

Embodiment i fysik- undervisning på STX – Betydningen af kongruens.

PERSONBOKS:

Pelle Bøgild

- Lektor i fysik og idræt på Sorø Akademis Skole.
- Master i Scienceundervisning ved Aarhus Universitet med masterprojektet:
- Med Kroppen ind i Fysikken – Kongruens betydning for embodiment i fysikundervisningen på STX.

Af **Pelle Bøgild**

Abstract

Undervisning med højt sensorisk engagement (SE) har vist positive resultater, både når det kommer til elevernes forståelse af fagligt stof og deres oplevelser med undervisningen. Det er dog uklart, om der er behov for kongruens mellem kropslige bevægelser og det faglige indhold under aktiviteter med højt SE.

I denne artikel præsenteres nogle af resultaterne fra et masterprojekt, der sammenlignede to grupper elevers faglige forståelse og oplevelser med undervisningen efter undervisning med højt SE og henholdsvis lav kongruens (LK) og høj kongruens (HK) mellem bevægelser og det faglige indhold.

Undervisning og tilhørende dataindsamling blev gennemført med 23 elever i en 2.g-klasse på STX med fysik på C-niveau. Undervisningen omhandlede den nære astro-nomi, og data blev indsamlet og analyseret ud fra en mixed methods-tilgang med faglige pre- og posttests, spørgeskema og fokusgruppeinterviews.

Resultaterne knyttet til faglig forståelse viser, at både undervisning med HK og LK øgede elevernes faglige forståelse inden for emnet, og HK øgede mere end LK. Resultaterne knyttet til elevernes oplevelser viste positive oplevelser med undervisningen hos både HK og LK, og HK mere positive end LK.

Blandt de væsentligste forklaringer på den øgede faglige forståelse og de mere positive oplevelser hos HK-gruppen er elevernes mere mangfoldige og nuancerede beskrivelse af deres kropslige engagement.

Samlet tyder resultaterne på, at undervisning med højt SE, både HK og LK, har positiv indflydelse på elevernes faglige forståelse og oplevelser med undervisning. Undervisning med HK er dog at foretrække, hvis muligt.

” Jeg synes også, det gav en bedre forståelse, at man havde det i hænderne, i stedet for at man så en andel af det på computeren. (...) når man står med det i hænderne, hænderne selv, og så er det med til at illustrere, hvordan og hvorledes det foregår.” (cit. gymnasie-elev)

Embodiment, kropsliggørelse, embodied cognition, kinæstetiske læringsaktiviteter... Betegnelserne er mange for undervisning med fokus på aktiv inddragelse af kroppen i læreprocessen. I denne artikel bruges betegnelsen embodiment, som bredt omhandler: "De oplevelser, der opstår ved at have levende kroppe i interaktionen med

den materielle og sociokulturelle verden." (Kersting et al., 2021a).

Mange studier inden for embodiment har fokuseret på at undersøge betydningen af mængden af sensorisk engagement¹ (SE) for elevers faglige forståelse (Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Lindgren et al., 2016; Yıldırım & Baran, 2021; Zohar & Levy, 2021) transfer test using the Wacom large tablet where learners could use gestures (long swipes. Det er primært gjort ved at sammenligne 'klassisk' undervisning (tavle-/ skærmundervisning), hvor mængden af SE er lav, med mere aktiv undervisning, hvor mængden af SE er høj. Ved sammenligning af pre- og post-tests i forbin-

¹ Mængden af sensorisk engagement kaldes til tider også graden af embodiment.

“Hvordan kan kropslige oplevelser med henholdsvis lav og høj kongruens i forhold til det teoretiske stof i fysikundervisningen bruges til at øge elevers forståelse af udvalgte faglige begreber fra kernestoffet i C-niveau fysik STX?”

Pelle Bøgild

delse med de to typer undervisning finder studierne, at eleverne opnår højere faglig forståelse af undervisningen med højt SE sammenlignet med lavt (ibid.).

Dykker vi dybere ned og ser på forskellige former for og/eller grader af SE, er billedet mere uklart. Nogle studier har undersøgt forskellige grader af SE fra meget lavt til meget højt, hvor flere resultater peger på, at over en vis grad af SE får eleverne ikke yderligere faglig forståelse af ekstra SE (Rollinde et al., 2021; Yıldırım & Baran, 2021; Zohar & Levy, 2021). Det kunne tyde på en form for tærskel for det ekstra læringspotentiale ved ekstra SE.

Udover faglig forståelse er det også relevant at se på elevernes oplevelser med undervisningen, da oplevelserne bl.a. kan have betydning for motivation, deltagelse og tro på egne evner (Krogh & Andersen, 2025). Flere studier har sammenlignet elevers oplevelse med fysikundervisning med fokus på embodiment (højt SE) sat over for mere 'klassisk' undervisning (lavt SE), hvor resultaterne viser mere positive elevoplevelser ved undervisning med fokus på embodiment (Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Lindgren et al., 2016; Yıldırım & Baran, 2021) transfer test using the Wacom large tablet where learners could use gestures (long swipes).

I undervisning med fokus på embodiment er det uklart, om øvelserne med højt SE skal være tæt knyttede (kongruente) til det teoretiske stof. Kongruente bevægelser vil fx være at rejse sig op, når man i engelsk skal lære ordet "up", mens en modsat kongruent bevægelse vil være at sætte sig ned. Ikke kongruente bevægelser kunne være at gå en tur, mens man træner ordet "up". På et mere abstrakt plan kunne kongruente bevægelser være, når elever danser et vandmolekyles bevægelse under opvarmning.

Om kongruens af bevægelser er en væsentlig faktor, når det kommer til forståelse af teoretisk stof inden for embodiment i fysik, er relevant at undersøge, da et højt

behov for kongruens vil gøre det mere udfordrende at designe aktiviteter med fokus på embodiment inden for de enkelte emner. Er behovet for kongruens lavt, vil det til gengæld betyde, at der kan udvikles generiske aktiviteter, som kan bruges på et bredt udsnit af emner.

Det leder frem til to forskningsspørgsmål:

1. Hvordan kan kropslige oplevelser med henholdsvis lav og høj kongruens i forhold til det teoretiske stof i fysikundervisningen bruges til at øge elevers forståelse af udvalgte faglige begreber fra kernestoffet i C-niveau fysik STX?
2. Hvordan oplever STX-elever med fysik på C-niveau fysikundervisning med fokus på læring gennem kropslige oplevelser med henholdsvis lav og høj kongruens i forhold til det teoretiske stof?

Spørgsmålene vil blive besvaret gennem undersøgelser knyttet til undervisning om den nære astronomi med hhv. høj og lav kongruens. I undervisningen med høj kongruens skal eleverne vha. udleveret udstyr bevæge sig rundt som Solen, Jorden og Månen og forklare deres indbyrdes bevægelse. I undervisningen med lav kongruens skal eleverne parre forskellige sedler med illustrationer og ord, der knytter sig til emnet, og herudfra forklare Solen, Jorden og Månens indbyrdes bevægelse. Herefter bruges de parrede sedler til "stafet-vendespil", hvor eleverne skal løbe frem og tilbage for at få stik.

Teori

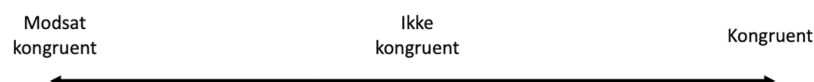
Inden for embodiment ses hjernen og kroppen som uløseligt forbundet, i kontrast til traditionel kognitionsvidenskab, der kun beskæftiger sig med hjernen (Kersting et al., 2021b). Der findes mange forskellige opdelinger og definitioner inden for embodiment. I denne undersøgelse tages der primært udgangspunkt i to:

→ *Taksonomi for embodiment inden for uddannelse*² (Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017), som bliver brugt til at beskrive forskellige

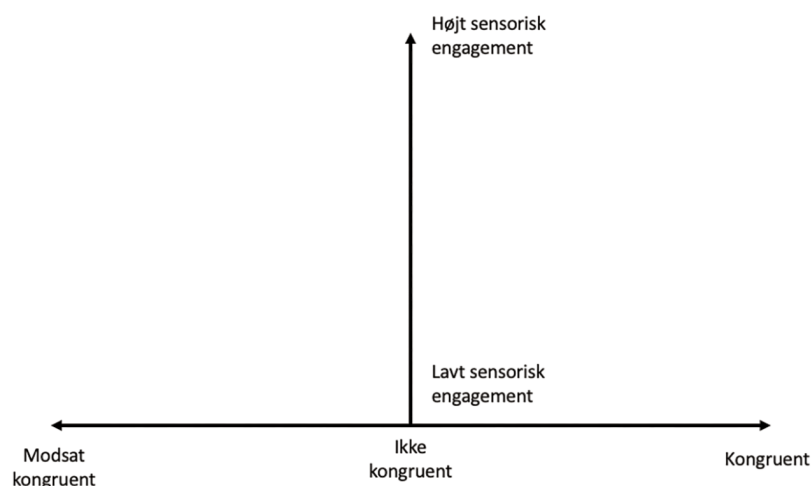
2 På engelsk: *The taxonomy of embodiment in education*



Figur 1: Opdeling af bevægelser fra ikke kongruente til kongruente.



Figur 2: Forslag til revideret opdeling af bevægelser fra modsat kongruente, over ikke-kongruente, til kongruente.



Figur 3: Forslag til revideret taksonomi for embodiment i undervisning.

grader af sensorisk engagement og kongruens i design og beskrivelse af undervisningen

→ *Fire perspektiver på embodiment*³ (Kersting et al., 2021b), som bliver brugt i analysen af elevernes oplevelser med embodiment i undervisningen.

Taksonomi for embodiment inden for uddannelse

Taksonomien for *embodiment inden for uddannelse* består af tre parametre, som hver repræsenterer et kontinuum fra høj til lav, og som ikke nødvendigvis er ortogonale:

- Mængden af sensorisk engagement⁴
- Mængden af oplevet indlevelse

→ Kongruens mellem bevægelser og det, der skal læres

(Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017).

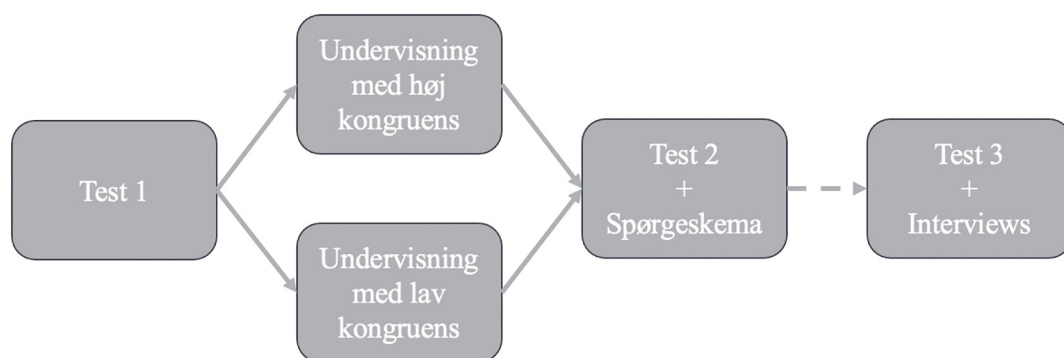
Mængden af SE er undersøgt i mange studier (se fx Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Yıldırım & Baran, 2021; Zohar & Levy, 2021) transfer test using the Wacom large tablet where learners could use gestures (long swipes. De finder generelt, at højt SE fører til bedre faglig forståelse end lavt SE. Det er til gengæld uklart, hvor meget SE er 'nok'. Mængden af SE virker således som et væsentligt parameter.

Mængden af oplevet indlevelse er undersøgt i studiet, hvor taksonomien foreslås i teori afsnittet. Studiet undersøger selv behovet for indlevelse og finder ingen forskel i faglig forståelse eller engagement (Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017). Herudfra virker oplevet indlevelse som et mindre vigtigt parameter.

I flere artikler foreslås det som relevant, at der er kongruens mellem bevægelser og det, der skal læres, uden at have undersøgt det (Johnson-Glenberg et al., 2014; Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Lindgren et al., 2016) highly interactive learning platform that uses a motion-capture system to track students' gestures and locomotion as they kinesthetically learn with a quality classroom experience (teacher and content were held constant. Et studie har undersøgt betydningen af bevægelsers kongruens til læring/forståelse af abstrakt teoretisk stof inden for fysik for 5. klasses-elever, hvor resultaterne peger på, at kongruente bevægelser er bedre end ikke-kongruente bevægelser (Kang et al., 2024). Samtidig findes der studier, som har undersøgt simple bevægelser knyttet til simpelt teoretisk stof, fx ord og bevægelse (Glenberg & Kaschak, 2002; Koch et al., 2011) eller bevægelse af geometriske figurer (Segal, 2011). Her tyder det på, at kongruente bevægelser er bedre end modsat kongru- >

³ På engelsk: *Four senses of embodiment*

⁴ Beskrives også som grad af embodiment



Figur 4: Oversigt over undersøgelsens forløb. Første besøg blev gennemført i slutningen af november 2023, mens det andet besøg blev gennemført midt i januar 2024.

ente bevægelser (Glenberg & Kaschak, 2002; Koch et al., 2011), mens forskellen mellem kongruente bevægelser og mere generelle bevægelser (ikke-kongruente) er mere uklar (Segal, 2011).

I taksonomien beskrives kongruens mellem bevægelser og det, der skal læres, på et kontinuum fra *ikke kongruente* til *kongruente* (se Figur 1).

Her inkluderer *ikke-kongruente* både bevægelser, der er modsatrettede de kongruente bevægelser, og bevægelser, der ingen relation har til det, der skal læres.

Jeg foreslår i stedet at lave en opdeling fra *modsat kongruente* bevægelser, over *ikke-kongruente* bevægelser, til *kongruente* bevægelser (se Figur 2). Her er modsat kongruente bevægelser den type bevægelser, der er modsatrettet det, der skal læres eller bliver sagt, fx at man skal rejse sig op, når der bliver sagt "ned", eller at man skal bevæge en model af Månen rundt om en model af Solen i stedet for en model af Jorden. Ikke-kongruente bevægelser er bevægelser, der ingen relation har til det, der skal læres eller bliver sagt, fx at elever går en tur, mens de taler om, hvorfor der er årstider på Jorden. Kongruente bevægelser er bevægelser, hvor der er en tydelig sammenhæng mellem det, der skal læres eller bliver sagt, fx at man skal rejse sig op, når der bliver sagt "op", eller at man skal bevæge en model af Månen rundt om en model af Jorden.

Samlet vil jeg foreslå en revideret taksonomi for embodiment inden for uddannelse (se Figur 3), hvor graden af indlevelse fjernes, og indholdet bliver:

- Mængden af sensorisk engagement på et kontinuum fra lav til høj.
- Kongruens mellem bevægelser og det, der skal læres, på et kontinuum fra modsat kongruente bevægelser, over ikke-kongruente bevægelser til kongruente bevægelser.

Fire perspektiver på embodiment

De fire perspektiver på embodiment kan bruges som et analytisk værktøj til at vurdere kvaliteten af embodiment (Kersting et al., 2021b), hvor taksonomien for embodiment inden for uddannelse forholder sig kvantitativt til mængden af SE og kongruens. Perspektiverne kan overlappe, og de vil være i spil i forskellig grad i undervisningen, afhængigt af indhold og gennemførelse.

De fire perspektiver på embodiment er:

Det kognitive perspektiv (the physical sense) omhandler, hvordan kroppen bruges i vores tænkning og forståelse. Her vil der være fokus på at udnytte materiel og sanselig forankring til at forklare abstrakte fysiske fænomener. Fx når elever manipulerer udstyr med hænderne eller ser på fysiske fænomener.

Det personlige perspektiv (the phenomenological sense) omhandler, hvordan vores individuelle indtryk og følelser, som opstår gennem oplevelser med kroppen, er med til at forme vores forståelse af verden. Her vil der være fokus på at lære med og gennem kroppen i praktiske situationer. Fx elevernes følelsesmæssige oplevelser med det faglige indhold, som glæde, frustration eller overraskelse.

Det omgivelsesorienterede perspektiv (the ecological sense) omhandler samspillet mellem krop, sind og omgivelser. Den omgivende verden ses som en aktiv medspiller for kognitionen, ikke bare en passiv scene. Her vil der være fokus på, hvordan omgivelserne spiller en aktiv rolle i tilskrivelse af mening gennem 'affordances', og hvordan kognitiv information kan 'offloades' til omgivelserne. Fx undervisningsrummets udformning eller elevernes brug af materialer i undervisningen.

Det sociale perspektiv (the interactionist sense) omhandler kroppens rolle i sociale aktiviteter. Her vil der være fokus på, hvordan kropslige interaktioner mellem mennesker påvirker kognitionen. Fx gruppearbejde eller lærer-elev-interaktion (Kersting et al., 2021b).

Metode

Forskningsdesign

For at få et indblik i elevernes oplevelse af fysikundervisning med fokus på læring gennem kropslige oplevelser blev der gennemført to typer undervisning med fokus på kropslige oplevelser; en med høj kongruens (HK) mellem de kropslige bevægelser og det teoretiske indhold og en med lav kongruens (LK). Disse er undersøgt vha. *mixed methods* (Morgan, 2014).

Til undersøgelse af elevernes forståelse af fysikfaglige begreber er der brugt en kvantitativ, faglig test. Testen blev foretaget umiddelbart før undervisningen (Test 1), umiddelbart efter undervisningen (Test 2) og ca. halvanden måned efter undervisningen (Test 3). Målet med de første to tests var at undersøge de to typer undervisnings umiddelbare effekt på forståelsen af emnet. Den tredje test var med for at se, hvor meget elevernes forståelse af emnet havde ændret sig over tid – altså hvor godt forståelsen var forankret hos eleverne.

Til undersøgelse af elevernes oplevelser af undervisningen blev der dels gennemført et spørgeskema umiddelbart efter undervisningen. Herudover blev der i forlængelse af tredje faglige test for hver undervisningsgruppe gennemført et kvalitativt, semistruktureret gruppeinterview med tre elever fra den gruppe.

Det samlede forløb af undersøgelsen kan ses i Figur 4.

Forsøgspersoner

Undersøgelsen blev gennemført i en 2.g-klasse på STX, hvor forfatteren ikke er ansat. Klassen havde studieretningen Idræt A (*Læreplan Idræt A – lokal studieretning*, 2022), Samfundsfag A og Matematik B, hvor fysik er et obligatorisk C-niveau-fag.

I klassen var der 28 elever, hvor 23 elever (16 piger, 7 drenge) var deltagende ved begge besøg. Kun de 23 elever er inkluderet i studiets resultater. Disse er født i 2005 (13), 2006, (9) og 2007 (1) og har dermed været 15-18 år ved første besøg.

Undervisning

Undervisningen med begge grupper blev gennemført i en dobbeltlektion (2 x 70 min) med en kort pause imellem, hvor HK-gruppen først havde deres lektion, mens LK-gruppen havde normal fysikundervisning i det tilstødende lokale med et fagdepot imellem.

Emnet for lektionerne var "Jorden som planet i solsystemet som grundlag for forklaring af umiddelbart observerbare naturfænomener", som er en del af kernestoffet på fysik C, STX (*Læreplan Fysik C – STX*, 2017). Hver af de to lektioner varede ca. 35 min (eksklusiv faglige tests og spørgeskema).

HK-gruppen (n=11) blev opdelt i grupper af to-tre studerende. Hver gruppe fik udleveret en basketball (Jorden), en tennisbold (Månen) og en pære (Solen). Derefter fik de udleveret et arbejdsark⁵, der instruerede dem i at bruge udstyret til at forklare, hvorfor der er dag og nat, årstider, hvorfor Månen har forskellige faser samt sol- og måneformørkelser. Når gruppen havde besvaret spørgsmålene, blev de parret med en anden gruppe for at sammenligne og diskutere svarene, stadig ved hjælp af udstyret. HK-undervisningen lagde op til, at eleverne skulle simulere Solen, Jorden og Månens bevægelser vha. af udstyret, hvorved de både havde højt SE og kongruente bevægelser til det teoretiske stof.

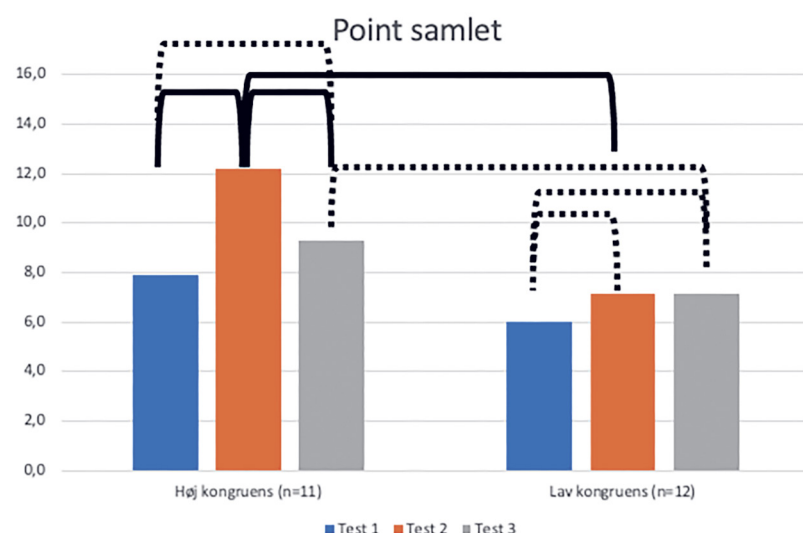
LK-gruppen (n=12) blev opdelt i grupper af to-tre studerende. Hver gruppe fik udleveret 26 laminerede kort med hhv. korrekte forklaringer, forkerte forklaringer, korrekte tegninger, forkerte tegninger eller ordet "Misforståelse". Derefter fik de udleveret et arbejdsark, der instruerede dem i at parre korrekte forklaringer med korrekte tegninger, mens forkerte forklaringer og forkerte tegninger skulle parres med "Misforståelse". Efterfølgende brugte de kortene til at forklare, hvorfor der er dag og nat, årstider, hvorfor Månen har forskellige faser samt sol- og måneformørkelser. Når gruppen havde besvaret spørgsmålene, blev de parret med en anden gruppe for at sammenligne, diskutere og blive

>

5 Arbejdsark til både HK- og LK-gruppen kan findes her: https://www.dropbox.com/scl/fo/dgwxi750ed12v9wgrikfj/ANsBfeSACGa9L_3Z2oS6gdY?rlkey=ihqs88ak3vaqin86z9ra33pfj&st=dbz1mcy4&dl=0 Arbejdsark og deres indhold kan frit kopieres til undervisningsbrug og ikke kommercielle aktiviteter med tydelig kildehenvisning.

	Høj kongruens (n=11)						Lav kongruens (n=12)					
	Test 1		Test 2		Test 3		Test 1		Test 2		Test 3	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Opg. 1	2,5	1,0	3,3a	0,6	3,2	1,0	2,4	1,2	2,0B	1,1	2,6	1,1
Opg. 2	2,0	0,8	2,5	0,9	1,9B	1,0	1,5	1,1	1,3B	0,9	1,4	0,8
Opg. 3	1,7	0,8	3,1A	0,7	1,9B	1,4	0,8A	0,9	1,9BD	1,1	1,2e	1,1
Opg. 4	1,6	1,0	3,3A	0,6	2,3AB	0,6	1,3	0,9	1,9Bd	1,4	2,0d	1,2
Samlet	7,9	2,4	12,2A	1,8	9,3aB	3,0	6,0	2,9	7,2Bd	3,5	7,2cd	2,5

Tabel 1: Middelverdier (Mean) og standardafvigelser (SD) for hver måling for de to undervisningsgrupper i hver af de tre faglige tests. Stort A angiver signifikant forskellig ($p < 0,05$) fra samme måling for HK Test 1, mens lille a angiver tendens til forskel ($p < 0,10$) fra samme måling for HK Test 1. På samme måde er B og b forskellig fra HK Test 2, C og c forskellig fra HK Test 3, D og d forskellig fra LK Test 1, E og e forskellig fra LK Test 2.



Figur 5: Middelværdi af samlet antal point i opgave 1-4 for HK og LK i Test 1-3.

enige om svarene. Herefter fordelte de en bunke kort med forsiden nedad på gulvet for så at spille "stafet-ven-despil" mod hinanden. LK-undervisningen lagde op til, at eleverne først skulle røre ved og tale om kortene, inden de skulle løbe frem og tilbage i stafet i forbindelse med vendespillet mhp. højt SE. Undervisningen havde lav kongruens, da begge aktiviteter kunne bruges til andre emner ved udskiftning af kort.

Faglig test

Den faglige test bestod af fire åbne opgaver, som eleverne skulle besvare skriftligt med ord og/eller tegninger:

1. Hvorfor er der dag og nat på Jorden?
2. Hvorfor er der årstider på Jorden?
3. Hvorfor vi ser Månen i forskellige faser på Jorden (fuldmåne, halvmåne, nymåne)?

4. Hvorfor opstår der solformørkelser og måneformørkelser på Jorden?

Besvarelsene til hver opgave blev scoret fra 0 til 4 point.

Spørgeskema

For at undersøge elevernes oplevelse med undervisningen blev der med inspiration fra Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz (2017) udarbejdet et spørgeskema⁶ med fokus på elevernes oplevelse af interesse og engagement i den gennemførte undervisning. Spørgsmålene var formuleret med fem svarmuligheder på en Likert-skala samt "Ved ikke". Efter hvert spørgsmål var der mulighed for uddybende kommentarer. Slutteligt var der en vurdering af undervisningen sammenlignet med 'normal' undervisning.

Interview

For hver gruppe blev der foretaget et semistruktureret gruppeinterview med tre elever, der havde meldt sig frivilligt til at deltage. Først blev HK-gruppen interviewet, og efter en kort pause blev LK-gruppen interviewet. Begge interviews blev optaget med lyd og video til senere transskribering.

Interviewene fulgte en interviewguide, der havde fokus på elevernes oplevelse med undervisningen generelt og forskellige dele af undervisningens indhold (opbygning, for forståelse, brug af kroppen, konceptuel forståelse og motivation).

Analyse af data

Kvantitative data

For at bestemme, om der er statistisk forskel mellem grupperne ved de forskellige tests og vurdering af undervisning, blev der foretaget parrede to-halet t-test

6 Det samlede spørgeskema, som eleverne udfyldte, kan findes her: <https://forms.gle/guBwwEvxyLWNMA3r5>

ved sammenligning mellem forskellige tests for samme gruppe (hhv. HK-HK og LK-LK). Ved sammenligning af samme tests for forskellige grupper (HK-LK) blev der foretaget uparrede to-halet t-test. Signifikansniveauet blev sat ved $p < 0,05$. Samtidig er tendensniveauet sat til $p < 0,10$. Begge er rapporteret grundet den begrænsede mængde forsøgspersoner.

Kvalitative data

I kommentarerne til de lukkede spørgsmål i spørgeskemaet er analyseret for tendenser og ny relevant information.

De to interviews blev transskriberede, og efterfølgende blev der foretaget en *tematisk analyse* (Braun & Clarke, 2006) af hver transskription. Kodningen startede deduktivt med fire temaer (embodiment, undervisningsopbygning, motivation og faglige misforståelser) med underlæggende koder. Hertil blev der induktivt tilføjet en kode om manglende opsamling samt underlæggende koder til faglige misforståelser.

Resultater

Faglige tests

En oversigt over alle resultaterne fra de faglige tests kan ses i Tabel 1.

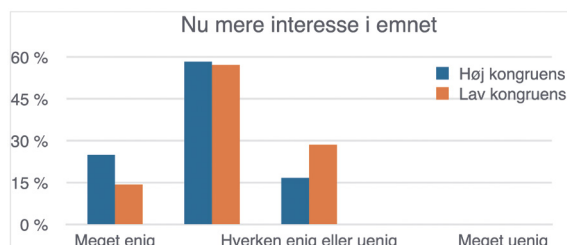
Samlet havde HK signifikant flere point i Test 2 end Test 1 ($p = 0,0002$) og Test 3 ($p = 0,0113$) samt tendens til flere point Test 3 end Test 1 ($p = 0,0768$). LK havde tendens til flere point i Test 2 ($p = 0,0891$) og Test 3 ($p = 0,0621$) end Test 1. HK havde signifikant flere point end LK i Test 2 ($p = 0,0003$) og tendens til flere point i Test 3 ($p = 0,0835$).

Spørgeskema

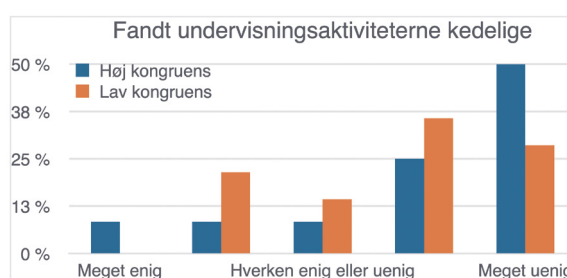
Procentvis fordeling for hvert lukket spørgsmål i spørgeskemaet præsenteres i figurene 6-10 (tv.):

Ved sammenligningen af undervisning med 'normal' undervisning var der en tendens til forskel ($p = 0,062$) mellem HK- og LK-gruppens svar.

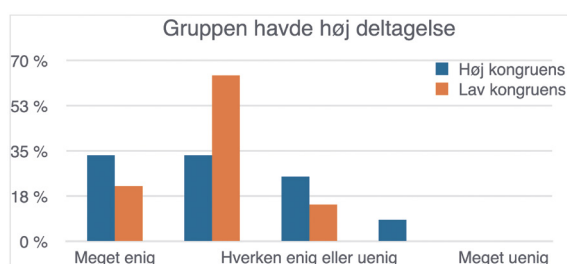
Samlet havde både HK- og LK-gruppen positive besvarelser til spørgeskemaets lukkede og åbne spørgsmål. Generelt var HK-gruppens besvarelser lidt mere positive end LK-gruppens.



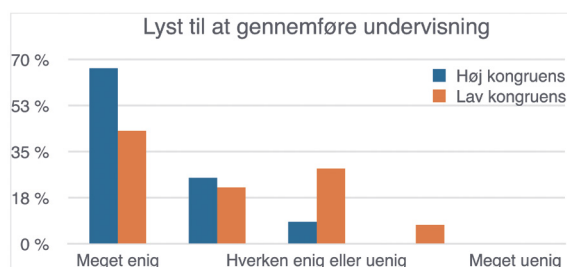
Figur 6: Svarfordeling til: Jeg er nu mere interesseret i emnet "Jorden som planet i solsystemet som grundlag for forklaring af umiddelbart observerbare naturfænomener" end før undervisningsaktiviteterne.



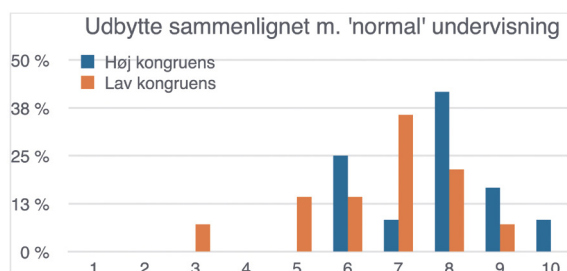
Figur 7: Svarfordeling til: Jeg fandt undervisningsaktiviteterne kedelige.



Figur 8: Svarfordeling til: Jeg oplevede, at gruppen havde høj deltagelse i undervisningsaktiviteterne.



Figur 9: Svarfordeling til: Jeg havde lyst til at gennemføre undervisningsaktiviteterne.



Figur 10: Svarfordeling til: Hvor meget oplever du at have lært om emnet gennem undervisningsaktiviteterne sammenlignet med "normal" undervisning? (1 = Meget mindre, 5 = Det samme, 10 = Meget mere). Middelværdi $\pm$ SD er $7,8 \pm 1,3$ for HK og $6,6 \pm 1,5$ for LK.

Interviews

Inden for temaet *embodiment* var der eksempler på de fire perspektiver på embodiment hos begge grupper, dvs. brugen af kroppens sanser (kognitive perspektiv), følelsesmæssige oplevelser (personlige perspektiv), rum og materialer (omgivelsesorienteret perspektiv) og samarbejde (sociale perspektiv). Der var imidlertid en mere mangfoldig beskrivelse af oplevelser med kroppen hos HK-gruppen, især inden for det kognitive perspektiv og det sociale perspektiv.

Ved det kognitive perspektiv ses det fx ved, at HK-gruppen oplevede at bruge hele kroppen i at forstå det teoretiske stof, mens LK-gruppen primært brugte synssansen:

HK-elev 1: *"Vi skulle jo selv udføre de her øvelser. Man skulle ligesom op og... og ligesom selv prøve sig frem med kroppen."*

LK-elev 2: *"(...) det var nemmest at kigge på de billeder der, og se hvad... hvad der står. Der var også billeder omkring, hvordan rotationen var, og systemet og sådan noget. Så synes jeg, det var nemmere ligesom at finde ud af, hvad der... hvordan det fungerer ud fra billederne."*

Ved det sociale perspektiv ses det fx ved, at HK-gruppen oplevede at være socialt forpligtet til at engagere sig i de kropslige aktiviteter, for at de kunne fungere, mens LK-gruppen ikke gav udtryk for samme sociale forpligtelse under de kropslige aktiviteter:

HK-elev 3: *"Især, fordi man jo, hvis man så ikke... altså gjorde det rigtigt, eller hvad man kan sige... altså drejede Jorden rigtigt, så ødelagde du jo også forsøget for de andre."*

LK-elev 2: *"(...) jeg tror, jeg fik mere ud af det der, vi lavede før vendespillet, hvor vi sad i grupper og sammen, så fik vi lov til at nærstudere figurerne."*

Derudover var der en klar forskel i gruppernes oplevelse af de kropslige aktiviteter med højt SE's betydning for deres forståelse af det faglige stof. Her oplevede

HK-gruppen en klar positiv sammenhæng, mens LK-gruppen ikke oplevede en særlig sammenhæng.

Inden for temaet *undervisningens opbygning* var der stor overensstemmelse mellem de to gruppers oplevelser. Både HK- og LK-gruppen havde oplevet mere samtale imellem elever end ved normal undervisning, hvilket de beskrev positivt. Samtidig oplevede de, at undervisningen havde taget udgangspunkt i deres faglige forståelse. Begge grupper savnede dog også en fælles faglig opsamling i slutningen af undervisningen, hvor de kunne få helt styr på de rigtige svar.

Inden for temaet *motivation* var der også stor overensstemmelse mellem de to gruppers oplevelser. Begge grupper kom ind på, at undervisningen havde været kærkommen variation sammenlignet med normal undervisning. Den fysiske aktivitet i undervisningen havde også været et motiverende element, der havde gjort det nemmere at fastholde fokus. Samtidig havde begge grupper en oplevelse af at kunne huske faglige elementer fra undervisningen, som de synes, det var relevant at vide noget om.

Inden for temaet *faglige misforståelser* var der igen stor overensstemmelse mellem de to grupper. Begge grupper forklarede, at årstider skyldes variation i Jordens afstand til Solen som følge af Jordens ellipsebane. Ligeledes mente begge grupper, at Månens faser skyldes, at Jorden kaster varierende skygger på Månen.

Diskussion

Faglige tests

Samlet peger resultaterne fra undersøgelsens faglige tests på, at både HK-gruppen og LK-gruppen øger deres faglige forståelse gennem undervisningen både på kort sigt (Test 2) og lidt længere sigt (Test 3), dog med bedre forståelse hos HK-gruppen.

De overordnede faglige resultater stemmer fint overens med tidligere studier, der viser, at undervisning med højt SE kan øge elevers faglige forståelse inden for fysik (Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Lindgren et al., 2016; Yıldırım & Baran, 2021; Zohar & Levy, 2021) transfer test using the Wacom large tablet where learners could use gestures (long swipes).

Den højere faglig forståelse hos HK-gruppen sammenlignet med LK-gruppen ligger i tråd med tidligere undersøgelser af kongruens inden for fysik for 5.-klassens elever (Kang et al., 2024) samt simple bevægelser koblet med hhv. sproglig forståelse (Glenberg & Kaschak, 2002; Koch et al., 2011) og geometri (Segal, 2011).

Dykker vi ned i de enkelte opgaver, har HK-gruppen en øget forståelse i alle fire opgaver og det samlede resultat i Test 2 sammenlignet med egen Test 1 og/eller Test 3. Samtidig har HK-gruppen højere forståelse i Test 2 i alle fire opgaver og det samlede resultat sammenlignet med LK-gruppens Test 2. LK-gruppens øgede forståelse ses primært i opgave 3 og 4, som omhandler hhv. Månens faser og formørkelser, mens der ikke er nogen forskel i forståelse i opgave 1 og 2, som omhandler dag og nat samt årstider. Det kunne altså tyde på, at undervisningen med LK primært kan bruges til at øge elevernes forståelse af Månens faser og formørkelser, mens undervisningen med HK kan bruges til alle de undersøgte emner.

Den højere forståelse hos HK-gruppen kan måske forklares gennem de fire perspektiver på embodiment, hvor HK-gruppen havde en mere mangfoldig beskrivelse af oplevelser med kroppen, især inden for det kognitive perspektiv og det sociale perspektiv.

Ved det kognitive perspektiv på embodiment var det primært den visuelle sans, der var i spil hos LK-gruppen, mens HK-gruppens beskrivelser både omhandlede den visuelle sans samt brugen af hænder (den taktile sans) og brugen af hele kroppen (den vestibulære sans og den proprioceptive sans). På den måde fik HK-gruppen markant flere sanser i spil i forbindelse med forståelsen. Det er foreslået, at det har en positiv betydning for læring, jo flere sanser der engageres ifm. læringen (Fugate et al., 2019).

Inden for det kognitive perspektiv på embodiment kan en anden begrundelse for HK-gruppens bedre faglige forståelse end LK-gruppen være, at der er brugt flere forskellige *repræsentationsformer* (Dolin, 2002) i undervisningen med HK. LK-gruppen har kun været udsat for ord (mundtligt og skriftligt) og tegninger som repræsentationsform, mens HK-gruppen har brugt kroppen i samspil med bolde og lampe som repræsentationsform i samspil

med ord (primært mundtligt) og en tegning på arbejdsarket. I den sammenhæng er det værd at bemærke, at tegningerne er 2D-repræsentationer af et 3D-emne, mens den kropslige repræsentation med bolde og lampe er en 3D-repræsentation, hvilket kan have givet HK-gruppen en fordel. Det kunne være interessant at lave en tilsvarende undersøgelse, hvor LK-gruppen havde små 3D-videoer i stedet for 2D-tegninger for at undersøge effekten af 2D vs. 3D.

Ved det sociale perspektiv på embodiment beskrev HK-gruppen, hvordan de fælles koordinerede bevægelser med kroppen (højt SE) og samarbejdet om disse var vigtige for den fælles forståelse. Omvendt oplevede LK-gruppen, at de siddende aktiviteter med samtale (lavt SE) gav en bedre forståelse af emnet end vendespillet med stafet (højt SE). HK-gruppens bedre forståelse kan derfor hænge sammen med den højere grad af det sociale perspektiv på embodiment koblet med højt SE sammenlignet med LK-gruppen.

Eleveoplevelser

Eleverne havde generelt positive oplevelser med undervisning med højt SE ved både HK og LK, og begge grupper kunne generelt godt lide, at undervisningen var anderledes end deres "normale" undervisning i fysik og andre fag.

Elevernes oplevelser stemmer fint overens med tidligere studier af elevers oplevelser med undervisning med højt SE (Bruun, 2009; Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz, 2017; Kang et al., 2024; Lindgren et al., 2016; Yıldırım & Baran, 2021) transfer test using the Wacom large tablet where learners could use gestures (long swipes).

Det er uklart, om begge gruppers positive tilgang til undervisningen primært skyldes variationen fra 'normal' undervisning eller noget særligt ved undervisning med højt SE. Umiddelbart er der i litteraturen kun sammenlignet undervisning med forskellige grader af SE i enkelte lektioner eller kortere forløb, ikke over lange undervisningsforløb. Derfor er undervisningen med højt SE som udgangspunkt variation. I dette studie ser vi en lidt mere positiv beskrivelse af undervisningen hos HK-gruppen sammenlignet med LK-gruppen, samtidig med at to af perspektiverne på embodiment beskrives mere nuan-

ceret hos HK-gruppen. Det kunne tyde på, at graden af kongruens, i sammenhæng med højt SE, har en positiv betydning for elevernes oplevelse af undervisningen udover bare variation.

Begge grupper kom ind på, at den fysiske aktivitet i undervisningen havde været et motiverende element, der havde gjort det nemmere at fastholde fokus. Det stemmer godt overens med litteraturen, som beskriver, at fysisk aktivitet kan være med til at øge elevers motivation og koncentration (Dansk Skoleidræt, 2022; Pedersen et al., 2016). Der er mange overlap mellem undervisning med fokus på embodiment og undervisning med fokus på fysisk aktivitet. Sidstnævnte har dog mindre entydige positive effekter på elevers (børn og unge) faglige forståelse (Dansk Skoleidræt, 2023). Ud fra denne undersøgelses resultater kunne en forklaring på det være, at der har manglet kongruens mellem bevægelser og det teoretiske stof i undersøgelserne med fokus på fysisk aktivitet.

De to primære faglige misforståelser i fokusgruppeinterviewene om Jordens årstider og Månens faser var også begge de mest udbredte misforståelser i hhv. spørgsmål 2 og 3 i de faglige tests. Her er det imidlertid værd at bemærke, at misforståelserne var knap så udbredte i de faglige tests. I litteraturen er de to misforståelser også typiske (Kavanagh et al., 2005; Sneider et al., 2011). Misforståelser kan skyldes elevernes hverdagserfaringer, hvor temperatur varierer med afstand fra varmekilde, og skygger kastes af objekter.

Begrænsninger

Resultaterne er primært begrænset af kun at være lavet på en klasse, ingen kontrolgruppe og ingen blinding ved analyse af data. Samtidig bestod de to fokusgrupper af elever, der havde meldt sig frivilligt og dermed ikke var tilfældige. Herudover er det en stor udfordring at designe to (næsten) identiske undervisningsaktiviteter med højt SE, hvor kun graden af kongruens var forskellig.

Litteraturen tegner i forvejen et billede af, at undervisning med fokus på embodiment giver et højere fagligt udbytte end klassisk undervisning, jf. introduktionen. Med begrænsede ressourcer og tid er kontrolgruppen fravalgt til fordel for flere elever i HK- og LK-gruppen.

Antallet af klasser og manglende blinding skyldes ligledes begrænsede ressourcer og tid.

Perspektiver

Samlet tyder resultaterne på, at undervisning med høj grad af embodiment, både med HK og LK, har positiv indflydelse på elevernes faglige forståelse og oplevelser med undervisning. Undervisning med HK er dog at foretrække, hvis muligt.

Samtidig er det relevant at indtænke de forskellige perspektiver på embodiment i udarbejdelsen af undervisning med fokus på embodiment. Resultaterne fra undersøgelsen peger på, at det kognitive og sociale perspektiv på embodiment er særligt relevante at indtænke i udarbejdelsen af kropslige læringsaktiviteter med høj kongruens, altså elementer som hhv. sanselig forankring af teoretisk stof og elevernes indbyrdes relationer. Et studie er dog ikke nok til at afskrive det personlige og det omgivelsesorienterede perspektiv. I stedet bør man som underviser reflektere over, hvilke af de fire perspektiver ens undervisning fokuserer på og hvorfor.

Generelt er der behov for mere forskning i undervisning med fokus på kropslige oplevelser og embodiment inden for fysik (og andre fag) på de gymnasiale uddannelser i Danmark. I fremtidige studier kunne det være interessant at gennemføre længere undervisningsforløb med fokus på kropslige oplevelser for at undersøge, om de positive elementer ved højt SE og høj kongruens varer ved eller nærmere skyldes variation ift. "normal" undervisning. Her kunne det være relevant med en kontrolgruppe, der følger tilsvarende anbefalinger til "god" undervisning koblet med lavt SE. Samtidig kunne det være interessant at undersøge mængden af fysisk aktivitet, fx gennem pulsmålinger eller accelerometer, for også at studere fysisk aktivitets betydning for elevernes faglige forståelse og oplevelser. ●

Litteratur

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Bruun, J. (2009). Kropslige øvelser i fysikundervisningen. *MONA*.
- Dansk Skoleidræt. (2022). *Fysisk aktivitet og trivsel–Faktaark*. Dansk Skoleidræt.
- Dansk Skoleidræt. (2023). *Fysisk aktivitet og faglig præstation– Faktaark*. Dansk Skoleidræt.
- Dolin, J. (2002). *Fysikfaget i forandring–Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske processer, autencitet og kompetenceudvikling*. IMFUFA/RUC.
- Fugate, J. M. B., Macrine, S. L., & Cipriano, C. (2019). The role of embodied cognition for transforming learning. *International Journal of School & Educational Psychology*, 7(4), 274–288. <https://doi.org/10.1080/21683603.2018.1443856>
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 558–565.
- Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 86–104. <https://doi.org/10.1037/a0034008>
- Johnson-Glenberg, M. C., & Megowan-Romanowicz, C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s41235-017-0060-9>
- Kang, S., Lu, M., Black, J. B., & Kim, S. (2024). Mindful movements matter: Differentiating active body movements in underprivileged students' learning of physics concepts. *Research in Science & Technological Education*, 42(2), 412–430. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2093344>
- Kavanagh, C., Agan, L., & Sneider, C. (2005). Learning about Phases of the Moon and Eclipses: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 4(1), 19–52. <https://doi.org/10.3847/AER2005002>
- Kersting, M., Haglund, J., & Steier, R. (2021a). A Growing Body of Knowledge: On Four Different Senses of Embodiment in Science Education. *Science & Education*, 30(5), 1183–1210. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00232-z>
- Kersting, M., Haglund, J., & Steier, R. (2021b). A Growing Body of Knowledge: On Four Different Senses of Embodiment in Science Education. *Science & Education*, 30(5), 1183–1210. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00232-z>
- Koch, S. C., Glawe, S., & Holt, D. V. (2011). Up and Down, Front and Back: Movement and Meaning in the Vertical and Sagittal Axes. *Social Psychology*, 42(3), 214–224. <https://doi.org/10.1027/1864-9335/a000065>
- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2025). CARTAGO som ramme om planlægning, udvikling og forskning med fokus på elevmotivation. *MONA*.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174–187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>
- Læreplan Fysik C – STX. (2017). Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/gym-laereplaner-2017-stx/fysik-c-stx-august-2017-ua.pdf>
- Læreplan Idræt A – lokal studieretning. (2022). Børne- og Undervisningsministeriet. <https://www.uvm.dk/-/media/filer/uvm/udd/gym/pdf22/juni/220704-idrt-a-lokal-studieretning-august-2022.pdf>
- Pedersen, B. K., Andersen, L. B., Bugge, A., Nielsen, G., Overgaard, K., Roos, E., & von Seelen, J. (2016). *Fysisk Aktivitet–Læring, Trivsel og Sundhed i Folkeskolen* (s. 125).
- Rollinde, E., Decamp, N., & Derniaux, C. (2021). Should frames of reference be enacted in astronomy instruction? *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 013105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.013105>
- Segal, A. (2011). *Do Gestural Interfaces Promote Thinking? Embodied Interaction: Congruent Gestures and Direct Touch Promote Performance in Math*. Columbia University.
- Sneider, C., Bar, V., & Kavanagh, C. (2011). Learning about Seasons: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 10(1), 010103–010103–010122. <https://doi.org/10.3847/AER2010035>
- Yıldırım, Z., & Baran, M. (2021). A comparative analysis of the effect of physical activity games and digital games on 9th grade students' achievement in physics. *Education and Information Technologies*, 26(1), 543–563. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10280-7>
- Zohar, A. R., & Levy, S. T. (2021). From feeling forces to understanding forces: The impact of bodily engagement on learning in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(8), 1203–1237. <https://doi.org/10.1002/tea.21698>