

# Oppgaver i mekanikk og termodynamikk fra TIMSS Advanced 2015

Liv Sissel Grønmo

*Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO*

Arne Hole

*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 mekanikk og termodynamikk 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 8.1.

**Tabell 8.1** 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 mekanikk og termodynamikk 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.

## 8.1 Trendoppgaver

Med *trendoppgaver* menes oppgaver som har blitt brukt også i tidligere gjennomføringer av TIMSS Advanced. Disse brukes til å forankre prestasjonskalaen 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.

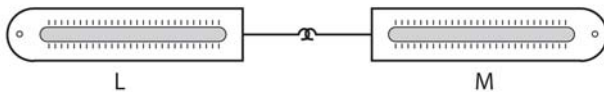
### Mekanikk og termodynamikkoppgave 1

#### Applying. Force on connected springs

(Kraft på sammenkoblede fjærer)

---

To kraftmålarar, L og M dreg i kvarandre som vist på figuren.



Dei to kraftmålarane er korrekt kalibrerte for å vise krafta i newton (N).  
Vi les av krafta 4 N på L.

Kva er krafta vi les av på M dersom fjærkonstanten for L er dobbelt så stor som for M?

- (A) 2 N
  - (B) 3 N
  - (C) 4 N
  - (D) 8 N
-

PA13012		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	31	1	33	35	0
	2008	43	1	23	33	0
	2015	36	1	34	28	1
Sverige		38	1	20	37	3
USA		45	1	23	30	1
Rusland		34	1	35	29	1
Slovenia		38	1	35	26	1
Frankrike		50	1	10	36	2
Italia		51	3	9	31	6
Int. gj.snitt		41	2	24	30	3

Dette er en flervalgsoppgave som tester elevenes grunnleggende forståelse av krefter. Kognitivt er den vurdert som *anvende*.

For å løse oppgaven er det tilstrekkelig at elevene kjenner og kan anvende Newtons 3. lov om kraft og motkraft. Newtons 3. lov kan formuleres slik: *Når et legeme A virker med en kraft  $F_A$  på et legeme B, vil B virke tilbake på A med en like stor og motsatt rettet kraft  $F_B$ .* Kraft og motkraft virker alltid på hvert sitt legeme; et legeme som påvirker et annet legeme med en kraft, vil bli påvirket med en like stor og motsatt rettet kraft. Dermed er riktig svaralternativ C. Det er mulig at de norske elevene ville ha skåret bedre på denne oppgaven rett etter Fysikk 1 (*før de starter med fjærer i Fysikk 2*), da det er i Fysikk 1 de har mest fokus på Newtons 3. lov.

Selv om det er framgang fra 2008, er resultatet overraskende dårlig, og det er sannsynlig at elevene faller tilbake til ren formelbruk og benytter Hookes lov:  $F = kx$ , der  $k$  er fjærkonstanten. Siden fjærkonstanten er dobbelt så stor for fjær  $L$ , konkluderer mange elever feilaktig at kraften blir dobbelt så stor eller halvparten så stor (alternativ D og A).

Newtons lover er helt grunnleggende i fysikken, så hvis elevene her bruker formelen for fjærkraft framfor logikk rundt Newtons 3. lov, er det litt urovekkende.

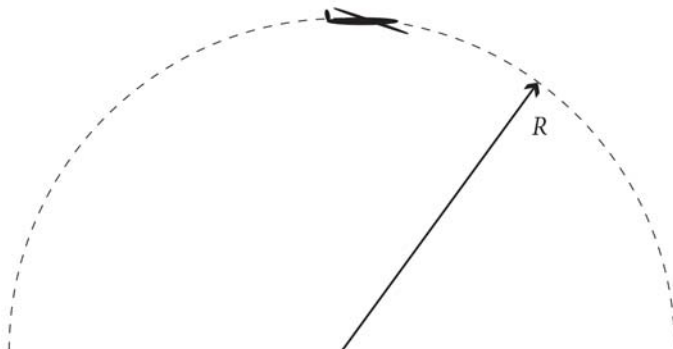
Det er interessant å se at trenden er den samme internasjonalt, med en overvekt av svaralternativ A. Vi kan også legge merke til at nesten ingen velger alternativ B, som er ulogisk ut fra både Hookes lov og Newtons 3. lov. Som bemerket i Angell et al. (2019) er dette for øvrig et eksempel på en oppgave der gutter presterer betydelig bedre enn jentene.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 2****Reasoning. Speed of aircraft****(Farten til et fly)**

Eit fly flyg i ein vertikal, sirkulær bane med radien  $R$  med konstant banefart.

Når flyet passerer topp-punktet i banen, føler passasjerane seg «vektløse».

Tyngdeakselerasjonen er  $g$ .



Kva er farten til flyet?

- (A)  $gR$
- (B)  $\sqrt{gR}$
- (C)  $\frac{g}{R}$
- (D)  $\sqrt{\frac{g}{R}}$
- (E)  $2gR$

PA13014		A	B*	C	D	E	Ikke svart
Norge	1995	3	72	4	10	8	2
	2008	5	71	3	9	10	1
	2015	5	68	3	12	10	2
Sverige		15	38	10	16	18	4
USA		12	43	11	20	13	1
Russland		8	75	4	6	6	1
Slovenia		9	59	7	15	9	0
Frankrike		17	28	10	33	8	5
Italia		18	39	9	15	10	9
Int. gj.snitt		12	49	8	18	11	4

Dette er en flervalgsoppgave som er kategorisert kognitivt som *resonnere*. For å løse oppgaven må elevene beherske Newtons 2. lov, som beskriver hvordan et legeme som blir påvirket av en kraft  $F$ , får en akselerasjon  $a$  som er proporsjonal med kraften  $F$ . Akselerasjonens proporsjonalfaktor er lik legemets masse. I tillegg til Newtons andre lov trenger elevene å vite at sentripetalakselerasjonen er gitt ved  $a = v^2/r$ , som er oppgitt i formelsamlingen foran i heftene. De må kunne regne ut algebraisk den farten som gir fritt fall, det som kalles «vektløshet» for passasjerene.

Det er to krefter som virker på passasjerene: Tyngdekraft ( $G$ ) fra jorda og normalkraft ( $N$ ) fra setet. Disse er motsatt rettet, og vi velger positiv retning inn mot sentrum av sirkelen (altså nedover). For å føle seg «vektløs», må man ha normalkraften  $N = 0$ , dvs. fly med en fart slik at vi mister kontakt med setet.

Newtons andre lov sammen med sentripetalakselerasjonen gir da:

$$\Sigma F = ma$$

$$G - N = m \frac{v^2}{r} \quad (\text{setter her } N = 0 \text{ for «vektløshet»})$$

$$v = \sqrt{gr}$$

Selv om elevene ikke gjennomfører et holdbart kraftresonnement, kan de også komme fram til formelen under B bare ved å sette  $a = g$  og  $r = R$  i formelen  $a = v^2/r$  og løse med hensyn på  $v$ .

Det er også interessant å se at kun alternativ B har riktig enhet (m/s), og dermed kunne elevene ha funnet riktig svar bare ved å analysere enhetene uten videre bruk av fysikk.

Temaet for denne oppgaven er et helt klart læreplanmål, og tilsvarende oppgaver finnes i de fleste lærebøker i fysikk. Norsk læreplan sier: «Eleven skal kunne regne ut akselerasjon og krefter på objekter som beveger seg med konstant fart i en sirkelbane, og på objekter i en vertikal sirkelbane i øvre og nedre punkt.»

De norske elevene skårer høyt på denne oppgaven, godt over det internasjonale snittet, og kun Russland skårer høyere. Andelen riktige svar har falt noe, men svarfordelingen for norske elever er svært lik i 1995, 2008 og 2015. Dette indikerer at det faglige innholdet som testes i denne oppgaven, har vært sentralt stoff i fysikkundervisningen i hele denne perioden.

Tidligere læreplan (L94) hadde med beregning av krefter gjennom hele sirkelbevegelser. Nå som elevene kan ta Fysikk 2 uten Matematikk R2, kan det i norsk fysikkundervisning legges opp til å fokusere på øvre og nedre del av sirkelen. Da unngår man å bruke vektorer.

### *Mekanikk og termodynamikkoppgave 3*

#### *Knowing. Heat transfer*

#### *(Varmeoverføring)*

---

Kva for ein prosess er det som overfører energi frå sola til jorda ?

- Ⓐ Berre leiing
  - Ⓑ Berre konveksjon
  - Ⓒ Berre stråling
  - Ⓓ Leiing, konveksjon og stråling samstundes
-

PA13015		A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	1995	0	0	89	10	1
	2008	0	1	83	16	0
	2015	1	3	68	27	2
Sverige		1	1	82	13	4
USA		1	5	53	40	0
Russland		1	1	84	15	0
Slovenia		2	3	63	33	0
Frankrike		1	1	82	15	1
Italia		2	2	71	22	3
Int. gj.snitt		1	2	71	23	2

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*.

På denne oppgaven faller norske elever tilbake med 15 prosentpoeng fra 2008, mens internasjonalt snitt nærmest er uendret. Fra læreplan L94 (KUF, 1994) til LK06 (KD, 2006) er antall læreplanmål i termofysikk drastisk redusert fra fire til ett. Dette har gjort termofysikk til et meget begrenset tema, med dertil fallende resultater på oppgaver som handler om dette. Reduksjoner av denne typen har gitt plass til mer teknologiske emner som halvlederteknologi (dioder og transistorer) i Fysikk 1 og digital lyd i Fysikk 2. Se oppsummering sist i kapitlet.

Læreplanen inneholder altså nå kun ett kompetansemål i termofysikk:

*«Eleven skal kunne gjengi og drøfte kvalitativt termofysikkens første og andre lov».*

Forrige læreplan inneholdt altså fire læreplanmål, og selv om denne oppgaven ikke går direkte inn i et læreplanmål fra L94, hadde nok elevene i 2008 mer generell kunnskap om termofysikk og dermed forskjellige typer energi-overføring.

Svaralternativene nevner i tillegg til det korrekte svaret «stråling» også «leiing» (ledning) og «konveksjon» (strømmer som transporterer energi, for eksempel varme, i væsker og gasser). Begge disse siste forutsetter at det er en form for materiell kontakt mellom objektene, noe det ikke er mellom sola og jorda. Begrepet «konveksjon» er ikke nevnt i de norske læreplanene fra 2006, så her stiller de norske elevene svakt. De burde imidlertid kunne eliminere «leiing»

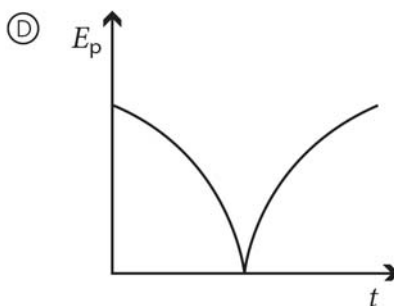
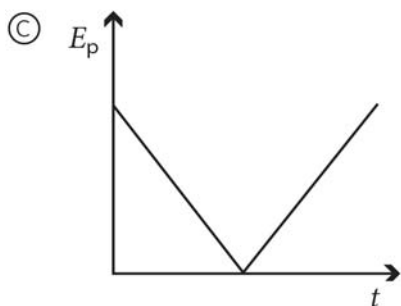
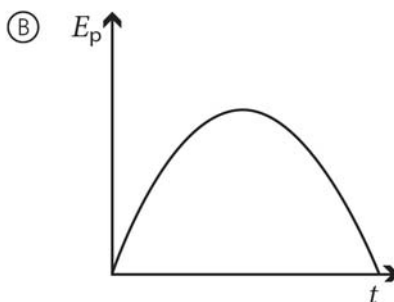
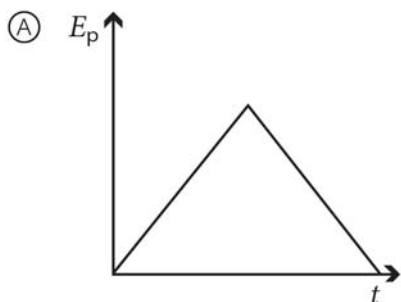


som overføringsmåte, og da er det kun alternativ C som inneholder det opplagte alternativet «stråling».

Norge har hatt en jevn tilbakegang på oppgaven. Mens det i 1995 kun var 10 % av de norske elevene som valgte alternativ D (både stråling, ledning og konveksjon), var det i 2015 hele 27 % som valgte dette.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 4**  
**Applying. Graph of ball's potential energy**  
**(Graf for ballens potensielle energi)**

Ein ball blir dytta i gang og rullar oppover eit skråplan. Etter ei stund snur ballen og rullar nedover att. Kva for ein graf skildrar BEST korleis den potensielle energien til ballen varierer som funksjon av tida?



PA23071		A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2008	26	65	4	6	0
	2015	33	58	5	4	1
Sverige		19	61	6	14	1
USA		27	60	6	6	2
Russland		44	45	6	4	1
Slovenia		27	64	5	5	0
Frankrike		23	57	9	12	0
Italia		31	51	7	9	3
Int. gj.snitt		30	57	6	7	1

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *anvende*. Dette er en flervalgsoppgave, og den ble etter TIMSS Advanced 2015 definert som forankringsoppgave på middels kompetansenivå. Oppgaven er omtalt i Grønmo, Hole & Onstad (2016).

Oppgavens tema er potensiell energi. Dette er et grunnleggende begrep innen mekanikk. Potensiell energi  $E_p$  er proporsjonal med høyden  $h$  over et valgt nullnivå. For å løse oppgaven korrekt må elevene for det første klare å tolke teksten. De må altså forstå at ballen ruller opp skråplanet inntil den stopper av seg selv, og ruller ned igjen. Videre må de klare å tolke de grafiske framstillingene korrekt, noe som er en matematisk kompetanse. Alternativene C og D kan ikke være korrekte, fordi de viser en utvikling der potensiell energi først avtar og så øker.

Fra resultatene ser vi at alternativ A er den mest valgte distraktoren. Dette er ikke overraskende, da denne i likhet med det korrekte alternativet B viser en situasjon der potensiell energi først øker og så avtar. For å skille mellom A og B må elevene bruke at kulen gradvis vil redusere farten sin oppover skråplanet inntil den når punktet der den snur. Da vil også høyden øke saktere. Dermed kan ikke potensiell energi øke jevnt, slik som vist i A.

Vurdert i forhold til norske læreplaner for fysikk og matematikk tester denne oppgaven sentrale kompetanser. Den tester kjennskap til begrepet potensiell energi, evne til å forstå grafiske framstillinger og evne til å forestille seg en fysisk situasjon. Regneteknisk sett er oppgaven ikke spesielt vanskelig vurdert i en norsk skolekontekst. Men som bemerket i Angell et al. (2019) har norske fysikkelever ofte problemer når oppgaver bruker ulike representasjonsformer, som for eksempel tekst og bilder. Fra resultatene ser vi at Norge gjør det relativt dårlig på denne oppgaven, i den betydning at Norges skår på oppgaven ligger lenger nede på listen enn Norges plassering på listen over generelle prestasjoner. Se tabell 3.1.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 5**  
**Knowing. Direction of acceleration of body**  
**(Retning av akselerasjonen til legeme)**

Ein lekam (legeme) går i ein sirkel med konstant fart. Kva er retninga til akselerasjonen?

PA23146		10 Rett svar, mot sentrum	70 Tangentielt til sirkelen	71 Ut fra sentrum	79 Andre feilsvar	Ikke svart
Norge	2008	86	5	2	6	1
	2015	83	4	1	9	3
Sverige		55	20	6	15	4
USA		56	11	3	28	3
Russland		82	5	0	9	4
Slovenia		60	15	5	18	3
Frankrike		22	11	1	53	14
Italia		34	16	6	25	19
Int. gj.snitt		53	11	3	26	7

Kognitivt er denne oppgaven klassifisert som *kunne*. Det er en åpen oppgave hvor elevene selv må finne fram til det riktige svaret og skrive det ned. Oppgaven tester om elevene har grunnleggende kunnskaper om akselerasjon.

For å løse oppgaven må elevene vite at akselerasjonen til legemet (og dermed summen av kreftene på legemet) alltid er rettet innover mot sentrum av sirkelen når vi har konstant banefart. Denne typen kunnskap er sentral i de norske læreplanene for Fysikk 2, og det legges også vekt på at elevene skal utlede dette matematisk. Det er vanlig å se på denne typen sirkelbevegelse både under klassisk mekanikk og i forbindelse med alle tre felttyper de arbeider med i fysikkfaget (gravitasjonsfelt, elektrisk felt og magnetfelt).

Basert på dette kan man derfor forvente at de norske elevene skårer høyt på oppgaven, noe de også gjør. Det eneste landet som ligger på samme nivå som Norge, er Russland. Kodemanualen krever kun at elevene konstaterer at akselerasjonen har retning mot sentrum av sirkelen for kode 10 (korrekt svar). Grunnen til at dette er korrekt, kan skisseres slik:

Utført arbeid på et legeme går over til andre energiformer, i dette tilfellet kinetisk energi. Vi har at arbeid er lik kraft multiplisert med forflytning multiplisert med cosinus til vinkelen mellom kraft og forflytning:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

der  $\alpha$  er vinkelen mellom  $\vec{F}$  og  $\vec{s}$ . Siden banefarten er konstant, utføres ikke noe arbeid, altså  $W = 0$ . Dette svarer til at  $\cos \alpha = 0$ , det vil si at  $\alpha = 90^\circ$ . Når kraften peker inn mot sentrum, står den vinkelrett på forflytningen.

### ***Mekanikk og termodynamikkoppgave 6*** ***Knowing. Explain tennis ball rebound height*** ***(Forklare tennisballens spretthøyde)***

---

Ein lærar sleppte ein tennisball frå ei viss høgd. Kva for ein påstand forklarar BEST at etter at ballen hadde treft golvet, spratt han til ei lågare høgd enn den opphavlege?

- (A) Gravitasjonstiltrekkinga hindrar ballen i å sprette heilt opp.
  - (B) Heile den kinetiske energien til ballen blir omforma til potensiell energi ved støyten.
  - (C) På vegen opp minkar krafta på ballen.
  - (D) Noko mekanisk energi blir omforma til varmeenergi.
-

PA23029		A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	2008	32	6	3	59	1
	2015	28	10	3	58	1
Sverige		34	15	4	44	2
USA		37	12	4	46	1
Russland		29	13	7	51	1
Slovenia		32	5	4	58	1
Frankrike		50	20	11	18	0
Italia		50	18	8	23	2
Int. gj.snitt		34	14	8	43	1

Dette er en flervalgsoppgave som tester elevenes forståelse av grunnleggende lover om bevaring av energi i fysikk. Oppgaven er definert kognitivt som *kunne*.

Oppgaven handler om bevaring av energi. Siden ballen ikke spretter like høyt som der vi slapp den fra, har noe av den mekaniske energien ballen opprinnelig hadde, blitt overført til andre energiformer, som for eksempel termisk energi i ballen og gulvet. Bevaringslover er helt grunnleggende i fysikkfaget, og således kunne en kanskje forvente høy skår på denne oppgaven, både for norske elever og internasjonalt.

Norske elever presterer klart bedre enn det internasjonale snittet på oppgaven, og omtrent likt med Norge i 2008. Kun Slovenia og Russland er på tilnærmet samme nivå. Av distraktorene er A mest valgt, både i Norge og internasjonalt. En grunn til dette kan være at mens beskrivelsen i A ikke går inn på det som er den egentlige fysiske årsaken til at ballen spretter lavere, er det ganske riktig gravitasjonskraften som hindrer den i å sprette opp til samme høyde som tidligere. Poenget er imidlertid at årsaken til dette er at ballen idet den forlater gulvet, ikke har så stor kinetisk energi som den ville hatt uten energitapet den fikk under kontakten med gulvet.

Problemstillinger som dette har de norske elevene møtt i både Fysikk 1 og Fysikk 2. Læreplanen LK06 har litt mer fokus på kvalitativ forståelse av begreper enn L94, og kanskje det har medvirket til at det ikke er noen tilbakegang på denne oppgaven.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 7**  
**Applying. Gas volume when pressure doubled**  
**(Gassvolum når trykket dobles)**

Ein behaldar med eit rørleg stempel har volumet  $3,0 \text{ m}^3$  og inneheld ein idealgass ved atmosfæretrykk og temperaturen  $57 \text{ }^\circ\text{C}$ . Gassen blir varma opp til temperaturen  $167 \text{ }^\circ\text{C}$ , og trykket aukar til det dobbelte. Kor stort blir det nye volumet til gassen?

Vis korleis du kom fram til svaret.

PA23053		20 Helt riktig	10 Delvis riktig	11 Delvis riktig	70/71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	2008	17	7	24	8	18	26
	2015	6	3	10	7	28	47
Sverige		12	4	15	10	33	27
USA		11	6	17	11	39	16
Russland		42	8	9	0	17	25
Slovenia		50	12	6	1	29	3
Frankrike		1	0	8	10	42	40
Italia		12	3	19	15	18	33
Int. gj.snitt		18	5	13	7	29	28

Dette er en åpen oppgave som kognitivt er klassifisert som *anvende*.

Denne oppgaven ble etter studien i 2015 definert som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå* innenfor termofysikk (se Mullis, Martin, Foy & Hooper, 2016b). Oppgaven faller utenfor læreplanen til norske elever i 2015, men likevel får 19 % av elevene minst ett av to poeng på denne oppgaven. I 2008 var denne oppgaven inne i læreplanen, og vi ser at det var omtrent 3 ganger så mange elever som fikk full skår på den i 2008. Oppgaven er ganske

krevene, og vi ser internasjonalt at i 2015 var det bare 18 % som fikk den helt rett (kode 20). Merk at i 2015 var det hele 47 % av de norske elevene som ikke svarte på oppgaven. Antakelig har disse vurdert den som noe de ikke har lært, og de hoppet dermed over den. Kodene 70 og 71 er slått sammen fordi nesten ingen besvarelser internasjonalt (ingen i Norge) fikk kode 70, som var korrekt svar uten arbeid vist. Kode 71 var feil svar med bruk av grader Celsius. Kode 10 ble gitt hvis eleven brukte riktig likning, men regnet feil. Kode 11 ble gitt ved riktig arbeid bortsett fra bruk av grader Celsius i stedet for grader Kelvin.

På denne oppgaven er det stor variasjon i resultatene mellom land. Slovenia (50 % riktig) og Russland (42 % riktig) skiller seg klart ut fra de andre landene (Mullis et al., 2016b).

Ut fra norsk læreplan kan man kun forvente at norske elever i 2015 skal kunne analysere dette kvalitativt. Siden økt temperatur tilsier økt volum, og høyere trykk tilsier mindre volum, vil det imidlertid være umulig å trekke noen konklusjon uten å regne i denne oppgaven.

I formellista i oppgaveheftene står blant annet den ideelle gasslov:

$$\frac{pV}{T} = \text{konstant}$$

hvor  $p$  er trykk,  $V$  er volum, og  $T$  er absolutt temperatur (målt i Kelvin). Temperaturene må altså regnes om som vist i utregningen under. Vi har alle startbetingelsene, og for slutttilstanden mangler vi bare volum. Vi kan da sette opp:

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot V_1$$

$$V_2 = \frac{(273 + 167) \text{ K}}{(273 + 57) \text{ K}} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{2 \text{ atm}} \cdot 3,0 \text{ m}^3 = 2,0 \text{ m}^3$$

De elevene som har fått ett poeng, er videre delt i to grupper etter hvilken type feil de har gjort.

Den vanligste feilen er å ikke regne om temperaturene til absolutte temperaturer målt i Kelvin (kode 11), noe snaut 80 % av norske elever med 1 poeng har gjort. Det vil si at de resterende med 1 poeng har riktig framgangsmåte, men gjort en regnefeil underveis (kode 10).

Internasjonalt er det vel 70 % elever med 1 poeng som ikke har gjort om fra Celsius til Kelvin. Dette kan tyde på at de er mer vant med å regne oppgaver innen termofysikk, hvor man som grunnregel alltid bruker Kelvin.

### Mekanikk og termodynamikkoppgave 8

*Applying. Why temperature decreases when air rises*

*(Hvorfor temperaturen avtar når luft stiger)*

Luftmassar på veg mot eit fjellområde, blir lyfte opp og får da lågare temperatur. Kva for ei utsegn forklarar BEST kvifor temperaturen blir lågare når lufta stig?

- Ⓐ Lufta er alltid kaldare høgare opp i atmosfæren fordi det er lenger frå bakken.
- Ⓑ Lågare trykk fører til utviding av lufta, noko som krev arbeid utan at varme er tilført. Då må den indre energien minke.
- Ⓒ Den stigande luftmassen blir avkjølt av den kalde lufta i dei atmosfæriske omgivingane, og derfor aukar den indre energien.
- Ⓓ Temperaturen på bakken er lågare ved større høgder, og varme blir overført frå lufta til bakken. Derfor minkar den indre energien i lufta.

PA23148		A	B*	C	D	Ikke svart
Norge	2008	4	79	9	7	1
	2015	3	82	9	6	1
Sverige		8	66	14	9	3
USA		5	69	9	15	2
Russland		14	71	6	8	1
Slovenia		7	72	4	16	1
Frankrike		12	57	14	17	1
Italia		10	59	10	14	7
Int. gj.snitt		9	65	10	13	3



Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt klassifisert som *anvende*. Det er en oppgave hvor norske elever presterer best, samtidig som det er relativt små forskjeller mellom land.

Oppgaven er innen termofysikk. Den dekkes av norsk læreplan, da dette handler om termofysikkens første lov:

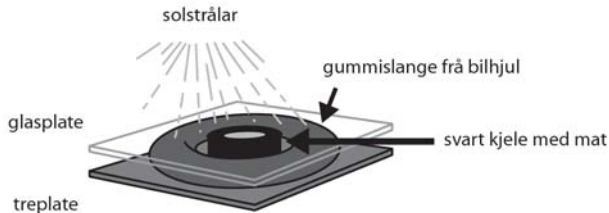
$$\Delta U = W + Q$$

som sier at endring av indre energi  $\Delta U$  til et system er lik summen av *tilført* arbeid  $W$  og *tilført* varme  $Q$ . Legg merke til at det står *tilført*. Dersom systemet selv (luftmassene) utfører arbeid eller tilfører omgivelsene varme, er disse størrelsene negative, og temperaturen faller. Vi kan med god tilnærming anta en adiabatisk prosess (altså ingen varmeutveksling med omgivelsene, dvs.  $Q = 0$ ). En utvidelse av systemet (luftmassene) vil da kreve arbeid fra systemet, hvilket gir negativt arbeid, og dermed faller temperaturen.

Denne oppgaven passer fint inn i norsk læreplan, og elevene skårer høyt på den. Videre er den et typisk eksempel i norske lærebøker, så elevene skal ha sett denne argumentasjonen før. I Norge er vi generelt opptatt av været, og vi har mange fjell hvor dette fenomenet oppstår, så det er fine muligheter for å knytte denne fysikken opp mot fenomener de fleste har observert.

### Mekanikk og termodynamikkoppgave 9

#### Reasoning. Why food stays at same temp in Sun (Hvorfor maten har konstant temperatur i sola)



Arne bruker ein enkel solkokkar som er laga av gjenbrukt materiale, slik det er vist ovanfor. Maten i kjelen blir varma opp i sola, men held seg så ved ein temperatur utan å bli varmare. Forklar kvifor maten held seg på same temperaturen sjølv om sola framleis skin.

PA23119		20 Helt riktig	21 Helt riktig	10 Delvis riktig	70 Feil svar	71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	2008	14	3	2	9	13	34	26
	2015	12	4	0	1	3	49	31
Sverige		11	1	3	6	6	47	26
USA		8	2	5	6	12	53	14
Russland		4	2	13	8	2	31	39
Slovenia		22	1	5	9	18	28	18
Frankrike		3	1	1	3	6	58	28
Italia		2	1	7	2	8	23	57
Int. gj.snitt		9	2	5	4	7	41	33

Dette er en åpen oppgave innen termofysikk. Oppgaven er vurdert kognitivt som *resonnere*, og tester elevenes forståelse av prinsippet om energioverføring i likevekt. Systemet er i likevekt med omgivelsene, da det slipper ut like mye energi som tilføres fra sola. Dermed endres ikke temperaturen i systemet.

Elever fikk kode 20 hvis de svarte at varme overført fra sola til maten er lik varmen som maten utstråler, for eksempel med henvisning til at vi har et system i likevekt.

Noen elever svarte at temperaturen økte fram til det stadiet der maten begynte å koke. Ved koking har vi en faseovergang fra væske til gass, hvor tilført energi går med til å bryte molekyllære bindinger og temperaturen er da stabil ved kokepunktet. Dette ble også godkjent som et fullverdig svar, elevene fikk da kode 21.

Ett poeng ble tildelt elevene med svar som nevnte *likevekt*, men som ikke refererte til overføring av energi eller varme; de fikk da kode 10.

Svar som nevnte at maten fikk samme temperatur som solstrålene, fikk kode 70, mens kode 71 ble gitt til svar som bare henviste til varmekapasitet, eller til at materialer har en maksimal temperatur de kan ha.

Elevene fant denne oppgaven vanskelig. Både nasjonalt og internasjonalt var det rundt 1/3 av elevene som ikke svarte på oppgaven. De norske resultatene er ganske like i 2008 og 2015.

En generell trend i besvarelsene er at mange elever skårer lavt på mange av de kvalitative oppgavene som krever forklaring. I tillegg til at dette kunne observeres i denne oppgaven, kan det samme sees i oppgave 11 i dette kapitlet og oppgave 9B i kapittel 10.

Slovenia er det landet som presterer best på oppgaven; 23 % av elevene får 2 poeng på den. De svenske resultatene ligger litt lavere enn de norske, men tar vi hensyn til at det er vel 14 % av årskullet som testes i Sverige, mot bare 6,5 % i Norge, kan man kanskje si at de svenske elevene er minst like gode som de norske. Resultatet kan tyde på at man i Norge, Sverige og Slovenia legger noe mer vekt på kvalitative forklaringer enn i en del andre land. Læreplanen LK06 har mer om kvalitativ tolkning enn tidligere læreplaner.

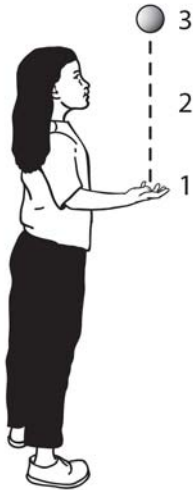
## 8.2 Oppgaver som ikke har inngått i tidligere studier

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

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 10A**  
**Knowing. Acceleration of vertically thrown ball**  
**(Akselerasjon for vertikalt kastet ball)**

---

Siri kastet en ball rett opp som vist på figuren. Ballen beveger seg fra punkt 1 ved hånden hennes til en maksimumshøyde ved punkt 3. Punkt 2 er halvveis mellom punkt 1 og 3. Ved punkt 2 har ballen en akselerasjon på  $-10 \text{ m/s}^2$ .



- A. Hva er akselerasjonen ved punkt 3 i det ballen snur? Se bort fra luftmotstand.
- (A) null  $\text{m/s}^2$
- (B)  $\frac{-10}{2} \text{ m/s}^2$
- (C)  $2(-10) \text{ m/s}^2$
- (D)  $-10 \text{ m/s}^2$
-

PA33061A	A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	39	2	2	56	0
Sverige	69	2	4	25	0
USA	41	3	4	51	1
Russland	48	3	4	45	1
Slovenia	44	3	4	48	1
Frankrike	78	5	6	9	1
Italia	71	8	8	9	5
Int. gj.snitt	56	4	5	34	1

Dette er en flervalgsoppgave som kognitivt er kategorisert som *kunne*.

Oppgaven handler om helt grunnleggende fysikkforståelse. Norge skårer relativt høyt her, men sett i lys av at dette er sentralt faglig innhold i fysikk i Norge, kunne man kanskje forvente at enda flere elever mestrer det. Elevene skal ha jobbet så mye med krefter og tyngdefelt i både Fysikk 1 og Fysikk 2 at de skal vite at i kast virker kun tyngdekraften, og at den er konstant gjennom hele kastet i den perioden objektet ikke er i kontakt med andre objekter (som hånd eller bakken). Dermed blir også akselerasjonen konstant lik tyngdens akselerasjon, rettet nedover. Altså er alternativ D korrekt.

Dersom man vil bruke formler og kraftanalyse, kan oppgaven løses med Newtons andre lov:  $\Sigma F = ma$ , hvor det altså kun virker én kraft, tyngdekraften,  $G = mg$ . Da får vi:

$$\Sigma F = ma$$

$$G = ma$$

$$mg = ma$$

$$a = g$$

Vi står da altså igjen med at akselerasjonen er lik tyngdeakselerasjonen.

Den mest valgte distraktoren i denne oppgaven er helt klart svaralternativ A, både i Norge og internasjonalt. Dette skyldes antakelig at elevene blander sammen fart og akselerasjon. På toppen av bevegelsen, der ballen snur, er farten null. Denne sammenblandingen av fart og akselerasjon er en misoppfatning som går igjen hos elever i alle land som deltok i studien. Frankrike og Italia skårer svært lavt på oppgaven, noe som antakelig henger sammen med undervisningstradisjoner i disse landene. Se også Mullis et al. (2016b).

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 10B****Knowing. Time duration of vertically thrown ball****(Tid i vertikalt kast)**

- B. Hvor lang tid bruker ballen fra punkt 2 til 3 når den er på vei opp sammenlignet med tiden den bruker fra punkt 3 til 2 når den er på vei ned? Se bort fra luftmotstand.

PA33061B	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	63	22	16
Sverige	49	33	19
USA	64	34	2
Russland	49	25	26
Slovenia	72	22	6
Frankrike	30	47	23
Italia	21	28	52
Int. gj.snitt	48	32	20

Dette er en åpen oppgave som kognitivt er klassifisert som *kunne*.

For å få poeng (kode 10) her er det tilstrekkelig at man svarer at ballen bruker like lang tid opp som ned. Som for oppgave 10A er dette noe elevene har jobbet med i både Fysikk 1 og Fysikk 2, så mange elever vet om denne symmetrien uten videre analyse. Siden man ikke trenger å begrunne svaret, trenger man da ikke å regne på dette. Også på B-oppgaven er de norske elevenes prestasjoner gode sett i et internasjonalt perspektiv, klart over internasjonalt snitt. Andelen med rett svar i USA er på samme nivå som i Norge; det er bare Slovenia som har en større andel elever som svarer rett på oppgaven.

Dersom man ser på mekanisk energi (sum av kinetisk energi og potensiell energi), vet man at denne er bevart under bevegelsen, og at potensiell energi i punkt 2 er lik på vei opp og ned, og det samme gjelder kinetisk energi (altså at ballen har samme fart på vei opp og ned).

Dersom man vil regne på dette, kan man bruke en av bevegelseslikningene for konstant akselerasjon, for eksempel formelen

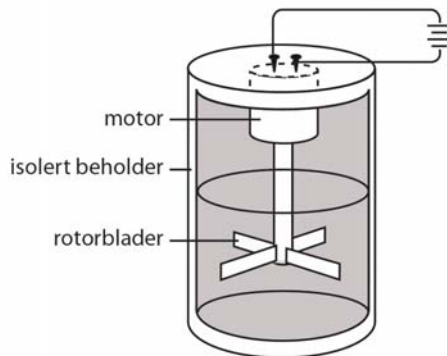
$$s = v_0 t + (1/2) a t^2$$

som elevene finner i formelsamlingen. Men det er som nevnt ikke nødvendig å regne her.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 11**  
**Reasoning. Expected temperature of water**  
**(Forventet vanntemperatur)**

---

Figuren viser en termisk isolert blandemaskin som kan brukes til å måle overføring av energi. Den elektriske motoren driver rotorbladene som gir varme til systemet. Hvis man vet hvor mye energi som blir tilført fra den elektriske kretsen, mengden vann og starttemperaturen, er det mulig å regne ut temperaturforandringen til vannet forutsatt ideelle forhold.



I et faktisk eksperiment er sluttemperaturen til vannet forskjellig fra den beregnede ved ideelle forhold.

Forventer du at den målte temperaturen er høyere eller lavere enn den beregnede temperaturen?

(Kryss av i én rute.)

- høyere enn den beregnede verdien
- lavere enn den beregnede verdien

Forklar hva som kan ha ført til denne forskjellen.

---

PA33004	10 Rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	31	67	2
Sverige	32	66	2
USA	31	68	1
Russland	29	65	7
Slovenia	59	41	0
Frankrike	18	79	3
Italia	26	63	12
Int. gj.snitt	31	63	5

Dette er en åpen oppgave klassifisert kognitivt som *resonnere*.

Denne oppgaven tester elevenes forståelse av hva som ligger i ideelle forhold, og hva som er mulige årsaker til at man ikke får det resultatet som en beregning basert på ideelle forhold ville gi.

Under ideelle forhold vil det ikke være noe varmetap til omgivelsene i det forsøket som er beskrevet, mens man i et faktisk eksperiment må forvente at det kan være tilfellet. Det er derfor sannsynlig at i den grad resultatet avviker fra det man har beregnet for ideelle forhold, skyldes dette varmetap til omgivelsene, noe som da kan antas å føre til at den målte temperaturen vil være noe lavere.

For å få riktig svar på oppgaven (kode 10) må man ha skrevet at man kan forvente noe lavere temperatur, og nevne mulige tap av varme til omgivelsene, som for eksempel at noe av energien går til å heve temperaturen i veggene o.l. Også svar som nevnte at noe av energien kan ha blitt til bevegelsesenergi i rotorbladene eller vannet, ble akseptert som riktig svar. Elever som svarte at temperaturen vil gå ned, men uten eller med feil begrunnelse for hvorfor, fikk ikke rett på oppgaven. I oppgaven underforstår man at eksperimentet ikke ble startet ved temperatur lavere enn omgivelsene. Var temperaturen lavere, kunne ikke-ideell isolering av beholder medføre varmetransport inn til vannet i beholderen.

Det norske resultatet ligger på det internasjonale snittet for riktig svarprosent, med 31 % riktig. Det samme er tilfellet i de fleste andre landene i studien. Slovenia utmerker seg med et langt bedre resultat, her svarer nærmere 60 % rett på oppgaven. Frankrike ligger en del lavere enn det internasjonale snittet, men her må vi ta med at det i Frankrike er en langt høyere andel av årskullet som tar fysikk, enn i de fleste andre land.



**Mekanikk og termodynamikkoppgave 12**  
**Knowing. Path of curved bar through air**  
**(Bane til bøyd bjelke gjennom luften)**

En bøyd, tung gjenstand av metall blir kastet ut fra en plattform.



Gjenstanden roterer når den faller gjennom luften.

Hvilken av disse beskriver best banen for bevegelsen til massesenteret?

- (A) Det beveger seg i en bølge-formet bane mens gjenstanden roterer.
- (B) Det beveger seg i sirkelbane mens gjenstanden roterer.
- (C) Det følger en spiralbane til gjenstanden treffer bakken.
- (D) Det følger en parabelbane til gjenstanden treffer bakken.

PA33044	A	B	C	D*	Ikke svart
Norge	12	29	29	29	1
Sverige	16	37	25	21	2
USA	10	23	21	45	1
Russland	11	30	44	15	1
Slovenia	12	26	31	30	0
Frankrike	13	30	17	38	2
Italia	12	18	29	39	2
Int. gj.snitt	12	27	26	33	2

Dette er en flervalgsoppgave som kognitivt er vurdert som *kunne*.

Det norske resultatet er relativt svakt på denne oppgaven, som i de fleste andre land. Det ene landet hvor elevene presterer klart bedre enn i Norge, er USA, mens elevene i Russland presterer svakest av alle landene på denne

oppgaven. Det kan se ut til at dette er et tema som ikke står så sentralt i fagplanene i mange land, med et positivt unntak for USA.

Norske lærebøker brukt av elevene i 2015 tar ikke opp massesenterets bevegelse i noen særlig grad. Prinsippet om at massesenteret beveger seg som om det var en punktmasse, er det tilsynelatende fokusert lite på. Under tidligere læreplaner illustrerte gjerne lærebøkene dette med figurer som viste massesenterets bevegelse langs en parabelbane i eksempler liknende det vi finner i denne oppgaven.

### *Mekanikk og termodynamikkoppgave 13*

#### *Applying. Energy to heat water*

#### *(Energj for å varme opp vann)*

Markus drikker 0,50 l vann. Vannet har en temperatur på 4,0 °C og blir deretter varmet opp til 37,0 °C i kroppen hans.

Hvor mye energi kreves for denne økningen av temperatur i vannet? Den spesifikke varmekapasiteten til vann er 4,2 kJ/(kg·°C).

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: \_\_\_\_\_ kJ

PA33075	10 Rett svar	70 Feil svar	71 Feil svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	17	32	2	26	23
Sverige	53	1	8	22	15
USA	26	12	9	38	15
Rusland	68	5	12	7	9
Slovenia	77	1	12	9	2
Frankrike	29	11	9	23	28
Italia	39	3	7	14	38
Int. gj.snitt	42	8	9	20	21

Dette er en åpen oppgave som er vurdert kognitivt som *anvende*. I studien ble oppgaven valgt som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå*.

På denne oppgaven presterer de norske elevene markant svakere enn i noe annet land som er med i TIMSS Advanced-studien. Oppgaven er omtalt i Grønmo et al. (2016). Som nevnt der dreier oppgaven seg om kvantitativ behandling av varmelære. For å finne riktig svar må elevene multiplisere vannets masse (0,5 kg) med temperaturdifferansen på  $33\text{ }^{\circ}\text{C} = 33\text{ K}$  og den oppgitte spesifikke varmekapasiteten på 4,2 kJ per kg og grad (se formellista). Multiplikasjon gir det korrekte svaret 69,3 kJ. (Avrunding til 69 kJ eller 70 kJ ble også godtatt.)

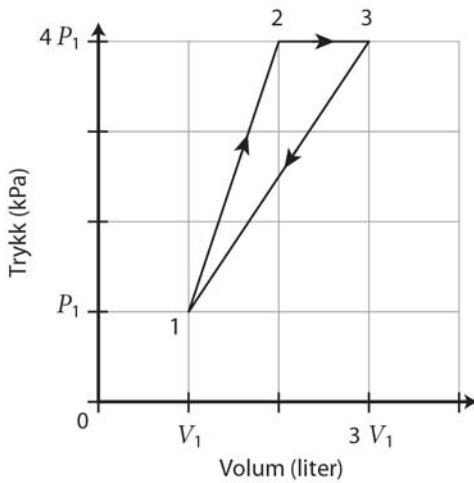
Norge gjør det svært dårlig her. En sannsynlig forklaring er at denne typen varmelære etter læreplanomleggingen i 2006 (for Fysikk 2 gjeldende fra 2009) kun behandles kvalitativt (KD, 2006; KUD, 1992; KUF, 1994). Dette er en av oppgavene den norske TIMSS Advanced-gruppen vurderer som utenfor det norske pensumet i 2015. Etter læreplanen som gjaldt for kullet testet i 2008, ville oppgaven ha blitt vurdert som innenfor det norske pensumet.

Imidlertid er det på denne oppgaven viktig å ta med kode 70 i analysen. Denne koden ble gitt til studenter som hadde riktig svar, men som ikke hadde vist likninger. Hele 32 % av de norske elevene har fått denne koden. Disse har da antakelig funnet svaret ved å tenke logisk, etter mønsteret antydnet ovenfor. Det er altså formelt sett ikke nødvendig *aktivt* å bruke en likning her, for eksempel likningen  $Q = cm\Delta T$  som står i formelsamlingen. Likevel bruker elevene denne likningen (eller en ekvivalent likning) i betydningen at de *gjør seg nytte av innholdet i den*; de bruker den som fysisk resultat. Men manglende eksplisitt redegjørelse for dette gav altså kode 70. Kode 71 ble gitt ved bruk av riktig likning, men feil svar.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 14**  
**Reasoning. Oxygen temperature ratio**  
**(Forhold mellom oksygentemperaturer)**

---

Tre mol med oksygen gjennomgår en prosess som vist i figuren.  
 Tallene 1, 2 og 3 viser tre posisjoner i syklusprosessen.



Hva er forholdet mellom maksimumstemperatur og minimumstemperatur i denne prosessen?

- (A) 12
  - (B) 8
  - (C) 4
  - (D) 3
-

PA33078	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	35	17	21	24	3
Sverige	32	17	25	23	3
USA	43	15	23	19	1
Russland	67	7	15	10	2
Slovenia	61	12	13	11	3
Frankrike	23	14	27	30	6
Italia	43	16	16	13	12
Int. gj.snitt	43	14	20	17	6

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt karakterisert som *resonnere*. Oppgaven kan løses ved bruk av ideell gasslov, som i formelsamlingen i oppgaveheftet er skrevet

$$pV/T = \text{konstant}$$

I tilstand 3 er  $pV = 12p_1V_1$ . Dermed må temperaturen i tilstand 3 være 12 ganger temperaturen i tilstand 1, så alternativ A er korrekt. Opplysningen om 3 mol er irrelevant.

For de norske elevene falt oppgaven vanskelig, antakelig fordi ideell gasslov ikke var pensum i 2015. Alternativ A har høyere prosent enn de øvrige alternativene for Norge, men fordelingen på distraktorene kan indikere en del gjetting. Noen kan også tenkes å ha funnet fram til formelen for ideell gasslov i formelsamlingen og resonnert fra grunnen av ved å bruke den.

De to landene som presterer best på oppgaven, er Russland og Slovenia. Norge og Sverige presterer veldig likt på oppgaven, men lavere enn internasjonalt snitt.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 15**  
**Knowing. Force of Sun on two planets**  
**(Kraft fra sola på to planeter)**

---

Forestill deg at en ny planet, Planet X, nylig ble oppdaget i vårt solsystem.

Planet X har samme masse som jorda og har dobbelt så stor avstand til sola som jorda. Hvordan er trykket fra sola på Planet X sammenlignet med trykket fra sola på jorda?

- Ⓐ Det er en fjerdedel.
- Ⓑ Det er halvparten så stort.
- Ⓒ Det er det samme.
- Ⓓ Det er dobbelt så stort.
- 

PA33088	A*	B	C	D	Ikke svart
Norge	66	25	5	3	1
Sverige	55	29	5	4	7
USA	60	28	5	6	1
Russland	77	16	4	3	0
Slovenia	75	17	3	6	0
Frankrike	28	51	9	12	1
Italia	54	34	2	8	2
Int. gj.snitt	55	30	6	7	2

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt vurdert som *kunne*. Oppgaven har en oversettelsesfeil til norsk: Ordet «kraft» skulle vært brukt i stedet for «trykk». Resultatene tyder imidlertid på at de norske elevene skjønnte hva som var ment.

Newtons gravitasjonslov sier at to punktmasser dras mot hverandre med en kraft som er proporsjonal med hvert punkts masse og omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden mellom dem:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Denne formelen finnes i formelsamlingen. Massene til de to planetene er like, forskjellen er avstanden  $r$  fra sola, som er dobbelt så stor for Planet X som for jorda. Kvadratet av avstanden  $r$  til sola for den nye planeten i forhold til avstanden fra sola til jorda blir derfor 4, det betyr at alternativ A er det riktige svaret.

Dette er en oppgave hvor norske elever presterer relativt godt, det er bare Russland og Slovenia som har en større prosentandel av elevene som svarer riktig. De norske resultatene ligger klart over det internasjonale snittet.

Tar man hensyn til dekningsgrad i vurderingen av hvor godt resultatet er, framstår Sverige (dekningsgrad på vel 14 %) og Italia (dekningsgrad på vel 18 %) som relativt gode på denne oppgaven.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 16**  
**Applying. Skiing collision**  
**(Kollisjon på ski)**

Rolf står på ski ned en bakke. Ved bunnen av bakken, når farten hans er 5 m/s, kolliderer han med David som står stille. De fortsetter sammen i samme retning. Rolf veier 60 kg og David veier 90 kg. Anta at det ikke er noen friksjon.

Hvilken felles fart har David og Rolf rett etter kollisjonen?

Vis arbeidet ditt, inkludert de likningene du bruker.

Svar: \_\_\_\_\_ m/s

PA33058	20 Rett svar	10 Delvis rett svar	11 Delvis rett svar	79 Feil svar	Ikke svart
Norge	57	9	2	23	10
Sverige	26	6	3	50	16
USA	35	16	1	42	6
Russland	37	32	1	15	15
Slovenia	49	13	2	32	4
Frankrike	11	5	1	47	36
Italia	12	5	1	36	45
Int. gj.snitt	34	11	2	35	18



Denne åpne oppgaven ble kognitivt vurdert som *anvende*. Den er omtalt i Grønmo et al. (2016). Dette er en åpen oppgave, og den ble etter studien valgt som forankringsoppgave på *høyt kompetansenivå*.

Som i oppgave 4 er temaet mekanikk. I motsetning til oppgave 4 krever imidlertid denne oppgaven at elevene gjør en *utregning*. Utregningen her må baseres på loven om *bevaring av bevegelsesmengde*, som i dette tilfellet kan uttrykkes med følgende likning:

$$m_D v_D + m_R v_R = (m_D + m_R) v$$

der indeksene D og R står for David og Rolf, og  $v$  er deres felles fart etter kollisjonen. Bruker de denne likningen, ledes elevene fram til en sammenheng av typen

$$60 \text{ kg} \cdot 5 \text{ m/s} = (60 \text{ kg} + 90 \text{ kg}) \cdot v$$

Her er  $v$  farten de skal finne. Løser man med hensyn på  $v$ , finner man at farten er 2 m/s.

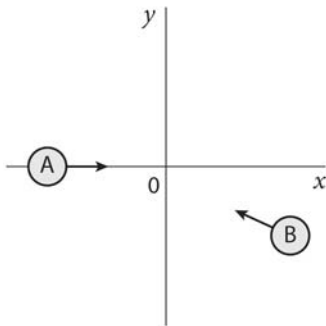
Kode 11 ble gitt til elever som brukte riktige likninger, men gjorde regnefeil. Kode 10 ble gitt når svaret var rett, men likninger og/eller forklaringer var ufullstendige.

Norske elever presterte meget bra på denne oppgaven; Norge er på toppen av listen internasjonalt. Det viser at det langt fra er noe *gjennomgående* trekk at norske elever gjør det dårligere på kvantitative oppgaver enn på kvalitative. Jamfør delkapittel 6.6 i Grønmo et al. (2016) og kapittel 6 i denne boka.

**Mekanikk og termodynamikkoppgave 17**  
**Reasoning. Final velocity of colliding balls**  
**(Slutthastighet for kolliderende baller)**

---

To stive baller med lik masse, A og B, nærmer seg hverandre som vist med pilene i figuren nedenfor.  $x$ -komponenten til ball B sin bevegelsesmengde er like stor og motsatt av  $x$ -komponenten til ball A sin bevegelsesmengde.



Ballene kolliderer med et uelastisk støt. I hvilken retning vil begge ballene gå etter kollisjonen?

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

PA33057	A	B	C*	D	Ikke svart
Norge	12	30	55	2	1
Sverige	14	41	40	4	2
USA	16	30	50	3	1
Russland	10	51	36	3	1
Slovenia	10	40	48	2	0
Frankrike	20	47	24	7	2
Italia	18	41	33	5	4
Int. gj.snitt	15	40	39	4	2

Denne flervalgsoppgaven ble kognitivt klassifisert som *resonnere*. Fra figuren kan det se ut som om A og B har lik bevegelsesmengde, men dette er altså ikke korrekt ifølge oppgaveteksten. Det som er tilfellet, er at  $x$ -komponentene av vektorene for bevegelsesmengdene til A og B er like store og har motsatt fortegn. Ser man nøye på figuren, stemmer dette. Her er det viktig å lese oppgaveteksten nøye. Fordi  $x$ -komponentene er like store og motsatt rettet, må  $x$ -komponenten til summen av bevegelsesmengdene for ballene etter kollisjonen være lik null. Det er kun C som oppfyller dette kravet, så C er det riktige alternativet. Tenker man at A og B har samme totale bevegelsesmengde, kan man ledes til alternativ B. Dette kan være grunnen til at B er den mest valgte distraktoren.

Norske elever presterer relativt bra på oppgaven. Med 55 % riktige svar er Norge best av alle landene som deltar i studien, og klart bedre enn det internasjonale snittet. Begrepet «uelastisk støt» er med i norske læreplaner.

## 8.3 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.

### 8.3.1 Vedlikehold av tidligere innlært kunnskap

Vi vet at kunnskap som ikke brukes over tid, har lett for å gå i glemmeboka. Det er indikasjoner på at dette kan være et av problemene man kanskje skal ta mer på alvor i skolen. Noen faglige emner, som Newtons lover, er sentrale i læreplanen i Fysikk 1, men ikke like sentrale i Fysikk 2, og det er mange elever som bommer i TIMSS Advanced når de får oppgaver hvor de må beherske dette stoffet. I den første oppgaven var det nettopp Newtons 3. lov elevene trengte for å svare rett på oppgaven. Mange norske elever viste en urovekkende usikkerhet. En mulig medvirkende årsak til dette kan også være at Newtons 3. lov i mindre grad enn 2. lov tradisjonelt brukes i norske fysikkoppgaver. At norske elever har framgang på oppgaven i forhold til TIMSS Advanced 2008, og nå ligger på samme nivå som de gjorde i 1995, svekker ikke en slik konklusjon. Ut fra hvor sentralt stoff dette er i fysikk, er det norske resultatet langt fra oppløftende. Basert på resultatene i andre land ser det ut til at problemet er internasjonalt. Newtons lover er fundamental kunnskap i fysikk som elevene vanligvis møter relativt tidlig i skoleløpet, men som trenger å vedlikeholdes for ikke å skape problemer senere. Det vi tar opp her, underbygges også av de norske elevenes prestasjoner på oppgaver som er *sentrale* i Fysikk 2, slik som oppgave 5. Her er de norske elevenes resultater helt på topp, også internasjonalt. Problematikken rundt vedlikehold av innlært kunnskap er derfor noe vi ønsker å løfte fram som et viktig tema med sikte på å bedre elevenes læring.

### 8.3.2 Økt vekt på kvalitative aspekter i enkelte fysikkfaglige emner

I de norske læreplanene har det i de siste tiårene vært en økt vekt på kvalitative aspekter av fysikk og fysikkens kulturelle betydning, jf. kapittel 2. Samtidig har det vært en nedtoning av kunnskap i termodynamikk, hvor læreplanen i dag kun har ett kompetansemål. Der står det at man skal ha en kvalitativ drøfting av termofysikkens første og andre lov. I tidligere læreplaner var det langt flere mål, og i disse målene ble det også lagt vekt på kvantitative aspekter. De norske resultatene på oppgave 7 i dette kapitlet viser noen av konsekvensene av denne endringen, med en markant nedgang i de norske prestasjonene. Denne endringen i læreplanen har blitt begrunnet blant annet med et ønske om å gi plass til mer teknologiske emner som for eksempel halvlederteknologi. En annen oppgave som berøres av den samme læreplanendringen, er oppgave 13. Kunnskapen om varmelære som man trenger for å løse oppgaven, behandles nå bare kvalitativt etter læreplanomleggingen i 2006. Flere av oppgavene i dette kapitlet bidrar til å underbygge en mer generell konklusjon om at norske elever gjennomgående presterer bedre på kvalitative oppgaver enn på oppgaver som krever kvantitative ferdigheter med beregninger. Det samme gjør resultater på oppgaver i kapittel 10, som omtales i de avsluttende kommentarene til det kapitlet. Resultater fra TIMSS Advanced bør ikke brukes til å avgjøre hva som skal være innholdet i norske læreplaner, men resultatene egner seg til å reise en diskusjon om hvorvidt en endring i fysikkfaget mot mer vekt på kvalitativ forståelse, og med nedtoning av kvantitative beregninger, er ønskelig. Det er i alle tilfeller viktig å diskutere *hvordan* man eventuelt kan gjøre en slik endring på en god måte.