

Oppgaver i elektrisitet og magnetisme fra TIMSS Advanced 2015

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Tor Espen Hagen

Avdeling realfag, Lillestrøm videregående skole

I dette kapitlet presenterer vi resultater fra alle de frigitte fysikkoppgavene innen fagområdet elektrisitet og magnetisme i TIMSS Advanced 2015. Kapitlet er basert på et samarbeid mellom forskere ved Institutt for lærerutdanning og skoleforskning på Universitetet i Oslo og realfagslærere ved Lillestrøm videregående skole i Akershus. Skolelaboratoriet ved Fysisk institutt på Universitetet i Oslo har også lest og kommentert et utkast til kapitlet. Det er de som står som forfattere av kapitlet, som er ansvarlige for kommentarene til oppgavene og resultatene som presenteres her.

Over hver oppgave har vi angitt den kognitive kategoriseringen av oppgaven og en kort beskrivelse av hva oppgaven går ut på. Vi har valgt å beholde dette på engelsk her; det er for at man lettere skal kunne finne fram til internasjonale publikasjoner hvor omtale av oppgaver inngår. Ellers benytter vi norske betegnelser. De kognitive nivåene har vi oversatt på følgende måte: For den engelske betegnelsen «Knowing» bruker vi *kunne* på norsk, for «Applying» bruker vi *anvende*, og for «Reasoning» bruker vi *resonnere*. For mer om dette, se kapittel 13. Systemet som er brukt for å kode de oppgavene som ikke er flervalgsoppgaver, er også beskrevet i kapittel 13.

I resultattabellen som følger etter hver oppgave, angis det internasjonale nummeret som oppgaven har i TIMSS Advanced. Korrekt svar er markert med gul farge (og for flervalgsoppgaver også med stjerne). For oppgaver som

har vært brukt også i tidligere gjennomføringer av studien (*trendoppgaver* fra 1995 og fra 2008), har vi oppgitt resultater for Norge også i de tidligere gjennomføringene.

TIMSS Advanced er en studie av elever i det siste året i videregående skole som har valgt full fordypning i fysikk og/eller matematikk. Denne boka konsentrerer seg om å presentere resultater i fysikk; se tidligere bok om resultater i matematikk (Grønmo & Hole, 2017). Hvor stor andel av et årskull i et land som har valgt fysikk, varierer ganske mye. I sammenlikninger mellom land er det viktig å ta hensyn til dette, da det sier mye om hvor stor del av elevene i et land som når opp til et visst nivå, generelt og på enkeltoppgaver. Prosentandelen av årskullet som tar fysikk til topps, det som kalles landets *dekningsgrad* i fysikk, og gjennomsnittsalderen til elevene i de landene vi sammenlikner med, er angitt i tabell 9.1.

Tabell 9.1 Dekningsgrad og alder i sammenlikningslandene i TIMSS Advanced 2015

Land	Dekningsgrad i %	Alder
USA	4,8	18,1
Russland	4,9	17,7
Norge	6,5	18,8
Slovenia	7,6	18,8
Sverige	14,3	18,8
Italia	18,2	18,9
Frankrike	21,5	18,0

Den høyeste andelen elever som velger fysikk, har Frankrike med 21,5 % og Italia med 18,2 %. Lavest andel finner vi i USA med 4,8 %, Russland med 4,9 % og Norge med 6,5 %. Det er også noe variasjon når det gjelder elevenes alder. Italia, Norge, Sverige og Slovenia har de eldste elevene. Yngst er elevene i Russland; de er vel ett år yngre enn elevene i de fire landene med eldst elever.

Til slutt i kapitlet har vi en kort oppsummering av noen viktige fellestrekk etter gjennomgangen av oppgavene i elektrisitet og magnetisme med tittelen «Avsluttende kommentarer». Disse kommentarene danner utgangspunkt for videre drøftinger og refleksjoner i kapittel 12, som tar for seg sentrale funn som er presentert gjennom boka.

De formlene som elevene fikk oppgitt i oppgaveheftene, er gjengitt i et eget appendiks bak i boka.

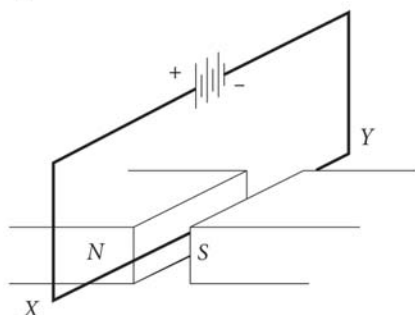
9.1 Trendoppgaver

Med *trendoppgaver* menes oppgaver som har blitt brukt også i tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced. Disse brukes til å forankre prestasjonsskalaen til de tidligere gjennomføringene. Det er bare ved å ha en del identiske oppgaver i de ulike studiene at det er mulig å sammenlikne prestasjoner på tvers av tid, altså måle trender (se kapittel 13). Først tar vi for oss trendoppgaver som ble brukt i både 1995, 2008 og 2015. Deretter ser vi på oppgaver som ble brukt i 2008 og 2015.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 1

Applying. Direction of magnetic force on wire
(Retning av magnetisk kraft på leder)

Ein leiar som fører elektrisk straum, vert plassert mellom to magnetar som vist på figuren.



Kva retning har den magnetiske krafta på leiaren XY?

- (A) Mot nordpolen
- (B) Mot sørpolen
- (C) Vertikalt oppover
- (D) Vertikalt nedover
- (E) Mot punktet Y

PA13016		A	B	C	D*	E	Ikke svart
Norge	1995	11	14	29	40	6	0
	2008	14	19	26	29	11	1
	2015	12	19	28	31	8	2
Sverige		16	18	27	20	15	3
USA		22	14	26	15	22	1
Russland		8	15	17	51	7	2
Slovenia		15	18	28	28	11	1
Frankrike		20	18	10	8	33	11
Italia		15	14	25	19	16	11
Int. gj.snitt		16	18	22	23	16	5

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*.

Opgaven tester elevens forståelse for anvendelse av likningen

$$\vec{F}_m = I\vec{l} \times \vec{B}$$

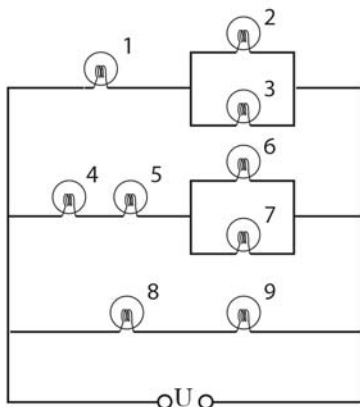
for den magnetiske kraften på en leder med strøm I og lengde l i et magnetfelt B . Kraftretningen for \vec{F}_m bestemmes ved bruk av høyrehåndsregelen. Her er det tre elementer elevene må mestre for å få rett svar. For det første må de finne strømretning (fra positiv til negativ pol) og så retningen på magnetfeltet (fra nord til sør), før de til slutt må gjøre bruk av kryssproduktet $\vec{F}_m = I\vec{l} \times \vec{B}$. Dersom man gjør feil på en av de to første delene, vil kryssproduktet gi svar C. Som tabellen viser, er dette den mest valgte distraktoren (unntatt i Frankrike).

Sammenliknet med andre land gjør norske elever det bra på denne oppgaven, men Norge har en klar tilbakegang fra 1995. Oppgaven tester mye de samme kunnskapene som oppgave 10 i dette kapitlet, men er noe vanskeligere, da elevene selv må finne retning på magnetfeltet og strømmen. Skåren på denne oppgaven er da også lavere enn på oppgave 10.

Opgaven gjør bruk av vektorprodukt, som i Norge undervises både i fysikk og i matematikkurset R2. Det vil være en klar fordel for elevene å ha gjennomgått dette begge steder. I 2015 var det mulig for elevene å ta Fysikk 2 uten å ta Matematikk R2. Oppgaven tester også kjennskap til konvensjonene for strømretning og magnetfeltretning.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 2**Reasoning. Bulbs using least power****(Pærer med minst effekt)**

Ni identiske lyspærer 1–9 er kopla til ei konstant spenningskjelde U som vist på figuren.



Kva for lyspærer brukar minst energi ?

- (A) Lyspærene 2 og 3
- (B) Lyspærene 4 og 5
- (C) Lyspærene 6 og 7
- (D) Lyspærene 8 og 9

PA13018		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	24	8	56	11	2
	2008	26	8	54	13	0
	2015	28	7	50	13	2
Sverige		22	16	51	6	5
USA		31	9	43	17	1
Russland		29	10	41	19	2
Slovenia		16	12	59	12	1
Frankrike		33	7	29	28	3
Italia		29	9	36	19	7
Int. gj.snitt		27	11	44	16	3

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *resonnere*. Den krever en relativt omfattende kjennskap til elektrisitetstære. Men siden oppgaven er kvalitativt preget, kommer elevene langt med logisk tenkning, så lenge de kan bruke formlene som er oppgitt i oppgaveheftet.

Vi skal finne lyspærene som har lavest effekt (energi per tidsenhet). Fra formellista har vi $P = RI^2$, der P er effekt, R er resistans («motstand») og I er strøm. Siden lyspærene er identiske, kan vi anta at de har samme resistans. Altså er oppgaven å finne de lyspærene hvor det går minst strøm. Ut fra spenningskilden (U) har vi en trippelkobling. Vi finner den greinen som har minst strøm ved å se på hvilken grein som har størst samlet resistans. Hvis vi setter resistansen i hver pære til å være R , ser vi at den midterste greinen har mest resistans med $2,5 R$ (med øverste grein $1,5 R$ og nederste $2 R$). Dermed går det minst strøm i midterste grein. Videre går det mindre strøm i hver av pærene 6 og 7 enn det gjør i 4 og 5, dermed blir svaret at lyspære 6 og 7 bruker minst energi.

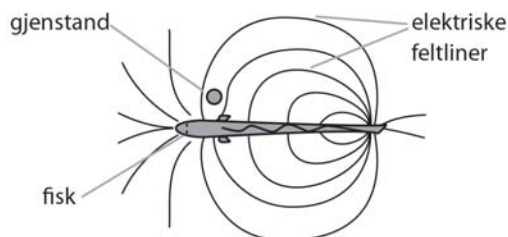
Læreplanene i 2008 og 2015 er tilnærmet like innen elektrisitetstære, og i begge år ble dette undervist i Vg2. Det er derfor vanskelig å peke på en strukturell grunn for den moderate nedgangen for norske elever. Den mest valgte distraktoren, også internasjonalt, er den andre parallellkoblingen (pære 2 og 3). Dette kan tyde på at elevene har skjønt at de må se etter minst mulig strøm, eller at de har observert i forsøk at parallellkoblinger har lavere effekt. Imidlertid har de antakelig ikke skjønt at hver grein i parallellkoblingen med pære 6 og 7 vil lede mindre strøm enn den med pære 2 og 3, fordi den totale resistansen i den øverste greinen er mindre.

De norske resultatene på denne oppgaven viser en svak tilbakegang siden 1995, men fortsatt ligger Norge over internasjonalt snitt på oppgaven.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 3

Applying. Direction of electric force

(Retning av elektrisk kraft)



Nokre fiskar lagar eit elektrisk felt for å oppdage gjenstandar i grumsete vatn. Halen til fisken blir negativt ladd og hovudet positivt ladd. Dersom den vesle gjenstanden vist ovanfor har ein positiv ladning, kva for ei pil viser BEST den rette retninga til den elektriske krafta som verkar på han?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)

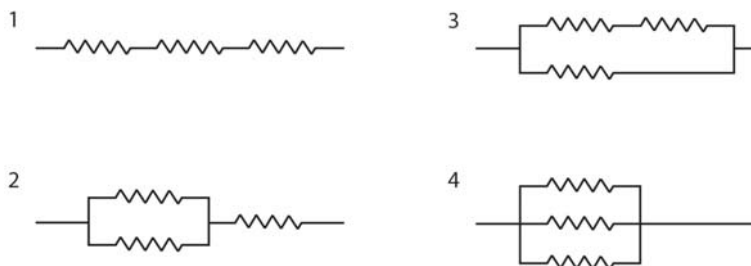
PA23104		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	2008	26	8	57	8	1
	2015	26	7	59	8	0
Sverige		20	11	54	13	2
USA		38	10	43	9	1
Russland		20	8	65	7	1
Slovenia		24	8	59	9	0
Frankrike		42	15	35	7	1
Italia		31	11	49	7	3
Int. gj.snitt		28	11	51	9	1

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Oppgaven handler om elektrisk kraft. I dette tilfellet holder det å vite at like ladninger frastøter hverandre; det er kun alternativ C som er kompatibelt med dette. De norske elevene har ifølge læreplanen arbeidet med elektriske dipoler og feltlinjer, så denne oppgaven passer godt til norsk fysikkpensum. De norske resultatene er da også relativt gode. Men som vi ser av tabellen, svarer over 40 % av de norske elevene feil.

Denne oppgaven har gode resultater også internasjonalt, med unntak av Frankrike og USA. Den mest valgte distraktoren for alle land er alternativ A, som viser en kraftvektor som peker inn mot midten av fisken. Her har muligens elevene sett på feltlinjene som en sirkelbevegelse og tenkt at summen av kreftene i en sirkelbevegelse med konstant banefart er rettet inn mot sentrum av sirkelen. En annen mulighet er at elevene kun har tatt i betraktning at den negativt ladde halen vil tiltrekke seg den positivt ladde gjenstanden.

Norges resultater på oppgaven er stabile fra 2008 til 2015 og er høyere enn det internasjonale snittet. Russland presterer best på oppgaven, mens Frankrike presterer klart svakest. Her må vi ta i betraktning at Russland har en svært lav dekningsgrad, mens Frankrike har en svært høy.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 4
Applying. Connections in decreasing resistance
(Koblinger etter minkende resistans)



Figuren ovenfor viser fire ulike måtar å kople saman tre identiske motstandar på. Kva for eit av alternativa viser dei fire koplingane i rekkjefølgje etter minkande resistans?

- (A) 1, 2, 3, 4
 (B) 1, 3, 2, 4
 (C) 4, 3, 2, 1
 (D) 4, 2, 3, 1

PA23038		A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	2008	46	20	22	11	1
	2015	42	17	25	14	2
Sverige		38	18	24	18	2
USA		36	19	28	16	1
Russland		60	20	12	8	0
Slovenia		62	20	10	8	1
Frankrike		23	15	35	23	4
Italia		32	22	23	19	5
Int. gj.snitt		40	18	24	16	2

Denne oppgaven er kognitivt klassifisert som *anvende*. Den handler om resistans i enkle koblingsskjema. Formelen

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

for resistans i parallellkoblinger er med i formelsamlingen i oppgaveheftet. Hvis vi antar at resistansen i hver motstand er R , gir denne kombinert med additivitet av resistans i seriekoblinger:

$$R_1 = R + R + R = 3R$$

$$R_2 = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} + R = \frac{3}{2}R$$

$$R_3 = \left(\frac{1}{R+R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{2R} + \frac{2}{2R}\right)^{-1} = \frac{2}{3}R$$

$$R_4 = \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}\right)^{-1} = \frac{1}{3}R$$

Ordnet etter minkende resistans får vi: $R_1 > R_2 > R_3 > R_4$, altså svaralternativ A.

Det går imidlertid an å resonnerer seg fram til dette alternativet også på en mer kvalitativ måte, uten bruk av formler: (2) har mindre resistans enn (1), fordi to seriekoblede motstander erstattes med to i parallell. Videre har (3) mindre resistans enn (2), fordi motstanden som i (2) ikke var i parallell, i (3) er lagt inn i parallellen. Endelig har (4) mindre resistans enn (3), fordi seriekoblingen i den ene greinen i (3) er erstattet med en parallell i (4). Det finnes også «branndør»-metaforer og liknende man kan bruke i undervisningen om dette; man kan tenke på motstandene som dører plassert etter hverandre eller ved siden av hverandre, og man skal bevege seg fra venstre til høyre når alarmen går.

Norge gjør det relativt bra på denne oppgaven, litt over internasjonalt snitt. Slovenia og Russland gjør det klart best.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 5
Knowing. Explain what symbols represent
(Forklar hva symbolene står for)

Formelen $F = qvB$ refererer til rørsle til ein ladd partikkel i eit homogent magnetfelt. Kva står symbola F , q , v og B for?

PA23041		10	70	79	Ikke svart
		Rett svar	Feil svar	Feil svar	
Norge	2008	79	18	3	1
	2015	75	16	8	2
Sverige		54	24	18	4
USA		25	27	41	7
Russland		72	21	4	3
Slovenia		71	24	5	1
Frankrike		5	37	48	10
Italia		66	21	6	6
Int. gj.snitt		50	24	20	6

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Kodemanualens krav for denne oppgaven var at F skulle forklares som «kraft», q som «elektrisk ladning», v som «hastighet» eller «fart», og B som «magnetisk felt», «magnetisk feltstyrke» eller «magnetisk flukstetthet». Det krevdes altså ikke noe annet enn enkeltstående ord. Noen fysisk tolkning av selve likningen $F = qvB$ ble ikke etterspurt. Spesielt var det ikke nødvendig å forklare at denne likningen tilsvarende tilfellet hvor magnetfeltet står vinkelrett på ladningens bevegelsesretning, jamfør vektorlikningen

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

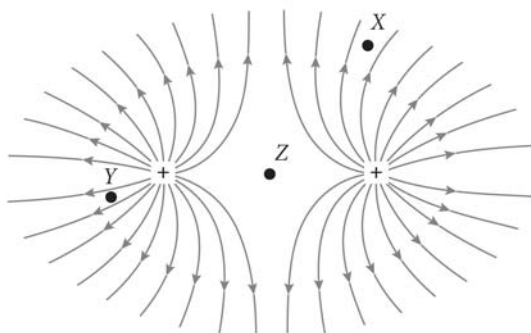
Dette tatt i betraktning burde oppgaven kunne forventes å være relativt lett sett i forhold til norsk fysikkpensum. Norge skårer da også meget godt på oppgaven, faktisk best av alle deltakerlandene. Endringen fra 2008 til 2015 er liten. Kravet for kode 70 var at tre av de fire symbolene i likningen var korrekt forklart. Frankrike og USA presterer klart svakest på oppgaven. Her er det en relativt stor andel av elevene som har fått 3 av 4 riktige, altså kode 70.

9.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier

Vi går nå over til å se på oppgaver som ikke er trendoppgaver, altså oppgaver som verken ble brukt i 1995 eller i 2008. Disse oppgavene ble utviklet til TIMSS Advanced-studien i 2015.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 6A
Applying. Forces in electric field
(Krefter i elektrisk felt)

Figuren viser de elektriske feltlinjene rundt to positive punktladninger.



- A. En positiv testladning er plassert i hvert av punktene angitt under. Velg den pila som best viser retningen til kraften ladningen vil oppleve i hvert av disse punktene.

Punkt X	Punkt Y	Punkt Z
(A) ↖	(A) ↖	(A) ↖
(B) ↗	(B) ↗	(B) ↗
(C) ↙	(C) ↙	(C) ↙
(D) ↘	(D) ↘	(D) ↘
(E) ingen kraft	(E) ingen kraft	(E) ingen kraft

PA33102A	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	76	24	1
Sverige	66	33	1
USA	68	32	1
Russland	73	24	3
Slovenia	67	32	1
Frankrike	76	23	1
Italia	66	28	6
Int. gj.snitt	68	27	6

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Også her ligger Norges skår helt i toppen.

Oppgaven tester forståelse av teorien for kraften som virker på en elektrisk ladning i et elektrisk felt. Slik figuren i oppgaveteksten ser ut, trenger elevene egentlig ikke å bruke retningen til feltlinjene, altså at disse går bort fra de positive punktladningene. Det holder å vite at positive ladninger vil frastøte positive ladninger, og slik sett er dette en enkel oppgave som godt kunne ha blitt gitt på et langt lavere nivå i naturfag. Imidlertid kan bruken av ord som «punktladninger» og «testladning» oppfattes som uklare hvis man ikke kjenner den teoretiske sammenhengen de vanligvis settes inn i.

For å få kode 10 på denne delen av oppgaven (del A), måtte elevene ha korrekt retningsangivelse for alle de tre punktene: B for X, C for Y og E for Z. Ved skåring av de norske elevbesvarelsene viste det seg at 93 % av de norske elevene hadde korrekt svar for punktet Z. (Dette er ikke gjengitt i tabellen.) Se kommentar i omtalen av oppgavens del B.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 6B
Applying. Order points by field strength
(Ordne punkter etter feltstyrke)

B. Skriv en liste med punktene X, Y og Z etter økende feltstyrke.

PA33102B	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	47	42	12
Sverige	46	49	5
USA	44	54	3
Russland	50	39	11
Slovenia	58	39	3
Frankrike	54	41	5
Italia	35	46	19
Int. gj.snitt	50	41	9

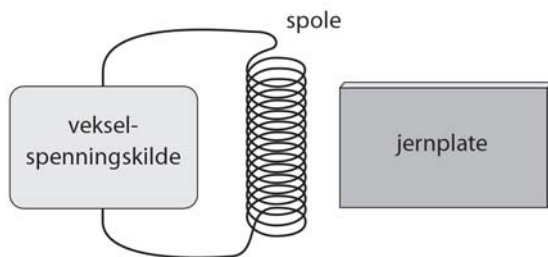
Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Her skal elevene ordne punktene X, Y og Z etter økende feltstyrke. Korrekt svar er at Z har svakest feltstyrke (null), deretter X og så Y. For å løse denne oppgaven holder det altså ikke kun å vite at partikler med like ladninger frastøter hverandre. Man må også vite at frastøtningen avtar i styrke jo lenger unna hverandre partiklene er, og kunne anvende dette prinsippet i tolkningen av figuren.

Det er interessant å sammenlikne resultatene på denne oppgaven med del A i samme oppgave. I del A hadde som nevnt 93 % av de norske elevene korrekt svar på kraften i punktet Z (ingen kraft). Hvis man kjenner begrepet feltstyrke, og vet at kraften på partikkelen vil være proporsjonal med feltstyrken, burde det være greit å komme fram til at Z har null feltstyrke, og at feltstyrken er svakere i X enn i Y. Likevel svarer langt færre norske elever korrekt på B enn på A. En mulig forklaring er at det er forståelsen av begrepet feltstyrke og relasjonen mellom dette og kraften på en ladd partikkel som svikter hos mange av de norske elevene.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 7

Reasoning. Heating an iron plate (Oppvarming av jernplate)

Hvis en jernplate er i nærheten av en spole som er koblet til en kilde med vekselspenning, så kan jernplaten bli varm å ta på.



Hvilken forklaring er best for dette fenomenet?

- (A) Elektrisk strøm dannes i jernplaten på grunn av den kjemiske potensielle energien som er lagret i spolen.
- (B) Elektrisk strøm dannes i jernplaten på grunn av den induserte spenningen.
- (C) Det magnetiske feltet til jernplaten overfører elektrisk energi fra spolen.
- (D) Det varierende magnetiske feltet i spolen blir mer intenst i jernplaten.

PA33121	A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2	67	16	14	1
Sverige	4	53	22	20	2
USA	8	38	38	14	1
Russland	2	64	20	14	1
Slovenia	2	59	26	12	0
Frankrike	9	45	23	22	1
Italia	6	65	16	11	2
Int. gj.snitt	6	50	23	20	1

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *resonnere*. Den fysiske situasjonen i oppgaven er at vekselstrømkilden produserer en varierende strøm i spolen, som gir varierende magnetfelt. Variasjonen i magnetfeltet inducerer elektromotorisk spenning i jernplaten. Det ligger implisitt i oppgaven at jernet er ferromagnetisk. Da går det strøm i jernplaten, noe som på grunn av resistans leder til oppvarming. Formelt er den induserte spenningen gitt ved formelen

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

som finnes i formellista. Men elevene trenger altså ikke å bruke denne, de kan resonnerer kvalitativt. Alternativene elevene skal velge mellom, er relativt enkelt formulert. Kun ett av dem nevner induksjon, så en dypere forståelse for hvordan strømmen i jernplaten oppstår, kreves ikke. På den annen side krever oppgaven evne til å forstå en skriftlig framstilling av en praktisk, fysisk situasjon. Vi ser at norske elever ligger i toppen, men at oppgaven også internasjonalt framstår som relativt enkel.

Norge ligger klart over internasjonalt snitt på denne oppgaven. Tradisjonelt har induksjon vært mye brukt i norsk fysikkundervisning, kanskje blant annet på grunn av at anvendelser i vannkraftverk har vært mye brukt og allment kjent i Norge. Også Italia og Russland presterer godt.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 8
Applying. Rubbed balloon sticks to wall
(Ballong klistret til vegg)

Når Tina gnir en ballong fylt med luft mot ullgenserens sin, blir ballongen negativt ladet. Hun legger merke til at da vil ballongen klistre seg til veggen.

Forklar hvorfor den ladete ballongen vil klistre seg til veggen.

PA33047	10 Rett svar	79 Galt svar	Ikke svart
Norge	5	80	15
Sverige	14	75	11
USA	16	80	4
Russland	9	74	17
Slovenia	12	76	13
Frankrike	1	85	14
Italia	6	67	27
Int. gj.snitt	8	75	17

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Oppgaven fungerte muligens ikke så godt som den burde. Diskusjonene under utarbeidelsen av oppgaven internasjonalt resulterte i en ganske komplisert kodemanual. Slik de norske elevbesvarelsene framstod på denne oppgaven, er antakelig problemet at elevene ifølge kodemanualen *må* nevne at veggen får *omfordelt* ladningene ved at elektronene skyves bort fra den negativt ladde ballongen, altså at ladningene *flyttes*, for å få kode 10 (korrekt). Det holdt ikke bare å skrive at det er *statisk elektrisitet* som ligger bak, eller at ladningen til ballongen er *forskjellig fra* veggens ladning.

Her er det grunn til å mistenke at de norske elevene svarer ut fra hva de tidligere har fått forståelsen av at er tilstrekkelig å skrive på slike oppgaver, og at manglende referanse til flytting/omfordeling av ladninger ikke nødvendigvis reflekterer manglende fysisk forståelse. Resultatene viser at problemet sannsynligvis er noe av det samme i alle land. Både i Norge og internasjonalt er det svært svake resultater på oppgaven. Dette skjer altså til tross for at oppgavens problemstilling egentlig ikke er særlig avansert, og at oppgaven opprinnelig ikke var antatt å skulle være spesielt vanskelig.

Det kunne vært interessant å se hvor stor andel av elevene som besvarte oppgaven ved å henvise til statisk elektrisitet, for eksempel gjennom en egen 70-kode for dette. I kodemanualen ble dette slått sammen med andre feilsvar til den felles 79-koden.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 9

Applying. Pacemakers and electrical fields

(Pacemakere og elektriske felt)

Folk med implanterte pacemakere blir rådet til å holde minst 60 cm avstand fra noen elektriske apparater. Dette er for å unngå at det sterke elektriske feltet fra disse apparatene påvirker hvordan pacemakeren fungerer.

Hvor langt unna et slikt apparat burde en person med en pacemaker stå, dersom han eller hun ønsker å redusere feltstyrken med en faktor på 4 relativt til den avstanden de fikk råd om?

- Ⓐ 30 cm
 - Ⓑ 60 cm
 - Ⓒ 120 cm
 - Ⓓ 240 cm
-

PA33012	A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	6	4	44	44	2
Sverige	3	3	34	57	3
USA	5	5	41	48	1
Russland	2	2	35	61	1
Slovenia	4	0	57	39	1
Frankrike	4	4	19	71	3
Italia	6	4	28	55	7
Int. gj.snitt	5	4	33	55	3

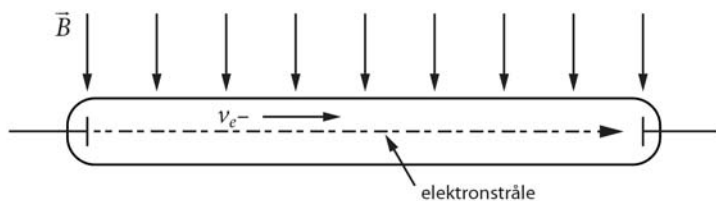
Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Prinsippet elevene må bruke her, er at dersom kilden til et elektrisk felt er en punktladning, og avstanden til kilden doubles, reduseres feltstyrken med en faktor 4. Dette kan formuleres ved å si at feltstyrken går som $1/r^2$, der r er avstanden til kilden. Dette kan forstås ved å tenke at et «fysisk fenomen» som spres i tre dimensjoner, kan anses som spredt på et kuleskall med overflate $4\pi r^2$, en tenkning som kan brukes i forbindelse med energi, elektrisk kraft/feltstyrke, gravitasjon og så videre på tvers av mange ulike fysiske fagfelter. Se også oppgave 15 i mekanikk og termodynamikk.

Blant distraktorene ser vi at D, som tilsvarer firedobling av avstanden, er den mest valgte. Dette er ikke overraskende, fordi det svarer til å tenke at en firedobling av avstanden tilsvarer reduksjon med en faktor 4 på feltstyrken.

Norge gjør det godt på oppgaven, kun Slovenia er bedre.

Elektrisitet og magnetismeoppgave 10**Reasoning. Deflected electron beam****(Avbøyd elektronstråle)**

En stråle med elektroner går fra venstre mot høyre inne i et lufttomt glassrør.



Glassrøret blir utsatt for et homogent magnetisk felt som har retning nedover slik som vist på figuren. Hva vil skje med elektronene i strålen?

- (A) Strålen bøyer seg inn i arket.
- (B) Strålen bøyer seg ut av arket.
- (C) Strålen bøyer seg nedover.
- (D) Strålen bøyer seg oppover.

PA33120	A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	33	39	12	13	2
Sverige	23	39	19	16	3
USA	21	23	36	20	1
Russland	24	50	16	8	2
Slovenia	37	36	16	10	0
Frankrike					
Italia	24	27	28	14	8
Int. gj.snitt	24	32	24	16	4

Denne oppgaven ble kognitivt klassifisert som *resonnere*. Den er en åpen oppgave, og etter studien ble den valgt som forankringsoppgave på *avansert kompetansenivå*. Den er omtalt i (Grønmo, Hole & Onstad, 2016). Som nevnt der representerer oppgaven en anvendelse av kraftlikningen $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ for kraften \vec{F} på en ladning q som beveger seg med en hastighet \vec{v} i et magnetfelt \vec{B} , der kraftens retning bestemmes av høyrehåndsregelen innbakt i vektorproduktet. Distraktoren A tilsvare å regne ladningen q som positiv, noe som tilsvare å glemme at dette er et elektron. Dette kan være en medvirkende årsak til at A er det mest valgte ikke-korrekte svaralternativet. Distraktorene C og D tilsvare at man tenker på oppførsel i et elektrisk felt i stedet for et magnetisk felt.

Sammenliknet med andre land gjør Norge det relativt bra, men likevel var det kun 39 % av de norske elevene som besvarte oppgaven korrekt. Dette viser at oppgaver som i TIMSS Advanced blir målt til å ligge på avansert kompetansenivå, ikke nødvendigvis er vanskelige sett i en norsk skolekontekst. Norge ligger over internasjonalt snitt på oppgaven, og det er bare Russland som skårer høyere enn Norge. Vi så i oppgave 1 og 5 at Frankrike og USA presterer svakt i oppgaver som involverer kraftlikninger uttrykt ved vektorprodukt. USA gjør det svakt også her, mens Frankrike ikke har data på denne oppgaven. I situasjoner hvor en oppgave fungerer dårlig i et land, kan landets resultater tas ut.

9.3 Avsluttende kommentarer

I denne oppsummeringen reiser vi noen utvalgte problemstillinger som det er naturlig å ta opp ut fra resultatene på oppgavene drøftet i kapitlet. Dette er med andre ord ikke en full oppsummering av resultatene på alle oppgavene i kapitlet, men et valgt perspektiv med sikte på å reise viktige diskusjoner.

9.3.1 Generell tilbakegang på fagområdet elektrisitet og magnetisme

På trendoppgavene fra 1995, oppgave 1 og 2, ser vi en svak tilbakegang på begge i størrelsesorden fra 6 til 9 prosentpoeng. En tilbakegang på en enkeltoppgave som er så vidt liten, vil ikke være signifikant. Men det at nedgangen er den samme i begge oppgavene, kan tyde på at vi her har å gjøre med en

systematisk negativ utvikling på området elektrisitet og magnetisme. Dette i motsetning til resultatene på områdene mekanikk og termodynamikk (se kapittel 8) og bølger og atom-/kjernefysikk (se kapittel 10). Der er det noen oppgaver som utmerker seg med relativt stor nedgang i prestasjoner, og det er oppgaver hvor vi kan relatere resultatet til endringer i læreplanen. Tilbakegangen vi finner på fagområdet elektrisitet og magnetisme, ser derimot ut til å være et uttrykk for et generelt fallende faglig nivå.

Trendoppgravene 3, 4 og 5 viser en nedgang fra 2008 på 4 prosentpoeng i to av oppgavene, og en framgang på 2 prosentpoeng i én oppgave. Dette resultatet understøtter den generelle konklusjonen om at vi for elektrisitet og magnetisme kan snakke om en jevn, svak tilbakegang for dette fagområdet i fysikk.

9.3.2 Ensidighet og variasjon i utformingen av oppgaver

Den store variasjonen i resultater på noen av oppgavene kan tenkes å være resultat av at norske elever presterer bedre på oppgaver som likner mye på konteksten og måten spørsmålene stilles på i oppgaver de presenteres for i lærebøkene. Vi tenker da ikke på det faglige innholdet i oppgaven, men mer på måten oppgaven er utformet på. Resultatene på oppgavene 6A og 6B eksemplifiserer dette. I teksten til oppgavene ble det pekt på mulige fysikkfaglige forklaringer på den store forskjellen i prosent riktige svar for Norge (76 versus 47). Det er imidlertid klart at denne forskjellen også kan skyldes varierende nærhet til kjente oppgavesjangre eller måter å stille spørsmålet på: Elevene mestrer spørsmål av den typen de er vant til, og i mindre grad spørsmål som stilles på en ukjent eller uvanlig måte, selv i situasjoner hvor det fysikkfaglige innholdet i oppgavene er nært relatert. En robust begrepsforståelse i fysikk bør sette elevene i stand til å takle nye måter å anvende innlært kunnskap på. Vi stiller på bakgrunn av dette spørsmålet om man i norsk skoles fysikkundervisning bør tilstrebe en større grad av variasjon, ikke når det gjelder faglig innhold, men i måten problemene elevene skal løse, formuleres på.