evolució dels models segons cada situació i cos implicat. Podem veure-hi les freqüències absolutes dels models usats per a cada persona per expressar les forces de les situacions plantejades.

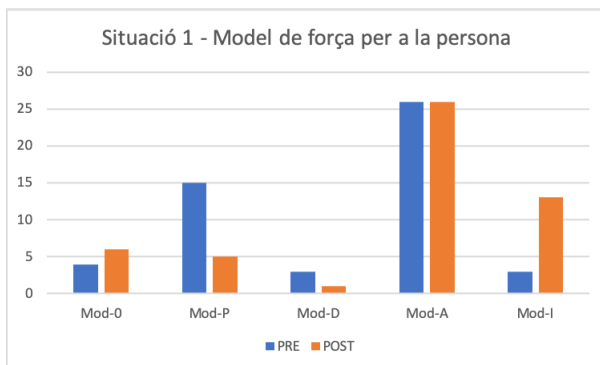


Figura 35. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 1 pel curs 2016/17.

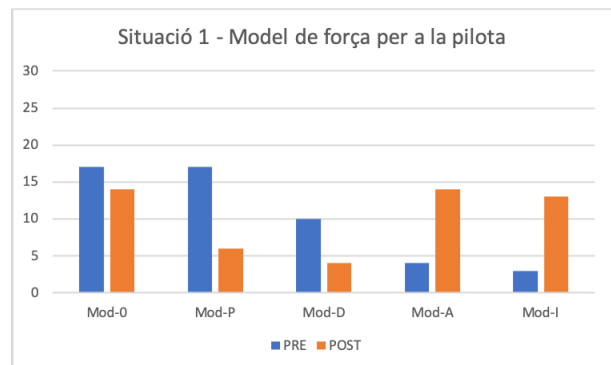


Figura 36. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 1 pel curs 2016/17.

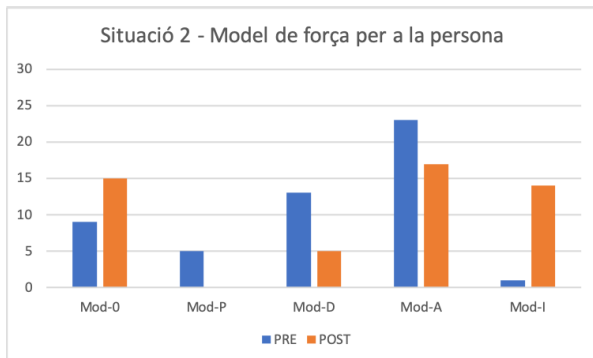


Figura 37. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 2 pel curs 2016/17.

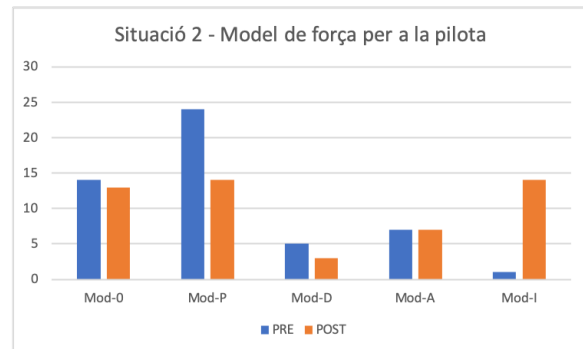


Figura 38. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 2 pel curs 2016/17.

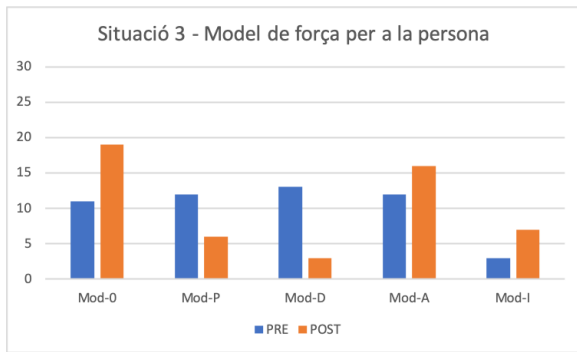


Figura 39. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 3 pel curs 2016/17.

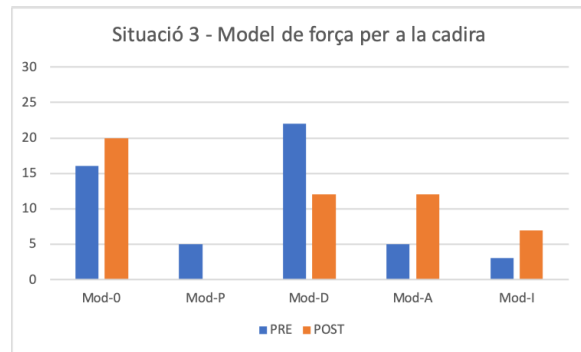


Figura 40. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la cadira en la situació 3 pel curs 2016/17.

Tot i que es veu que hi ha una evolució i la tendència és que s'utilitzi més el model d'interacció, l'evolució podria ser molt més important i homogènia. Es pot veure com encara hi ha molts models reticents al canvi dependent del cos implicat i de la situació.

- El model d'acció es mostra molt resistent al canvi en el cas de la interpretació de les forces que fa una persona.
- En el cas dels objectes no hi ha un model que sigui privilegiat de manera molt clara i depèn de la situació. Hi ha una certa evolució dels models que parlen de la força com un element pertanyent a l'objecte (propietat-objecte i desig-voluntat) cap a la interpretació a partir de models d'acció o interacció, però en algunes situacions aquests primers encara tenen un pes molt important.

Quins coneixements sobre la força té l'alumnat quan ha acabat l'assignatura de DMEI en el curs 2017/18?

- L'alumnat que ja identifica que la persona i la pilota es fan força mútuament ha passat a ser majoritari, anant d'entre el 55% i el 90% en funció de la situació.
- Tothom representa gràficament les situacions però encara costa molt utilitzant correctament la representació gràfica que es treballa a l'aula. En funció de la situació ho ha fet de manera correcta entre un 20% i un 33% de l'alumnat.
- La coherència de les respostes ha baixat respecte als qüestionaris PRE. En aquest cas s'observa que hi ha una causa d'incoherència que es repeteix en moltes de les respostes. Es representen les forces de manera que apareixen les que es fan els dos objectes mútuament dibuixades en un mateix cos. La incoherència ja no ve donada per la diferència entre el nombre de forces que s'anomenen i representen gràficament, sinó pel cos on se situen aquestes forces.
- Pel que fa als models amb els que s'interpreta la situació hi ha hagut una evolució respecte als qüestionaris PRE. Per a totes les situacions i cossos el model més usat ja és el d'interacció.

Com ha estat l'evolució del model de força promoguda per l'assignatura en el curs 2017/18?

Les figures següents (Figures 41, 42, 43, 44, 45, 46) ens ajuden a veure com ha estat l'evolució dels models segons cada situació i cos implicat. Podem veure-hi les freqüències absolutes dels models usats per a cada persona per expressar les forces de les situacions plantejades.

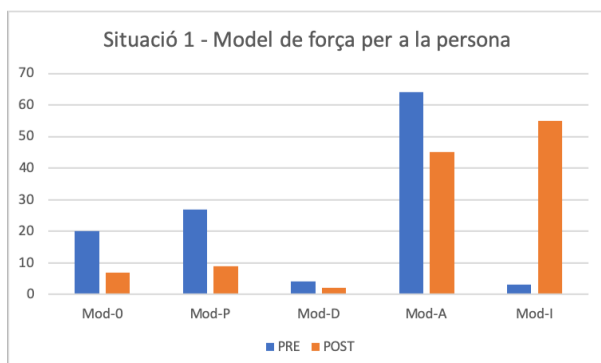


Figura 41. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 1 pel curs 2017/18.

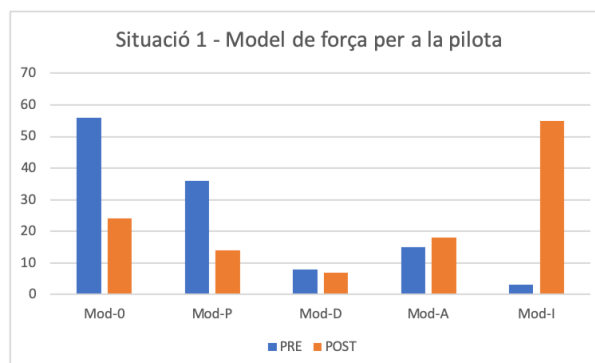


Figura 42. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 1 pel curs 2017/18.

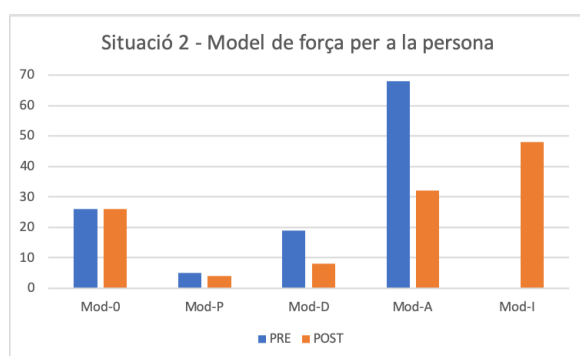


Figura 43. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 2 pel curs 2017/18.

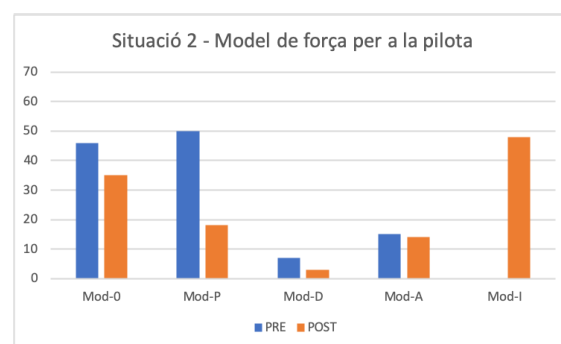


Figura 44. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la pilota en la situació 2 pel curs 2017/18.

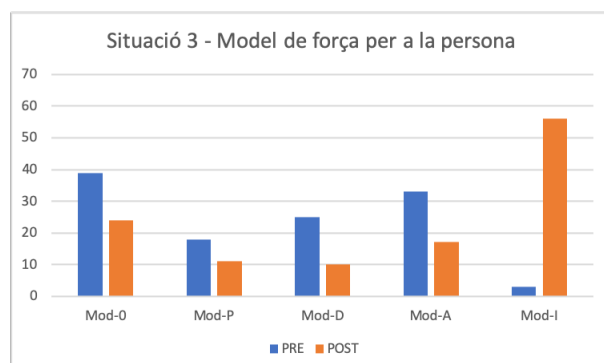


Figura 45. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la persona en la situació 3 pel curs 2017/18.

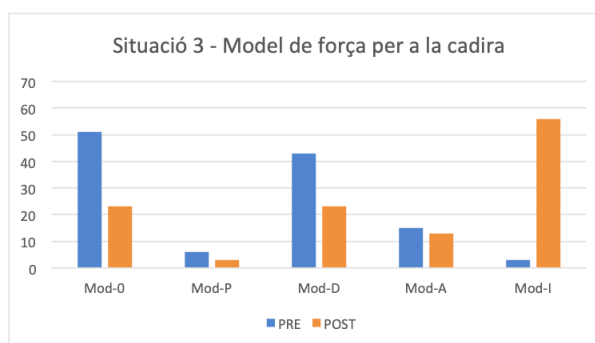


Figura 46. Comparativa PRE/POST dels models de força usats per a explicar les forces que fa la cadira en la situació 3 pel curs 2017/18.

Es pot veure com l'assignatura promou una evolució del model de força que, de manera general va apropant els models mentals inicials cap al model d'interacció. Tot i això, cal destacar que el model d'acció encara és molt resistent per a algunes situacions i que hi ha casos que la falta de model continua sent important.

8.1.2. Comparativa i discussió dels resultats dels dos grups

Hem observat que l'ús de representacions gràfiques lliures per part dels FM hem observat que té algunes conseqüències en l'anàlisi de les situacions i les forces que hi intervenen. Si l'alumne/a no té el model científic escolar assolit, el fet de representar la situació no l'apropa però sí que l'ajuda a revisar críticament la situació que es treballa i reflexionar-hi.

El punt en comú més destacat és que totes les representacions dels futurs/es mestres utilitzen la fletxa, tot i que amb significats molt diferents. L'únic significat que li dona de manera conscient és el de la seva direcció i sentit. No sempre s'atorga un sentit al punt d'origen de la fletxa ni a la seva llargada i, quan es fa, no tot l'alumnat li dona el mateix ni correspon amb el que s'ha treballat a les aules. Utilitzar la representació gràfica de manera lliure és evident que no apropa cap al model científic escolar de força, però sí que els ajuda a revisar críticament la situació que es treballa i reflexionar-hi. D'altra banda, plasmar la situació en un full en blanc obliga a situar les forces a l'espai i l'efecte que tenen.

Tot i que no ho hem buscat de manera explícita, hem observat com les situacions que es plantegen (tal i com hem fet també amb els qüestionaris) si que facilitarien més o menys la interpretació de la força a partir de models concrets.

- La situació de llançar la pilota o aturar-la a l'aire no és vista en la majoria de casos com la mateixa interacció. El fet que la persona en un cas tingui un rol actiu i en l'altra un rol passiu defineix totalment el model de força amb el que s'analitza de manera intuïtiva.
- La situació d'estirar la corda, en canvi, ha propiciat l'anàlisi que la persona fa una força a la corda elàstica i la corda li fa a la persona. Tota l'estona es parla de corda elàstica i de la persona com els dos cossos que actuen en la interacció. Tot i això, totes les persones entrevistades han mencionat o representat en les seves explicacions a l'armari que aguantava la corda elàstica. La corda passa a ser un objecte mediador entre els dos cossos més grans. El fet que s'estiri, sembla que evidencia que els dos cossos estan fent força sobre aquesta i ella és la transmissora entre els dos.

Quan introduïm els codis de representació que es treballen a l'aula per a la fletxa es veu com el significat més controvertit d'assumir és el del 'punt d'origen' d'aquesta. Cap de les persones entrevistades aplica correctament aquesta instrucció i n'hi ha que expliquen de manera explícita la dificultat que els suposa. Normalment aquestes dificultats es vinculen al significat social que es dona a la fletxa. Amb la punta se'ns indica on succeeix allò que estem assenyalant i en aquest cas és contrari. El cos on s'aplica la força s'indica amb el punt d'origen d'aquesta, no amb la punta. Efectivament, podem veure com quan es representa la situació de manera lliure molts dels alumnes indiquen el punt d'aplicació de les forces amb les puntes.

Els resultats dels qüestionaris PRE dels dos grups donen resultats molt similars. Tot i ser grups d'alumnat que cursen l'assignatura en cursos consecutius mostren el mateix coneixement pel que fa a les forces. Aquests coneixements queden sintetitzats per aquests punts:

- Tot l'alumnat ha estudiat forces i moviment durant l'etapa d'educació secundària amb més o menys profunditat (en funció de l'especialitat de batxillerat que hagin cursat), però tot i això podem considerar que el coneixement que tenen de les forces és l'equivalent al d'una persona que no hagués treballat aquest tema amb anterioritat. No identifiquen les dues forces d'una interacció en situacions molt simples i els models amb que expressen la situació són els propis de models mentals no científics. Les representacions gràfiques que fan de la situació també són les pròpies d'algú que no ha treballat les forces. En algun cas puntual hi ha elements que serien propis de la representació del diagrama de cos lliure, però són apresos de memòria i incoherents amb la resta de respostes.
- El model de força que expressen no és un únic, sinó que varia en funció de cada situació d'anàlisi.
 - En les situacions on la persona té algun paper actiu, el model més utilitzat per a interpretar les forces és el d'acció.
 - Per a la pilota, quan té un paper passiu (l'hem de llançar) el model més usat és el de propietat-objecte; en canvi quan té un paper passiu (l'hem d'aturar) el model més usat és el d'acció.
 - La situació d'equilibri de forces sense moviment, es mostra com la que condiciona menys l'anàlisi, almenys en el cas de la persona ja que trobem multiplicitat de models a l'hora d'interpretar-la. En canvi, si que sembla evident per a tothom que el model de voluntat-desig és el que millor descriu la força que fa la cadira.

Els resultats dels qüestionaris POST, en canvi, sí que mostren una diferència de resultats entre els dos grups en alguns dels elements que caracteritzen el grau d'aprenentatge de forces. La diferència més destacada es dona en l'evolució del model del força amb el que s'expliquen les situacions plantejades.

En les Figures 47 i 48, respectivament, es pot veure la comparativa de l'ús del model d'interacció en els qüestionaris PRE/POST dels cursos 2016/17 i 2017/18. El model d'interacció s'utilitza de manera més generalitzada en el segon grup passant de ser comptabilitzat en els qüestionaris POST d'entre un 14% a un 27% (en funció de la situació explicada) a ser-ho d'entre un 41% a un 47%.

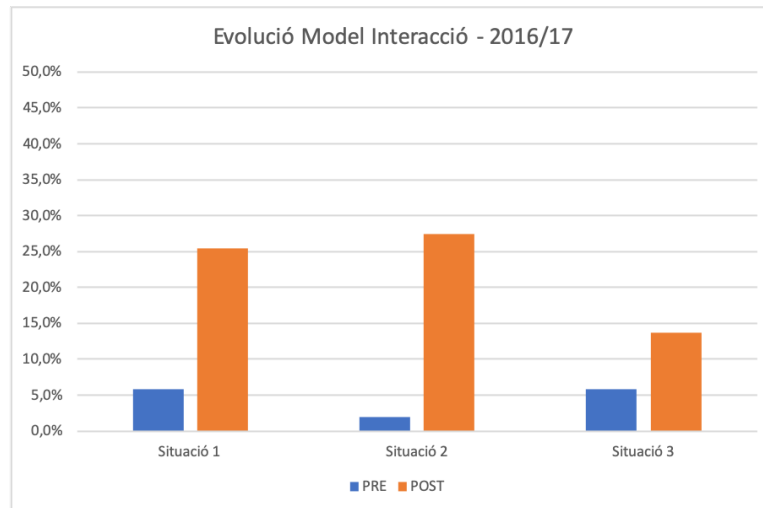


Figura 47. Ús del model d'interacció per a les tres situacions en els qüestionaris del curs 2016/17.

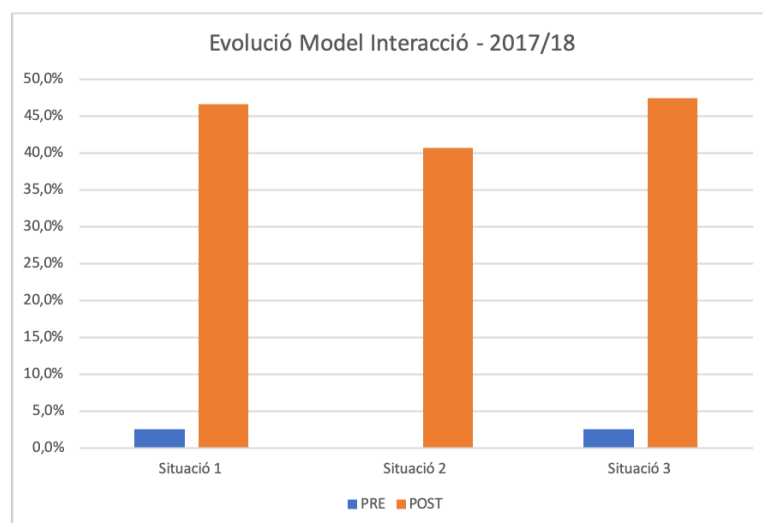


Figura 48. Ús del model d'interacció per a les tres situacions en els qüestionaris del curs 2017/18.

Aquesta tendència observada en els diagrames de barres es confirma amb els tests no paramètrics de Friedman per a comparar l'evolució de les mitjanes PRE/POST del model de força per a les diferents situacions i cossos implicats. Així com els resultats del primer grup mostraven una evolució molt significativa en funció de la situació (S1: $p = .007$, $p = .005$), significativa (S2: $p = .052$, $p = .046$) o poc significativa (S3: $p = .809$, $p = .237$), en el segon grup ens trobem en què l'evolució és clarament molt significativa sigui quina sigui la situació i cos del que es parla ($p = .001$ en tots els casos).

Si observem quins han estat els segons models més usats per a cada cas, veiem que han estat els que durant el curs anterior són més resistents al canvi. Per exemple, per a explicar les forces que fa la persona en les situacions de llançar i aturar la pilota el segon model més usat és el d'acció (S1: 38,1% i S2: 27,1%). L'altre tipus de respostes que ha estat molt usat en totes les situacions i cossos (veure Annex 8) és aquell que no permet identificar cap model. Per tant, es continua arrossegant una certa automatització en les respostes que fa que no permetin veure si l'alumne/a ha après realment el que s'ha treballat a classe.

El que no varia de manera molt significativa és el nivell d'aprofundiment amb què ha assolit el model d'interacció tot el grup d'alumnat que l'utilitza en les seves respostes. En els dos grups trobem que la pregunta sobre la força que s'exerceixen un camió i un cotxe quan xoquen encara no és resposta de manera correcta per a tothom, i que, tot i que hi ha respostes de tots els nivells del model d'interacció, la concentració més elevada continua estant als nivells més baixos de comprensió.

Altres elements que hem usat per a valorar l'aprenentatge de les forces, com la capacitat de representar de manera científicament correcta la situació o la coherència de les respostes mostren resultats similars en les respostes des dels dos cursos.

8.2. Síntesi i discussió dels resultats de les entrevistes

8.2.1. Síntesi dels resultats de les entrevistes

La síntesi dels resultats es presenta responent a les preguntes plantejades, i a les que havia de respondre l'entrevista com a instrument de recollida de dades.

En què modifica la manera de parlar i pensar en una situació física determinada de l'alumne, el fet que se li demani que faci servir una representació gràfica?

Cada persona entrevistada té un estil diferent explicant les situacions i això no varia quan s'introdueixen les representacions gràfiques. Es constata que en tots els casos s'observa un augment del temps dedicat a l'anàlisi de la situació quan es treballa amb la representació gràfica lliure de la situació. Cal indicar que això passa perquè es fa la representació gràfica i a més, la realització d'aquesta va acompanyada d'una demanda de l'explicació del que s'està fent. És en aquest comentari de la situació i la comparació entre representacions fetes per les diferents situacions on sorgeixen la majoria de casos de reflexió o replantejament de les forces que hi intervenen.

És a partir d'aquest moment on augmenten les frases que inclouen reflexions o dubtes sobre la situació expressada.

Quins elements comparteixen les representacions gràfiques lliures que fa l'alumnat de les forces que actuen en les diferents situacions plantejades?

Els punts en comú que comparteixen totes les representacions gràfiques lliures fetes durant les entrevistes són:

- Sempre es dibuixen fletxes, però totes tenen significats diferents i cap d'elles té completament el significat que atorga el discurs científic al vector.
- En repetides ocasions es dibuixen aquestes fletxes a l'aire sense situar-les en cap punt concret de l'espai. La força de gravetat acostuma a ser una de les forces que es representen d'aquesta manera.

- El significat de la fletxa no sembla compartit, de la mateixa manera que tampoc és compartit el nombre de forces identificat.

D'altra banda, hi ha aspectes que s'han repetit només en alguns casos. Tot i que no es dona en totes les entrevistes, sí apareix suficients vegades com per a mencionar-ho:

- Es relaciona la representació gràfica que es fa de la força amb l'acció que es donarà com a resultat de la seva aplicació. A vegades es dibuixen trajectòries i moviments per a representar la força.
- En determinades situacions es necessita representar un procés complet, no un instant concret.
- Es necessita introduir més informació escrita a la representació gràfica ja que no se sap com dibuixar.

Quines són les dificultats d'interpretació i representació que presenta per a l'alumnat el codi que defineix el diagrama de cos lliure?

Totes les persones que han participat a les entrevistes mostren dificultats per a dibuixar les forces quan se'ls planteja el canvi de representació i se'ls donen els significats que han de tenir els elements que caracteritzen una fletxa. Cal recordar que se'ls demana que representin les forces que creuen que hi ha, amb un nou codi de representació. Els punts amb els que mostren més dificultats són:

- Situar el punt d'origen. Moltes vegades no saben on fer-ho i en cap cas el codi 'el punt d'origen es situa al cos on s'aplica la força' s'interpreta de la mateixa manera.
- En alguns casos la longitud de la fletxa també s'interpreta malament. Enlloc de la intensitat de la força s'utilitza per a unir cossos entre ells.
- Acotar el nombre de forces que s'estan donant en una situació concreta.

Situar la força en un punt concret relacionat amb els cossos que intervenen en la situació que s'analitza.

8.2.2. Discussió dels resultats de les entrevistes

Hem observat que l'ús de representacions gràfiques lliures per part de l'alumnat té algunes conseqüències en l'anàlisi de les situacions i les forces que hi intervenen. Si els FM no han assolit el MCE, el fet de representar la situació no els hi apropa però sí que l'ajuda a revisar críticament la situació que es treballa i reflexionar-hi.

El punt en comú més destacat és que totes les representacions dels futurs/es mestres utilitzen la fletxa, tot i que amb significats molt diferents. L'únic significat que li dona de manera conscient és el de la seva direcció i sentit. No sempre s'atorga un sentit al punt d'origen de la fletxa ni a la seva llargada i, quan es fa, no tot l'alumnat li dona el mateix ni correspon amb el que s'ha treballat a les aules. Utilitzar la representació gràfica

de manera lliure és evident que no els apropa cap al model científic escolar de força, però sí que els ajuda a revisar críticament la situació que es treballa i reflexionar-hi. D'altra banda, plasmar la situació en un full en blanc obliga a situar les forces a l'espai i l'efecte que tenen.

Tot i que no ho hem buscat de manera explícita, hem observat com les situacions que es plantegen (tal i com hem fet també amb els qüestionaris) sí que faciliten més o menys la interpretació de la força a partir de models concrets.

- La situació de llançar la pilota o aturar-la a l'aire no és vista en la majoria de casos com la mateixa interacció. El fet que la persona en un cas tingui un rol actiu i en l'altra un rol passiu defineix totalment el model de força amb el que s'analitza de manera intuïtiva.
- La situació d'estirar la corda, en canvi, ha propiciat l'anàlisi que la persona fa una força a la corda elàstica i la corda li fa a la persona. Constantment es parla de corda elàstica i de la persona com els dos cossos que actuen en la interacció. Tot i això, totes les persones entrevistades han mencionat o representat en les seves explicacions a l'armari que aguantava la corda elàstica. La corda passa a ser un objecte mediador entre els dos cossos més grans. El fet que s'estiri, sembla que evidencia que els dos cossos estan fent força sobre aquesta i ella és la transmissora entre els dos.

Quan introduïm els codis de representació que es treballen a l'aula per a la fletxa es veu com el significat més controvertit d'assumir és el del 'punt d'origen' d'aquesta. Cap de les persones entrevistades aplica correctament aquesta instrucció i n'hi ha que expliquen de manera explícita la dificultat que els suposa. Normalment aquestes dificultats van vinculades amb el significat social que es dona a la fletxa. Amb la punta se'ns indica on succeeix allò que estem assenyalant i en aquest cas és contrari. El cos on s'aplica la força s'indica amb el punt d'origen d'aquesta, no amb la punta. Efectivament, podem veure com quan es representa la situació de manera lliure molts dels alumnes indiquen el punt d'aplicació de les forces amb les puntes.

Conclusions



La pilota fa força
sobre mi i jo faig
força sobre la pilota

9

Conclusions

En el capítol 9 s'exposa de quina manera els resultats obtinguts i discutits més amunt donen resposta als objectius plantejats per a la recerca i les implicacions que ha tingut per a l'alumnat de l'assignatura de DMEI. Les conclusions s'exposen a partir dels diferents objectius específics de la recerca per tancar la memòria fent una reflexió general sota l'enfoc de l'objectiu general.

Primerament es presenten les conclusions de la recerca a partir dels diferents objectius específics 1 i 2 que orienten la recerca prèvia a la intervenció a l'aula (Secció 9.1). A continuació s'exposen les conclusions de l'objectiu específic 3 (Secció 9.2) que preveu el disseny de la representació gràfica i, per tancar, les conclusions per a l'objectiu específic 4 (Secció 9.3) que preveu l'avaluació de la intervenció feta a l'aula. Per a tancar les conclusions es fa una revisió global dels resultats de la recerca feta revisant-ne les principals aportacions, limitacions i futures línies de recerca que es podrien obrir (Secció 9.4).

9.1. Els models mentals dels futurs mestres i la seva resistència al canvi

Els objectius específics 1 i 2 són els següents:

- Usar les representacions gràfiques dels futurs mestres (FM) com a finestra per a poder accedir als models mentals que tenen de la força abans de cursar l'assignatura de DMEI i poder analitzar la seva evolució.
- Analitzar quines són les principals dificultats que tenen els FM al llarg del procés d'aprenentatge de les forces i els elements del seu model mental que són més resistents al canvi.

Aquests objectius estan plantejats per a poder dissenyar una representació gràfica que eviti els elements que presenten dificultats a l'alumnat i contribuís en el seu aprenentatge, partint dels models mentals que tenen després de passar per a l'educació obligatòria.

Tot i que les representacions gràfiques lliures tenen aquesta funció reconeguda per a diferents estudis de 'finestra' als models mentals de l'alumnat s'ha pogut veure que en el cas dels FM pot ser que la representació que s'obtingui en el context de l'aula sigui la que pensen que 's'ha de fer'. Moltes vegades en el context d'un

qüestionari (que pot ser similar al format d'un examen) o d'una activitat de classe seran representacions més guiades per a la memòria que expressions del model mental. Per a obtenir tot el potencial de les representacions gràfiques ha estat necessari analitzar-les en context de les entrevistes. Hi ha intervingut el fet que s'ha pogut estar molt de temps analitzant la situació, però també que s'han pogut explicitar els significats de la representació.

A partir de l'ús lliure de les representacions durant l'entrevista també s'ha vist que la funció d'explicitar la situació i haver-la de concretar en un dibuix força a l'alumnat a localitzar les forces. Això, de vegades, implica revisar la concepció de les forces que actuen en una situació i ser crítics respecte al seu propi model. Cal destacar que aquesta capacitat reflexiva només s'ha vist en les entrevistes on l'ús de la representació gràfica s'ha contemplat com un suport a l'explicació de la situació i no com un element final (com s'acostumen a presentar les demandes de representacions a l'aula, com a part de la resolució d'un problema). Per tant, per a aprofitar tot aquest potencial de la representació gràfica caldria revisar el seu ús i proposta a l'aula. L'alumnat l'ha de concebre com una eina de treball (similar al paper que juga la calculadora o el regle) i no com a una demanda avaluable.

Amb els FM que han cursat tota l'educació obligatòria, hem d'assumir que quan els demanem que representin gràficament una força, de manera molt majoritària, utilitzaran una fletxa. Això no implica que comparteixin el significat del símbol dibuixat, ni amb el que assigna el model científic escolar a l'aula, ni entre els seus propis (entre l'alumnat). El fet que les representi amb una fletxa, moltes vegades genera problemes ja que el model de força que té assumit no encaixa amb la 'fletxa' com a representació gràfica. Si ens plantegem la força com a un desig o propietat d'un objecte, representar-la amb una fletxa serà molt complex. Alhora, representar algun element que considerem que forma part d'un objecte fora d'aquest també és molt contradictori. De la mateixa manera que ens preocupem per a veure que el significat que associa l'alumnat a les paraules clau del contingut que treballem sigui compartit, és important també fer-ho amb la resta de símbols codificats que usin les representacions gràfiques que usem a l'aula.

Normalment no es dedica temps a treballar els significats del codi que s'assigna a la representació de la fletxa perquè s'assumeix que no són complexos. Tot i això, hem vist com el fet de situar 'el punt d'origen' en el cos que rep la força genera problemes greus si el model de força no s'ha treballat. La raó per la que genera problemes és explicada en el punt 1. És tan important anar avaluant l'evolució amb la que es van interpretant les situacions de força, com que l'alumnat compregui els significats de la representació.

Cal considerar la possibilitat d'introduir la representació de cos lliure quan ja s'hagi treballat amb diferents situacions i el model de força vagi evolucionant cap al d'interacció. En aquest moment és quan l'alumne/a pot començar a donar significat a frases com 'cos on s'aplica la força.' Sinó només fem que afegir elements que dificulten la comprensió de la situació i que es poden contradir entre ells (si entenen la força com una propietat del cos, no té cap sentit que l'apliquem sobre cap cos).

A banda de la representació gràfica, hi ha un element que s'ha evidenciat cabdal en el model de força amb el que es concep: la situació d'anàlisi que es planteja. L'aprenentatge encarnat que construeix el model mental causa que les situacions en els que una persona té un paper actiu o passiu siguin analitzades de manera molt diferent tot i ser similars. Com hem vist amb els qüestionaris PRE, els models mentals persisteixen tot i haver passat per l'ensenyament obligatori, i aquesta models interpreten la força en funció de la situació i cossos que s'analitzen. Els resultats dels qüestionaris també ens han mostrat que el model de força amb el que més es tendeix a interpretar la força que fan les persones i és el d'acció, que és un dels més resistents al canvi. És important, doncs, que quan plantejem les situacions per a analitzar a l'aula reflexionem sobre si els models que promouen són els que ens interessin o no.

La situació més habitual a l'aula serà que l'alumnat tingui diferents models de manera simultània que hauran d'evolucionar cap al d'interacció. Els principals instruments que té el professorat per ajudar-los a evolucionar són les situacions que planteji (que ajudaran a visualitzar la força d'una manera o d'una altra) i una eina per a poder interpretar de manera àgil el model que té en ment l'alumnat i ajudar-lo a evolucionar plantejant els contraexemples i preguntes més adequades. La categorització del model de força i la seva presentació en dos eixos, poden ser una eina de molta utilitat per a poder fer aquesta identificació ja que només cal identificar si la força es concep com un element amb un paper actiu o passiu en al situació, i com un element intern o extern al cos. En la Figura 48 es pot observar que la classificació en eixos dels models adaptats de Brookes (2009) que pot ajudar al seu ús a l'aula.

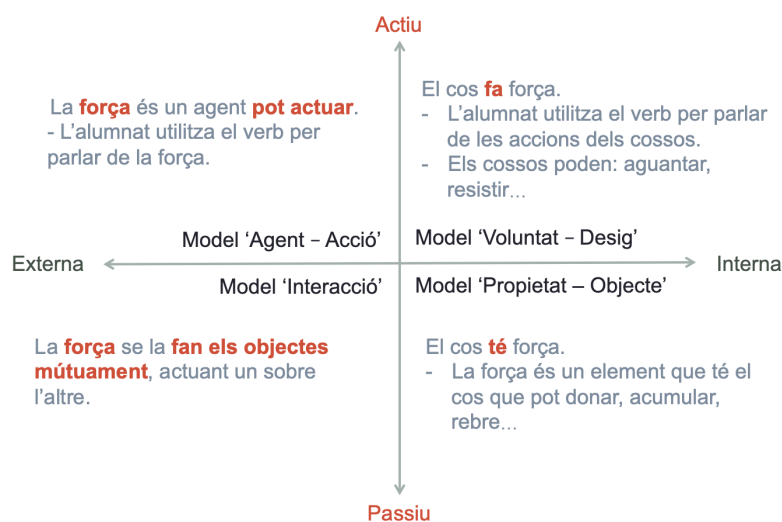


Figura 49. Classificació dels models segons els eixos de rol de la força i pertinença al cos.

9.2. La representació gràfica d'interaccions i forces

El tercer objectiu específic de la recerca és dissenyar una representació gràfica específica per a les sessions d'aula de DMEI per tal de facilitar el procés d'ensenyament-aprenentatge dels FM.

A partir de la recerca d'antecedents i estudis previs de representacions gràfiques alternatives al diagrama de cos lliure; i del disseny i ús a l'aula de la representació gràfica proposada en aquesta recerca s'han extret diferents conclusions que ratifiquen aspectes comentats a la bibliografia o aporten pistes per a futures recerques o aplicacions de la representació.

Per a començar a dissenyar la representació s'ha hagut de seleccionar quin era el seu objectiu i què havia de representar. Les dificultats més grans de l'alumnat són amb la comprensió del model científic escolar de força i amb la relació entre els cossos que interaccionen en una situació i les forces que hi intervenen. Aquests problemes no es treballen amb la representació del diagrama de forces, que té per objectiu calcular la força neta que actua sobre un objecte a partir de situar-hi totes les forces que hi actuen especificant la seva intensitat, direcció i sentit. La representació gràfica proposada en aquesta recerca, per tant, no és una substituta del diagrama de cos lliure sinó una eina més per a usar en l'anàlisi de la situació plantejada. Una vegada s'han identificat totes les forces presents i es vol treballar amb els que actuen sobre un cos en concret, es pot tornar a treballar amb el diagrama de cos lliure. En principi, amb el treball fet amb la primera eina les dificultats per a fer la representació (identificació i localització de les forces) es van reduint (a la Secció 9.3. s'especifica quins són aquests errors).

A banda de la millora en el model de força, l'ús de la representació com a eina d'anàlisi de les situacions sembla que funciona i que l'alumnat se sent més segur analitzant les situacions amb alguna eina que l'ajuda a fer-ho i pot anar-li marcant els passos a seguir. Això ho veiem amb que part de l'alumnat l'ha utilitzat en la resolució de problemes de forces en moments en què no se li demanava que ho fes. Durant l'examen final de l'assignatura de DMEI, futurs mestres de tots els grups participants a la recerca van demanar si podien utilitzar els diagrames per a resoldre el problema de l'examen encara que no se'ls demanés explícitament. A banda, tot i que tampoc s'ha demanat explícitament, hi ha hagut també una part important de l'alumnat (persones de tots els grups classe que ho han treballat) que ha utilitzat la representació gràfica d'interaccions i forces per a respondre les preguntes dels qüestionaris de manera espontània. Aquestes últimes són les que s'han analitzat i d'aquí s'ha pogut veure com part de l'alumnat havia simplificat el seu ús, però amb un contingut científicament correcte. És important continuar explorant que l'alumnat considera que aquesta eina li aporta seguretat i que se sent més còmode resolent els problemes que se li plantegen. L'autoconfiança és un dels elements clau en l'aprenentatge de les ciències i la capacitat d'una persona per veure's capaç per a liderar processos d'ensenyament - aprenentatge com a mestre.

A partir dels resultats dels qüestionaris i l'observació de l'ús de la representació gràfica d'interaccions i forces per part dels futurs mestres s'han trobat alguns elements a tenir en compte per a continuar evolucionant i millorant la proposta.

- Hi ha part de l'alumnat que encara no usa la representació gràfica. S'haurien d'analitzar quines dificultats suposa per a aquesta part d'alumnat per a veure si es poden resoldre.

- Cal revisar quines versions han desenvolupat i si es podria presentar un model que complís amb el mateix objectiu però més simple, donat que una part important dels FM ha simplificat la representació.

Seguint les conclusions que havien publicat altres estudis que analitzen el paper de les representacions gràfiques en l'aprenentatge de les forces (Nieminen et al., 2017) per a què la nova representació gràfica es pogués dur a terme a l'aula correctament, no n'hi ha prou amb què aparegui als materials per a utilitzar a l'aula. El professorat que la utilitzarà, ha de fer una petita formació per a poder-la utilitzar correctament i assolir els seus objectius. En aquest cas concret la preparació del professorat per a utilitzar la representació a l'aula s'ha resolt amb una reunió i la presentació per a l'aula adjuntada a l'Annex 5. Tot i que no és una formació llarga, és important perquè s'han pogut aclarir els dubtes que hi havia i reforçar els aspectes més importants del procés d'elaboració de la representació. Tot i ser un temps curt d'inversió, no recomanem que es passi per alt. Cal que el professorat entengui l'objectiu i passos per a acompanyar l'anàlisi de la situació.

9.3. L'aprenentatge de forces dels futurs mestres a partir d'una nova representació gràfica

L'últim objectiu específic és analitzar l'aprenentatge de força dels futurs mestres quan aquests treballen amb la representació gràfica proposada en la intervenció de l'aula.

A partir dels resultats dels qüestionaris i la discussió de resultats es pot afirmar que l'aprenentatge de l'alumnat ha millorat amb la introducció de la representació gràfica d'interaccions i forces. Aprendre un contingut científic és un procés complex, com hem vist, i per tant la millora no ha estat igual de significativa en totes les vessants/dimensions/aspectes analitzats de l'aprenentatge de forces fet a l'aula. El punt més destacat és que el model d'interacció ha estat assolit per un nombre més alt d'alumnat que l'ha utilitzat per a analitzar situacions que se li han plantejat. Queda pendent aconseguir que cada vegada més alumnat l'utilitzi i que ho faci amb un nivell més profund. La representació gràfica de les forces que actuen sobre un cos i la coherència en les respostes no han tingut una millora tan important, però sí que s'ha observat un canvi destacable. L'error en moltes representacions gràfiques s'ha unificat: en un cos es representaven les dues forces de la interacció. Caldrà continuar treballant per reforçar aquest aspecte amb l'alumnat que utilitzi aquestes representacions. Tot i que l'error persisteix, ha evolucionat respecte a cursos anteriors.

Més enllà de les millores més evidents obtingudes amb la representació, fruit de l'anàlisi dels resultats s'han obtingut informacions que poden ser molt útils per a continuar per a continuar treballant en millorar l'aprenentatge dels futurs mestres. Sabem quines situacions promouen més l'anàlisi de forces des de la perspectiva d'uns o altres models. Això ho podem usar a l'aula per proposar-ne unes o altres en funció de la necessitat de l'alumnat. També hem pogut definir els diferents models de força amb els que pensen les forces els futurs mestres i indicar una progressió cap al model científic. Això ens permetrà poder acompanyar a l'alumnat en tot el camí encara que no arribi al final en el limitat temps de l'assignatura.

Malgrat tots els avenços fets és evident que no tot l'alumnat ha assolit el model científic escolar (MCE) objectiu de la seqüència. I que el que l'ha assolit ho ha fet en graus d'aprenentatge diferents. El principal obstacle per assolir aquest objectiu és el temps que es pot dedicar al bloc de forces i moviment durant l'assignatura. El procés de revisió i canvi de model de força és particularment lent degut al fet que el MCE és molt abstracte i allunyat del model mental construït a través de la nostra experiència al món. Aquest procés pot trigar més o menys en el cas de cada persona. El nostre objectiu com a professorat de DMEI ha de ser poder acompanyar a l'alumnat per a facilitar-los al màxim aquest procés, essent conscients que el temps del que disposem és poc. Caldrà espremer tots els recursos didàctics dels que disposem per a fer-ho, ja que és utòpic assumir que s'hi pot dedicar més temps sense que es reestructurin les assignatures del Grau.

9.4. Reflexions sobre les aportacions, limitacions de la recerca i noves línies de treball

Les forces i el moviment són un tema complex i abstracte del que bona part dels FM no tenen un bon record acadèmic. Malgrat tot, entendre com i perquè tot el que ens envolta es mou (o no) i de quina manera nosaltres hi podem intervenir és una de les nocions de la física més bàsica que s'espera que tota persona pugui desenvolupar, junt amb les grans idees o models de la matèria, l'energia o la llum i el so. La finalitat de la recerca en didàctica és trobar la manera amb la que aquest aprenentatge sigui més efectiu. Considerem que serà efectiu si el model mental de l'alumnat passa a ser el científic escolar, com hem buscat en aquesta recerca, però no només. Per què sigui efectiu caldrà que les activitats que aconseguen que aquest model evolucioni, alhora contribueixen a desenvolupar habilitats cognitives que també es consideren científiques com ara l'argumentació o el desenvolupament del pensament crític. En definitiva, considerarem que hi ha un bon aprenentatge del model de força si, junt amb la resta de models treballats a l'aula, contribueix a desenvolupar la capacitat de cada individu a prendre decisions informades que contribueixin al seu benestar, al de la societat i el medi ambient.

Aquesta recerca ha contribuït de manera significativa a un aspecte molt concret de tots els necessaris per a obtenir aquest aprenentatge científic, però que considerem essencial per a poder articular la resta.

Per tancar la recerca, adjuntem una reflexió a mode de síntesi sobre les principals aportacions i limitacions que ha tingut, així com de les noves preguntes i propostes de treball que ha plantejat.

9.4.1. Principals aportacions

La principal aportació d'aquesta recerca és la proposta de representació gràfica d'interaccions i forces que s'ha introduït a les sessions de DMEI del bloc de forces i moviment. Aquesta proposta ha millorat l'evolució del model mental de força de l'alumnat de l'assignatura cap al model científic escolar, tot i que encara queden aspectes de l'aprenentatge per a continuar treballant (Secció 9.4). Malgrat tot, poder aportar eines per a la millora dels processos d'ensenyament - aprenentatge a les aules creiem que és la motivació principal de la recerca en didàctica i valorem molt positivament que hagi pogut ser així.

A banda d'aquesta aportació principal, hi ha un parell d'elements més que s'han aportat de manera colateral que pensem que també cal destacar i que poden ser usats per a continuar treballant. Una és la categorització dels diferents models de força que pot tenir l'alumnat del Grau de Mestre d'Educació Primària a partir de l'adaptació de les categories establertes per altres estudis duts a terme amb alumnat universitari. Aquesta categorització pot ser una eina per al professorat, per tal d'identificar fàcilment el model de força dels seus alumnes i saber així, quins exemples o situacions pot utilitzar o evitar per tal de facilitar l'evolució cap al model científic escolar de l'alumnat. Per acabar, tot el coneixement acumulat sobre el bloc de forces i moviment de l'assignatura de DMEI, aporta informació molt valuosa per a compartir amb la resta de professorat de l'assignatura. Tothom es beneficia de l'anàlisi profund de cadascun dels blocs de contingut de l'assignatura per a la seva millora, des dels futurs mestres que en seran l'alumnat fins al seu futur alumnat, al que esperem que puguin fer arribar tot aquest coneixement.

9.4.2. Limitacions de recerca

Com en tota recerca, és important relatar les limitacions que s'han tingut al llarg del procés. La principal ha estat el temps que es pot dedicar a l'aula al treball de continguts de forces i moviment. El Grau de Mestre d'Educació Primària, degut a la seva estructura i a la quantitat de contingut que s'ha de treballar, només pot dedicar a la didàctica de la física i la química una assignatura obligatòria durant el quart semestre i una optativa durant el vuitè. Això implica que al treball de forces i moviment i la seva didàctica únicament s'hi poden dedicar de 4 sessions de 2 hores. Aquestes sessions són les últimes del semestre així que, en ocasions, poden quedar reduïdes a 3 (en funció dels festius que hagi tingut el curs en els dies de classe o del que s'hagin allargat altres blocs de contingut). És obvi, que si es pogués comptar amb més temps per a treballar aquest contingut l'alumnat ho tindria molt més fàcil i els resultats serien millors, però la realitat és que no podem comptar amb més temps. Per aquest motiu, no s'ha proposat ni considerat en cap moment de la tesi, tot i que seria la primera recomanació que qualsevol professor/a faria. Fer-ho hagués implicat que els resultats de la recerca no haguessin pogut ser aplicables a la realitat de l'assignatura, buidant-la de sentit.

Una limitació estructural que s'ha donat en aquesta recerca ha estat la impossibilitat de la investigadora de dedicar-se a temps complet a la recerca vinculada a la tesi doctoral. Això ha implicat que s'hagi hagut d'acotar molt bé la feina que implicaria cadascuna de les tasques que s'havien d'anar fent durant cada curs i que les participacions a congressos i articles sorgits a partir del treball de la tesi hagin hagut de ser acotats, perquè el gruix d'hores s'han volgut dedicar a la tasca principal de recerca. Malgrat tot, s'ha intentat assolir un mínim nombre de presentacions i articles.

A banda d'això, hi ha una limitació també en la dimensió de la mostra amb la que s'ha realitzat l'estudi. Podria haver estat més gran, però s'ha hagut d'arribar a un compromís entre el nombre de professorat que col·laborava en la recerca i la mostra d'alumnat a la que es podia tenir accés. Amb el mínim professorat possible, es necessitava una mostra d'alumnat el més gran possible. S'ha hagut de garantir un control del treball que es desenvolupava a les sessions sense que la investigadora pogués ser present en totes, ja que es

desenvolupaven de manera paral·lela moltes d'elles i mentre els diferents grups treballaven la investigadora o estava fent classe en una altra aula o treballant fora de la universitat.

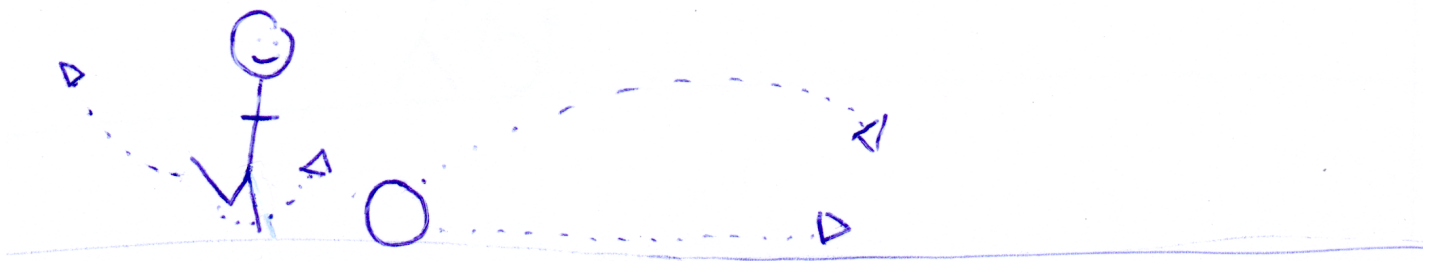
9.4.3. Noves preguntes i propostes de treball

L'ús de representacions gràfiques alternatives al diagrama de cos lliure per a treballar el model de força s'ha mostrat efectiu, però només s'ha pogut analitzar per un grup de futurs mestres. El desenvolupament i anàlisi d'aplicació de l'eina ens han deixat diferents línies de treball per a continuar desenvolupant l'eina o analitzar si funciona en altres tipus d'alumnat, com el de secundària o primària.

Proposem les següents línies de treball i recerca a les aules:

- Utilitzar la representació gràfica d'interaccions i forces en tots els grups de l'assignatura de DMEI i poder analitzar amb més informació els punts que han quedat oberts en aquesta recerca (com millorar el pas d'aquesta representació al diagrama de cos lliure o analitzar si una representació més simple compliria les mateixes funcions).
- Afegir alguna activitat al bloc de forces en què s'utilitzi la categorització de models de força presentada amb els futurs mestres a l'aula per treballar els seus propis models, promovent l'autoreflexió sobre els seus propis aprenentatges per a poder-la aplicar en el seu alumnat quan estiguin a les aules.
- Analitzar l'ús de la representació gràfica d'interaccions i forces a l'educació primària i secundària per a valorar el seu ús a les aules de manera més generalitzada.

Bibliografia



Bibliografia

- AAAS. (2007). *Atlas of science literacy*. Washington DC: American Association for the Advancement of Science.
- Aguada Berteau, M. R. (2019). *La evolución de las preguntas investigables en estudiantes de magisterio*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers and Education*, 33(2–3), 131–152. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9)
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Alonzo, A. C., & Gotwals, A. (2012). *Learning Progressions in Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389–421. <https://doi.org/10.1002/sce.20303>
- Anderberg, E., Svensson, L., Alvegård, C., & Johansson, T. (2008). The epistemological role of language use in learning: A phenomenographic intentional-expressive approach. *Educational Research Review*, 3(1), 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2007.10.003>
- Anderson, J. R. (1996). Implicit memory and metacognition: Why is the glass half full? In *Implicit memory and metacognition* (pp. 123–136). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Arca, M., Guidoni, P., & Mazzoli, P. (1990). *Enseñar Ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*. Barcelona: Paidós.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A., Tsai, Y. (2010). Teachers' Mathematical Knowledge, Cognitive Activation in the Classroom, and Student Progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133–180. <https://doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Black, J. B., Segal, A., Vitale, J., & Fadjo, C. (2012). Embodied cognition and learning environment design. In D. Jonassen & S. Land (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments* (pp. 198–223). New York: Routledge.
- Bliss, J., & Ogborn, J. (1994). Force and motion from the beginning. *Learning and Instruction*, 4(1), 7–25. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90016-7)
- Boeije, H. (2002). A purposeful Approach to the Constant Comparative Method in the Analysis of Qualitative Interviews. *Quality & Quantity*, 36(4), 391–406. <https://doi.org/10.1023/A:1020909529486>
- Brizuela, B. M., & Gravel, B. E. (2013). *“Show Me what You Know”: Exploring student representations across STEM disciplines*. (B. M. Brizuela & B. E. Gravel, Eds.). New York: Teachers College Press.
- Brookes, D. T., & Etkina, E. (2009). “Force,” ontology, and language. *Physics Education Research*, 5, 010110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.010110>

- Brown, D. E. (1989). Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 353–358. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/24/6/007>
- Carlsen, W. S. (2007). Language and science learning. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 57–74). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., & Pass, F. (2015). The potential of embodied cognition to improve STEAM instructional dynamic visualizations. In X. Ge, D. Ifenthaler, & J. M. Spector (Eds.), *Emerging technologies for STEAM education* (pp. 113–136). New York: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5>
- Clandinin, D. J., & Connelly, F. M. (1995). *Teachers' professional knowledge landscapes*. New York: Teachers College Press.
- Clement, J. (2008). *Creative Model Construction in Scientists and Students*. Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6712-9>
- Cohen, L., Manion, L., & Morriison, K. (2011). *Research Methods in Education*. (7th ed.). New York: Routledge.
- Coll, R. K., & Lajium, D. (2011). Modeling and the Future of Science Learning. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), *Models and Modeling* (pp. 3–21). Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7>
- Dienes, Z., & Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(5), 735–808. <https://doi.org/10.1017/S0140525X99002186>
- DiSessa, A. (2004). Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293–331. <https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203>
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata.
- Duit, R., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H. E. Fischer (Ed.), *Developing standards in research on science education. The ESERA Summer School 2004* (pp. 1–9). London: Taylor & Francis.
- Erickson, K., & Roth, W. M. (2006). What good is polarizing research into qualitative and quantitative? *Educational Researcher*, 35(5), 14–23. <https://doi.org/10.3102/0013189X035005014>
- Espinet, M., Izquierdo, M., & Bonil, J. (2012). The Role of Language in Modeling the Natural World: Perspectives in Science Education. In B. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1384–1403). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7>
- Fischer, H. E., Borowski, A., & Tepner, O. (2012). Professional Knowledge of Science Teachers. In Barry J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 435–448). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7>
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404–423. <https://doi.org/10.1002/sce.20263>

- Gagliardi, M., Gallina, G., Guidoni, P., & Piscitelli, S. (1989). *Forze, deformazioni, movimento*. Torino: Emme Edizioni.
- Gee, J. P. (2004). Language in the science classroom: Academic social languages as the heart of school-based literacy. In W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (pp. 13–32). Newark: International Reading Association / National Science Teachers Association.
- Gibbs, G. R. (2007). *Analyzing Qualitative Data*. London: Sage.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. Chicago: University Chicago Press.
- Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de Las Ciencias*, 9(1), 69–77.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (1998). Learning Science Through Models and Modelling. In Barry J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education - Part one* (pp. 53–66). Dordrecht: Kluwer Academic.
- Glenberg, A. S., De Vega, M., & Graesser, A. C. (2008). Framing the debate. In M. de Vega, A. S. Glenberg, & A. C. Graesser (Eds.), *Symbols and embodiment. Debates on meaning and cognition* (pp. 1–9). Oxford: Oxford University Press.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2001). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, 86(1), 106–121. <https://doi.org/10.1002/sce.10013>
- Gunstone, R. (1995). Constructivist learning and the teaching of science. In B. Hand & V. Prain (Eds.), *Teaching and learning in science: The constructivist classroom* (pp. 3–20). Sydney: Harcourt Brace.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (1993). *Writing science: Literacy and discursive power*. London: Falmer Press.
- Harlen, W., Bell, D., Devés, R., Dyasi, H., Fernández de la Garza, G., Léna, P., Yu, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Hatfield: Association of Science Education. Retrieved from <https://www.ase.org.uk/download/file/fid/6741>
- Harlen, W., Bell, D., Devés, R., Dyasi, H., Fernández de la Garza, G., Léna, P., ... Yu, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: Science Education Programme (SEP) of IAP. Retrieved from <https://www.ase.org.uk/download/file/fid/6740>
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *Physics Teacher*, 30, 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- Hinrichs, B. E. (2005). Using the System Schema Representational Tool to Promote Student Understanding of Newton's Third Law. *AIP Conference Proceedings*, 790(3), 117–120. <https://doi.org/10.1063/1.2084715>
- Horst, S. (2016). *Cognitive Pluarlism*. Cambridge: The MIT Press.
- Hubber, P., Tytler, R., & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40(1), 5–28. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9154-9>
- Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12, 27–43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>

- Izquierdo, M., Sanmartí, N., & Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 17(1), 45–59.
- Jammer, M. (1957). *Concepts of force*. Harvard: Harvard University Press.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21(3), 359–370.
- Jiménez, J. de D., & Perales, F. J. (2001). Graphic representation of force in secondary education: analysis and alternative educational proposals. *Physics Education*, 36, 227–235. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/36/3/309>
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson-Laird, P. (1990). Mental models. In M. I. Posner (Ed.), *Foundations of cognitive science* (pp. 469–499). Cambridge: The MIT Press.
- Johnson, R. B., & Onwuegbuzie, A. J. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112–133. <https://doi.org/10.1177/1558689806298224>
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, 16(1), 99–120. <https://doi.org/10.1080/0950069940160107>
- Lemke, J.L. (2003). Mathematics in the middle: Measure, picture, gesture, sign, and word. In M. Anderson, A. Sàenz-Ludlow, S. Zellweger, & V. V. Cifarelli (Eds.), *Educational perspectives on mathematics as semiosis: From thinking to interpreting to knowing* (pp. 215–234). Ottawa: Legas Publishing.
- Lemke, J.L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Ed.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (pp. 33–47). Newark: International Reading Association / National Science Teachers Association.
- Lemke, Jay L. (1997). *Talking science: language, learning, and values*. Barcelona: Paidós.
- Lunsford, E., Melear, C. T., Roth, W.-M., Perkins, M., & Hickok, L. G. (2007). Proliferation of Inscriptions and Transformations Among Preservice Science Teachers Engaged in Authentic Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 538–564. <https://doi.org/10.1002/tea.20160>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsom & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Boston: Kluwer.
- Martí, E. (2017). Body, culture and cognition: avoiding reductionist temptations. *Estudios de Psicología*, 38(1), 140–168. <https://doi.org/10.1080/02109395.2016.1268392>
- Martí, E., & Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: La adquisición de los sistemas externos de representación [Beyond external representations: The acquisition of external representational systems]. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11–30. <https://doi.org/10.1174/021037000760087946>
- Mayer, R. E. (2014). Principles based on social cues in multimedia learning: Personalization, voice, image, and embodiment principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 345–368). Cambridge: Cambridge University Press.

- Mazzoli, P., Arcà, M., & Guidoni, P. (1987). *Forze e pesi*. Torino: Emme Edizioni.
- Meltzer, D. E. (2005). Relation between students' problem-solving performance and representational format. *American Journal of Physics*, 73(5), 463. <https://doi.org/10.1119/1.1862636>
- Mertens, D. M. (1998). *Research methods in education and psychology*. Thousand Oaks: Sage.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2002). Discourse activity in the science classroom: a socio-cultural analytical and planning tool for teaching. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 7(3), 286–306.
- National Research Council. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/11625>
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2017). Learning About Forces Using Multiple Representations. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 163–182). New York: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_8
- Oh, P. S., & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Onwuegbuzie, A. J., & Leech, N. L. (2005). On becoming a pragmatic researcher: the importance of combining quantitative and qualitative research methodologies. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(5), 375–387. <https://doi.org/10.1080/13645570500402447>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Peirce, C. (1931). Logic as semiotic: The theory of signs. In J. Buchler (Ed.), *Philosophical writings of Peirce (1893 - 1910)* (pp. 98–119). New York: Dover Publications Inc.
- Pipitone, C., Agudelo, C., & Garcia-Lladó, À. (2017). Construcción del modelo corpuscular de la materia y actividades dialógicas en formación inicial de maestros. *Enseñanza de Las Ciencias*, N° extraor, 2033–2039.
- Pipitone, C., Guitart, F., Agudelo, C., & Garcia-Lladó, À. (2019). Favoreciendo el cambio emocional positivo hacia las ciencias en la formación inicial del profesorado. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 41–54. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4608>
- Pla docent de Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció. (2019). Retrieved from <http://grad.ub.edu/grad3/plae/AccessInformePDIInfes?curs=2019&cassig=361069&ens=TG1026&ecurs=pladocent&n2=1&idioma=CAT>
- Pozo, J. I. (2001). *Humana mente: El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2014). *Psicología del Aprendizaje Humano: Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2017). Learning beyond the body: from embodied representations to explicitation mediated by external representations / Aprender más allá del cuerpo: de las representaciones encarnadas a la explicitación mediada por representaciones externas. *Infancia y Aprendizaje*, 40(2), 219–276. <https://doi.org/10.1080/02103702.2017.1306942>
- Prain, V. (2006). Learning from Writing in Secondary Science: Some theoretical and practical implications.

- International Journal of Science Education*, 28, 179–201. <https://doi.org/10.1080/09500690500336643>
- Prain, V., & Hand, B. (1996). Writing for learning in secondary science: Rethinking practices. *Teaching and Teacher Education*, 12(6), 609–629. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(96\)00003-0](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(96)00003-0)
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.010108>
- Sanmartí, N. (2001). Enseñar a enseñar Ciencias en Secundaria: un reto muy completo. *Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 40, 31–48.
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Sanmartí, N., & Izquierdo-Aymerich, M. (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Barcelona: Edicions 62.
- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2013). Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.010104>
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165–205. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school. *Science Education*, 90(4), 605–631. <https://doi.org/10.1002/sce.20131>
- Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75(1), 45–56. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750105>
- Shulman, L. S. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: A contemporary perspective. In M. C. Wittrock (Ed.), *Third handbook of research on teaching*. New York: Macmillan.
- Sutopo, Liliarsari, Waldrip, B., & Rusdiana, D. (2012). Impact of representational approach on the improvement of students' understanding of acceleration. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8, 161–173. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v8i2.2156>
- Teddlie, C., & Tashakkori, A. (2009). *Foundations of Mixed Methods Research*. Thousand Oaks: Sage.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2010). *Física per a la ciència i la tecnologia* (6th ed.). Barcelona: Editorial Reverté.
- Turner, L. (2003). System Schemas. *Physics Teacher*, 41(7), 401–408. <https://doi.org/10.1119/1.1616480>
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modeling in science. *International Journal of Science Education*, 21 (11), 1141–1153. <https://doi.org/10.1080/095006999290110>
- Van Heuvelen, A., & Zou, X. (2001). Multiple representations of work–energy processes. *American Journal of Physics*, 69(2), 184. <https://doi.org/10.1119/1.1286662>
- Viennot, L. (1996). *Raisoner en physique: la part du sense comun*. Paris: De Boeck Université.
- Vosniadou, S. (2013). Model based reasoning and the learning of counter-intuitive science concepts. *Infancia y Aprendizaje*, 36(1), 5–33. <https://doi.org/10.1174/021037013804826519>

- Vosniadou, S., & Brewer, W. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 86(1), 123–183.
[https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90022-1](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90022-1)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Waldrip, B., & Prain, V. (2012). Learning From and Through Representations in Science. In B.J. Fraser (Ed.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 145–155). Springer International Handbooks of Education. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_12
- Waldrip, B., Prain, V., & Sellings, P. (2012). Explaining Newton’s laws of motion: using student reasoning through representations to develop conceptual understanding. *Instructional Science*, 41(1), 165–189.
<https://doi.org/10.1007/s11251-012-9223-8>
- Yin, R. K. (2014). *Case Study Research. Design and methods* (5th ed.). Thousand Oaks: Sage Publications.

Annexos



Annex 1. Qüestionari pilot

Qüestionari nº		Nom i cognoms	
Quin batxillerat vas cursar?			
Quin va ser l'últim curs en el que vas estudiar física?			

Benvolgudes, benvolguts,

Sóc una doctoranda de la Universitat de Barcelona que ha elaborat aquest qüestionari en el marc de la tesi doctoral: *Les representacions externes com a eina de construcció del concepte de "força" al Grau de Mestre d'Educació Primària*, feta dins del programa de doctorat de Didàctica de les Ciències, les Llengües, les Arts i les Humanitats en la línia de Didàctica de les matemàtiques i les ciències experimentals... de la Universitat de Barcelona. L'objectiu de la tesi és fer un anàlisi del coneixement científic i didàctic sobre forces amb el que arriba l'alumnat al Grau de Mestre de d'Educació Primària, així com treballar i avaluar una proposta didàctica del mateix concepte, basada en les seves representacions externes.

Per tal de poder fer aquesta avaluació de coneixements amb els que l'alumnat arriba al Grau i els que s'adquireixen durant l'assignatura, s'ha elaborat aquest qüestionari. A l'arribar el final del semestre es passarà un post-test per veure quina ha estat l'evolució dels coneixements.

Tractament de les dades:

- Les dades obtingudes s'utilitzaran exclusivament per a l'elaboració de la tesi i no tindran cap tipus de repercussió en l'avaluació de coneixements de l'assignatura.
- Es demana el nom de qui respon el qüestionari per tal de poder realitzar una entrevista personal en el cas que fos necessària per tal d'aclarir les respostes.
- L'anàlisi dels resultats es farà vinculant les respostes del test al número de qüestionari de manera que les respostes seran anònimes.

Us deixo el meu contacte per si teniu cap qüestió: angela.garcia@ub.edu.

Moltes gràcies per la vostra participació!

Respon només una de les opcions que es proposen per cada situació.

1. Una persona estira una corda a la que hi ha lligada una caixa. La persona fa una força constant sobre la corda, que és transmesa a la caixa. Sabent això, podem dir que la caixa:

- a. es mourà a una velocitat constant.
- b. no es mourà.
- c. es mourà a una velocitat cada vegada més gran en la direcció en la que s'està aplicant la força.
- d. es mourà a una velocitat cada vegada més petita en la direcció en la que s'està aplicant la força.

Quina justificació dónes a la teva resposta?

2. Un camió gran xoca frontalment amb un petit automòbil. Durant la col·lisió:

- a. La intensitat de la força que el camió fa sobre l'automòbil es major que la de la força que l'automòbil fa sobre el camió.
- b. La intensitat de la força que l'automòbil fa sobre el camió es major que la de la força que el camió fa sobre l'automòbil.
- c. Cap dels dos fa força sobre l'altre, l'automòbil queda aixafat perquè s'interposa en el camí del camió.
- d. El camió fa una força sobre l'automòbil però l'automòbil no fa cap força sobre el camió.
- e. El camió fa una força de la mateixa intensitat sobre l'automòbil que la que l'automòbil fa sobre el camió.

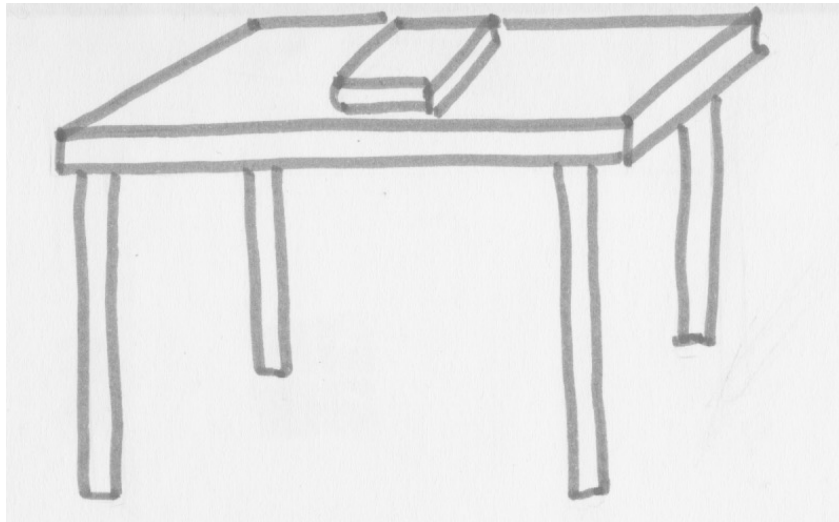
Quina justificació dónes a la teva resposta?

3. Un ascensor puja a velocitat constant per dins del forat d'una escala estirat per un cable d'acer. Si no tenim en compte el fregament, en aquesta situació, les forces que actuen sobre l'ascensor són tals que:

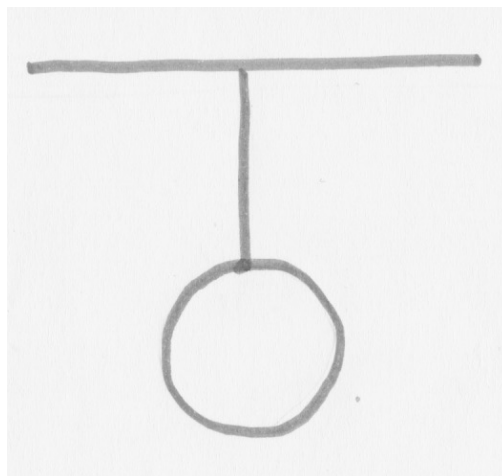
- a. La força cap amunt exercida pel cable és més gran que la força cap avall deguda a la gravetat.
- b. La força cap amunt feta pel cable és igual a la força cap a baix deguda a la gravetat.
- c. La força cap amunt feta pel cable és menor que la força cap a baix deguda a la gravetat.
- d. La força cap amunt feta sobre el cable és més gran que la suma de la força cap avall deguda a la gravetat i la força cap avall deguda a l'aire.
- e. Cap de les anteriors (L'ascensor puja perquè el cable s'està escurçant, no perquè el cable faci una força cap amunt sobre l'ascensor).

Quina justificació dónes a la teva resposta?

4. Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha? Explica-les i dibuixa-les.



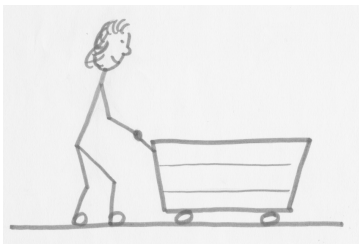
5. Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha? Explica-les i dibuixa-les.



6. Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha? Explica-les i dibuixa-les.

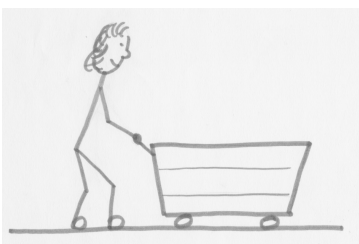


7. Dibuixa les forces que actuen i respon a les següents qüestions en cada una d'aquestes situacions que et presentem.



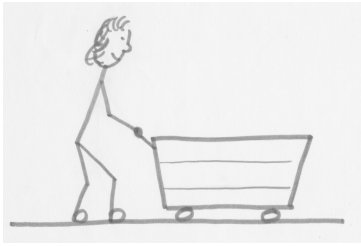
Una nena empeny un carretó cap endavant però no l'aconsegueix fer moure.

Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha?



Una nena empeny un carretó endavant i aquest es mou cada vegada més depressa.

Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha?

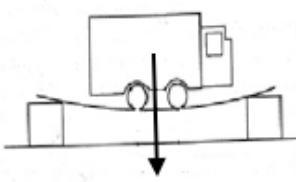


Una nena empeny un carretó endavant i aquest es mou a velocitat constant.

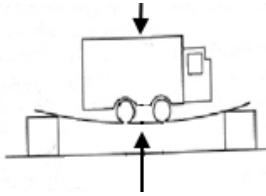
Quines forces actuen i com actuen en aquesta situació, si és que n'hi ha?

8. Quina d'aquestes representacions consideres més afinada per representar les forces que actuen en una passarel·la quan un camió hi reposa a sobre?

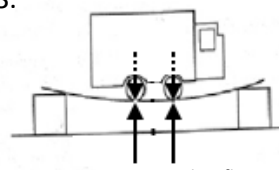
1.



2.



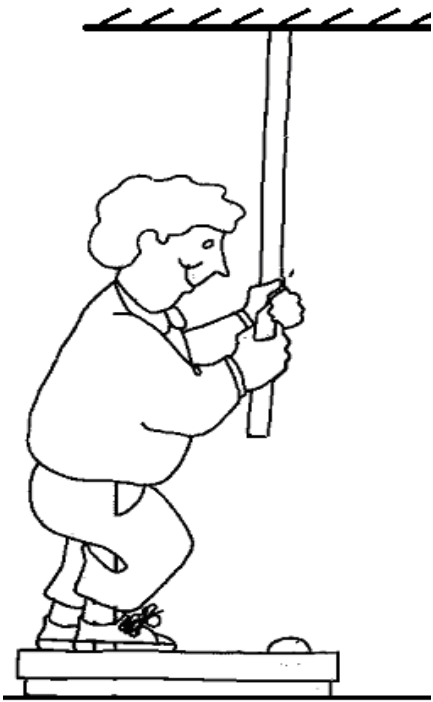
3.



En aquest cas, les fletxes sòlides són les forces que actuen sobre el camió i les puntejades són les

Quina justificació dónes a la teva resposta?

9. Resol el següent problema qualitatiu (no cal posar-hi valors numèrics). Per fer-ho, pots ajudar-te dels dibuixos que creguis convenients sobre la representació de la situació que et plantegem.



Un nen puja a una balança amb un pal. Quan hi és sobre, pitja amb el pal contra el sostre. Què marcarà la balança en aquest moment, més, menys o el mateix que quan el nen és a la balança amb el pal però sense pitjar contra el sostre?

Annex 2. Qüestionari

Nom i cognoms		Data	
Codi			
Quin curs vas fer 2n de batxillerat?			
Quin batxillerat vas cursar?			
Quin va ser l'últim curs en el que vas estudiar física?			

Benvolgudes, benvolguts,

Sóc l'Àngela Garcia, doctoranda de la Facultat d'Educació, i la meva tesi doctoral es basa en l'anàlisi del coneixement científic de les forces amb el que arriba l'alumnat al Grau de Mestre d'Educació Primària i com evoluciona. És per això que m'agradaria que responguéssiu aquest qüestionari abans i després de treballar les forces durant aquest curs.

Tractament de les dades:

- Les dades obtingudes s'utilitzaran exclusivament per a l'elaboració de la tesi i no tindran cap tipus de repercussió en l'avaluació de coneixements de l'assignatura.
- Es demana el nom de qui respon el qüestionari per tal de poder realitzar una entrevista personal en el cas que fos necessària per tal d'aclarir les respostes i assegurar la correspondència entre el 1r i el 2n test.
- L'anàlisi dels resultats es farà vinculant les respostes del test al codi que se li assignarà, de manera que les respostes seran anònimes.

Us deixo el meu contacte per si teniu cap qüestió: angela.garcia@ub.edu.

Moltes gràcies per la vostra participació!

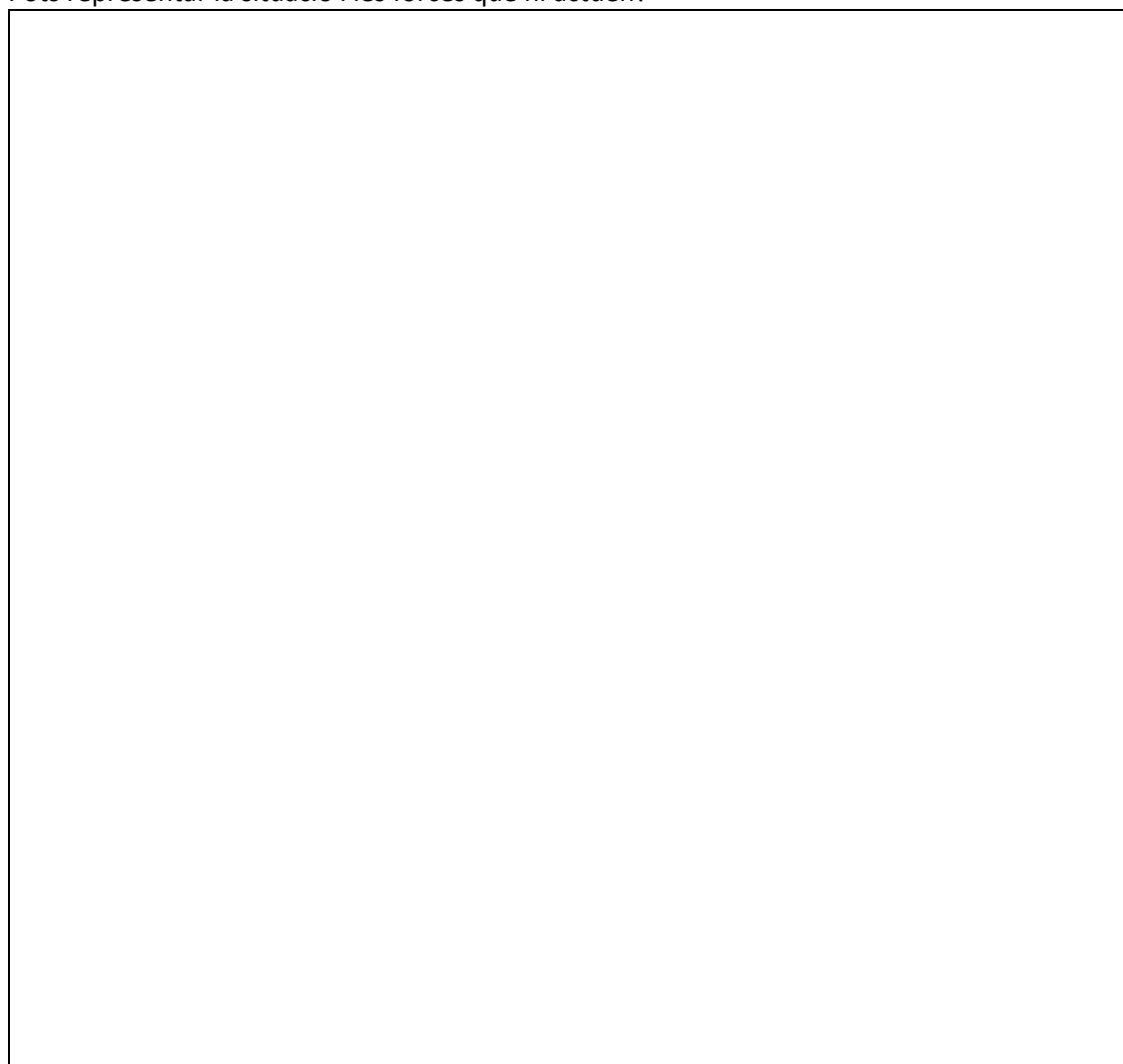
Per cada una de les situacions que et presentem, respon a les següents qüestions que hi ha a les dues cares del full.

1. Xutes una pilota.

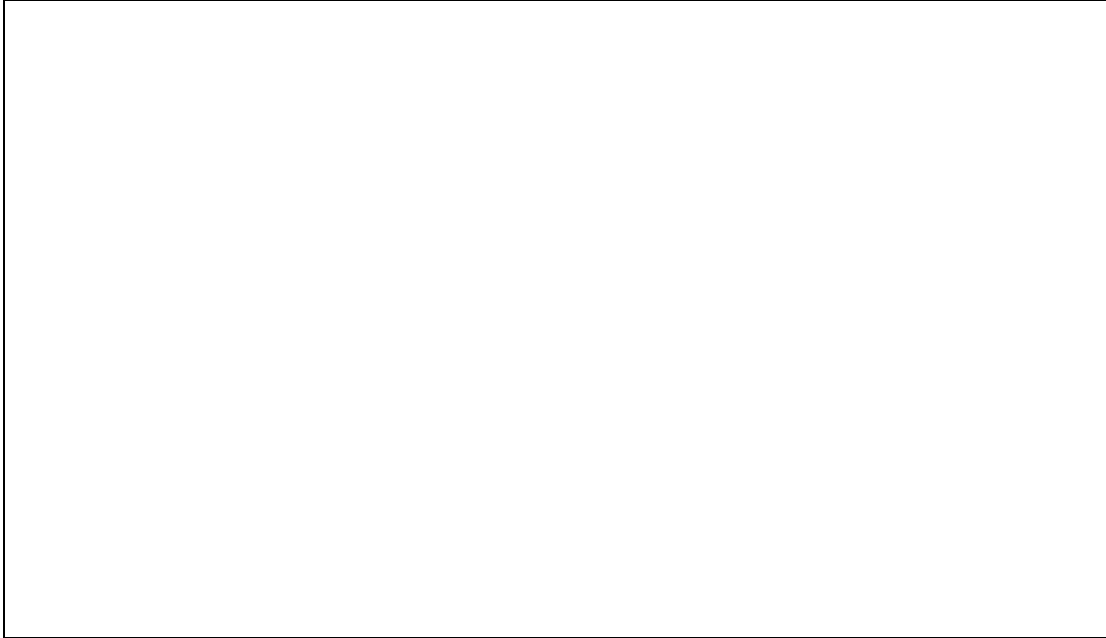
Tu fas alguna força? Quina?

La pilota fa alguna força? Quina?

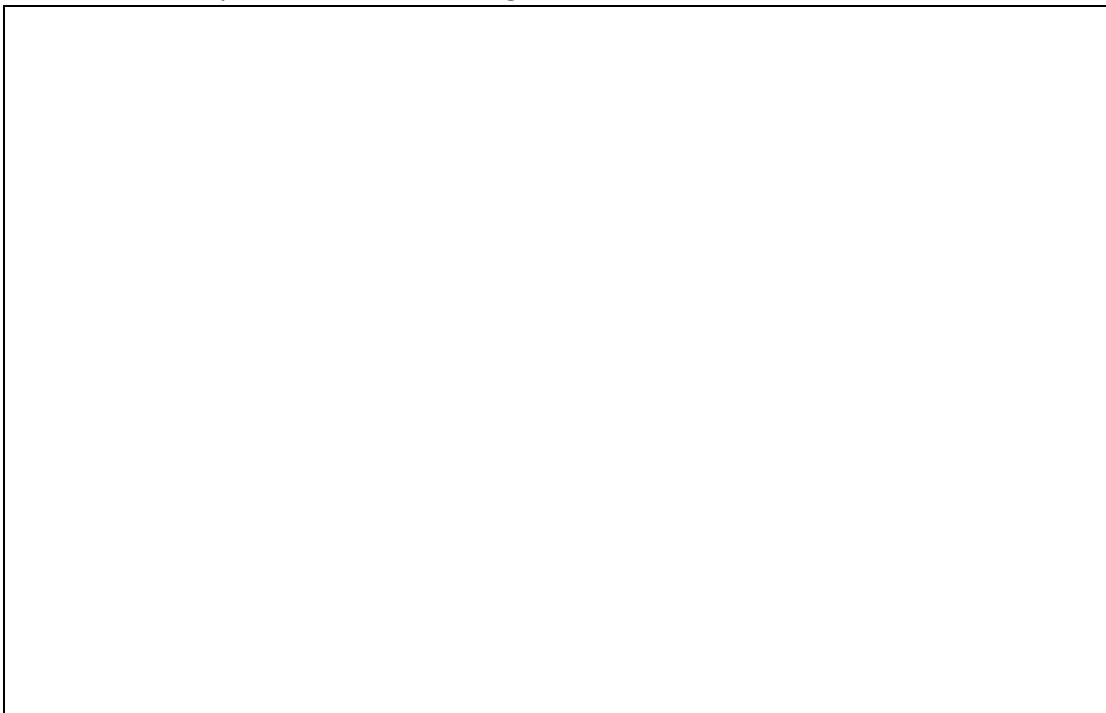
Pots representar la situació i les forces que hi actuen?



- Explica la teva representació.



- Podries representar les forces d'alguna altra manera?

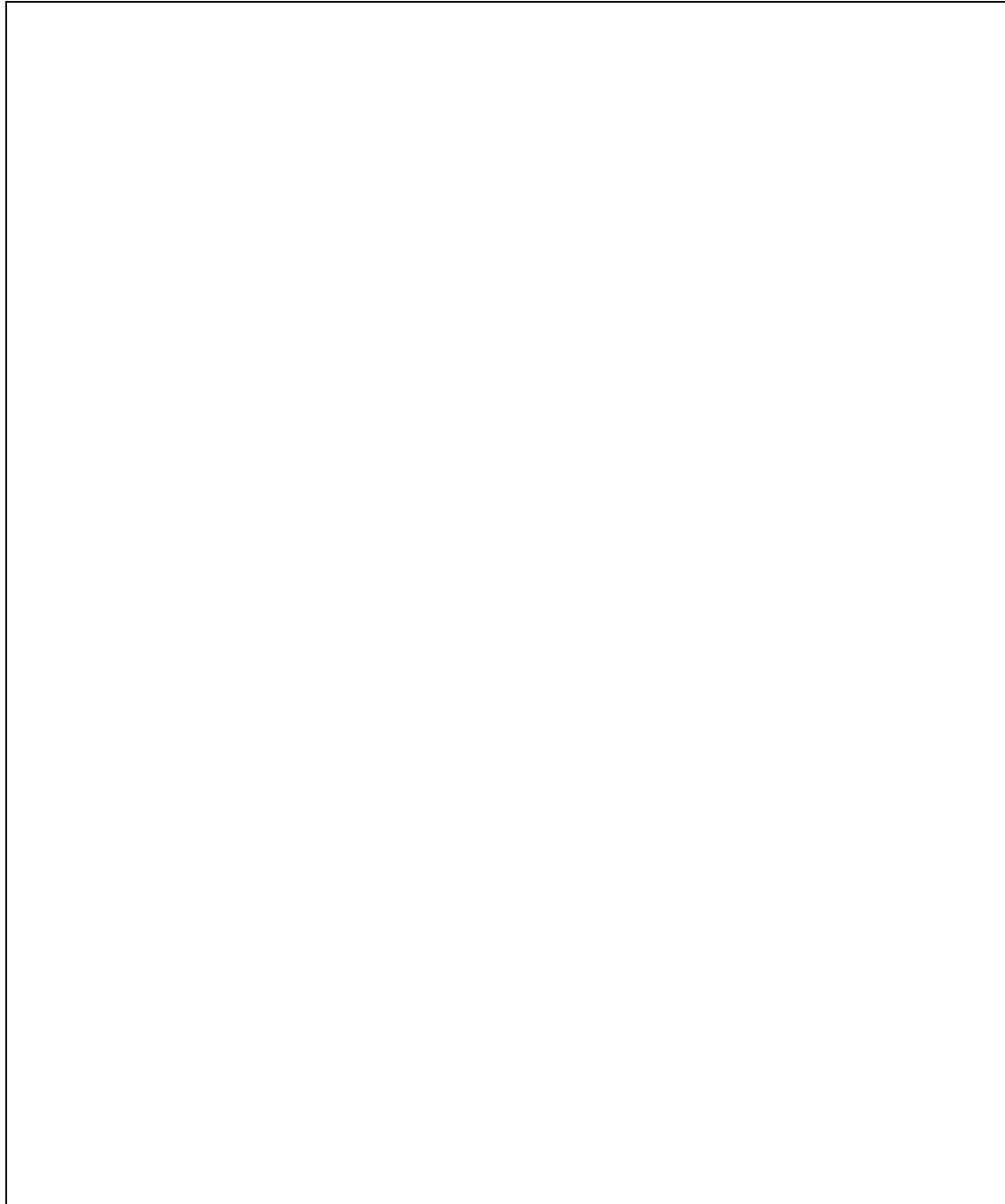


2. Agafes al vol una pilota de bàsquet amb les mans.


Tu fas alguna força? Quina?

La pilota fa alguna força? Quina?

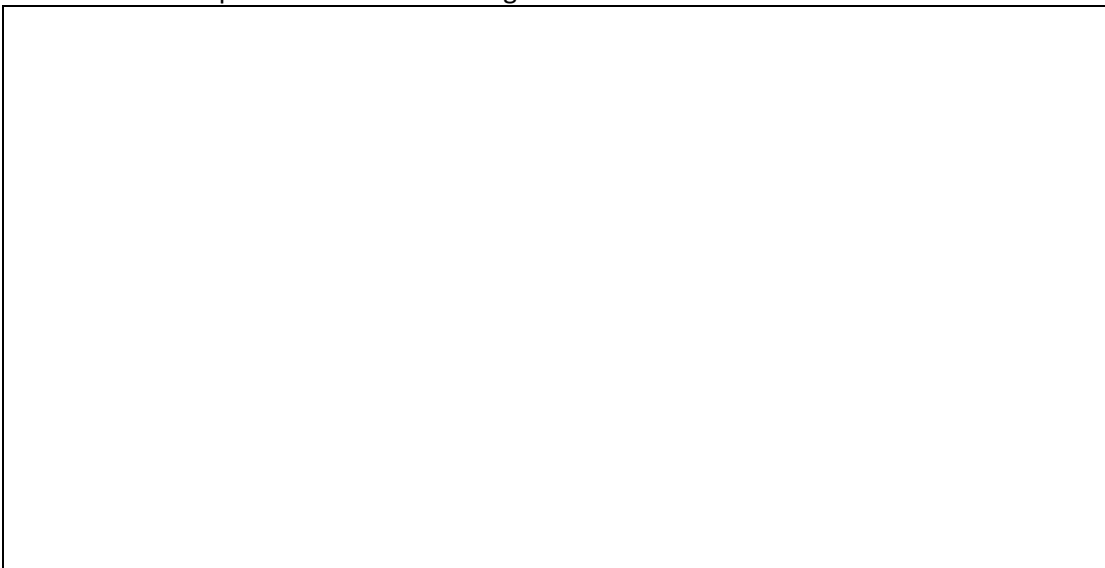
Pots representar la situació i les forces que hi actuen?

A large empty rectangular box with a black border, intended for drawing a diagram of the forces acting on the basketball during the described situation.

- Explica la teva representació.



- Podries representar les forces d'alguna altra manera?

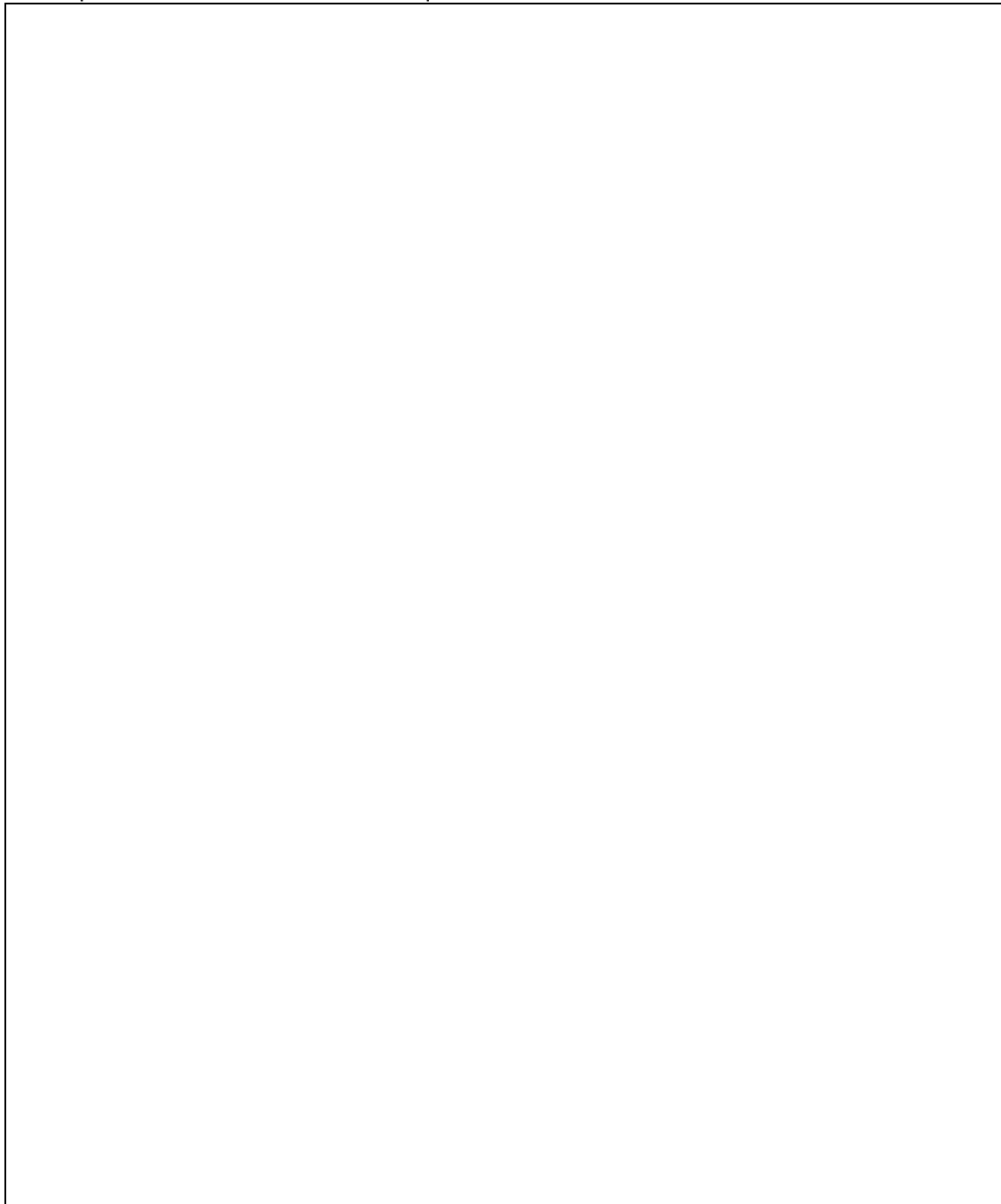


3. Estàs quiet/a i assegut/da en una cadira .

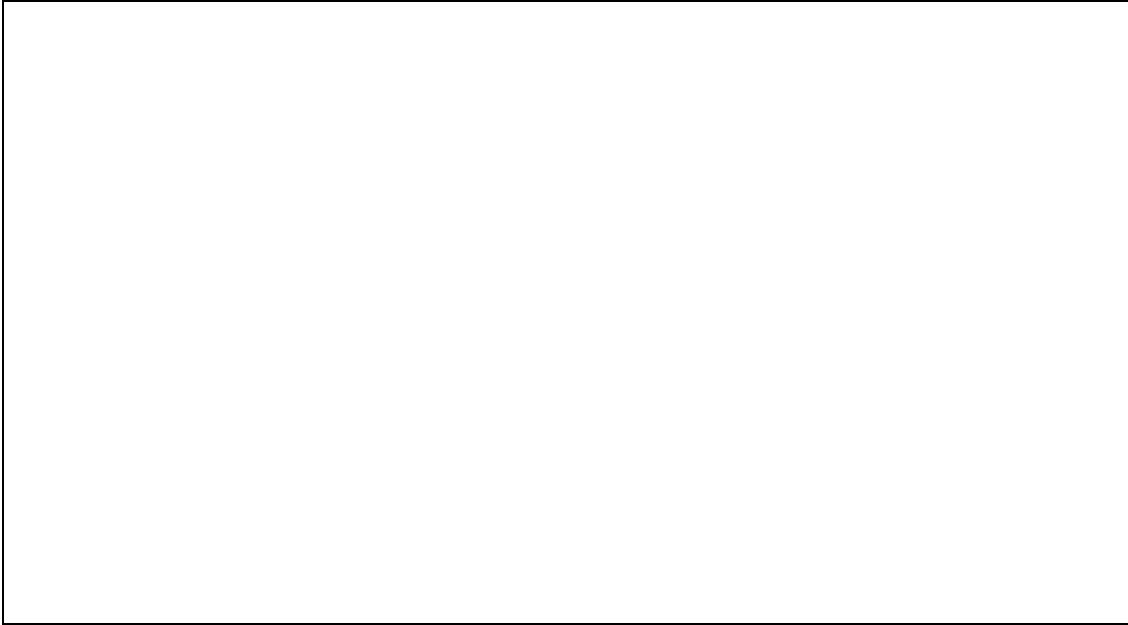
Tu fas alguna força? Quina?

La cadira fa alguna força? Quina?

Pots representar la situació i les forces que hi actuen?



- Explica la teva representació.



- Podries representar les forces d'alguna altra manera?



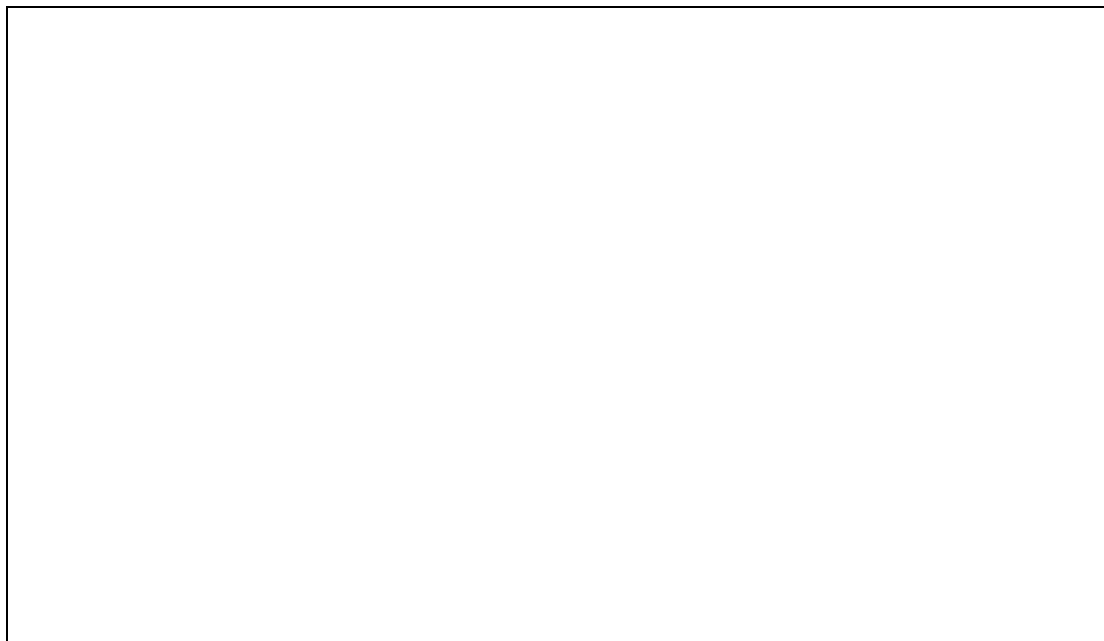
Per últim, et presentem diferents situacions en les que hi actuen forces. Podries marcar l'opció correcta?

1. Un camió gran xoca frontalment amb un petit automòbil. Durant la col·lisió:

- f. La intensitat de la força que el camió fa sobre l'automòbil es major que la de la força que l'automòbil fa sobre el camió.
- g. La intensitat de la força que l'automòbil fa sobre el camió es major que la de la força que el camió fa sobre l'automòbil.
- h. Cap dels dos fa força sobre l'altre, l'automòbil queda aixafat perquè s'interposa en el camí del camió.
- i. El camió fa una força sobre l'automòbil però l'automòbil no fa cap força sobre el camió.
- j. El camió fa una força de la mateixa intensitat sobre l'automòbil que la que l'automòbil fa sobre el camió.

Quina justificació dones a la teva resposta?

Pots representar les forces que actuen en aquesta situació?

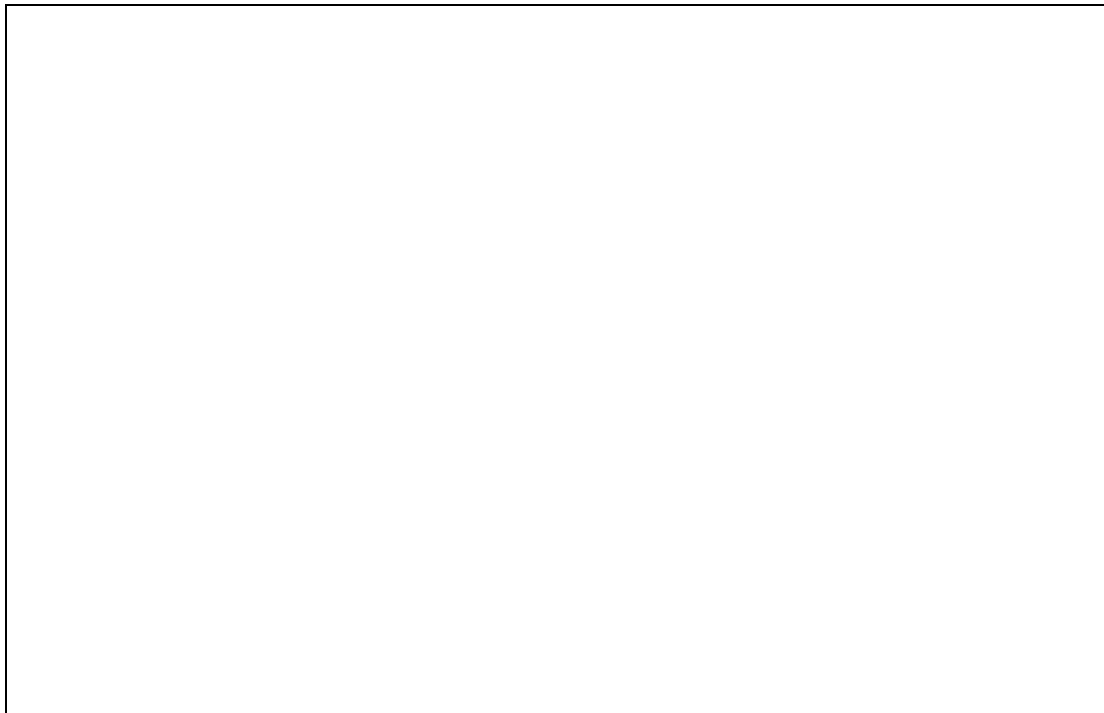


2. Una làmpada està penjant del sostre per un cable. Les forces que actuen sobre la làmpada són:

- a. La força de la gravetat en direcció cap al terra i la tensió del cable en direcció cap al sostre.
- b. La força de la gravetat en direcció cap al terra.
- c. La força del cable en direcció cap al sostre.
- d. Cap força, ja que la làmpada no es mou cap amunt ni cap avall.

Quina justificació dónes a la teva resposta?

Pots representar les forces que actuen en aquesta situació?



Annex 3. Programació fina de les sessions del bloc de forces del curs 2016/17

DETALL DE LES SESSIONS

SESSIÓ 1	DATA
Moviment i forces	

Objectius de la sessió

- Distingir els conceptes de: posició, moviment, objectes de referència i sistema de referència.
- Assumir que l'acceleració és una variació de moviment. No només cal que augmenti la velocitat perquè hi hagi acceleració, també pot ser que disminueixi o hi hagi un canvi de direcció del moviment.
- Entendre la força com a causant de la variació del moviment.

Recursos

- Vídeo salt Felix Baumgartner
 - <http://www.theguardian.com/sport/video/2012/oct/14/felix-baumgartner-skydive-space-video>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=dYw4meRWGd4>
- Presentació – Forces

RESUM DE LA SESSIÓ

- Objectes de referència, sistema de referència, moviment i canvis de moviment:
 - Trajectòria, camí recorregut, desplaçament
 - Interval de temps relacionat amb el desplaçament -> velocitat
 - Canvis de moviment en un interval de temps -> acceleració -> força
- Què pensem que és una força? – Pluja d'idees

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Pluja d'idees sobre moviment

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none">• Comencem amb una pluja d'idees sobre què és el moviment.• La pluja d'idees es pot fer en petits grups, responen les preguntes que es mostren a la presentació. Una vegada deixat aquest temps perquè les responguin dins de cada grup, es posen en comú les diferents respostes.

Activitat 2 – Posició, sistema de referència

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none">• Comencem amb una activitat exploratòria responen les preguntes de la diapositiva 4.• Fem un recull de respostes sobre com representar i determinar posicions a l'espai.• Una vegada tancada l'exploració, tanquem amb la diapositiva 5: expliquem què és la posició, els objectes de referència i el sistema de referència.

Activitat 3 – Canvi de posició

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Comencem responnent entre tota la classe la pregunta de la diapositiva 6. La conversa ha d'anar guiada cap a com descrivim els canvis de posició. Tanquem amb la diapositiva 7: expliquem què és el desplaçament. • Demanar que dos alumnes facin el mateix desplaçament per diferents camins. Distingim entre el desplaçament i la trajectòria. Amb la diapositiva 8, mirem les diferències que hi ha entre tenir en compte els punts per on passem o només la diferència entre el punt final i el punt inicial. • Parlem de com podem treballar aquests conceptes amb els alumnes a primària. Hi ha els exemples a les diapositives: 10, 11, 12. • Finalment busquem la diferència entre el que ja hem treballat el camí recorregut. Fer èmfasi en l'exemple del circuit automobilístic que mostra molt bé la diferència entre desplaçament i camí recorregut. • Acabem mostrant com ho treballaríem a classe.

Activitat 4 – Quant trigo a arribar?

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Amb la diapositiva 15 projectada, demanem quin impacte té el temps en un desplaçament i com el pot variar. • Una vegada surti el concepte de rapidesa i lentitud, demanem que defineixin què són. • Acordem la definició de velocitat: diapositiva 16. • Per últim pensem i presentem com ho podríem treballar a l'escola. Diapositiva 17.

Activitat 5 – Un salt estratosfèric

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Demanar-los que mentre vegin el vídeo que projectarem, busquin la resposta a aquestes preguntes: <ul style="list-style-type: none"> ○ Quin desplaçament fa? En què el mesuraríeu? ○ Quin és el camí recorregut? En què el mesuraríeu? ○ Quina velocitat porta al llarg de la caiguda? ○ Hi ha canvis en la velocitat? Com són? ○ Quins són els causants d'aquesta modificació • Visionat del vídeo de Felix Baumgartner. Hi ha una introducció d'1 minut que es pot saltar.

Activitat 6 – Tancament del moviment (síntesi)

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Resumim tot el treball fet amb moviment a partir de la diapositives 22. Revisant les idees clau que hem de treballar a l'aula i el que hem de sortir sabent.

Activitat 7 – Pluja d'idees sobre les forces

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Pluja d'idees de la paraula 'força'. Anem apuntant totes les idees que surten a la pissarra.

	<ul style="list-style-type: none">• Una vegada s'ha acabat la pluja d'idees ensenyem les fotografies de la diapo 25. Si no han sortint les idees entre els alumnes els demanem què veuen.• Acabarem amb un seguit de preguntes (diapo 26) que han de respondre sobre les forces per acabar de posar paraules al seu model mental.<ul style="list-style-type: none">○ Què és una força?○ Com es produeixen?○ Quins efectes produeixen les forces?○ Posa alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de forces.• En funció del temps que quedi, podem fer que es responguin en grups o tots alhora.
--	--

SESSIÓ 2	DATA
Forces i Lleis de Newton	

Objectius de la sessió

- Fem forces amb el cos.
- Què pensem que és una força?
- Concepte de la 1a Llei de Newton: si sobre un objecte no actuen forces, continua com estava (sigui parat o en moviment).
- Concepte de la 2a Llei de Newton: si sobre un objecte hi actuen forces, la seva velocitat es modificarà (acceleració) de manera proporcional a la força i de manera inversament proporcional a la massa.

Recursos

- Carretó amb la corda
- Corda
- Balances de bany.
- Presentació – Forces

RESUM DE LA SESSIÓ

- Maneres de fer força amb el cos
 - Plataforma amb rodes – estirar a algú
 - Estirar la corda
 - Estirar la corda (sense moviment)
- Posada en comú dels esquemes de forces elaborats
- 1a i 2a Llei de Newton a partir de diferents situacions
- Distinció i relacions entre massa / pes / pressió / força
- Bàscules [Serà el vincle entre aquesta sessió i la sessió següent.]

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Maneres de fer força amb el cos (carretó i corda)

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<p>Fem sortir 2 alumnes i els donem la plataforma amb rodes amb la corda. Els demanem de quines maneres poden fer força amb el carretó.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estirar el carretó amb la corda. • Empènyer el carretó sense la corda. <p>Una vegada ho fan, o mentre ho van fent (ho poden repetir) els plantegem dues preguntes diferents:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què li passa a la plataforma després d'estirar-la? I després de donar-li una empenta? • A què és degut que el carretó es mogui? I que es pari? • Com puc fer que vagi més de pressa o que s'aturi? De què depèn? <p>Fem sortir 4 alumnes i que estirin la corda (2 per banda). Sobre aquesta situació els demanem les següents preguntes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quines forces estan actuant en aquesta situació? • Si el grup de la dreta fa més força que el grup de l'esquerra, cap on es mou la corda (i les persones)? Què els fa moure?

	<ul style="list-style-type: none"> • Si tots dos grups fan la mateixa força, cap a on es mou la corda (i les persones)? Què fa que no es moguin? <p>Si els dinamòmetres funcionen, els podem fer estirar la corda amb els dinamòmetres i que mirin amb quina força estan estirant. Un 3r alumne, pot sortir a mirar la força que marquen els dos dinamòmetres. Abans que digui el resultat de la força, els podem demanar quina força creuen que estan fent cada un d'ells.</p>
--	--

Activitat 2 – Resum de les activitats i què és una força?

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<p>A partir de la discussió feta i a mode de resum, plantegem les mateixes preguntes fetes durant la sessió anterior (diapositiva 31).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què és una força? • Com es produeixen? • Quins efectes produeixen? <p>Ensenyem les diapositives amb les conclusions i respostes per tancar-ho (32 – 35). És important no passar de llarg la discussió sobre si la força es té o es fa.</p>

Activitat 3 – 1a Llei de Newton – Estirem la corda

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Estirem o fem estirar una corda lligada a una taula o la paret. És important que no es mogui quan l'estirem. • Introduïm Situacions d'equilibri. • Introduïm 1ª Llei Newton

Activitat 4 – 2a Llei de Newton - El carretó i el canvi de moviment

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Recordem la relació entre els canvis de moviment i les forces. També la situació en la que estiraven el carretó amb una corda o l'empenyien. Podem tornar-la a reproduir. • Demanem als alumnes, de què depèn la força que hem de fer per moure un cos? Podem posar sobre el carretó a un alumne més petit i un més gran i demanar quin dels dos costa més i de què depèn. Introduïm la inèrcia i el paper de la massa. (Diapo 55) • Introduïm la 2ª Llei de Newton a partir de l'efecte que ha tingut la força que hem fet sobre el carretó. Per la interpretació de la fórmula, simplement hem de parlar de la relació entre la massa i el canvi de moviment: a més massa, més dificultat per canviar de moviment. • Posarem un objecte sobre la plataforma amb rodes i farem que es mogui i pari de cop. Demanarem que expliquin per quin motiu l'objecte de la plataforma s'ha continuat movent mentre la plataforma s'ha quedat quieta, quan ha xocat. Introduïrem la inèrcia.

SESSIÓ 3	DATA
3a Llei de Newton i Flotabilitat	

Objectius de la sessió

- Distingir massa, pes, gravetat, pressió
- Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat .
- Composició de forces:
 - com es poden combinar diferents forces que actuen sobre un sistema de cossos.
- La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma.
- Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.

Recursos

- Fitxa - Problema balança i nen.
- Pilota.
- Vídeo castellers QuèQuiCom
- Vídeos – Caiguda d'objectes a la Lluna i a la Terra en el buit.
- Fruites i verdures per la pràctica de flotació: 3 taronges, 3 pebrots, 3 plàtans, 3 pomes.
- Plastilina.
- Problema mamut (tasca per entregar?).

RESUM DE LA SESSIÓ

- 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula
- Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1ª i 2ª Llei de Newton)
- Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – 2a Llei de Newton - El carretó i el canvi de moviment

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<p>La reprenem des d'on ens haguem quedat a la sessió anterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recordem la relació entre els canvis de moviment i les forces. També la situació en la que estiraven el carretó amb una corda o l'empenyien. Podem tornar-la a reproduir. • Demanem als alumnes, de què depèn la força que hem de fer per moure un cos? Podem posar sobre el carretó a un alumne més petit i un més gran i demanar quin dels dos costa més i de què depèn. Introduïm la inèrcia i el paper de la massa. (Diapo 55) • Introduïm la 2ª Llei de Newton a partir de l'efecte que ha tingut la força que hem fet sobre el carretó. Per la interpretació de la fórmula, simplement hem de parlar de la relació entre la massa i el canvi de moviment: a més massa, més dificultat per canviar de moviment. • Posarem un objecte sobre la plataforma amb rodes i farem que es mogui i pari de cop. Demanarem que expliquin per quin motiu l'objecte de la plataforma s'ha continuat movent mentre la plataforma s'ha quedat quieta, quan ha xocat. Introduïrem la inèrcia.

Activitat 2 – Què mesura una balança?

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<p>Fem sortir 1 alumne/a que es posi sobre una balança. En fem sortir un altre i que l'agafi per la cintura i l'estiri cap amunt, després cap avall. També podem proposar que es posin amb la balança a la taula, facin força contra el sostre i mirin què passa amb la balança.</p> <ul style="list-style-type: none">• Quines forces estan actuant en aquesta situació? Què mesura la balança?• A partir de la variació del 'pes' que indica la balança, treballar sobre què és el que mesura la balança i la composició de forces. Per fer-ho usar, el cas més simple. Si algú m'abraça i m'estira amunt, la balança marca menys. Aprofitant aquest punt, expliquem la composició de forces a partir d'aquesta experiència.

Activitat 3 – La massa, el pes, la gravetat i la pressió

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<p>A partir de la reflexió de la balança, traiem els conceptes de massa, pes, gravetat (força) i pressió.</p> <p>Per ajudar, posarem el vídeo dels castellers en el que es veuen les forces que fa la pinya baixen la pressió sobre la base d'un pilar. A la diapositiva 58, podem veure els enllaços del vídeo i els minuts en els que tenim els moments més importants.</p> <p>Després del vídeo, demanem directament que en facin les definicions de massa, pes, gravetat, pressió.</p>

Activitat 4 – Problema del nen i la balança

Temps estimat	30 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none">• Es planteja el problema del nen i la balança a partir de la fitxa on hi surt la imatge.• Una vegada tothom dóna la seva resposta, proposem de pesar-nos amb el pal i comprovar què surt.• Comparar les representacions que s'han fet i les forces que els han quedat representades a les fitxes. I, si no ha sortit, fer la representació que coincideix amb el resultat observat.• Les solucions de les forces que actuen sobre cada objecte, estan de la diapositiva 69 a la 71.

SESSIÓ 4	DATA
Síntesi Flotabilitat i Palanques	

Objectius de la sessió

<ul style="list-style-type: none">• Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat .• La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma.• Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.
--

Recursos

<ul style="list-style-type: none">• Fruïtes i verdures per la pràctica de flotació: 3 taronges, 3 pebrots, 3 plàtans, 3 pomes.• Plastilina.
--

- Problema mamut (tasca per entregar?).

RESUM DE LA SESSIÓ

- 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula
- Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1^a i 2^a Llei de Newton)
- Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Problema del nen i la balança

Temps estimat	30 min
Treball alumnat	<p>El reprenem des d'on ens haguem quedat a la sessió anterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es planteja el problema del nen i la balança a partir de la fitxa on hi surt la imatge. • Una vegada tothom dóna la seva resposta, proposem de pesar-nos amb el pal i comprovar què surt. • Comparar les representacions que s'han fet i les forces que els han quedat representades a les fitxes. I, si no ha sortit, fer la representació que coincideix amb el resultat observat. • Les solucions de les forces que actuen sobre cada objecte, estan de la diapositiva 69 a la 71.

Activitat 2 – La caiguda dels cossos

Temps estimat	15 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Plantegem la pregunta de la diapositiva 72. Quan hagin respost, deixem caure la pilota i el full de paper i comprovem si tenien raó o no. • A partir d'aquí fem el mateix amb les preguntes de les diapositives 72 i 74. • Una vegada haguem vist que la bola de paper i la pilota cauen a la mateixa velocitat, demanem que ens expliquin per quin motiu. • A continuació posem un parell de vídeos de caigudes lliures al buit (els de les diapositiva 75). Per veure el paper que hi té l'atmosfera. La idea és que siguin ells mateixos que acabin explicant per quin motiu passa.

Activitat 3 – Flotabilitat: factors que hi intervenen

Temps estimat	45 min
Treball alumnat	<p>Es fa una introducció al concepte de flotabilitat a partir d'imaginar-nos un vaixell.</p> <p>Demanem de què depèn que floti i com li afecten el volum i el tipus de líquid en el que es troba.</p>

Activitat 4 – Flotabilitat de diferents fruites i verdures

Treball alumnat	<p>Treball de la flotabilitat, mitjançant una pràctica amb les següents fruites i verdures.</p> <p>Es proporcionen les verdures a cada grup (3 grups d'unes 6 – 8 persones) i es va guiant l'evolució de la sessió. Per cada una de les</p>
------------------------	---

	<p>fruites o verdures, hem de preveure si flotarà o no i deixar-la caure a l'aigua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pebrot - previsió. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Poma - previsió. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Plàtan amb pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Plàtan sense pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Taronja amb pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Taronja sense pell. Flota o no? No especificar si han de deixar pell o no. Fer veure les diferències que sorgeixin. <p>Anar apuntant a la pissarra els resultats sense representació. Si veiem que s'allarga molt per totes les fruites, ho podem fer per les més significatives o que necessiten de més comprensió: la taronja (amb i sense pell), per exemple.</p>
--	---

Activitat 5 – Revisió del treball fet en el bloc

<p>Treball alumnat</p>	<p>A partir de les situacions de l'exercici anterior, treballar sobre diferents conceptes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1a Llei – si no es mou l'objecte, no hi ha forces o són oposades (casos de flotació). • 2a Llei – quan actua una força, canvi en la velocitat i moviment. • Oposició de les forces igual a força nul·la, es poden sumar. <p>Mirar de trobar un primer consens de representació de forces.</p>
-------------------------------	--

Annex 4. Programació fina de les sessions del bloc de forces del curs 2017/18

DETALL DE LES SESSIONS

SESSIÓ 1	DATA
----------	------

Moviment i forces

Objectius de la sessió

- Distingir els conceptes de: posició, moviment, objectes de referència i sistema de referència.
- Assumir que l'acceleració és una variació de moviment. No només cal que augmenti la velocitat perquè hi hagi acceleració, també pot ser que disminueixi o hi hagi un canvi de direcció del moviment.
- Entendre la força com a causant de la variació del moviment.

Recursos

- Vídeo salt Felix Baumgartner
 - <http://www.theguardian.com/sport/video/2012/oct/14/felix-baumgartner-skydive-space-video>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=dYw4meRWGd4>
- Presentació – Forces

RESUM DE LA SESSIÓ

- Objectes de referència, sistema de referència, moviment i canvis de moviment:
 - Trajectòria, camí recorregut, desplaçament
 - Interval de temps relacionat amb el desplaçament -> velocitat
 - Canvis de moviment en un interval de temps -> acceleració -> força
- Què pensem que és una força? – Pluja d'idees

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Pluja d'idees sobre moviment

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none">• Comencem amb una pluja d'idees sobre què és el moviment.• La pluja d'idees es pot fer en petits grups, responen les preguntes que es mostren a la presentació. Una vegada deixat aquest temps perquè les responguin dins de cada grup, es posen en comú les diferents respostes.
Discurs professorat	Recollim els coneixements previs sobre moviment. Es poden deixar escrits a la pissarra, per tenir-los presents durant la resta de la classe.
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapo 3

Activitat 2 – Posició, sistema de referència

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none">• Comencem amb una activitat exploratòria responen les preguntes de la diapositiva 4.• Fem un recull de respostes sobre com representar i determinar posicions a l'espai.

	<ul style="list-style-type: none"> • Una vegada tancada l'exploració, tanquem amb la diapositiva 5: expliquem què és la posició, els objectes de referència i el sistema de referència.
Discurs professorat	Hem de fer que arribin a la conclusió de que no es pot explicar la posició d'una persona o un objecte, sense tenir objectes de referència respecte als quals definir la posició. Podem conduir la conversa cap a fer veure que a partir d'aquests objectes, podem definir un sistema de referència. L'origen i els eixos d'aquest sistema són una convenció.
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapos 4 - 5

Activitat 3 – Canvi de posició

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Comencem responent entre tota la classe la pregunta de la diapositiva 6. La conversa ha d'anar guiada cap a com descrivim els canvis de posició. Tanquem amb la diapositiva 7: expliquem què és el desplaçament. • Demanar que dos alumnes facin el mateix desplaçament per diferents camins. Distingim entre el desplaçament i la trajectòria. Amb la diapositiva 8, mirem les diferències que hi ha entre tenir en compte els punts per on passem o només la diferència entre el punt final i el punt inicial. • Parlem de com podem treballar aquests conceptes amb els alumnes a primària. Hi ha els exemples a les diapositives: 10, 11, 12. • Finalment busquem la diferència entre el que ja hem treballat el camí recorregut. Fer èmfasi en l'exemple del circuit automobilístic que mostra molt bé la diferència entre desplaçament i camí recorregut. • Acabem mostrant com ho treballaríem a classe.
Discurs professorat	<p>Hem d'anar guiant la conversa perquè els alumnes vagin definint què és: desplaçament, trajectòria i camí recorregut. Una vegada tinguem les definicions les anem ensenyant amb les diapositives.</p> <p>Només s'ensenyarà la definició quan ells/es mateixos hagin fet la seva proposta o considerem que ens hi apropem.</p> <p>Una vegada acordat què és, es farà un èmfasi sobre com treballar això a l'aula, però no s'aprofundirà més.</p>
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapos 6 – 14

Activitat 4 – Quant trigo a arribar?

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Amb la diapositiva 15 projectada, demanem quin impacte té el temps en un desplaçament i com el pot variar. • Una vegada surti el concepte de rapidesa i lentitud, demanem que defineixin què són. • Acordem la definició de velocitat: diapositiva 16.

	<ul style="list-style-type: none"> Per últim pensem i presentem com ho podríem treballar a l'escola. Diapositiva 17.
Discurs professorat	Hem d'anar guiant la conversa perquè els alumnes mateixos vagin definint què és la velocitat. Només s'ensenyarà la definició quan ells/es mateixos hagin fet la seva proposta. No treballem amb la definició vectorial de velocitat, sinó simplement amb el concepte de rapidesa/lentitud.
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapos 15 – 17

Activitat 5 – Un salt estratosfèric

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> Demandar-los que mentre vegin el vídeo que projectarem, busquin la resposta a aquestes preguntes: <ul style="list-style-type: none"> Quin desplaçament fa? En què el mesuràrieu? Quin és el camí recorregut? En què el mesuràrieu? Quina velocitat porta al llarg de la caiguda? Hi ha canvis en la velocitat? Com són? Quins són els causants d'aquesta modificació Visionat del vídeo de Felix Baumgartner. Hi ha una introducció d'1 minut que es pot saltar.
Discurs professorat	<p>Una vegada acabi el vídeo demanem que vagin responent les preguntes i revisem que hagin assolit els conceptes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Desplaçament Camí recorregut Canvi de trajectòria en un interval de temps, = velocitat <p>Introduïm el canvi de velocitat a partir de l'evidència dels canvis de velocitat que es veuen en el vídeo. A partir d'aquí s'ha d'arribar a la conclusió que aquest canvi es diu acceleració tant si augmenta la velocitat com si redueix. Que l'acceleració és el canvi de velocitat en un interval de temps.</p> <p>Amb la diapositiva 20 introduïm com poden ser els canvis de moviment.</p> <ul style="list-style-type: none"> Canvis en el moviment amb un temps determinat, = acceleració <p>Aquí mencionem les moltes maneres amb les que pot variar la velocitat: anant més de pressa o més lent, canviant de direcció etc.</p> <p>A banda, ha de quedar palès que algun altre cos o matèria. La Terra és qui l'estira i fa que cada vegada caigui més ràpid i l'aire de l'atmosfera és qui fa que canviï més lentament quan arriba a haver-hi aire.</p> <p>Pel que fa al vídeo, els minuts més importants són:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5:15 – Comença el comptador de la velocitat. Hem de dir-los que s'hi fixin. 7:00 – Desplega el paracaigudes i treuen el comptador de velocitat. Poc abans que el vegin, es pot veure com baixa ràpid la velocitat.
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.

Diapositives corresponents	Diapos 18 – 21
-----------------------------------	----------------

Activitat 6 – Tancament del moviment (síntesi)

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> Resumim tot el treball fet amb moviment a partir de la diapositives 22. Revisant les idees clau que hem de treballar a l'aula i el que hem de sortir sabent.
Discurs professorat	Resum del treball fet sobre moviment. Contingut que hi ha a les diapositives.
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapos 22

Activitat 7 – Pluja d'idees sobre les forces

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> Pluja d'idees de la paraula 'força'. Anem apuntant totes les idees que surten a la pissarra. Una vegada s'ha acabat la pluja d'idees ensenyem les fotografies de la diapo 25. Si no han sortint les idees entre els alumnes els demanem què veuen. Acabarem amb un seguit de preguntes (diapo 26) que han de respondre sobre les forces per acabar de posar paraules al seu model mental. <ul style="list-style-type: none"> Què és una força? Com es produeixen? Quins efectes produeixen les forces? Qui pot produir forces? Posa alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de forces. En funció del temps que quedi, podem fer que es responguin en grups o tots alhora.
Discurs professorat	<p>Les idees que han de sortir han de ser totes les concepcions populars que s'associen a la paraula força que no són:</p> <ul style="list-style-type: none"> (Dibuix home i peses) La força com a energia, potència, fortalesa. 'Tinc molta força'. (Dibuix imant) La força com a voluntat dels objectes. Com a cosa que els "fa fer". (Dibuix caixa i dibuix pedra) La força com a acció. 'La resistència' no implica força.' P.ex: 'Per llançar una pedra s'ha de fer una força, per parar-la s'ha de resistir la seva força.' <p>L'últim punt (els exemples que es demanen a la diapo 26) es pot recollir en un full per tenir una evidència del model de força de cada alumne a l'inici del tema.</p> <p>Hem de fer veure que en tots els casos en què hi ha una força, trobem un empenyiment o un estirada. I que sempre hi ha diferents objectes involucrats en aquest moment. Per fer-ho podem demanar: 'què tenen en comú tots els moments on veiem que hi estan actuant forces?'</p>
Ús de representacions gràfiques	Encara no se'n farà cap d'especial.
Diapositives corresponents	Diapo 23 – 26

SESSIÓ 2	DATA
Forces i Lleis de Newton	

Objectius de la sessió

- Fem forces amb el cos.
- Què pensem que és una força?
- Concepte de la 1a Llei de Newton: si sobre un objecte no actuen forces, continua com estava (sigui parat o en moviment).
- Concepte de la 2a Llei de Newton: si sobre un objecte hi actuen forces, la seva velocitat es modificarà (acceleració) de manera proporcional a la força i de manera inversament proporcional a la massa.
- Distingir: pes, massa, gravetat, pressió.

Recursos

- Carretó amb la corda
- Corda
- Balances de bany.
- Presentació – Forces

RESUM DE LA SESSIÓ

- Maneres de fer força amb el cos
 - Plataforma amb rodes – estirar a algú
 - Estirar la corda
 - Estirar la corda (sense moviment)
- Posada en comú dels esquemes de forces elaborats
- 1a i 2a Llei de Newton a partir de diferents situacions
- Distinció i relacions entre massa / pes / pressió / força
- Bàscules [Serà el vincle entre aquesta sessió i la sessió següent.]

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Maneres de fer força amb el cos (carretó i corda)

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<p>Fem sortir 2 alumnes i els donem la plataforma amb rodes amb la corda. Els demanem de quines maneres poden fer força amb el carretó.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estirar el carretó amb la corda. • Empènyer el carretó sense la corda. <p>Una vegada ho fan, o mentre ho van fent (ho poden repetir) els plantejem dues preguntes diferents:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què li passa a la plataforma després d'estirar-la? I després de donar-li una empenta? • A què és degut que el carretó es mogui? I que es pari? • Com puc fer que vagi més de pressa o que s'aturi? De què depèn? • Com estem fent la força? • Quins cossos estan implicats en la situació? <p>Una vegada han reproduït les 2 situacions, els demanem que les representin en un full de manera lliure.</p>

	<p>Fem sortir 4 alumnes i que estirin la corda (2 per banda). Sobre aquesta situació els demanem les següents preguntes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quines forces estan actuant en aquesta situació? • Si el grup de la dreta fa més força que el grup de l'esquerra, cap on es mou la corda (i les persones)? Què els fa moure? • Si tots dos grups fan la mateixa força, cap a on es mou la corda (i les persones)? Què fa que no es moguin? • Quins cossos estan implicats en la situació? <p>Si els dinamòmetres funcionen, els podem fer estirar la corda amb els dinamòmetres i que mirin amb quina força estan estirant. Un 3r alumne, pot sortir a mirar la força que marquen els dos dinamòmetres. Abans que digui el resultat de la força, els podem demanar quina força creuen que estan fent cada un d'ells.</p> <p>Els demanarem de nou que ho representin en un full de manera lliure.</p>
<p>Discurs professorat</p>	<p>En aquesta activitat és important que els alumnes explicitin el seu model i en les seves intervencions per explicar les situacions que s'estan donant en el cas del carretó i en el cas de la corda.</p> <p>Les preguntes que projectarem amb les diapositives i guiaran la discussió sobre el que està passant han d'anar orientades a arribar a diferents conclusions. L'objectiu d'aquestes conclusions és fer veure que darrere les forces, sempre hi ha la interacció de 2 cossos i a anar encaminant l'enunciat de les lleis de Newton.</p> <p>Les respostes bàsiques a les preguntes són:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A què es deu que el carretó es mogui? El carretó només es pot moure quan l'empenyem o l'estirem. • Com podem aconseguir que s'aturi o vagi més ràpid? Amb empentes o estirades. • De què dependrà que ho puguem aconseguir? De la massa del carretó i del que hi posem a sobre. De la intensitat de l'empenta o de l'estirada. • Quins estiraments o empentes es fan sobre la corda? Qui fa aquests estiraments? Cada equip estira la corda. • Si el grup de la dreta fa més força que el de l'esquerra, cap a on es mou la corda? La corda es mourà cap a la dreta. • Si tots dos grups fan la mateixa força, cap a on es mou la corda? La corda no es mou cap a cap de les dues bandes. • Com estem fent la força? Han de descriure que estan empenyent i estirant per fer forces sobre els diferents objectes. Hem de fer veure que només poden fer força amb les mans, si també en fan amb els peus. Hem de començar a veure tots els cossos que hi ha en una situació. • Quins cossos estan implicats en la situació? Hem de fer notar que sempre hi ha 2 cossos implicats en l'execució d'una força. La conclusió ha de ser que perquè hi hagi forces, sempre hi ha d'haver cossos/objectes/o matèria presents.

	També fer veure que en les dues situacions la Terra és present a la situació com un cos més.
Ús de representacions gràfiques	Els demanarem que facin una representació lliure de les dues situacions, per explicar-la i comparar-la més endavant.
Diapositives corresponents	Diapos 27 – 30

Activitat 2 – Resum de les activitats i què és una força?

Temps estimat	10 min
Treball alumnat	<p>A partir de la discussió feta i a mode de resum, plantegem les mateixes preguntes fetes durant la sessió anterior (diapositiva 31).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Què és una força? • Com es produeixen? • Quins efectes produeixen? • Qui pot produir forces? • Posa alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de forces. <p>Ensenyem les diapositives amb les conclusions i respostes per tancar-ho (32 – 35). És important no passar de llarg la discussió sobre si la força es té o es fa.</p>
Discurs professorat	<p>A partir de les respostes de les preguntes, conduïm una conversa que ens ha de dur a parlar de les idees més bàsiques sobre què és una força:</p> <ul style="list-style-type: none"> - les forces només es donen si 2 objectes estan interactuant. - la força és un estirament o una empenta. - que produeix canvis en el moviment dels cossos <p>Quan demanem si la força es té, esperem que reforcin la idea de què és una força i la distingeixin de l'energia. En aquest moment, parlem del paper dels cossos en la força.</p> <p>Per una banda, diem que no 'tenen' força, però en canvi veiem que són els responsables de que hi hagi força. Quin es el seu paper, doncs? Aquí concloem que la força només apareix quan hi ha interacció entre 2 cossos.</p> <p>Continuarem aquesta última part amb la conversa i acabarem amb el contingut de les diapositives 34/35 a mode de reflexió.</p>
Ús de representacions gràfiques	--
Diapositives corresponents	Diapo 31 - 35

Activitat 3 – Com representem les forces?

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<p>En aquest punt, demanem que posin en comú les diferents representacions lliures que han fet de les situacions treballades al principi de la classe en petits grups i n'extreguin tots els punts que tenen en comú i allò que les distingeix, també que escriguin una llista de què els costa situar o representar.</p> <p>A continuació els demanem que exposin quins punts han posat en comú. Busquem els punts dèbils d'aquesta representació i els compartim amb el grup.</p>

	<p>Introduïm la representació d'interaccions entre cossos amb l'objectiu de poder veure quines forces estan actuant sobre cada objecte en una situació determinada.</p> <p>La representació d'interaccions entre objectes i el seu pas cap a la representació de forces estan especificades a les diapositives (de la 36 a la 40).</p>
Discurs professorat	<p>A partir de la diversitat d'opinions que trobem en les seves explicacions de la representació, els farem veure la importància de compartir un codi per tal de poder entendre les representacions de qualsevol persona, sense que la tinguem davant.</p> <p>Les representacions que facin ens poden servir per detectar què és el més difícil de representar una força.</p> <p>Podem intentar que els diguin ells i sinó surten els rematem nosaltres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El primer problema és que la força no es veu, només en veiem els seus efectes. Per tant intentem representar una cosa molt abstracta. - El segon problema és que ens dóna pistes per veure què passarà quan sobre un objecte actuïn determinades forces, però no ens en dóna cap sobre les forces que estan actuant sobre cap objecte. <p>A partir d'aquí, buscarem què és el que si que veiem, que serà el més senzill de representar. Justifiquem d'aquesta manera, que primer representarem els objectes que intervenen en la situació, després les seves interaccions i després les forces que impliquen aquestes interaccions.</p> <p>Després ja introduïm la representació d'interaccions seguint els passos que s'indiquen a les diapositives. L'objectiu d'aquesta representació és localitzar les forces que actuen sobre cada objecte en una situació concreta.</p>
Ús de representacions gràfiques	Explicació magistral dels codis de representació, tot i que no se'n desenvoluparà cap. A partir d'aquí les situacions que anem estudiant es treballaran amb les dues representacions (interaccions i forces).
Diapositives corresponents	Diapos: 36 – 46

Activitat 4 – 1a Llei de Newton – Estirem la corda

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Estirem o fem estirar una corda lligada a una taula o la paret. És important que no es mogui quan l'estirem. • Treballem amb tota la classe la resolució dels diagrames. Podem ajudar-los fent el procés guiat i acompanyant els passos del dibuix amb tota la classe, ja que és la primera vegada que el fan. • Introduïm Situacions d'equilibri. • Introduïm 1ª Llei Newton
Discurs professorat	<p>La representació de la situació està a la presentació on s'han inclòs totes les representacions.</p> <p>El de menys serà l'enunciat oficial de la Llei. S'han de quedar amb el concepte que encara que actuïn moltes forces, si queden totes en equilibri, un objecte donat no variarà el seu moviment (no s'aturarà o no reduirà velocitat o no augmentarà velocitat).</p>

Ús de representacions gràfiques	Representacions gràfiques (d'interaccions i de forces) de la situació d'estirar la corda quan no es mou cap dels dos equips que estiren la corda.
Diapositives corresponents	Diapo 47 – 52

Activitat 4 – 2a Llei de Newton - El carretó i el canvi de moviment

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Recordem la relació entre els canvis de moviment i les forces. També la situació en la que estiraven el carretó amb una corda o l'empenyien. Podem tornar-la a reproduir. • Demanem que dibuixin la situació amb el diagrama d'interaccions i de forces. Aquesta representació ja l'haurien de fer sols/es amb la guia dels passos a seguir que està a la diapositiva 54. • Demanem als alumnes, de què depèn la força que hem de fer per moure un cos? Podem posar sobre el carretó a un alumne més petit i un més gran i demanar quin dels dos costa més i de què depèn. Introduïm la inèrcia i el paper de la massa. (Diapo 55) • Introduïm la 2ª Llei de Newton a partir de l'efecte que ha tingut la força que hem fet sobre el carretó. Per la interpretació de la fórmula, simplement hem de parlar de la relació entre la massa i el canvi de moviment: a més massa, més dificultat per canviar de moviment. • Posarem un objecte sobre la plataforma amb rodes i farem que es mogui i pari de cop. Demanarem que expliquin per quin motiu l'objecte de la plataforma s'ha continuat movent mentre la plataforma s'ha quedat quieta, quan ha xocat. Introduïrem la inèrcia.
Discurs professorat	<p>El de menys serà l'enunciat oficial de la Llei. S'han de quedar amb el concepte que quan actua una força o quan les sumem totes no s'anul·len entre elles, un objecte donat variarà el seu moviment s'aturarà o reduirà velocitat o augmentarà velocitat).</p> <p>A banda, el paper de la massa en el canvi de moviment ha de ser relacionat directament amb la inèrcia, amb la dificultat del moviment.</p>
Ús de representacions gràfiques	Representacions gràfiques (d'interaccions i de forces) de la situació d'empenyer o estirar el carretó quan no es mou cap dels dos equips que estiren la corda.
Diapositives corresponents	Diapos 53 – 58

SESSIÓ 3	DATA
3a Llei de Newton i Flotabilitat	

Objectius de la sessió

- Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat .
- Composició de forces:
 - com es poden combinar diferents forces que actuen sobre un sistema de cossos.
- La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma.
- Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.

Recursos

- Fitxa - Problema balança i nen.
- Pilota.
- Vídeo castellers QuèQuiCom
- Vídeos – Caiguda d'objectes a la Lluna i a la Terra en el buit.
- Fruites i verdures per la pràctica de flotació: 3 taronges, 3 pebrots, 3 plàtans, 3 pomes.
- Plastilina.
- Problema mamut (tasca per entregar?).

RESUM DE LA SESSIÓ

- 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula
- Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1^a i 2^a Llei de Newton)
- Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – 2a Llei de Newton - El carretó i el canvi de moviment

Temps estimat	25 min
Treball alumnat	<p>La reprenem des d'on ens haguem quedat a la sessió anterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recordem la relació entre els canvis de moviment i les forces. També la situació en la que estiraven el carretó amb una corda o l'empenyien. Podem tornar-la a reproduir. • Demanem que dibuixin la situació amb el diagrama d'interaccions i de forces. Aquesta representació ja l'haurien de fer sols/es amb la guia dels passos a seguir que està a la diapositiva 54. • Demanem als alumnes, de què depèn la força que hem de fer per moure un cos? Podem posar sobre el carretó a un alumne més petit i un més gran i demanar quin dels dos costa més i de què depèn. Introduïm la inèrcia i el paper de la massa. (Diapo 55) • Introduïm la 2^a Llei de Newton a partir de l'efecte que ha tingut la força que hem fet sobre el carretó. Per la interpretació de la fórmula, simplement hem de parlar de la relació entre la massa i el canvi de moviment: a més massa, més dificultat per canviar de moviment. • Posarem un objecte sobre la plataforma amb rodes i farem que es mogui i pari de cop. Demanarem que expliquin per quin motiu l'objecte de la plataforma s'ha continuat movent

	mentre la plataforma s'ha quedat quieta, quan ha xocat. Introduïrem la inèrcia.
Discurs professorat	El de menys serà l'enunciat oficial de la Llei. S'han de quedar amb el concepte que quan actua una força o quan les sumem totes no s'anul·len entre elles, un objecte donat variarà el seu moviment s'aturarà o reduirà velocitat o augmentarà velocitat). A banda, el paper de la massa en el canvi de moviment ha de ser relacionat directament amb la inèrcia, amb la dificultat del moviment.
Ús de representacions gràfiques	Representacions gràfiques (d'interaccions i de forces) de la situació d'empènyer o estirar el carretó quan no es mou cap dels dos equips que estiren la corda.
Diapositives corresponents	Diapos 53 – 58

Activitat 5 – Què mesura una balança?

Temps estimat	20 min
Treball alumnat	Fem sortir 1 alumne/a que es posi sobre una balança. En fem sortir un altre i que l'agafi per la cintura i l'estiri cap amunt, després cap avall. També podem proposar que es posin amb la balança a la taula, facin força contra el sostre i miren què passa amb la balança. <ul style="list-style-type: none"> • Quines forces estan actuant en aquesta situació? Què mesura la balança? • Dibuixar (diagrama d'interaccions de forces) les forces que actuen en cadascun dels casos: persona en una balança, persona en una balança que l'estiren cap amunt. Projectem una diapositiva (60) amb els passos per fer els diagrames d'interaccions i forces. • A partir de la variació del 'pes' que indica la balança, treballar sobre què és el que mesura la balança i la composició de forces. Per fer-ho usar, el cas més simple. Si algú m'abraça i m'estira amunt, la balança marca menys. Aprofitant aquest punt, expliquem la composició de forces a partir d'aquesta experiència.
Discurs professorat	La balança ens indica les forces que actuen sobre ella. Si ens hi posem nosaltres, simplement indicarà la força que estem fent nosaltres sobre ella. Si hi ha altres forces que actuen sobre la balança, el pes que marqui variarà. Si actuen en direcció contrària al pes, aquest disminuirà, si actuen en la mateixa direcció aquest augmentarà. A partir d'aquí, podem explicar la composició de forces a partir d'aquesta experiència.
Ús de representacions gràfiques	Representacions gràfiques (d'interaccions i de forces) de la situació de pesar-se a una balança i d'una persona que es pesa i l'estiren cap amunt.
Diapositives corresponents	Diapo 59 – 62

Activitat 3 – La massa, el pes, la gravetat i la pressió

Temps estimat	20 min
----------------------	--------

Treball alumnat	<p>A partir de la reflexió de la balança, traiem els conceptes de massa, pes, gravetat (força) i pressió.</p> <p>Per ajudar, posarem el vídeo dels castellers en el que es veuen les forces que fa la pinya baixen la pressió sobre la base d'un pilar. A la diapositiva 58, podem veure els enllaços del vídeo i els minuts en els que tenim els moments més importants.</p> <p>Després del vídeo, demanem directament que en facin les definicions de massa, pes, gravetat, pressió.</p>
Discurs professorat	<p>El discurs d'aquest moment ha de conduir-se cap a tancar les definicions ben diferenciades de massa, pes, gravetat i pressió. Si arriben ells mateixos a la definició millor. Podem revisar el concepte de composició de forces. Les definicions a les que hem d'arribar són:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Massa</i>: quantitat de matèria que té un objecte o substància. - <i>Pes</i>: força amb la que la Terra ens atreu cap al seu centre. - <i>Gravetat</i>: força d'atracció que es dona entre dos cossos, deguda a la seva massa. - <i>Pressió</i>: força exercida sobre una superfície donada.
Ús de representacions gràfiques	--
Diapositives corresponents	Diapo 63 - 64

SESSIÓ 4	DATA
Síntesi Flotabilitat i Palanques	--/--/----

Objectius de la sessió

- Concepte de la 3a Llei de Newton: si sobre un objecte actua una força, aquest farà una força de la mateixa intensitat i del sentit oposat .
- La caiguda dels cossos. Influència de la massa i la forma.
- Flotabilitat: quan submergim un cos a l'aigua, aquest rep una força vertical cap amunt, proporcionada per el fluid desplaçat. Aquesta força té el valor del pes del líquid desplaçat.

Recursos

- Fruites i verdures per la pràctica de flotació: 3 taronges, 3 pebrots, 3 plàtans, 3 pomes.
- Plastilina.
- Problema mamut (tasca per entregar?).

RESUM DE LA SESSIÓ

- 3a Llei de Newton – Problema nen i bàscula
- Flotabilitat – Treball amb fruites i verdures. (Treball de 1^a i 2^a Llei de Newton)
- Flotabilitat – Problema del mamut / plastilina

ACTIVITATS

Moviment i canvis de moviment

Activitat 1 – Problema del nen i la balança

Temps estimat	30 min
Treball alumnat	<p>El reprenem des d'on ens haguem quedat a la sessió anterior.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es planteja el problema del nen i la balança a partir de la fitxa on hi surt la imatge. • Abans que la gent faci la seva hipòtesi, demanem que facin la representació gràfica de la situació (interaccions i forces) i donin la resposta de quin serà el pes que marcarà la balança. En aquest cas, han de fer les interaccions en un diagrama i després, les forces en la fitxa que ja tenen per fer l'exercici. L'objectiu és que usin el diagrama per resoldre el problema. • Una vegada tothom dona la seva resposta, proposem de pesar-nos amb el pal i comprovar què surt. • Comparar les representacions que s'han fet i les forces que els han quedat representades a les fitxes. I, si no ha sortit, fer la representació que coincideix amb el resultat observat. • Les solucions de les forces que actuen sobre cada objecte, estan de la diapositiva 69 a la 71.
Discurs professorat	Amb aquest exercici es treballarà amb un cas on es posa en evidència la 3a Llei de Newton. En un principi, treballant amb les interaccions entre objectes i les forces entre ells ja han de tenir assumida la 3a llei i l'acció-reacció. Aquesta activitat ha de servir per acabar de resoldre tots els dubtes que sorgeixin.
Ús de representacions gràfiques	Els alumnes faran la representació d'interaccions i forces de la situació en petits grups. La representació de forces definitiva estarà inclosa a la presentació per tal de poder-la comentar i compartir.
Diapositives corresponents	Diapos 65 – 71

Activitat 2 – La caiguda dels cossos

Temps estimat	15 min
----------------------	--------

Treball alumnat	<ul style="list-style-type: none"> • Plantegem la pregunta de la diapositiva 72. Quan hagin respost, deixem caure la pilota i el full de paper i comprovem si tenien raó o no. • A partir d'aquí fem el mateix amb les preguntes de les diapositives 72 i 74. • Una vegada haguem vist que la bola de paper i la pilota cauen a la mateixa velocitat, demanem que ens expliquin per quin motiu. • A continuació posem un parell de vídeos de caigudes lliures al buit (els de les diapositiva 75). Per veure el paper que hi té l'atmosfera. La idea és que siguin ells mateixos que acabin explicant per quin motiu passa.
Discurs professorat	<p>L'objectiu d'aquesta activitat és que vegin per ells mateixos que els cossos no se senten atrets a la Terra amb més o menys força en funció del seu pes, sinó que tots s'hi senten atrets per igual. I per tant, tots cauen amb la mateixa acceleració i per tant, tots arriben alhora a Terra si parteixen del repòs quan comencen a caure.</p> <p>El que fa que uns caiguin més lents que altres és la resistència amb l'aire. Podem recordar el cas de la caiguda lliure de la sessió 1 de forces.</p>
Ús de representacions gràfiques	---
Diapositives corresponents	Diapo 72 – 76

Activitat 3 – Flotabilitat: factors que hi intervenen

Temps estimat	45 min
Treball alumnat	<p>Es fa una introducció al concepte de flotabilitat a partir d'imaginar-nos un vaixell.</p> <p>Demanem de què depèn que floti i com li afecten el volum i el tipus de líquid en el que es troba.</p>
Discurs professorat	<p>Aquesta primera activitat únicament serveix per treballar els coneixements previs que tenen sobre tot allò que envolta a la flotabilitat.</p> <p>Han de considerar tant la massa, com el volum, com les característiques del fluid en el que hi posem el sòlid.</p>
Ús de representacions gràfiques	---
Diapositives corresponents	Diapo 77 – 78

Activitat 4 – Flotabilitat de diferents fruites i verdures

Treball alumnat	<p>Treball de la flotabilitat, mitjançant una pràctica amb les següents fruites i verdures.</p> <p>Es proporcionen les verdures a cada grup (3 grups d'unes 6 – 8 persones) i es va guiant l'evolució de la sessió. Per cada una de les fruites o verdures, hem de preveure si flotarà o no i deixar-la caure a l'aigua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pebrot - previsió. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Poma - previsió. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Plàtan amb pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Plàtan sense pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Taronja amb pell. Flota o no? Provar i deixar-lo a l'aigua. • Taronja sense pell. Flota o no? No especificar si han de deixar pell o no. Fer veure les diferències que sorgeixin.
------------------------	---

	<p>Anar apuntant a la pissarra els resultats sense representació.</p> <p>Una vegada revisats tots els casos, demanar que dibuixin un diagrama d'interacció d'una verdura qualsevol i l'aigua. A partir d'aquí, situar les forces resultants de cada fruita per explicar el què ha passat.</p> <p>Si veiem que s'allarga molt per totes les fruites, ho podem fer per les més significatives o que necessiten de més comprensió: la taronja (amb i sense pell), per exemple.</p>
Discurs professorat	<p>Encara no donarem una explicació sobre la flotació, però si que anirem fent de guia perquè vagin sortint sobre la taula, els aspectes importants que es necessiten per comprendre el concepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formes i la influència que poden tenir. • Contingut d'aire dins de la fruita / verdura i relació d'això amb la seva densitat. • Observar les diferències d'una mateixa fruita/verdura amb o sense aigua dins. <p>Quan treballem amb les representacions gràfiques, tenir en compte que s'han de començar a aclarir els conceptes següents:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les forces es sumen (de manera que poden anul·lar-se, duplicar la seva intensitat...). • Quan introduïm un objecte en un fluid aquest, exerceix una força sobre l'objecte.
Ús de representacions gràfiques	<p>Representacions d'interacció d'un cas genèric.</p> <p>Representació de les forces per cada verdura.</p>
Diapositives corresponents	Diapo 78 – 84

Activitat 1 – Revisió del treball fet en el bloc

Treball alumnat	•
Discurs professorat	<p>A partir de les situacions de l'exercici anterior, treballar sobre diferents conceptes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1a Llei – si no es mou l'objecte, no hi ha forces o són oposades (casos de flotació). • 2a Llei – quan actua una força, canvi en la velocitat i moviment. • Oposició de les forces igual a força nul·la, es poden sumar. <p>Mirar de trobar un primer consens de representació de forces.</p>
Ús de representacions gràfiques	
Diapositives corresponents	

Annex 5. Presentació *Power Point* usada durant les sessions del curs 2017/18



“
MOVIMENT

FORCES

INTERACCIONS, CANVIS I MOVIMENT


DIDÀCTICA DE LA MATÈRIA
L'ENERGIA I LA INTERACCIÓ

PLUJA D'IDEES QUÈ ÉS EL MOVIMENT?

- Què sabem del moviment?
- Com es produeix?
- Quines variables hem de tenir en compte?
- Quins canvis es produeixen?
- Com ho podem representar?
- Dóna alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de moviments
- Què vol dir moure's?
- Com sé si un objecte s'està movent?
- On és un objecte (determinat)?

ON SÓC?

- Què necessitem per poder representar la nostra posició?
- Com podem determinar la posició?



POSICIÓ I SISTEMA DE REFERÈNCIA

- La **posició** ens indica la localització d'una partícula (objecte) al espai.
- Els **objectes de referència** són aquells que utilitzem per situar-ne d'altres a l'espai.
- El **sistema de referència** és un conjunt de convencions usades per un observador per poder mesurar la posició i altres magnituds físiques d'un sistema físic.

No té sentit parlar de moviment sense especificar un sistema de referència.

CANVI DE POSICIÓ

Què passa quan vaig d'un lloc a un altre?

CANVI DE POSICIÓ

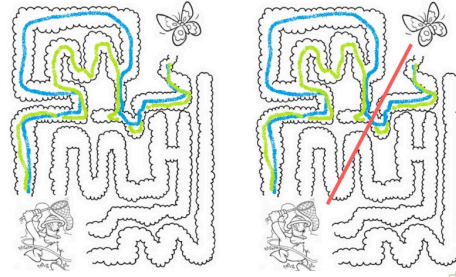
Què passa quan vaig d'un lloc a un altre?

DESPLAÇAMENT

- És la variació de posició d'un objecte entre un punt B i el seu origen en un punt A.
- Quan es parla del desplaçament a l'espai només importa la posició inicial i la posició final, ja que la trajectòria que es descriu no és d'importància.
- Es representa amb un vector des del punt inicial fins a la posició final.

CANVI DE POSICIÓ

Què passa quan vaig d'un lloc a un altre?



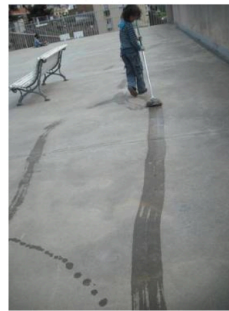
CANVI DE POSICIÓ

Quin recorregut faig?

TRAJECTÒRIA

- És el conjunt de totes les **posicions** per les quals passa un cos en el seu moviment.
- La trajectòria depèn del sistema de referència en què es descriu el moviment; és a dir del punt de vista de l'observador.

ENS DESPLACEM POSICIÓ INICIAL A POSICIÓ FINAL



ENS DESPLACEM POSICIÓ INICIAL A POSICIÓ FINAL



Marquem la trajectòria que fem entre un punt inicial i un punt final.

TRAJECTÒRIA RECTA

TRAJECTÒRIA CORBA



CANVI DE POSICIÓ

Per on m'he mogut?

CAMÍ RECORREGUT

- El camí recorregut és tot l'espai que recorre un objecte durant el seu moviment.



ENS DESPLACEM

POSICIÓ INICIAL A POSICIÓ FINAL



CANVI DE POSICIÓ

Quant trigo a arribar?

Els desplaçaments no els fem instantàniament. Sempre triguem un temps per anar d'un lloc a un altre.

CANVI DE POSICIÓ

Quant trigo a arribar?

Els desplaçaments no els fem instantàniament. Sempre triguem un temps per anar d'un lloc a un altre.

VELOCITAT

La variació de posició o desplaçament en un interval de temps determinat.

CANVI DE POSICIÓ

Quant trigo a arribar?



UN SALT ESTRATOSFÈRIC

- Quin desplaçament fa? En què el mesuràrieu?
- Quin és el camí recorregut? En què el mesuràrieu?
- Quina velocitat porta al llarg de la caiguda?
- Hi ha canvis en la velocitat al llarg de la caiguda? Com són?
- Hi ha algun causant de cada modificació?

UN SALT ESTRATOSFÈRIC



<https://www.youtube.com/watch?v=dYw4meRWGd4>

CANVI DE VELOCITAT

Què passa quan canvia la velocitat?

De quantes maneres diferents pot variar un moviment?

CANVI DE VELOCITAT

Què passa quan canvia la velocitat?

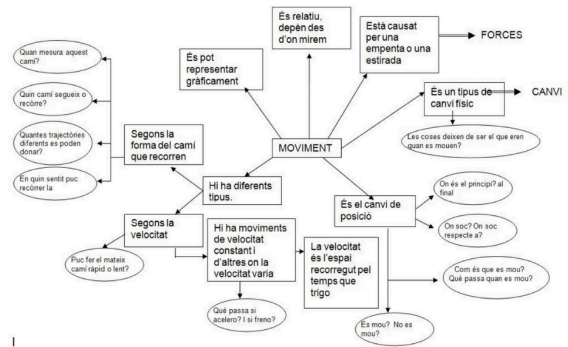
Quan modifico algun dels components de la velocitat (magnitud, direcció i/o sentit) diem que hi ha una variació de la velocitat.

Aquesta variació succeeix en un temps determinat.

ACCELERACIÓ

La variació de la velocitat en un temps determinat.

IDEES CLAU - MOVIMENT



“

PLUJA D'IDEES

QUÈ SABEM DE LES FORCES?

FORCES

PLUJA D'IDEES QUÈ SABEM DE LES FORCES?



PLUJA D'IDEES QUÈ SABEM DE LES FORCES?

- Què és una força?
- Com es produeixen?
- Quins efectes produeixen?
- Qui pot produir forces?
- Posa alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de forces.

FEM FORÇA AMB EL COS Movem un carretó

Què li passa a la plataforma...
... després d'estirar-la?
... després de donar-li una empenta?



FEM FORÇA AMB EL COS Movem un carretó

- A què es deu que el carretó es mogui? I què es pari?
- Com podem aconseguir que s'aturi o vagi més ràpid?
- De què dependrà que ho puguem aconseguir?
- Com estem fent la força?
- Quins cossos estan implicats en la situació?

FEM FORÇA AMB EL COS Estirem la corda

Quins estiraments o empentes es fan sobre la corda?
Qui fa aquests estiraments?



FEM FORÇA AMB EL COS Estirem la corda

- Quines forces estan actuant en aquesta situació?
- Si tots dos grups fan la mateixa força, cap a on es mou la corda (i les persones)?
- Com estem fent la força?
- Quins cossos estan implicats en la situació?

QUÈ SÓN I QUÈ PODEN FER LES FORCES?

- Què és una força?
- Com es produeixen?
- Quins efectes produeixen?
- Qui pot produir forces?
- Posa alguns exemples quotidians on puguis reconèixer diferents tipus de forces.

QUÈ SÓN I QUÈ PODEN FER LES FORCES?

Les forces són empentes i estirades que es donen quan dos objectes interactuen.

Una força pot:

- canviar la forma dels objectes.
- canviar el moviment dels objectes.

QUÈ SÓN I QUÈ PODEN FER LES FORCES?

Una força pot:

- **canviar el moviment** dels objectes

Començar a moure objectes.

Aturar objectes.

Fer que un objecte canviï de direcció.

Fer que un objecte es mogui més ràpid o més lent.

LA FORÇA ES TÉ?

Tenim energia, que ens permet fer força sobre un altre cos.

Les forces s'exerceixen, no es tenen.

Perquè hi hagi una força **sempre hi ha d'haver dos cossos interactuant.**

LA FORÇA ES FA!

Un cop **acabada la interacció**, la **força ja no hi és**, el que es queda és l'energia que s'ha pogut transferir.

Per analitzar una situació, per tant, haurem de preguntar-nos:

Qui o què fa la força?
Sobre qui o què fa la força?

COM REPRESENTEM LES INTERACCIONS?

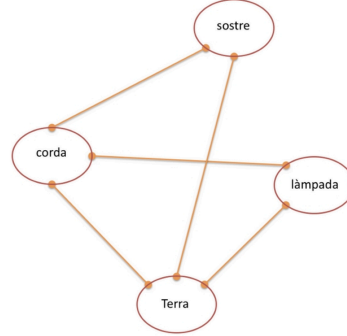
0. Definim la situació que volem analitzar.



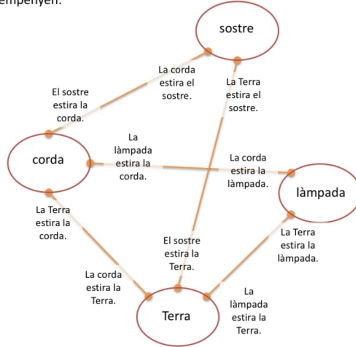
1. Dibuíem tots els objectes que estan interactuant en la situació.



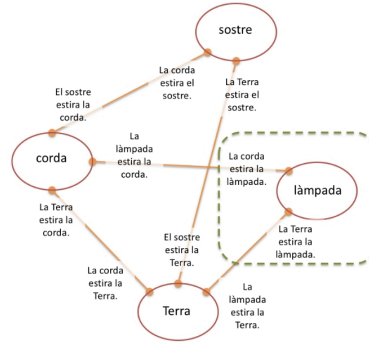
2. Dibuíem les interaccions que hi ha entre els objectes. Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.



3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.



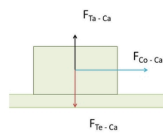
4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.



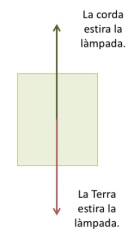
COM REPRESENTEM LES FORCES?

Les forces es poden representar gràficament amb fletxes (vectors).

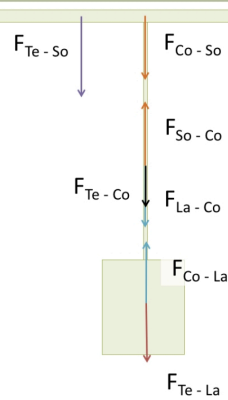
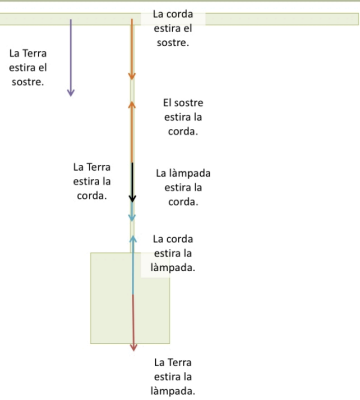
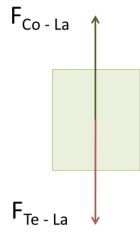
- La **quantitat de força** es pot representar amb la **longitud** de la fletxa.
- La **direcció de la força** es pot representar amb la **direcció de la fletxa**.
- La fletxa la situarem sobre el cos sobre el que s'està exercint la força.



Si la interacció queda tallada, només podrem dibuixar una de les dues forces, la que actua sobre el cos que ha quedat dins del sistema.



Si la interacció queda inclosa per complet dins del requadre, haurem de dibuixar les dues forces, una sobre cada cos.



FEM FORÇA AMB EL COS Estirem la corda

Quines forces actuen quan estirem la corda?

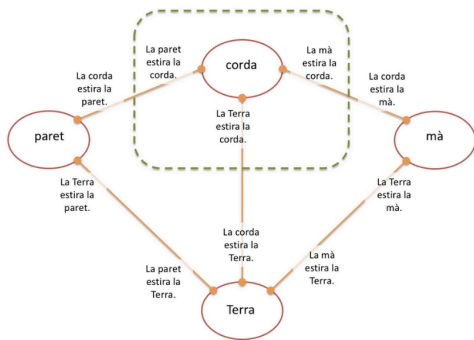
FEM FORÇA AMB EL COS Estirem la corda

Passos per dibuixar els diagrames d'interaccions i forces.

0. Definim la situació que volem analitzar.
1. Dibuixem tots els objectes que estan interactuant en la situació.
2. Dibuixem les interaccions que hi ha entre els objectes.
 - Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.
3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.
4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.
 - Si la **interacció queda tallada**, només podrem dibuixar una de les dues forces, la que actua sobre el cos que ha quedat dins del sistema.
 - Si la **interacció queda inclosa** per complet dins del requadre, haurem de dibuixar les dues forces, una sobre cada cos.

FEM FORÇA AMB EL COS

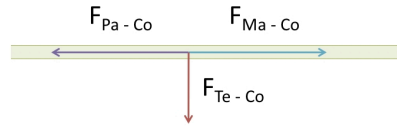
Estirem la corda



FEM FORÇA AMB EL COS

Estirem la corda

Diagrames d'interaccions i forces.



EQUILIBRI

En ocasions, els objectes reben empentes i estiraments iguals i de sentit contrari. En aquests casos hi ha situacions d'equilibri.

Si les forces s'equilibren, **no hi ha força neta, i per tant, no hi haurà canvi en el moviment o la forma.**



<https://www.youtube.com/watch?v=-GTvyRWfsls>

1ª LLEI DE NEWTON

Tot cos persevera en el seu estat de repòs o moviment uniforme i rectilini tret que sigui obligat a canviar el seu estat per forces exercides sobre ell.



FEM FORÇA AMB EL COS

Movem un carretó

Quines forces actuen en aquesta situació?



FEM FORÇA AMB EL COS

Movem un carretó

Passos per dibuixar els diagrames d'interaccions i forces.

0. Definim la situació que volem analitzar.
1. Dibuíem tots els objectes que estan interactuant en la situació.
2. Dibuíem les interaccions que hi ha entre els objectes.
 - Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.
3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.
4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.
 - Si la **interacció queda tallada**, només podrem dibuixar una de les dues forces, la que actua sobre el cos que ha quedat dins del sistema.
 - Si la **interacció queda inclosa** per complet dins del requadre, hauréem de dibuixar les dues forces, una sobre cada cos.

FEM FORÇA AMB EL COS

Movem un carretó

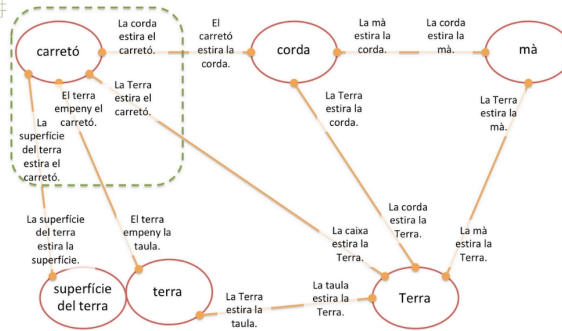
L'efecte de la força resultant sobre els objectes depèn de la seva resistència a canviar el seu moviment.

Aquesta resistència és deguda a la massa i l'anomenem **inèrcia**.



FEM FORÇA AMB EL COS

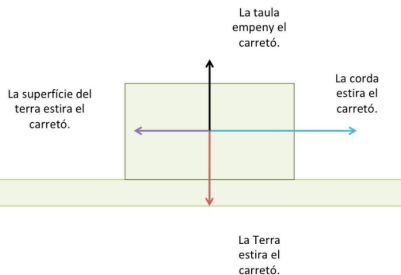
Movem un carretó



FEM FORÇA AMB EL COS

Movem un carretó

Diagrames d'interaccions i forces.



2ª LLEI DE NEWTON

El canvi d'estat de moviment que es produeix en un objecte (**acceleració**) depèn de la força neta que rebí i de la inèrcia que tingui (**massa**).

$$F = m \cdot a$$

QUÈ MESURARÀ LA BALANÇA?

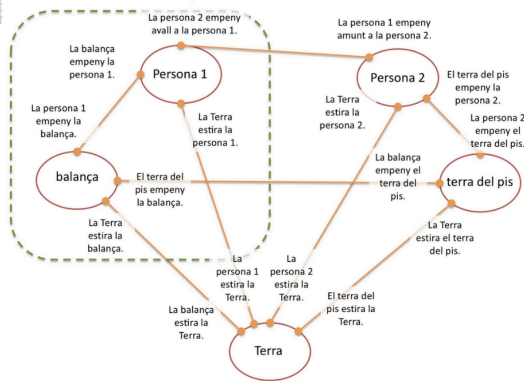


QUÈ MESURARÀ LA BALANÇA?

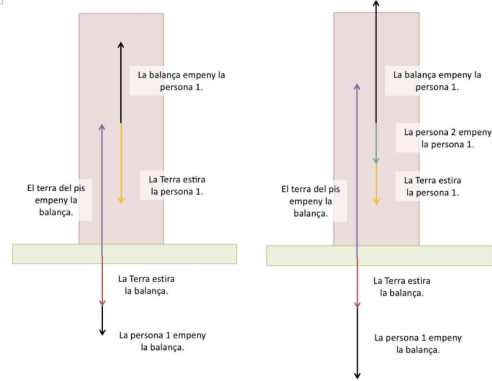
Passos per dibuixar els diagrames d'interaccions i forces.

0. Definim la situació que volem analitzar.
1. Dibuixem tots els objectes que estan interactuant en la situació.
2. Dibuixem les interaccions que hi ha entre els objectes.
 - Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.
3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.
4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.
 - Si la **interacció queda tallada**, només podrem dibuixar una de les dues forces, la que actua sobre el cos que ha quedat dins del sistema.
 - Si la **interacció queda inclosa** per complet dins del requadre, haurèm de dibuixar les dues forces, una sobre cada cos.

QUÈ MESURARÀ LA BALANÇA?

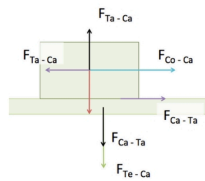


QUÈ MESURARÀ LA BALANÇA?



LA COMPOSICIÓ DE FORCES

- Les forces que actuen sobre un mateix cos, en la mateixa direcció i sentit es sumen.
- Les forces que actuen sobre un mateix cos, en la mateixa direcció i diferents sentit es resten.



LA COMPOSICIÓ DE FORCES

Pressió, massa, pes i castellers



Minut - 12:04

<https://www.youtube.com/watch?v=o79oQrwMOco>

PERDRE PES, QUE NO PERDRE KG



PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN



- Què marcarà la balança quan el nen es recolzi en el pal?
- I si recolza el pal fora de la balança?

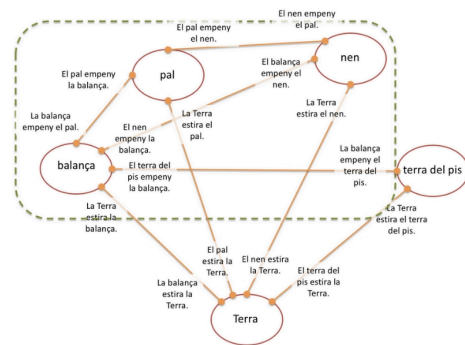
PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN

Passos per dibuixar els diagrames d'interaccions i forces.

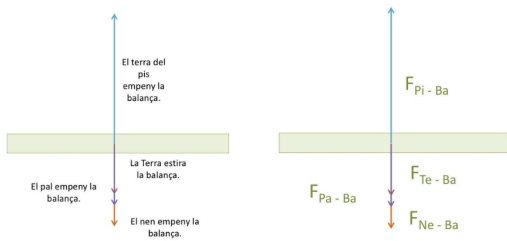
0. Definim la situació que volem analitzar.
1. Dibuixem tots els objectes que estan interactuant en la situació.
2. Dibuixem les interaccions que hi ha entre els objectes.
 - Interactuaran tots aquells que estiguin en contacte o s'estirin o s'empenyin a distància.
3. Escrivim les forces que es donen en cada interacció. Especifiquem si els cossos s'estiren o s'empenyen.
4. Seleccionem el sistema d'objectes que volem analitzar.
 - Si la **interacció queda tallada**, només podrem dibuixar una de les dues forces, la que actua sobre el cos que ha quedat dins del sistema.
 - Si la **interacció queda inclosa** per complet dins del requadre, haurem de dibuixar les dues forces, una sobre cada cos.

PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN

Diagrames d'interaccions

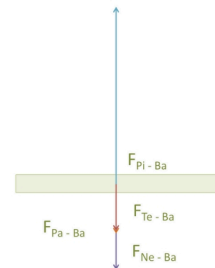


PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN



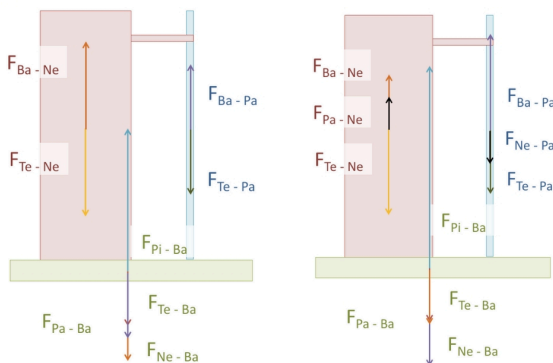
Forces que actuen sobre la balança quan el nen **no fa força** sobre el pal.

PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN



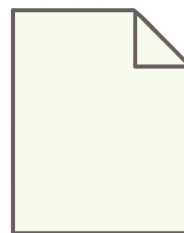
Forces que actuen sobre la balança quan el nen **fa força** sobre el pal.

PROBLEMA - LA BALANÇA I EL NEN



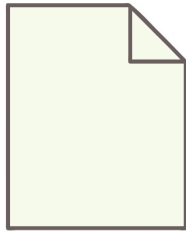
CAIGUDA LLIURE DELS COSSOS

Quin cos caurà abans?



CAIGUDA LLIURE DELS COSSOS

Quin cos caurà abans?



bola de paper



CAIGUDA LLIURE DELS COSSOS

Quin cos caurà abans?



bola de paper



CAIGUDA LLIURE DELS COSSOS

Caiguda de cossos al buit



<https://www.youtube.com/watch?v=KDP1tiUsZw8>



<https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

CAIGUDA LLIURE DELS COSSOS

Caiguda de cossos al buit

El temps de caiguda dels cossos **no depèn de la massa d'aquests.**

En absència de fricció amb l'aire o quan la fricció pot considerar-se igual (objectes amb igual geometria), l'acceleració de la caiguda lliure és independent de la massa de l'objecte que cau, perquè tot i que la Terra **estira més fort dels objectes més massius**, aquests també **es resisteixen més a canviar de moviment** i l'efecte es compensa.

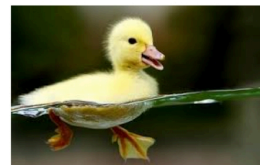
FLOTABILITAT



La **flotabilitat** és la capacitat que tenen els cossos de mantenir-se dins d'un fluid.

Quins factors hi intervenen?

FLOTABILITAT



La **flotabilitat** és la capacitat que tenen els cossos de mantenir-se dins d'un fluid.

Quins factors hi intervenen?

Com afecta la forma (volum) a la flotabilitat?

Com afecta el tipus de líquid (aigua salada, dolça) a la flotabilitat?

FLOTABILITAT

Posem a prova la flotabilitat de les verdures.



FLOTABILITAT

Qüestió de força o de densitat?

Un cos submergit en un líquid rep una força "cap amunt" que depèn del volum del líquid desplaçat. Aquesta força és igual al Pes d'aquest líquid desplaçat (**Principi d'Arquímedes**).

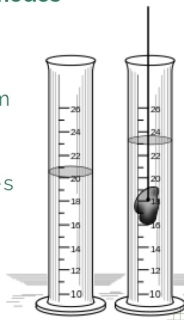
La flotabilitat d'un cos depèn de la diferència de densitats, la qual implica volum desplaçat i la massa dels cossos.

FLOTABILITAT

El principi d'Arquímedes

Un cos submergit en un líquid rep una força "cap amunt" que depèn del volum del líquid desplaçat.

Aquesta força és igual al pes d'aquest líquid desplaçat.



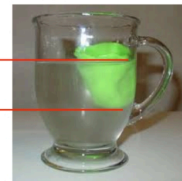
FLOTABILITAT

La relació entre massa i volum

Si l'objecte té **més densitat** que el fluid on es troba, **s'enfonsarà**.

Si l'objecte té **menys densitat** que el fluid on es troba, **flotarà**.

Quina és la densitat d'un objecte?



FLOTABILITAT

La densitat d'un objecte

La densitat d'un objecte és una combinació de les densitats de cada material que el forma.

Normalment,

- Si l'objecte conté aire, la seva densitat disminueix.
- Si l'objecte s'omple d'aigua, la seva densitat augmenta.

FLOTABILITAT

Densitats relatives

- Les coses no sempre suren o s'enfonsen.
- Depèn de les densitats relatives entre els fluids amb els que treballem.



Annex 6. Consentiment informat



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

L'APRENTATGE DE LES FORCES AL GRAU DE MESTRE D'EDUCACIÓ PRIMÀRIA

Tesi doctoral

FORMULARI DE CONSENTIMENT

Feu una creu als requadres si esteu d'acord amb l'enunciat que els acompanya.

1. Entenc que la meva participació en l'estudi de la tesi doctoral d'Àngela Garcia Lladó, és voluntària.
2. Entenc que les meves respostes i qualsevol dada que tingui connexió amb mi, seran estrictament confidencials i que no seré mai identificat pel nom.
3. Entenc que les dades generades per la recerca només s'utilitzaran per a finalitats acadèmiques.
4. Entenc que les dades relacionades amb les meves respostes i activitat no seran utilitzades, en cap cas, de manera pejorativa cap a la meva persona, les meves opinions, la meva activitat acadèmica o els meus resultats.
5. Permeto que els membres de l'equip de recerca es posin en contacte amb mi per correu electrònic, en cas de necessitar-ho per la recerca.
6. Accepto participar en la recerca 'L'aprenentatge de les forces al Grau de Mestre d'Educació Primària', que té com a objectiu final millorar l'assignatura de Didàctica de la Matèria, l'Energia i la Interacció.

Nom de la persona participant

Data

Signatura

E-mail de la persona participant:

Moltes gràcies!

Per qualsevol dubte us podeu posar en contacte amb:

Àngela Garcia Lladó – angela.garcia@ub.edu

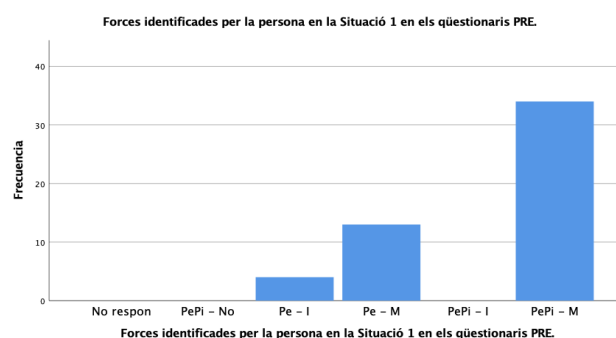
Annex 7. Resultats detallats del qüestionari pel curs 2016/17

Mesures d'estadística descriptiva per avaluar el coneixement de forces abans de fer l'assignatura en base a les respostes de S1 a S3.

a) **Quines forces identifica a les tres situacions?** – Distribució de freqüències dels PRE (2016/17)

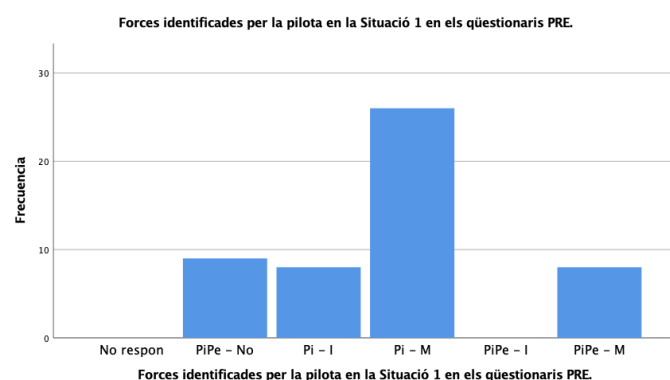
Taula i figura de la Situació 1.
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	0	0,0
PePi-No	0	0,0
Pe – I	4	7,8
Pe – M	13	25,5
PePi – I	34	66,7
PePi – M	0	0,0
Total	51	100,0



Per la pilota

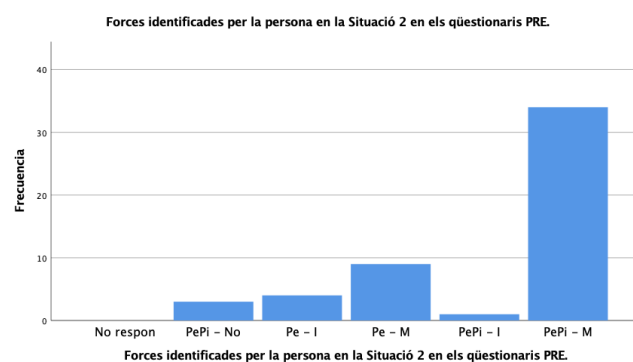
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	0	0,0
PiPe-No	9	17,6
Pi – I	8	
Pi – M	26	
PiPe – I	0	0,0
PiPe – M	8	15,7
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 2.

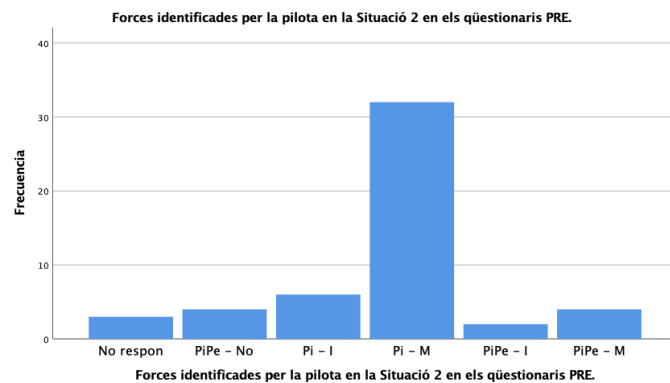
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	0	0,0
PePi-No	3	5,9
Pe – I	4	7,8
Pe – M	9	17,6
PePi – I	1	2,0
PePi – M	34	66,7
Total	51	100,0



Per la pilota

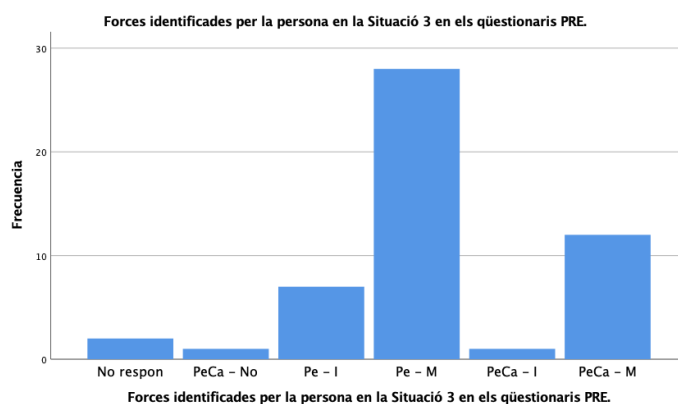
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	3	5,9
PiPe-No	4	7,8
Pi - I	6	11,8
Pi - M	32	62,7
PiPe - I	2	3,9
PiPe - M	4	7,8
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

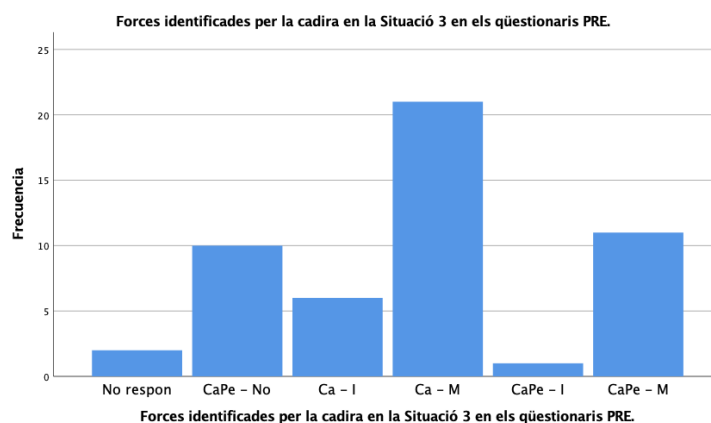
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	2	3,9
PeCa-No	1	2,0
Pe - I	7	13,7
Pe - M	28	54,9
PeCa - I	1	2,0
PeCa - M	12	23,5
Total	51	100,0



Per la cadira

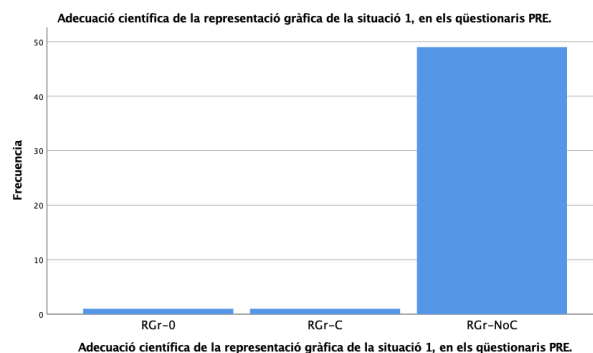
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	2	3,9
CaPe-No	10	19,6
Ca - I	6	11,8
Ca - M	21	41,2
CaPe - I	1	2,0
CaPe - M	11	21,6
Total	51	100,0



b) **Fa la representació gràfica científicament correcta?** - Distribució de freqüències dels PRE (2016/17)

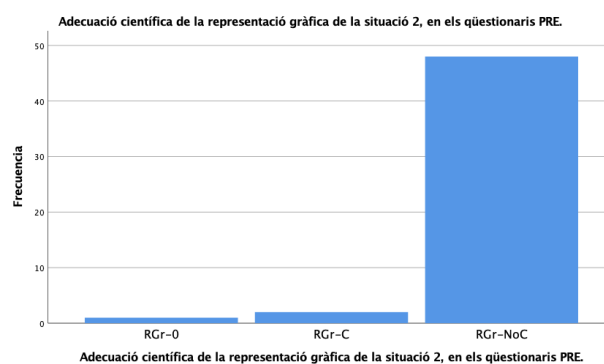
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	1	2,0
RGr-C	1	2,0
RGr-NoC	49	96,1
Total	51	100,0



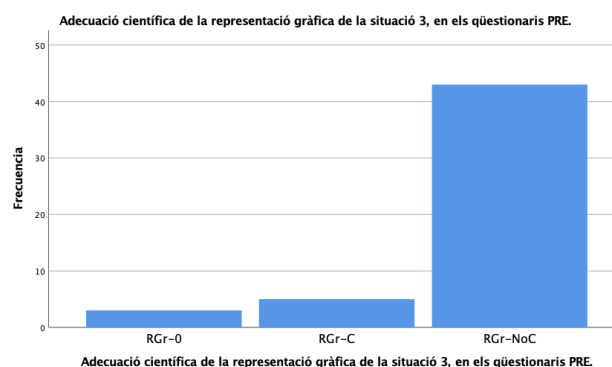
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	1	2,0
RGr-C	2	3,9
RGr-NoC	48	94,1
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	3	5,9
RGr-C	5	9,8
RGr-NoC	43	84,3
Total	51	100,0



- c) **Quin model mental de força expressa?** – S’ha de mirar per cada situació i objecte. –
Distribució de freqüències dels PRE (2016/17) de les situacions 1, 2, 3.

Taula i figura de la Situació 1.

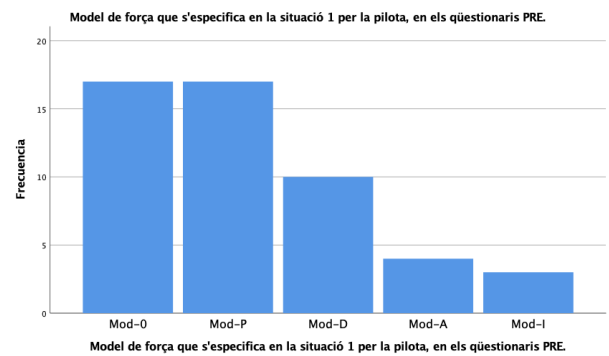
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	4	7,8
Mod-P	15	29,4
Mod-D	3	5,9
Mod-A	26	51,0
Mod-I	3	5,9
Total	51	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	17	33,3
Mod-P	17	33,3
Mod-D	10	19,6
Mod-A	4	7,8
Mod-I	3	5,9
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 2.

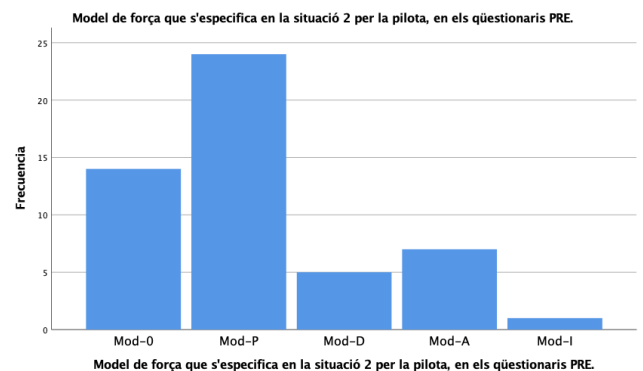
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	9	17,6
Mod-P	5	9,8
Mod-D	13	25,5
Mod-A	23	45,1
Mod-I	1	2,0
Total	51	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	14	27,5
Mod-P	24	47,1
Mod-D	5	9,8
Mod-A	7	13,7
Mod-I	1	2,0
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	11	21,6
Mod-P	12	23,5
Mod-D	13	25,5
Mod-A	12	23,5
Mod-I	3	5,9
Total	51	100,0



Per la cadira

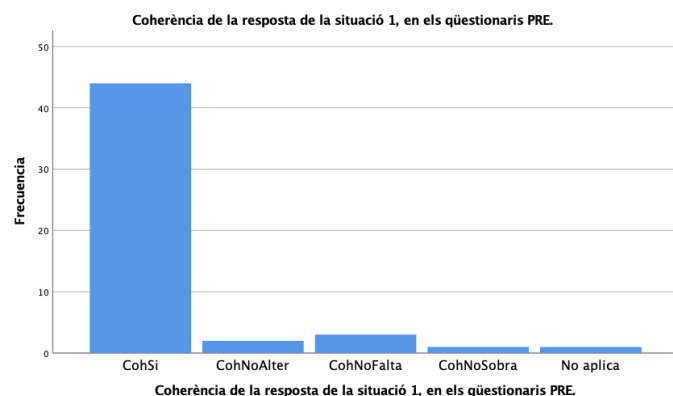
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	16	31,4
Mod-P	5	9,8
Mod-D	22	43,1
Mod-A	5	9,8
Mod-I	3	5,9
Total	51	100,0



- d) És coherent el seu discurs (identificació + explicació + rep. gràfica)? – Distribució de freqüències PRE (2016/17)

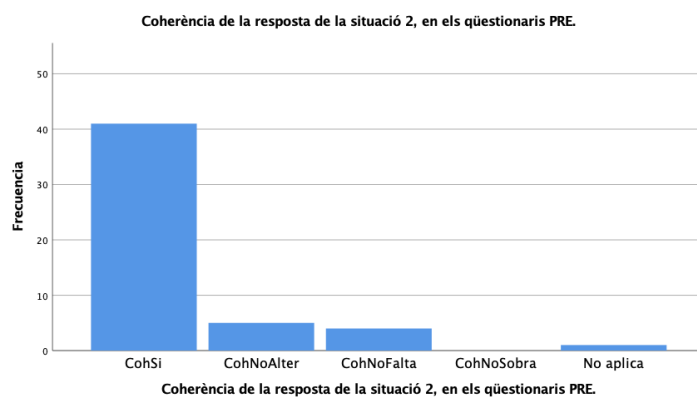
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	44	86,3
CohNoAlter	2	3,9
CohNoFalta	3	5,9
CohNoSobra	1	2,0
No aplica	1	2,0
Total	51	100,0



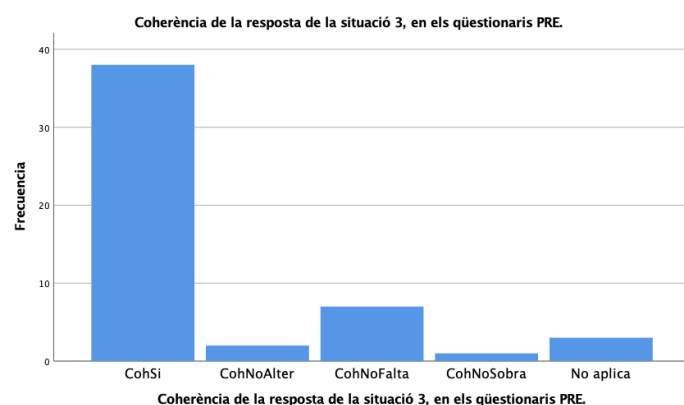
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	41	80,4
CohNoAlter	5	9,8
CohNoFalta	4	7,8
CohNoSobra	0	0,0
No aplica	1	2,0
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	38	74,5
CohNoAlter	2	3,9
CohNoFalta	7	13,7
CohNoSobra	1	2,0
No aplica	3	5,9
Total	51	100,0

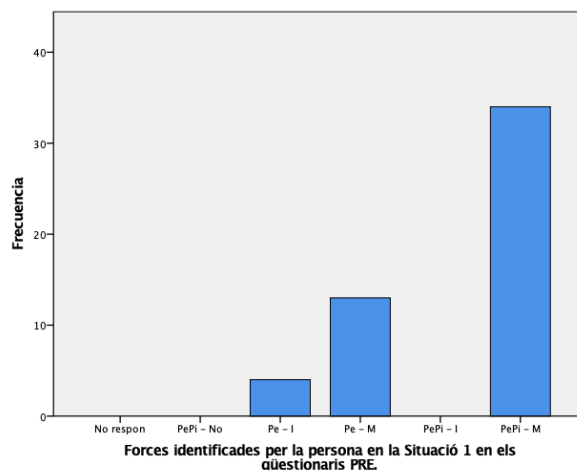


Mesures estadístiques per avaluar el coneixement de forces quan s'ha acabat l'assignatura en base a les respostes de S1 a S3.

a) **Quines forces identifica a les tres situacions?** - Distribució de freqüències dels POST (2016/17)

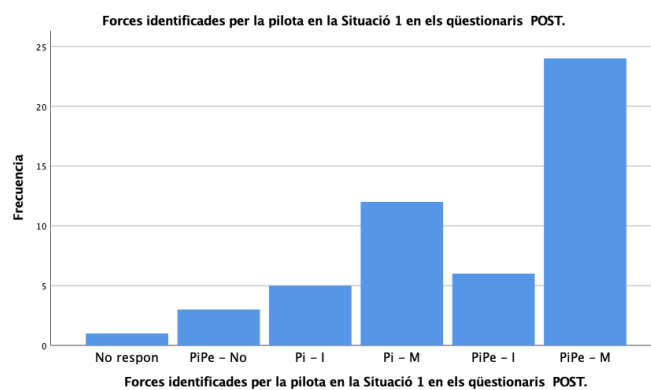
Taula i figura de la Situació 1.
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	0	0,0
PePi-No	0	0,0
Pe - I	1	2,0
Pe - M	9	17,6
PePi - I	5	9,8
PePi - M	36	70,6
Total	51	100,0



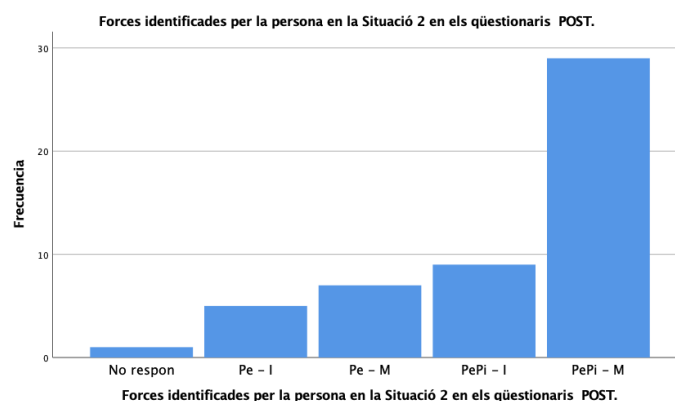
Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	1	2,0
PiPe-No	3	5,9
Pi - I	5	9,8
Pi - M	12	23,5
PiPe - I	6	11,8
PiPe - M	24	47,1
Total	51	100,0



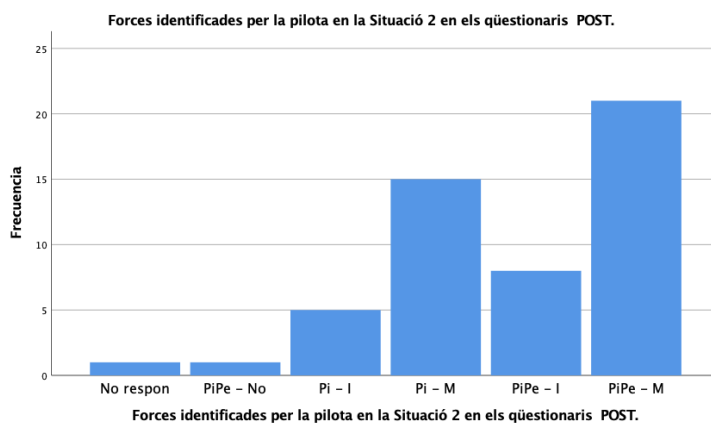
Taula i figura de la Situació 2.
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	1	2,0
PePi-No	0	0,0
Pe - I	5	9,8
Pe - M	7	13,7
PePi - I	9	17,6
PePi - M	29	56,9
Total	51	100,0



Per la pilota

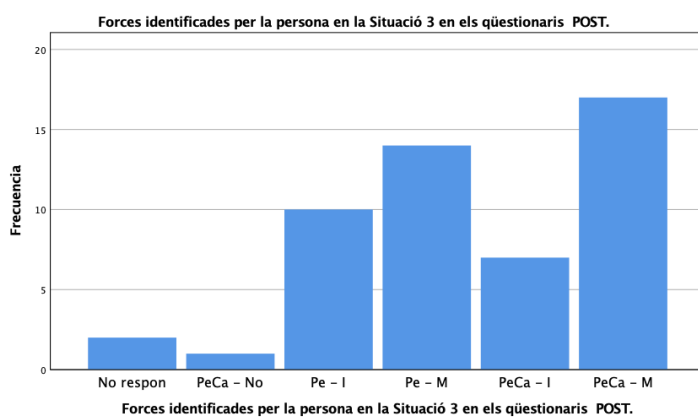
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	1	2,0
PiPe-No	1	2,0
Pi – I	5	9,8
Pi – M	15	29,4
PiPe – I	8	15,7
PiPe – M	21	41,2
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

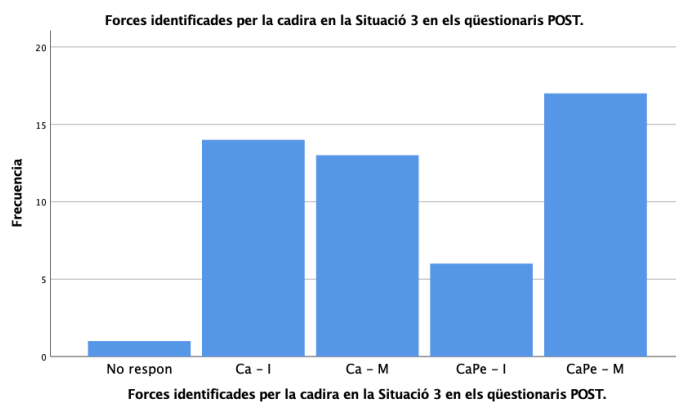
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	2	3,9
PeCa-No	1	2,0
Pe – I	10	19,6
Pe – M	14	27,5
PeCa – I	7	13,7
PeCa – M	17	33,3
Total	51	100,0



Per la cadira

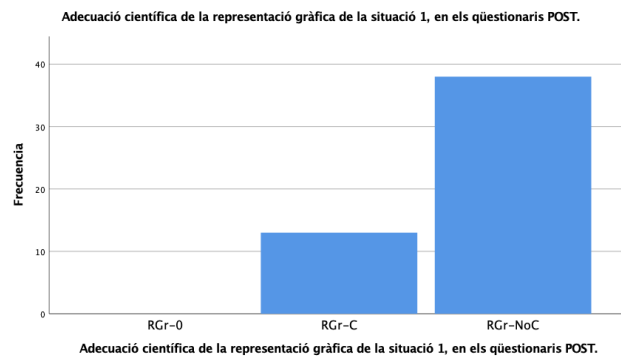
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	1	2,0
CaPe-No	0	0,0
Ca – I	14	27,5
Ca – M	13	25,5
CaPe – I	6	11,8
CaPe – M	17	33,3
Total	51	100,0



b) **Fa la representació gràfica científicament correcta?** - Distribució de freqüències dels POST
(2016/17)

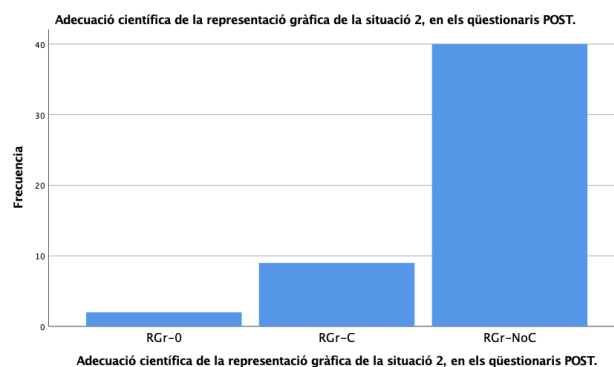
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	0	0
RGr-C	13	25,5
RGr-NoC	38	74,5
Total	51	100,0



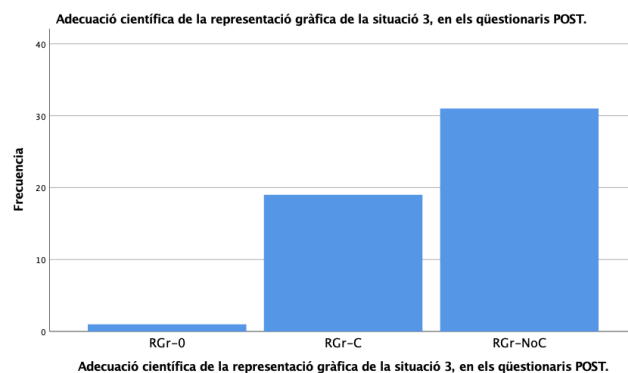
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	2	3,9
RGr-C	9	17,6
RGr-NoC	40	78,4
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	1	2,0
RGr-C	19	37,3
RGr-NoC	31	60,8
Total	51	100,0



- c) **Quin model mental de força expressa?** - S'ha de mirar per cada situació i objecte. –
Distribució de freqüències dels POST (2016/17) de les situacions 1, 2, 3.

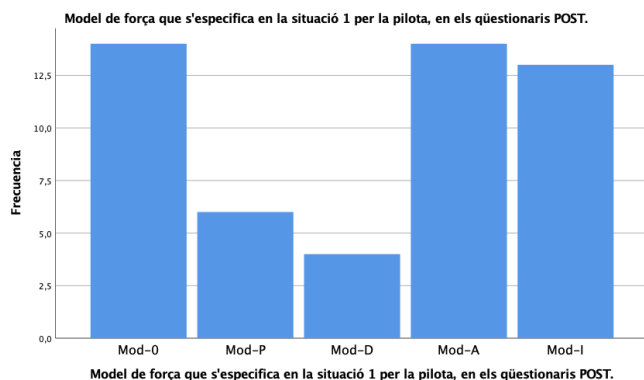
**Taula i figura de la Situació 1.
Per la persona**

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	6	11,8
Mod-P	5	9,8
Mod-D	1	2,0
Mod-A	26	51,0
Mod-I	13	25,5
Total	51	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	14	27,5
Mod-P	6	11,8
Mod-D	4	7,8
Mod-A	14	27,5
Mod-I	13	25,5
Total	51	100,0



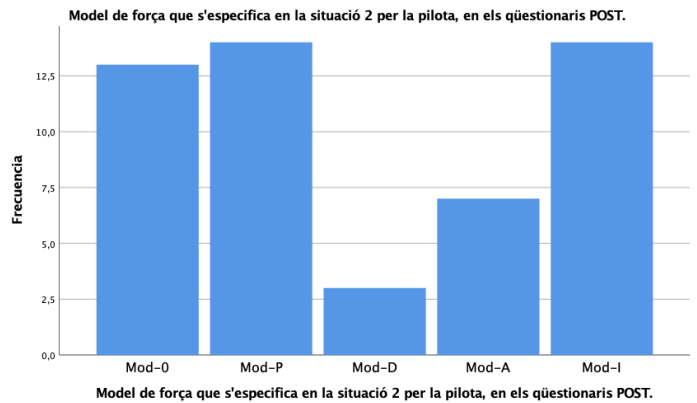
**Taula i figura de la Situació 2.
Per la persona**

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	15	29,4
Mod-P	0	0,0
Mod-D	5	9,8
Mod-A	17	33,3
Mod-I	14	27,5
Total	51	100,0



Per la pilota

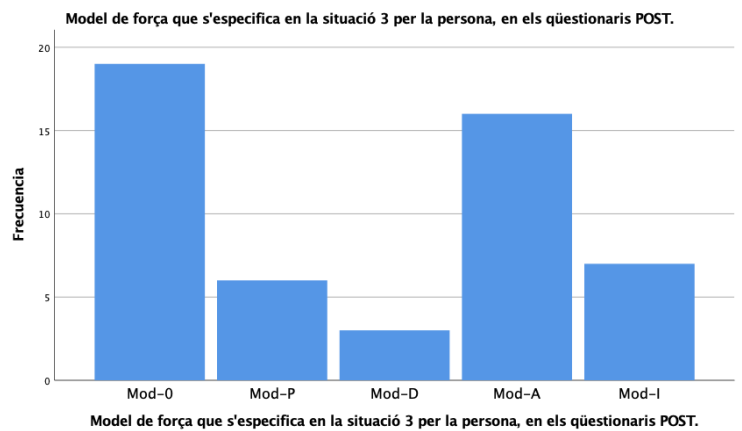
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	13	25,5
Mod-P	14	27,5
Mod-D	3	5,9
Mod-A	7	13,7
Mod-I	14	27,5
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

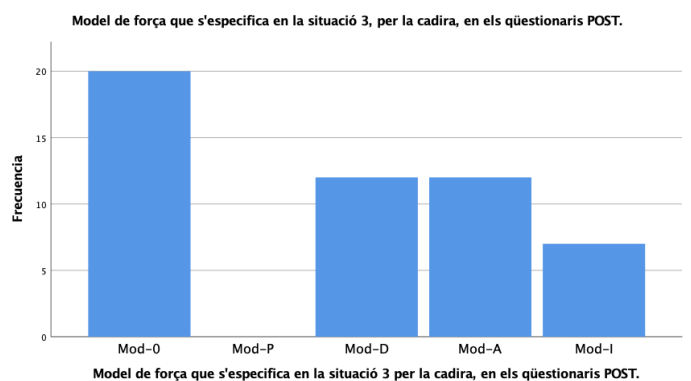
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	19	37,3
Mod-P	6	11,8
Mod-D	3	5,9
Mod-A	16	31,4
Mod-I	7	13,7
Total	51	100,0



Per la cadira

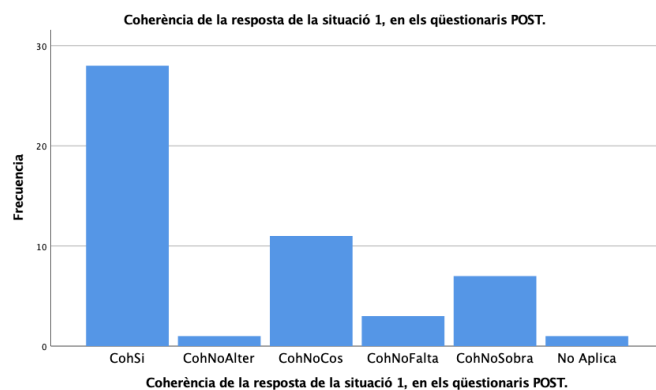
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	20	39,2
Mod-P	0	0,0
Mod-D	12	23,5
Mod-A	12	23,5
Mod-I	7	13,7
Total	51	100,0



d) És coherent el seu discurs (identificació + explicació + rep. gràfica)? - Distribució de freqüències POST (2016/17)

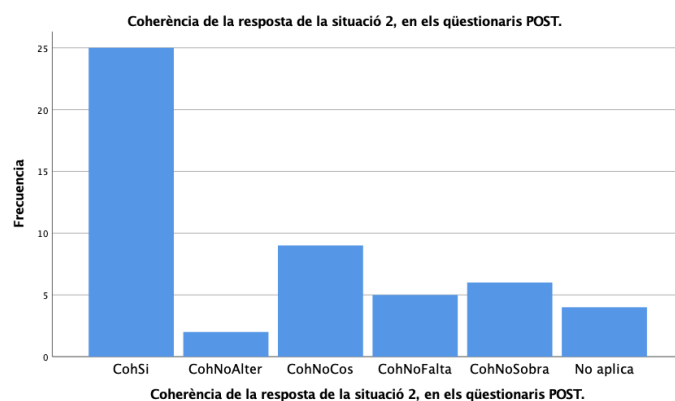
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	28	54,9
CohNoAlter	1	2,0
CohNoCos	11	21,6
CohNoFalta	3	5,9
CohNoSobra	7	13,7
No Aplica	1	2,0
Total	51	100,0



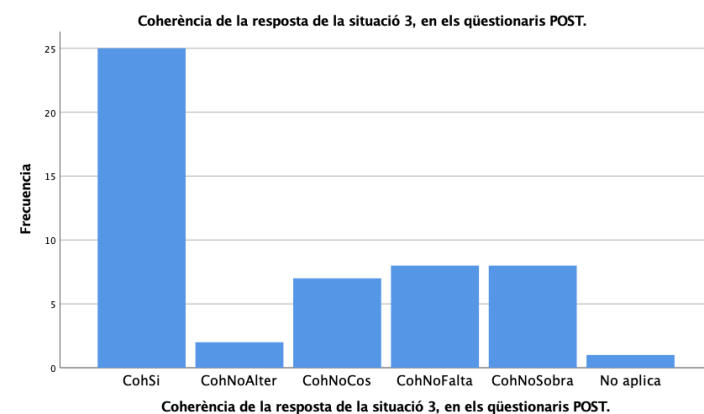
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	25	49,0
CohNoAlter	2	3,9
CohNoCos	9	17,6
CohNoFalta	5	9,8
CohNoSobra	6	11,8
No aplica	4	7,8
Total	51	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	25	49,0
CohNoAlter	2	3,9
CohNoCos	7	13,7
CohNoFalta	8	15,7
CohNoSobra	8	15,7
No aplica	1	2,0
Total	51	100,0



Annex 8. Resultats detallats del qüestionari pel curs 2017/18

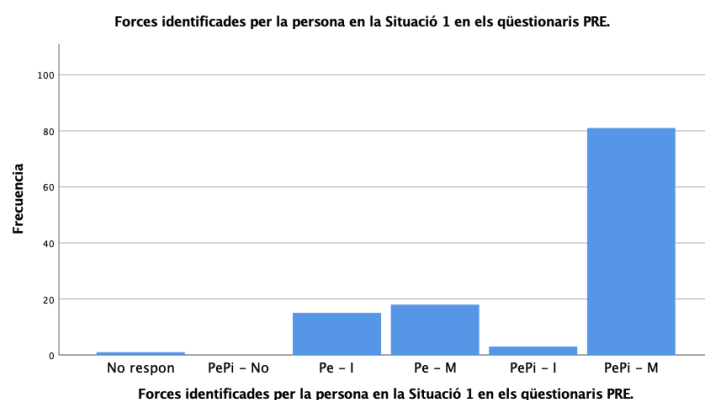
Mesures d'estadística descriptiva per avaluar el coneixement de forces abans de fer l'assignatura en base a les respostes de S1 a S3.

- a) **Quines forces identifica a les tres situacions?** – Distribució de freqüències dels PRE (2017/18)

Taula i figura de la Situació 1.

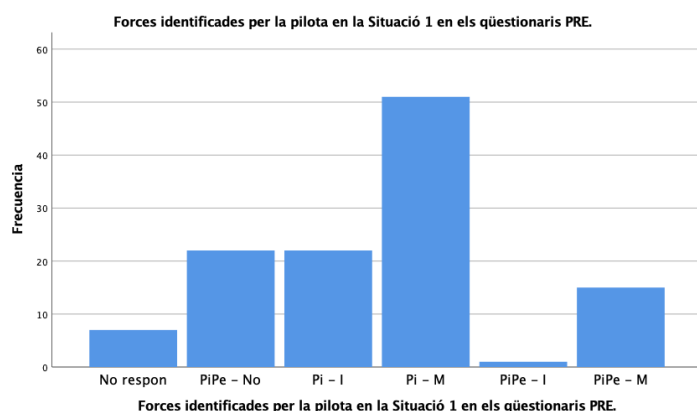
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	1	0,8
PePi-No	0	0,0
Pe – I	15	12,7
Pe – M	18	15,3
PePi – I	3	2,5
PePi – M	81	68,6
Total	118	100,0



Per la pilota

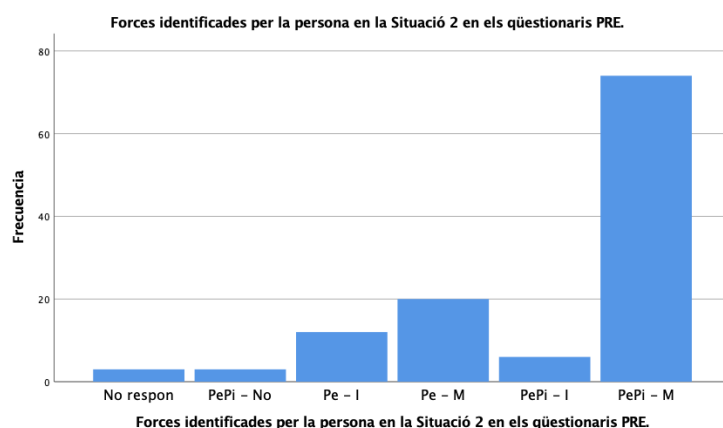
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	7	5,9
PiPe-No	22	18,6
Pi – I	22	18,6
Pi – M	51	43,2
PiPe – I	1	0,8
PiPe – M	15	12,7
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 2.

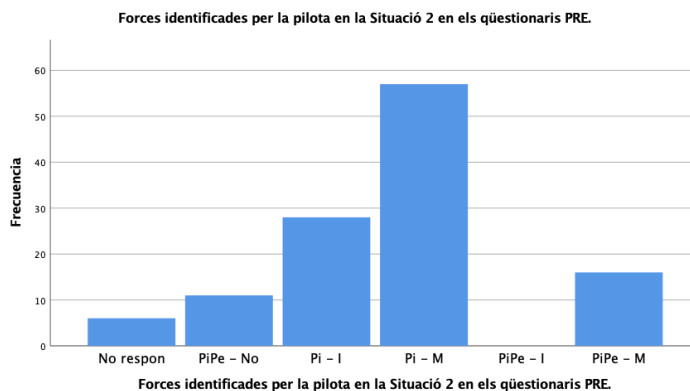
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	3	2,5
PePi-No	3	2,5
Pe – I	12	10,2
Pe – M	20	16,9
PePi – I	6	5,1
PePi – M	74	62,7
Total	118	100,0



Per la pilota

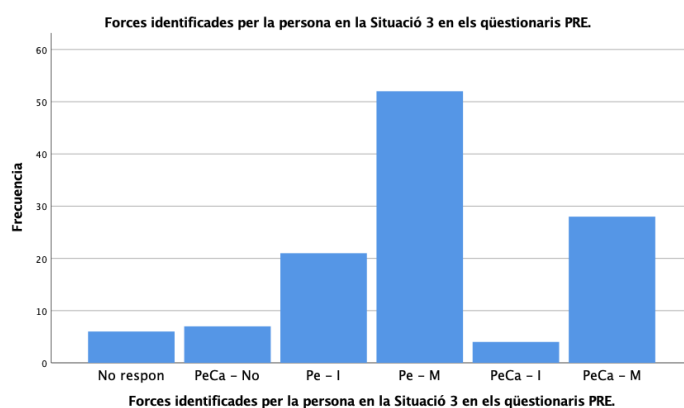
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	6	5,1
PiPe-No	11	9,3
Pi – I	28	23,7
Pi – M	57	48,3
PiPe – I	0	0,0
PiPe – M	16	13,6
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

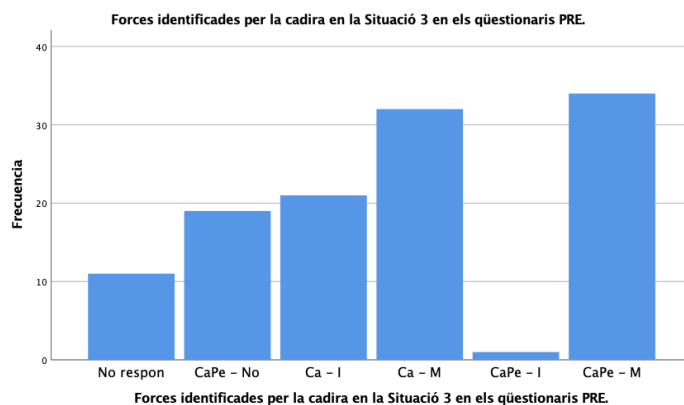
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	6	5,1
PeCa-No	7	5,9
Pe – I	21	17,8
Pe – M	52	44,1
PeCa – I	4	3,4
PeCa – M	28	23,7
Total	118	100,0



Per la cadira

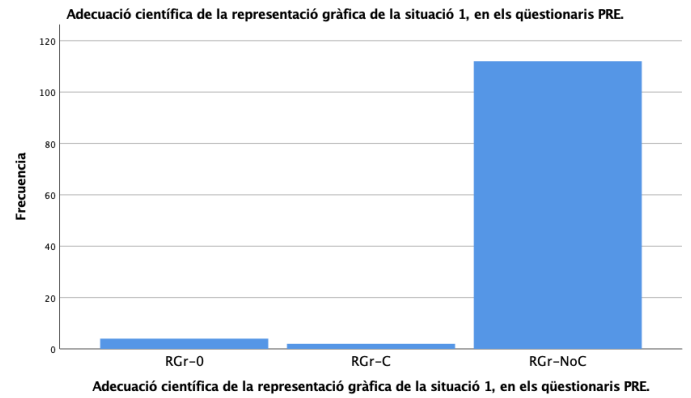
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	11	9,3
CaPe-No	19	16,1
Ca – I	21	17,8
Ca – M	32	27,1
CaPe – I	1	0,8
CaPe – M	34	28,8
Total	118	100,0



b) **Fa la representació gràfica científicament correcta?** – Distribució de freqüències dels PRE (2017/18)

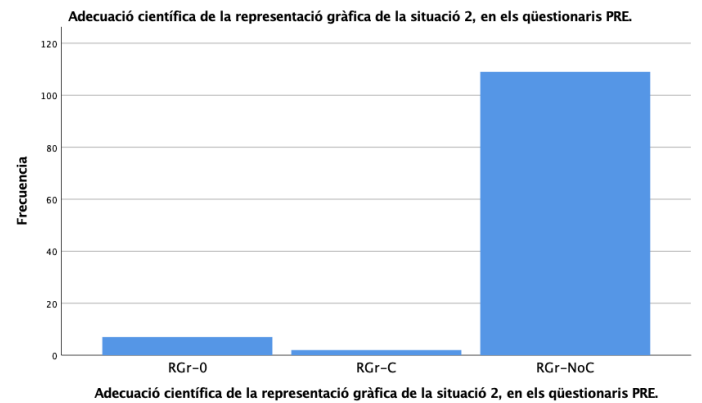
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	4	3,4
RGr-C	2	1,7
RGr-NoC	112	94,9
Total	118	100,0



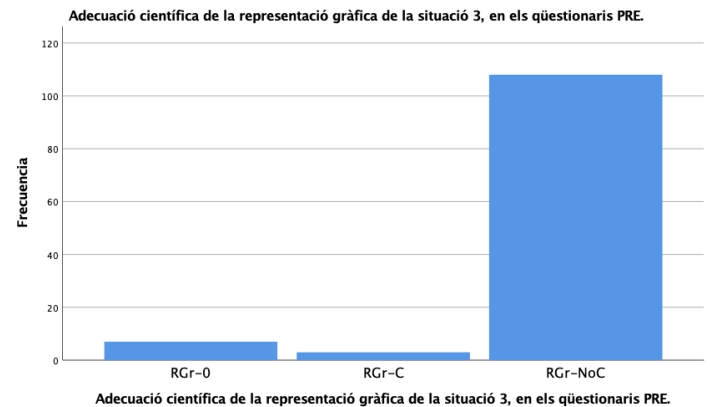
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	7	5,9
RGr-C	2	1,7
RGr-NoC	109	92,4
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	7	5,9
RGr-C	3	2,5
RGr-NoC	108	91,5
Total	118	100,0



a. **Quin model mental de força expressa?**

S'ha de mirar per cada situació i objecte. – Distribució de freqüències dels PRE (2017/18) de les situacions 1, 2, 3.

Taula i figura de la Situació 1.

Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	20	16,9
Mod-P	27	22,9
Mod-D	4	3,4
Mod-A	64	54,2
Mod-I	3	2,5
Total	118	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	56	47,5
Mod-P	36	30,5
Mod-D	8	6,8
Mod-A	15	12,7
Mod-I	3	2,5
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 2.

Per la persona

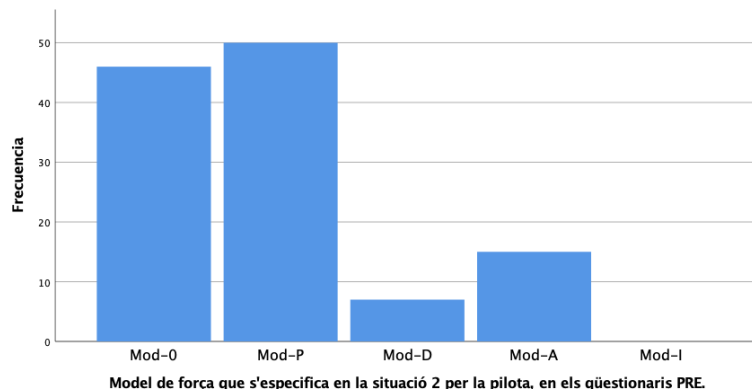
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	26	22,0
Mod-P	5	4,2
Mod-D	19	16,1
Mod-A	68	57,6
Mod-I	0	0,0
Total	118	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	46	39,0
Mod-P	50	42,4
Mod-D	7	5,9
Mod-A	15	12,7
Mod-I	0	0,0
Total	118	100,0

Model de força que s'especifica en la situació 2 per la pilota, en els qüestionaris PRE.

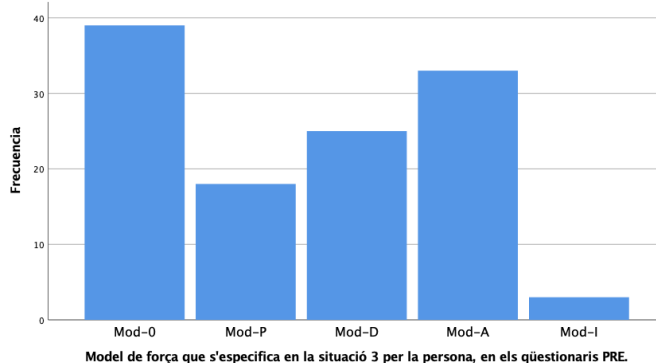


Taula i figura de la Situació 3.

Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	39	33,1
Mod-P	18	15,3
Mod-D	25	21,2
Mod-A	33	28,0
Mod-I	3	2,5
Total	118	100,0

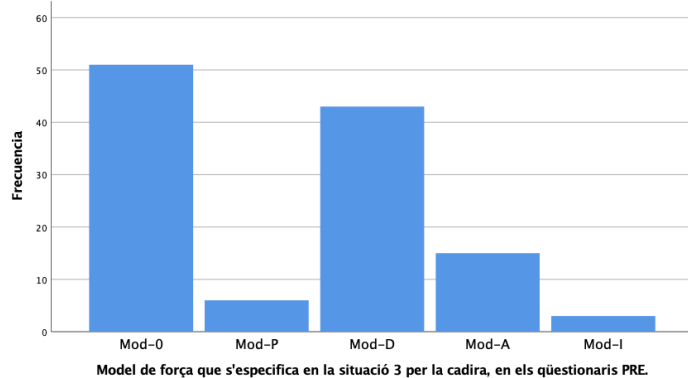
Model de força que s'especifica en la situació 3 per la persona, en els qüestionaris PRE.



Per la cadira

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	51	43,2
Mod-P	6	5,1
Mod-D	43	36,4
Mod-A	15	12,7
Mod-I	3	2,5
Total	118	100,0

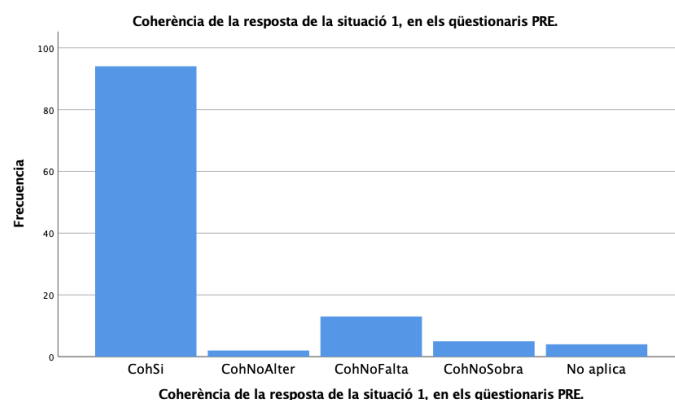
Model de força que s'especifica en la situació 3 per la cadira, en els qüestionaris PRE.



- b. És coherent el seu discurs (identificació + explicació + rep. gràfica)?
Distribució de freqüències PRE (2017/18)

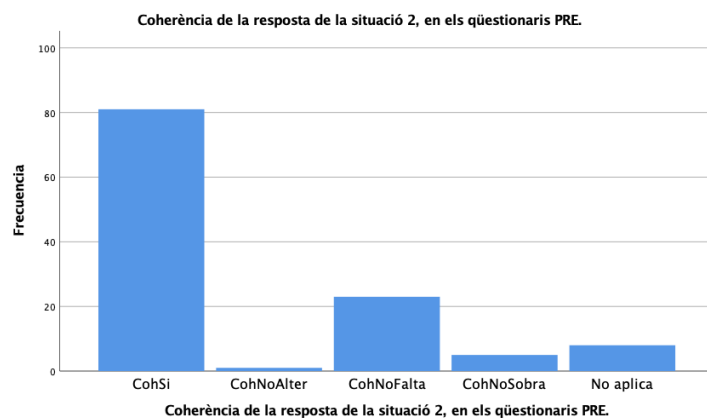
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	94	79,7
CohNoAlter	2	1,7
CohNoFalta	13	11,0
CohNoSobra	5	4,2
No aplica	4	3,4
Total	118	100,0



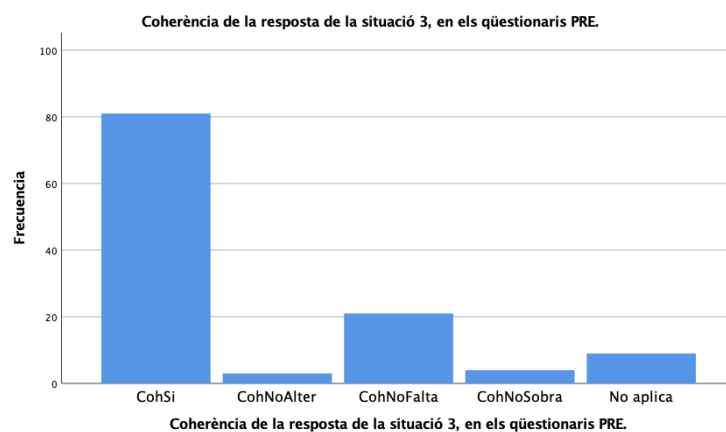
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	81	68,6
CohNoAlter	1	,8
CohNoFalta	23	19,5
CohNoSobra	5	4,2
No aplica	8	6,8
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	81	68,6
CohNoAlter	3	2,5
CohNoFalta	21	17,8
CohNoSobra	4	3,4
No aplica	9	7,6
Total	118	100,0



Mesures estadística descriptiva per avaluar el coneixement de forces quan s'ha acabat l'assignatura en base a les respostes de S1 a S3.

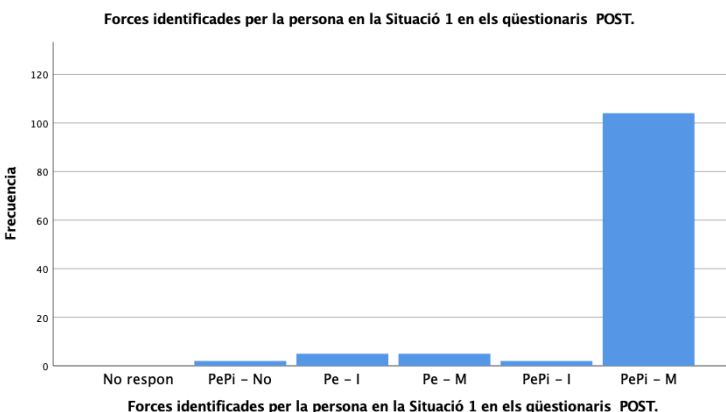
c. Quines forces identifica a les tres situacions?

Distribució de freqüències dels POST (2017/18)

Taula i figura de la Situació 1.

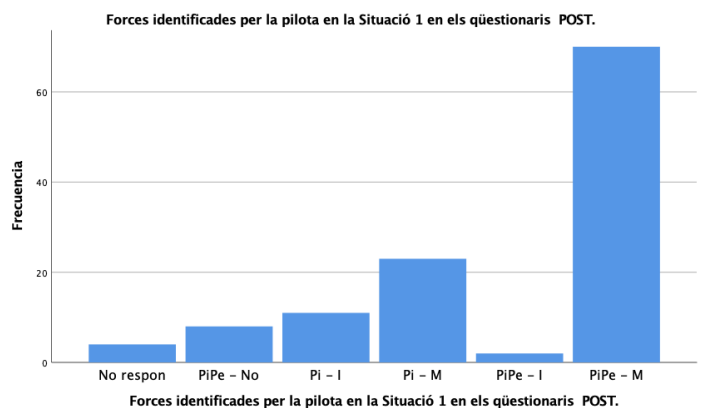
Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	0	0,8
PePi-No	2	1,7
Pe - I	5	4,2
Pe - M	5	4,2
PePi - I	2	1,7
PePi - M	104	88,1
Total	118	100,0



Per la pilota

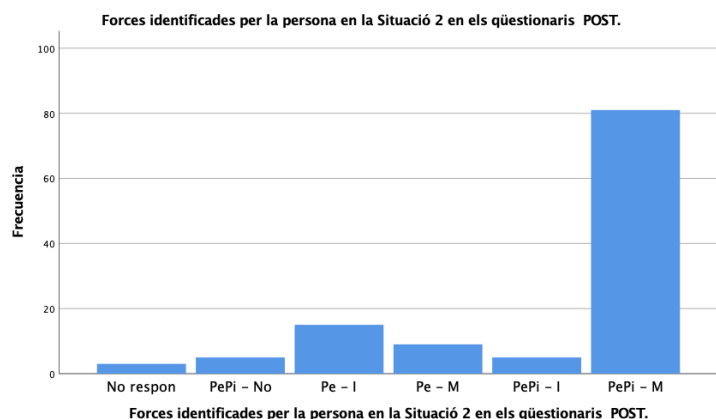
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	4	3,4
PiPe-No	8	6,8
Pi - I	11	9,3
Pi - M	23	19,5
PiPe - I	2	1,7
PiPe - M	70	59,3
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 2.

Per la persona

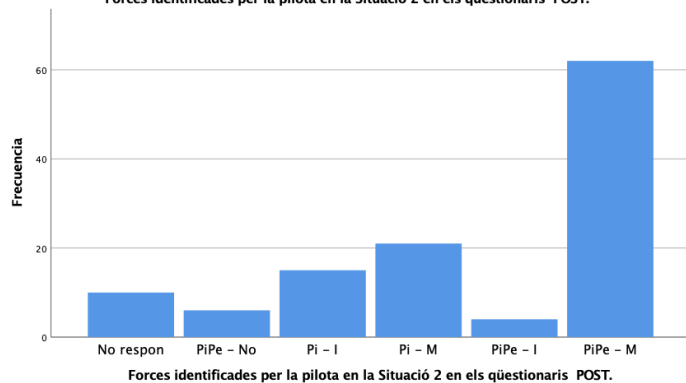
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	3	2,5
PePi-No	5	4,2
Pe - I	15	12,7
Pe - M	9	7,6
PePi - I	5	4,2
PePi - M	81	68,6
Total	118	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	10	8,5
PiPe-No	6	5,1
Pi – I	15	12,7
Pi – M	21	17,8
PiPe – I	4	3,4
PiPe – M	62	52,5
Total	118	100,0

Forces identificades per la pilota en la Situació 2 en els qüestionaris POST.

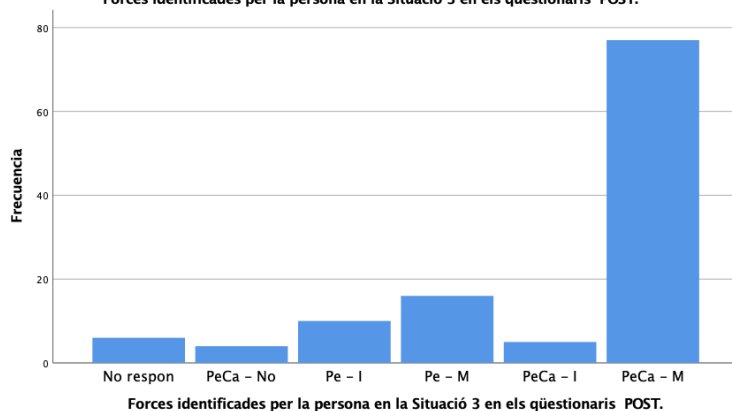


Taula i figura de la Situació 3.

Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	6	5,1
PeCa-No	4	3,4
Pe – I	10	8,5
16	16	13,6
PeCa – I	5	4,2
PeCa – M	77	65,3
Total	118	100,0

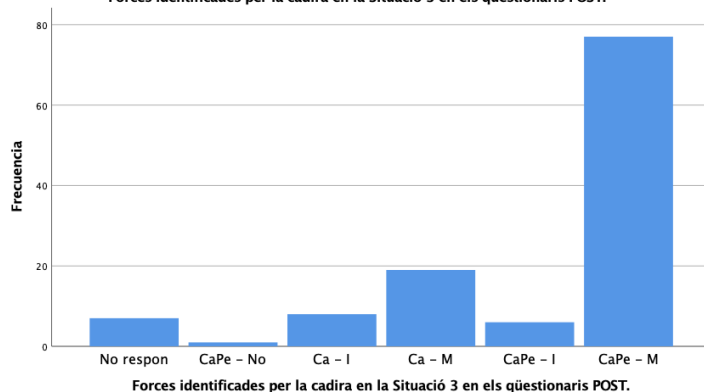
Forces identificades per la persona en la Situació 3 en els qüestionaris POST.



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No respon	7	5,9
CaPe-No	1	0,8
Ca – I	8	6,8
Ca – M	19	16,1
CaPe – I	6	5,1
CaPe – M	77	65,3
Total	118	100,0

Forces identificades per la cadira en la Situació 3 en els qüestionaris POST.

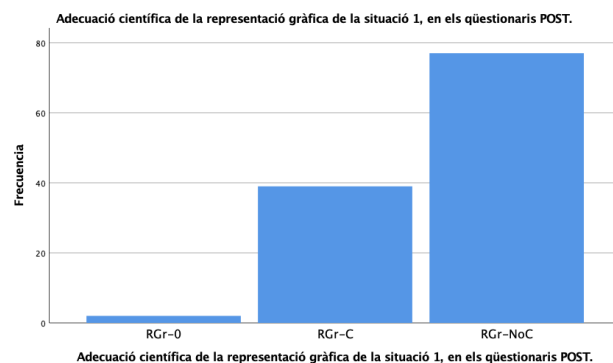


d. **Fa la representació gràfica científicament correcta?**

Distribució de freqüències dels POST (2017/18)

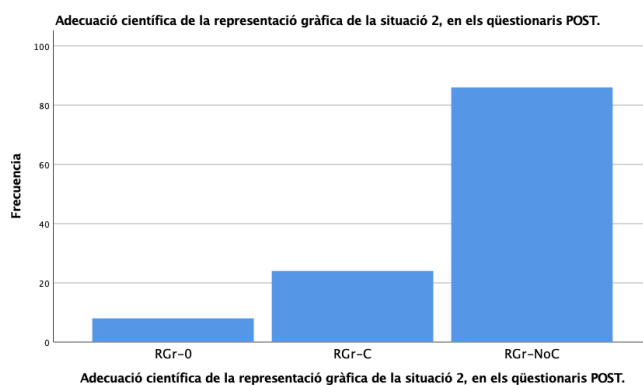
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	2	1,7
RGr-C	39	33,1
RGr-NoC	77	65,3
Total	118	100,0



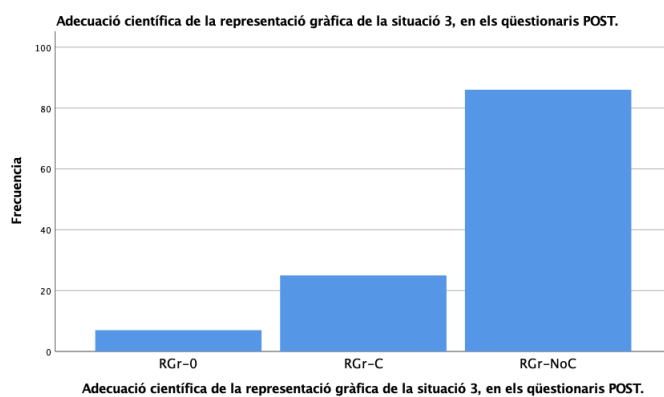
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	8	6,8
RGr-C	24	20,3
RGr-NoC	86	72,9
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
RGr-0	7	5,9
RGr-C	25	21,2
RGr-NoC	86	72,9
Total	118	100,0



e. **Quin model mental de força expressa?**

S'ha de mirar per cada situació i objecte. – Distribució de freqüències dels POST (2017/18) de les situacions 1, 2, 3.

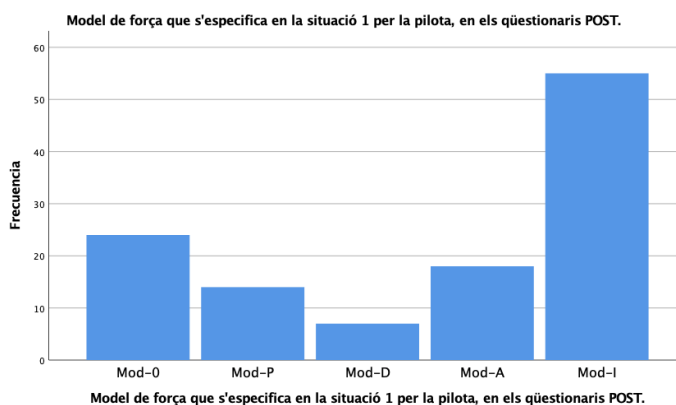
**Taula i figura de la Situació 1.
Per la persona**

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	7	5,9
Mod-P	9	7,6
Mod-D	2	1,7
Mod-A	45	38,1
Mod-I	55	46,6
Total	118	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	24	20,3
Mod-P	14	11,9
Mod-D	7	5,9
Mod-A	18	15,3
Mod-I	55	46,6
Total	118	100,0



**Taula i figura de la Situació 2.
Per la persona**

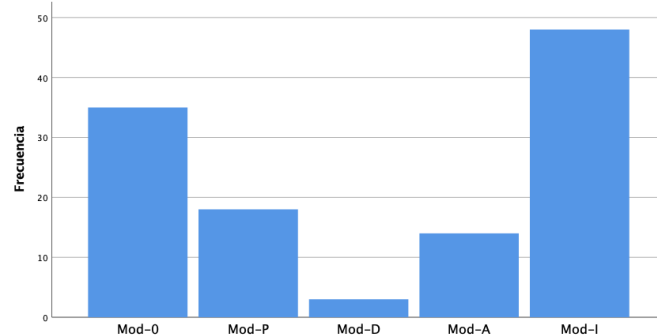
	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	26	22,0
Mod-P	4	3,4
Mod-D	8	6,8
Mod-A	32	27,1
Mod-I	48	40,7
Total	118	100,0



Per la pilota

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	35	29,7
Mod-P	18	15,3
Mod-D	3	2,5
Mod-A	14	11,9
Mod-I	48	40,7
Total	118	100,0

Model de força que s'especifica en la situació 2 per la pilota, en els qüestionaris POST.



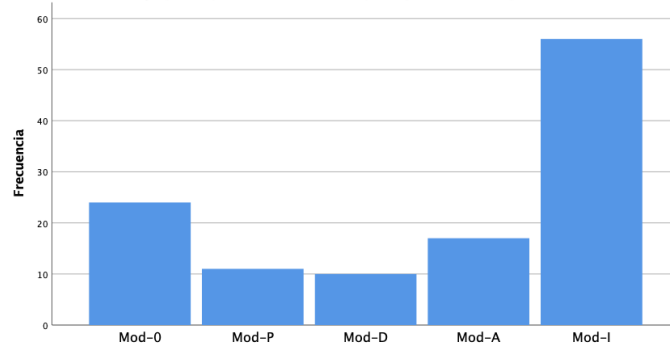
Model de força que s'especifica en la situació 2 per la pilota, en els qüestionaris POST.

Taula i figura de la Situació 3.

Per la persona

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	24	20,3
Mod-P	11	9,3
Mod-D	10	8,5
Mod-A	17	14,4
Mod-I	56	47,5
Total	118	100,0

Model de força que s'especifica en la situació 3 per la persona, en els qüestionaris POST.

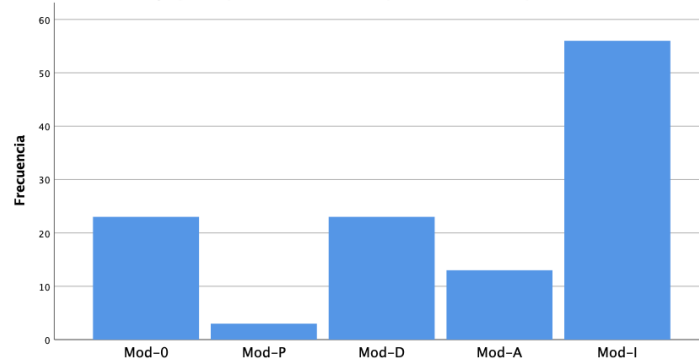


Model de força que s'especifica en la situació 3 per la persona, en els qüestionaris POST.

Per la cadira

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
Mod-0	23	19,5
Mod-P	3	2,5
Mod-D	23	19,5
Mod-A	13	11,0
Mod-I	56	47,5
Total	118	100,0

Model de força que s'especifica en la situació 3 per la cadira, en els qüestionaris POST.

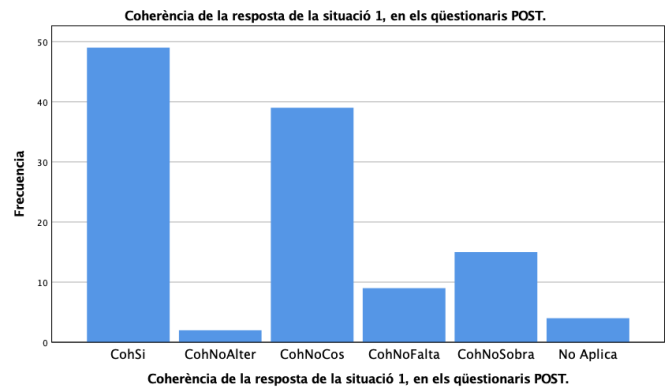


Model de força que s'especifica en la situació 3 per la cadira, en els qüestionaris POST.

f. És coherent el seu discurs (identificació + explicació + rep. gràfica)?
Distribució de freqüències POST (2017/18)

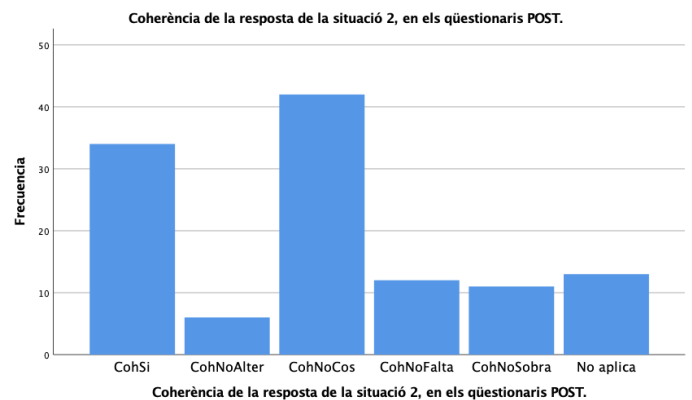
Taula i figura de la Situació 1.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	49	41,5
CohNoAlter	2	1,7
CohNoCos	39	33,1
CohNoFalta	9	7,6
CohNoSobra	15	12,7
No Aplica	4	3,4
Total	118	100,0



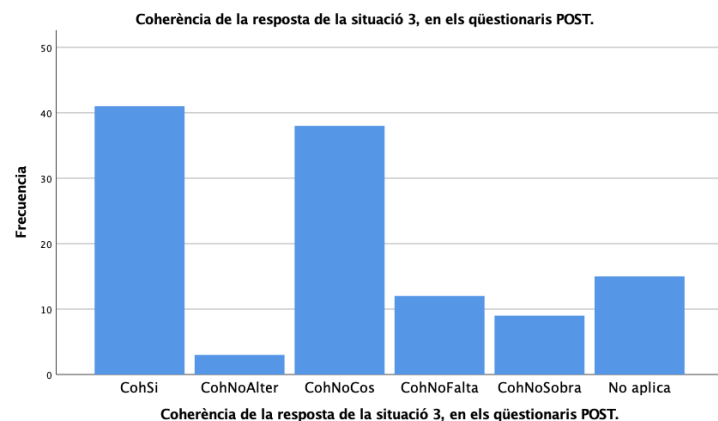
Taula i figura de la Situació 2.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	34	28,8
CohNoAlter	6	5,1
CohNoCos	42	35,6
CohNoFalta	12	10,2
CohNoSobra	11	9,3
No aplica	13	11,0
Total	118	100,0



Taula i figura de la Situació 3.

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
CohSi	41	34,7
CohNoAlter	3	2,5
CohNoCos	38	32,2
CohNoFalta	12	10,2
CohNoSobra	9	7,6
No aplica	15	12,7
Total	118	100,0



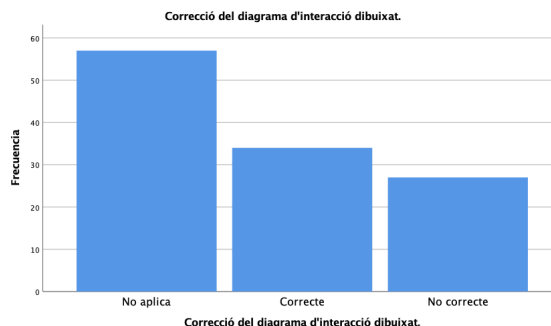
g. Quin ús es fa de la representació gràfica d'interaccions i forces proposada?

Distribució de freqüències de la correcció i realització dels diagrames.

Taula i figura de la Situació 1.

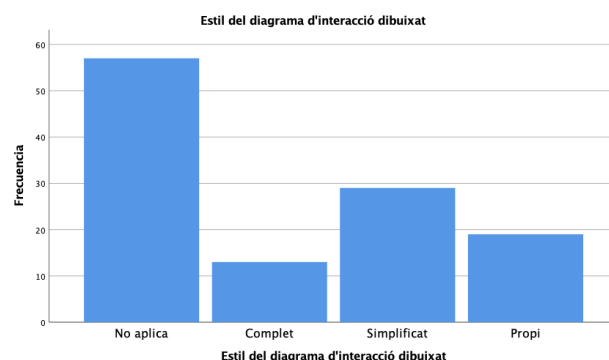
Correcció de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	57	48,3
Correcte	34	28,8
No correcte	27	22,9
Total	118	100,0



Estil de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	57	48,3
Complet	13	11,0
Simplificat	29	24,6
Propi	19	16,1
Total	118	100,0



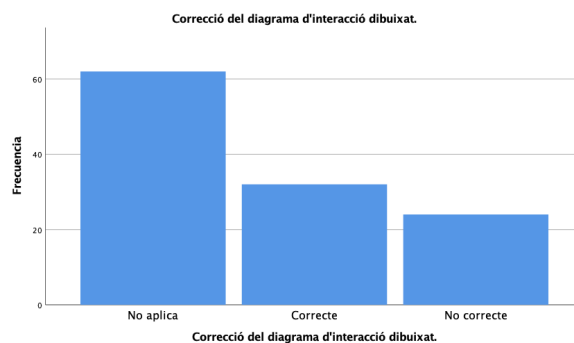
Taula creuada Correcció – Estil

		Estil del diagrama d'interacció dibuixat - Situació 1			
		No aplica	Complet	Simplificat	Propi
Correcció del diagrama d'interacció dibuixat. - Situació 1	No aplica	57	0	0	0
	Correcte	0	8	20	6
	No correcte	0	5	9	13

Taula i figura de la Situació 2.

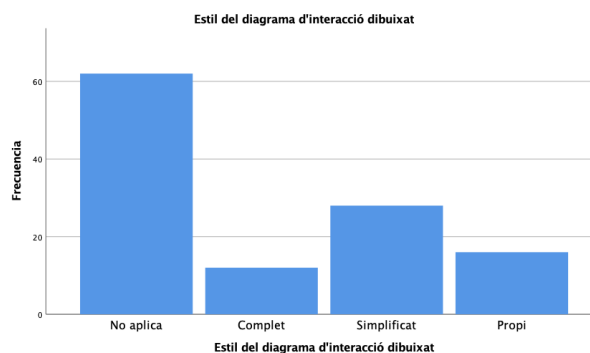
Correcció de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	62	52,5
Correcte	32	27,1
No correcte	24	20,3
Total	118	100,0



Correcció de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	62	52,5
Complet	12	10,2
Simplificat	28	23,7
Propi	16	13,6
Total	118	100,0



Taula creuada Correcció – Estil

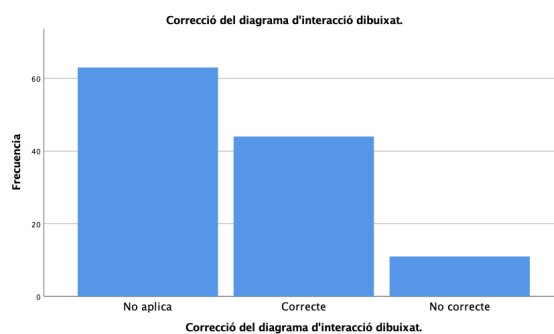
Estil del diagrama d'interacció dibuixat - Situació 2

		No aplica	Complet	Simplificat	Propi
Correcció del diagrama d'interacció dibuixat. - Situació 2	No aplica	62	0	0	0
	Correcte	0	6	20	6
	No correcte	0	6	8	10

Taula i figura de la Situació 3.

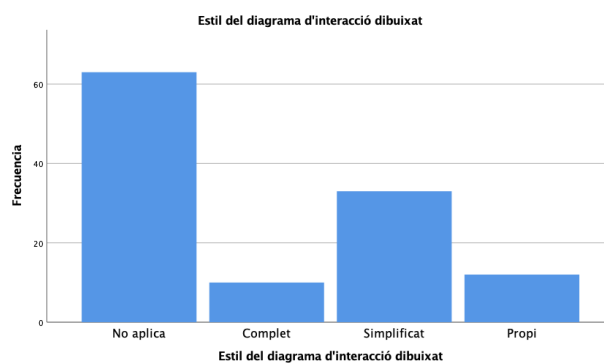
Correcció de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	63	53,4
Correcte	44	37,3
No correcte	11	9,3
Total	118	100,0



Correcció de la representació

	Freq. Absoluta	Freq. Relativa
No aplica	63	53,4
Complet	10	8,5
Simplificat	33	28,0
Propi	12	10,2
Total	118	100,0



Taula creuada Correcció – Estil

Estil del diagrama d'interacció dibuixat - Situació 3

		No aplica	Complet	Simplificat	Propi
Correcció del diagrama d'interacció dibuixat. - Situació 3	No aplica	63	0	0	0
	Correcte	0	7	29	8
	No correcte	0	3	4	4