

# Svenska elevers kunskaper i TIMSS Advanced 2008 och 1995

En djupanalys av hur eleverna i gymnasieskolan  
förstår centrala begrepp inom fysiken





# Svenska elevers kunskaper i TIMSS Advanced 2008 och 1995

En djupanalys av hur eleverna i gymnasieskolan  
förstår centrala begrepp inom fysiken



## Förord

TIMSS Advanced (*Trends in International Mathematics and Science Study*) undersöker elevers kunskaper i avancerad matematik och fysik i gymnasieskolans sista årskurs (årskurs 3). Samtidigt samlas med hjälp av olika enkäter en mängd information in om nationella policyn och mål, om faktisk organisation och undervisning och om elevernas attityder. Studien ger information om förändringar i kunskap över tid inom de områden undersökningen mäter för de länder som även deltog 1995. Samtidigt möjliggör studien jämförelser mellan länder även om man bör vara mer försiktig med detta då det handlar om gymnasieskolan som inte är obligatorisk och att populationerna mellan länderna varierar. Mer om denna problematik tas upp i Skolverkets nationella rapport TIMSS Advanced 2008.

TIMSS Advanced 2008 har genomförts av Skolverket i samarbete med ämnesdidaktiker vid Umeå universitet. Skolverket har sammanställt en första nationell rapport med resultaten från TIMSS Advanced 2008, rapport 336. Skolverket har därutöver ambitionen är att använda TIMSS-data för olika former av fördjupade analyser för att därmed kunna bidra till skolans utveckling.

Denna rapport har tagits fram inom ramen för arbetet med TIMSS Advanced 2008. I rapporten analyseras elevernas lösningar av enskilda TIMSS-uppgifter i fysik inom de innehållsliga områden mekanik, elektricitet och magnetism, värme och temperatur samt atom- och kärnfysik. Analysen syftar till att belysa hur väl eleverna förstår centrala fysiska begrepp inom dessa innehållsliga områden. Dessutom görs en jämförelse med de uppgifter som även var med i 1995 års studie.

Peter Nyström och Annika Kjellsson Lind, båda universitetslektorer vid Umeå universitet, har genomfört analysen och skrivit rapporten inom ramen för uppdraget i TIMSS Advanced-projektet. Peter Nyström var även ämnesdidaktisk expert i TIMSS Advanced-projektet. Författarna ansvarar för rapportens innehåll och de uppfattningar som uttrycks.

Stockholm, januari 2010

*Per Thullberg*  
Generaldirektör

*Marie Eklund*  
Undervisningsråd



# Innehåll

<b>Inledning</b>	<b>7</b>
------------------	----------

<b>Rapportens syfte och upplägg</b>	<b>8</b>
-------------------------------------	----------

## Uppgifter om Mekanik

Jämvikt och dynamik (M1).....	10
Energiomvandlingar (M2).....	12
Vågfenomen (M3) .....	13
Linjär rörelse med konstant acceleration (M4) .....	15
Cirkulär rörelse (M5) .....	18
Kollisioner (M6) .....	20
Sammanfattning .....	21

## Uppgifter om Elektricitet och magnetism

Laddade partiklar (E1) .....	24
Elektriska kretsar (E2).....	29
Magnetiska fält (E3).....	32
Elektromagnetisk strålning (E4) .....	34
Sammanfattning .....	36

## Uppgifter om Värme och temperatur

Värmeöverföring (V1).....	38
Vätskor, gaser och termodynamik (V2) .....	40
Värmestrålning (V3) .....	41
Sammanfattning .....	44

## Uppgifter om Atom- och kärnfysik

Atomens byggnad (A1) .....	46
Emission och absorption (A2) .....	48
Kärnreaktioner (A3).....	49
Sammanfattning .....	51

## Sammanfattning och avslutande reflektioner

Flervalsfrågor .....	54
Frågor med öppna svar .....	56
Sammanfattning av resultaten på uppgiftsnivå 2008 .....	56
Jämförelse mellan 1995 och 2008 .....	58
Slutkommentar .....	59

## Referenser





## Inledning

TIMSS Advanced är en internationell jämförande studie av vad elever i gymnasieskolans avslutande år vet och kan göra i avancerad matematik och fysik (se Skolverket 2009a). Studien genomfördes våren 2008 i tio olika länder, och genom att en del av uppgifterna är gemensamma med motsvarande studie som genomfördes 1995 kan resultaten jämföras. Många av uppgifterna i TIMSS hålls hemliga för att möjliggöra framtida liknande studier, men ett antal uppgifter från TIMSS Advanced 2008 har frisläppts.

I denna rapport beskrivs svenska versioner av de frisläppta uppgifterna i fysik från TIMSS Advanced 2008. Det handlar om 37 olika uppgifter från olika innehållsområden inom fysiken.

Syftet med rapporten är att presentera och analysera de fysikuppgifter från TIMSS Advanced 2008 som har offentliggjorts efter publiceringen av TIMSS Advanced 2008. Fysikdelen av TIMSS Advanced 2008 består av fyra innehållsdomäner: mekanik, elektricitet och magnetism, värme och temperatur och atom och kärnfysik (Garden et al., 2006). Redovisningen av frisläppta uppgifter från TIMSS Advanced utgår från dessa kategorier. En analys av hur kategoriseringen av uppgifter i TIMSS Advanced förhåller sig till den svenska kursplanen i fysik har presenterats i Skolverket (2009b).

Till varje uppgift beskrivs ett (eller ibland flera) sätt att lösa uppgiften. De lösningar som presenteras strävar inte efter att efterlikna hur elever kan ha svarat utan de ska i första hand på ett så tydligt och korrekt sätt som möjligt visa på viktiga steg i lösningsprocessen. För varje uppgift redovisas även lösningsfrekvenser för såväl korrekta svar som några utvalda felsvar. När det gäller felsvar så innehåller rapporten tänkbara förklaringar till varför eleverna svarat på ett inkorrekt sätt. Av de 37 frisläppta uppgifter ingick 18 även i TIMSS Advanced 1995. För dessa uppgifter redovisas inte bara resultaten från 2008 utan även resultaten från 1995. Studien avslutas med en sammanfattande kommentar till resultatet.

Resultaten på varje uppgift redovisas i form av lösningsfrekvenser, det vill säga den andel i procent av de elever som arbetat med uppgiften som lämnat ett visst svar. Även andelen elever som inte lämnat något svar redovisas. Att eleven inte alls svarat kan bero på att de inte kunde svara, men det kan också bero på att de inte hann eller orkade fram till uppgiften.



# Uppgifter om Mekanik

## Uppgifter om Mekanik

I TIMSS ramverk anges att de kraft- och rörelselagar som ingår i mekaniken är fundamentala byggstenar i många områden inom fysik. Området vilar tungt på Newtons tre rörelselagar och gravitationslagen. Grundläggande relativistiska egenskaper tas också upp, eftersom Einsteins teori är ett viktigt komplement till Newtons klassiska mekanik.

Av de uppgifter i TIMSS Advanced 2008 som handlar om mekanik har elva uppgifter släppts fria. Området har i TIMSS delats in i sju delområden (M1–M7), och de frisläppta uppgifterna redovisas separat för varje delområde. Inom det sista delområdet som handlar om relativitet har inga uppgifter släppts fria. Fem av de uppgifter inom mekanikområdet som användes i TIMSS Advanced 2008, användes också i undersökningen 1995.

### Jämvikt och dynamik (M1)

En del av det ämnesinnehåll som sorteras under mekanik i TIMSS handlar om grundläggande förståelse för villkoren för jämvikt och dynamik i olika typer av rörelser. Här ingår Newtons första och andra lag samt tryck i vätskor. Bland de frisläppta uppgifterna finns två som hör till denna del av mekaniken (se figur 1 och 2).

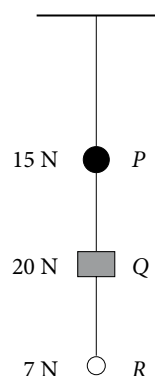
**Figur 1** Uppgift 1 inom området Mekanik.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A	10,0%	5,9%
B	10,3%	2,8%
C*	74,6%	88,1%
D	3,2%	2,4%
E	1,5%	0,7%
Ej svar	0,4%	0,1%

\* markerar rätt svarsalternativ

3

Tre föremål  $P$ ,  $Q$  och  $R$  med tyngderna 15 N, 20 N och 7 N respektive, hänger i lätta trådar enligt figur.



Hur stor kraft verkar i tråden mellan  $P$  och  $Q$ ?

- (A) 42 N
- (B) 35 N
- (C) 27 N
- (D) 15 N
- (E) 7 N

PA13003

Uppgiften i figur 1 handlar om statiska krafter och hur krafter med olika riktning och angreppspunkt kan summeras. I tråden mellan P och Q verkar en nedåtriktad kraft som beror på gravitationen. Kraftens storlek är summan av tyngderna hos P och Q, dvs.  $20\text{ N} + 7\text{ N} = 27\text{ N}$ . I tråden verkar enligt Newtons tredje lag en uppåtriktad kraft som är lika stor. Bland svenska elever i TIMSS Advanced var det 75 procent som svarade korrekt på denna uppgift (svarsalternativ C). Grundläggande hantering av krafter som verkar på föremål i vila verkar vara något som de svenska eleverna klarar relativt bra.

De felaktiga svarsalternativen A och B valdes av var tionde elev. De elever som valt dessa svarsalternativ kan ha insett att tyngderna ska läggas ihop, men kan ha associerat till situationer i klassrummet då de räknat och laborerat på uppgifter på tyngder sammankopplade med dynamometrar. Alternativt har de helt enkelt inte läst frågan tillräckligt noggrant för att inse mellan vilka föremål som kraften i tråden skulle beräknas. Nästan inga elever valde något av svarsalternativen D och E.

Uppgiften fanns även med i TIMSS Advanced 1995. Då var det 13 procentenheter fler elever som svarade korrekt på uppgiften och svarsalternativ B valdes av betydligt färre elever (3% jämfört med 10% 2008).

Utifrån styrdokumentet kan vi inte se någon direkt förklaring till de försämrade resultaten på denna uppgift. Kursplanerna har inte förändrats på något avgörande sätt när det gäller betoningen av detta fysikinnehåll, men vi vet samtidigt att kraftbegreppet är något som eleverna upplever som väldigt svårt. Förmågan att se en kraft som en storhet med både måttal och riktning kan ha minskat i och med att vektorbegreppet har fått ta ett steg tillbaka. Detta kan bidra till den ökande upplevelsen av att det är svårt. Eleverna saknar redskapen för att kunna tillämpa kunskaperna.

Den andra uppgiften inom detta mekanikområde (figur 2) beskriver en situation där en känguru hoppar från en platta på marken upp till en hylla. Eleven uppmanas att välja det påstående som bäst beskriver de olika krafterna som verkar mellan kängurun och plattan.

Uppgiften handlar om krafter i jämvikt och ett korrekt svar indikerar kännedom om Newtons tredje lag som säger att två kroppar alltid påverkar varandra med lika stora men motriktade krafter. Det betyder att svarsalternativ C är det korrekta, och nästan sju svenska elever av tio valde det svarsalternativet. Resultatet kan jämföras med den relativt låga andelen korrekta svar på en fråga inom elektricitet och magnetism som också handlar om Newtons tredje lag (se figur 15). Förmodligen har eleverna lättare att se den direkta kopplingen mellan Newtons tredje lag och krafterna i situationen i figur 2, eftersom man oftare arbetar med Newtons lagar i samband med sådana kraftsituationer.

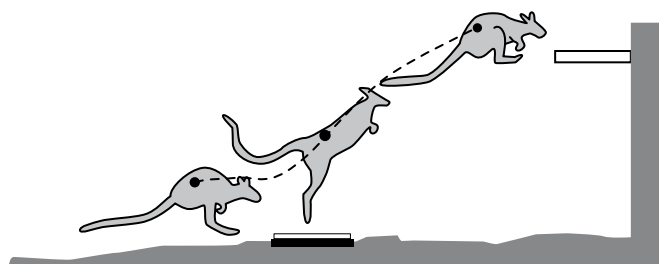
De två svarsalternativ som dominerar bland felsvaren är alternativ A och D. Elever som valt svarsalternativ A kan ha missat att kängurun accelereras uppåt, vilket innebär att det inte bara handlar om tyngdaccelerationen. Svar A hade varit korrekt om kängurun stått still på plattan. Dessutom kan svarsalternativ A och B locka den elev som söker ett enda värde på krafterna, inte att krafterna ”varierar i storlek” som är det korrekta svaret. Svaret D kan tyda på att eleven tänker sig att eftersom kängurun accelererar uppåt så måste kraften uppåt vara större än kraften nedåt, vilket inte är fallet utifrån frågan i uppgiften som gäller krafterna som verkar mellan plattan och känguruns fötter.

Figur 2 Uppgift 2 inom området Mekanik.

Tot. 2008	
A	12,5%
B	2,4%
C*	68,2%
D	16,3%
Ej svar	0,7%

\* markerar rätt svarsalternativ

22



En känguru hoppar från en plan platta på marken upp till en hylla, enligt figuren ovan. När den hoppande kängurun har kontakt med plattan på marken så utövar dess fötter en kraft på plattan i vertikal riktning och plattan utövar en kraft på känguruns fötter i vertikal riktning. Vilket påstående beskriver BÄST dessa krafter storlek?

- (A) Båda krafterna är lika stora som känguruns tyngd.
- (B) Båda krafterna är lika stora som hälften av känguruns tyngd.
- (C) Krafterna varierar i storlek men är hela tiden lika stora som varandra.
- (D) Kraften från plattan blir större än kraften från fötterna.

PA23110

### Energiomvandlingar (M2)

I nästa område inom mekaniken förväntas eleverna visa förståelse för kinetisk och potentiell energi samt kunna tillämpa begreppet konservering av mekanisk energi i relevanta situationer. Bland de frisläppta uppgifterna finns en som handlar om denna del av mekaniken (se figur 3).

Figur 3 Uppgift 3 inom området Mekanik.

Tot. 2008	
1 poäng	31,2%
Fel svar	51,3%
Ej svar	17,5%

4

Ett block med massan 2,0 kg rör sig horisontellt med hastigheten 2,5 m/s, på väg mot en fjäder med fjäderkonstant 800 N/m och försumbar massa. När blocket kolliderar med fjädern minskar dess hastighet samtidigt som fjädern komprimeras. Hur lång sträcka komprimeras fjädern som mest? (Friktion och luftmotstånd försummas.)

Redovisa hur du kommit fram till ditt svar.

Uppgiften handlar om energiomvandlingar, närmare bestämt från rörelseenergi till potentiell energi. För att kunna lösa uppgiften måste eleverna tillämpa energiprincipen och inse att den kinetiska energin hos blocket omvandlas till potentiell energi i fjädern. Uppgiften kräver också kunskap om hur såväl rörelseenergi som potentiell energi i en fjäder kan beräknas:

$$E_{\text{rörelse}} = \frac{mv^2}{2} \text{ och } E_{\text{fjäder}} = k \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$E_{\text{rörelse}} = E_{\text{fjäder}} \rightarrow \frac{mv^2}{2} = k \cdot \frac{x^2}{2}$$

Insättning av värden som anges i uppgiften ger ekvationen  $\frac{2,5}{2} = 800 \cdot \frac{x^2}{2}$  som har den positiva lösningen  $x = 0,125$ .

Bland de svenska eleverna är det 43 procent som klarar av att besvara uppgiften på ett korrekt sätt och kommer fram till ett svar i intervallet 0,12–0,14 meter. Förutom att en del elever helt enkelt inte minns hur de ska lösa den här typen av ganska standardbetonade uppgifter så kan den relativt låga lösningsfrekvens i viss mån bero på den matematiska behandling som krävs. Det är inte troligt att många elever haft svårt att hitta formeln för den potentiella energin i en fjäder i den ganska kortfattade formelsamling som hör till TIMSS-proven. Ordet ”fjäder” används som index i formeln. Däremot är det möjligt att en del elever blandar in Hookes lag  $F = k \cdot x$  och arbete  $A = F \cdot s$  och på så sätt kommer fram till att  $A = k \cdot x^2$ . De missar att energin varierar med halva kvadraten på avståndet.

### Vågfenomen (M3)

Inom mekanikens tredje område i TIMSS Advanced ska eleverna tillämpa kunskap om vågfenomen i ljud, vatten och strängar. Eleverna ska visa förståelse för refraktion och lösa problem med hjälp av sina kunskaper om förhållandet mellan hastighet, frekvens och våglängd vid lösning av problem. Bland de frisläppta uppgifterna finns två uppgifter som tillhör detta område (se figur 4 och 5).

Uppgiften i figur 4 handlar om de mest grundläggande skillnaderna mellan enkla ljudvågor och speglar en ganska renodlad minneskunskap, nämligen att för kurvan på oscilloskopet gäller att våghöjden (amplituden) visar ljudstyrkan och att frekvensen (antal vågor per tidsenhet) visar tonhöjden. Eftersom ton 1 har större amplitud och större frekvens är svarsalternativ A det korrekta svaret, vilket 60 procent av de svenska eleverna också svarat.

Bland de felaktiga svarsalternativen är B det minst vanliga, och D är något vanligare än C. De elever som inte väljer rätt svar, tenderar alltså att svara att ton II är svagare än ton I. Styrkan på tonen är förknippad med amplituden och det borde de flesta elever kunna lista sig till, även om de inte vet något om toner i övrigt. När det sedan gäller tonhöjden, är det ett begrepp som i sig inte ger någon vägledning om vad man skall titta på i figuren. Anledningen till att alternativen C och D, där tonen anges som svagare, ändå har en högre svarsfrekvens än det tredje felsvaret kan bero på att eleverna inte lyckas tyda texten i uppgiften utan misstolkar den. I stället för att jämföra ton I med ton II, jämför de ton II med ton I och ser att då har amplituden minskat och därigenom blir tonen svagare. Att svar D har något högre svarsfrekvens kan bero på att det finns elever som vet vad både amplitud och frekvens motsvarar, men som misstolkat texten och jämfört signal II med I istället för tvärtom.

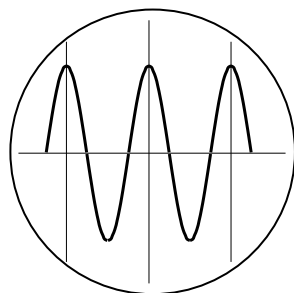
**Figur 4** Uppgift 4 inom området Mekanik.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A*	59,7%	69,8%
B	9,3%	8,4%
C	13,1%	8,9%
D	17,3%	12,6%
Ej svar	0,6%	0,3%

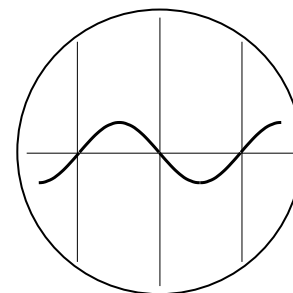
\* markerar rätt svarsalternativ

**1**

Ett oscilloskop används för att analysera två toner (I och II) som avlyssnas med en mikrofon. På oscilloskopskärmen ses två grafer som visas nedan. Oscilloskopet är inställt på samma sätt i de båda fallen.



Ton I



Ton II

Vilket av följande påståenden är sant?

Jämfört med ton II, är ton I

- (A) starkare och har högre tonhöjd.
- (B) starkare och har lägre tonhöjd.
- (C) svagare och har högre tonhöjd.
- (D) svagare och har lägre tonhöjd.

PA13001

Uppgiften i figur 4 fanns även med i TIMSS Advanced 1995. I studien från 1995 hade de svenska eleverna 70 procent korrekta svar, dvs. tio procentenheter bättre än resultatet 2008. Eleverna i 2008 års studie klarar alltså denna uppgift nästan lika bra som de elever som fick denna uppgift i TIMSS Advanced 1995.

Den andra uppgiften inom området mekaniska vågor handlar om vattenvågor och sambandet mellan våglängd, hastighet och frekvens (figur 5). Till skillnad från den förra uppgiften ska eleverna här utföra beräkningar för att komma fram till ett värde på våglängden.

**Figur 5** Uppgift 5 inom området Mekanik.

	Tot. 2008	Tot. 1995
1 poäng	56,7%	84,2%
Fel svar	29,9%	14,2%
Ej svar	13,4%	1,6%

**23**

Hastigheten för vattenvågor är 0,32 m/s på djupt vatten och 0,20 m/s på grunt vatten.

Om vattenvågor har en våglängd av 0,016 m på djupt vatten, hur stor är deras våglängd på grunt vatten?



När vattenvågor färdas med en given hastighet och våglängd på djupt vatten och kommer till ett område med grundare vatten får de en lägre hastighet. Denna hastighet kan beräknas om man har information om våglängd och hastighet eftersom vågornas frekvens inte ändras. Insikten att frekvensen är densamma även på det grunda området är avgörande för att kunna lösa uppgiften.

Sambandet mellan hastighet, frekvens och våglängd är  $v = f \cdot \lambda$

För vågen på djupt vatten gäller  $v_1 = f \cdot \lambda_1 \Leftrightarrow f = \frac{v_1}{\lambda_1}$

För vågen på grunt vatten gäller  $v_2 = f \cdot \lambda_2 \Leftrightarrow f = \frac{v_2}{\lambda_2}$

Eftersom  $f$  har samma värde i båda fallen så är

$$\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2} \Leftrightarrow \lambda_2 = \frac{v_2}{v_1} \cdot \lambda_1 = \frac{0,20}{0,32} \cdot 0,016 = 0,01$$

Eleven kan utföra motsvarande operation med siffror istället och först beräkna  $f$  från det som gäller för vågen på djupt vatten och sedan sätta in det värdet tillsammans med hastigheten på grunt vatten för att beräkna våglängden. Det rätta svaret är i båda fallen 0,01 m.

En korrekt lösning till uppgiften har lämnats av 57 procent av de svenska eleverna. Uppgiften kräver inte att eleverna visar vilken metod de använt så det räcker att svara 0,01 m för att få poäng. Vågrörelseläran har en betydande roll i Fysik B-kursen och ägnas mycket tid. Det är därför inte förvånande att uppgiften har så pass stor andel korrekta svar, trots att den kräver viss matematisk behandling.

Eftersom detta är en uppgift där eleverna själva ska skriva ett svar, och inte välja bland några svarsalternativ, så har vi endast information om de felsvar som angavs i bedömningsanvisningarna. I TIMSS kodas även vissa felsvar på ett sätt som gör det möjligt att veta hur vanligt förekommande de var. Därigenom vet vi att sex procent av eleverna blandar ihop de olika hastigheterna och våglängderna, det vill säga att de kopplar ihop den högre hastigheten med den okända våglängden. En anledning till detta kan vara att de inte klarar av att utföra algebra på ett korrekt sätt.

Uppgiften om vågorna fanns även med 1995, och detta är en uppgift där resultaten försämrats relativt mycket. I TIMSS Advanced 2008 var andelen korrekta svar 20 procentenheter lägre än i motsvarande studie 1995. Det finns inga uppenbara förklaringar till denna förändring utifrån kursplanernas fysikämnesinnehåll. Möjligen är det uppgiftens krav på formelhantering som eleverna 1995 hade bättre förmåga att klara. För att eleverna ska kunna lösa uppgiften korrekt krävs att de ställer upp ett antal formler och hanterar dem på ett korrekt sätt. Andelen elever som väljer att inte svara på uppgiften har ökat från ett par procent till över tio procent mellan de två åren.

### Linjär rörelse med konstant acceleration (M4)

I detta mekanikområde har statiska krafter och kroppar som rör sig med konstant acceleration behandlats. I mekanikområdet återfinns uppgifter där eleven ska identifiera krafter som verkar på en kropp som rör sig med konstant acceleration och förklara hur de tillsammans påverkar kroppens rörelse. Specifikt inkluderas även friktionskraft. Eleven ska vidare inom detta område tillämpa Newtons lagar för att göra relevanta beräkningar av hastighet och acceleration. Bland de frisläppta uppgifterna finns tre stycken som hör till detta område (se figur 6, 7 och 8).

Figur 6 Uppgift 6 inom området Mekanik.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A	5,1%	2,9%
B	6,3%	2,6%
C*	78,4%	84,7%
D	8,4%	8,4%
E	1,1%	1,4%
Ej svar	0,7%	0,0%

\* markerar rätt svarsalternativ

5

En sten faller från vila ner i en djup brunn. Det tar 2,0 s innan den når botten. Hur djup är brunnen?

Antag att stenens luftmotstånd kan försummas och att tyngdaccelerationen är  $g = 9,8 \text{ ms}^{-2}$ .

- (A) 4,9 m
- (B) 9,8 m
- (C) 19,6 m
- (D) 39,2 m
- (E) 78,4 m

PA13005

Uppgiften i figur 6 beskriver en sten som släpps ner i en djup brunn och där den tid det tar för stenen att nå botten ska användas för att beräkna brunns djup. I den samling formler som återfanns i varje häfte med fysikuppgifter i TIMSS Advanced kunde eleven hitta formeln  $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ .

För att kunna använda denna formel för att lösa uppgiften måste eleven inse att  $v_0 = 0$  eftersom stenen faller ”från vila”. Dessutom måste eleven sätta in tyngdacceleration istället för  $a$  i formeln. Eftersom det är sträckan  $s$  som ska beräknas är det sedan bara att sätta in de värden som ges i uppgiften:

$s = \frac{9,8 \cdot 2^2}{2} = 19,6$ . Det korrekta svaret är alltså C och nästan fyra femtedelar av eleverna valde det svarsalternativet.

Felsvaren fördelar sig ganska lika på svarsalternativen A, B och D. Dessa fel-svar kan vara en följd av en felaktig hantering av formeln, som att inte kvadrera  $t$ , inte dividera med 2 eller helt enkelt glömma bort en variabel ( $t^2$ ). Dessa fel kan till stora delar härröra från slarv från elevernas sida. De få elever som väljer svarsalternativ E har troligen gjort ett räknefel där de multiplicerar med 16 istället för att multiplicera med fyra.

Ett problem med denna uppgift är att elever som använder fel formel ( $v = a \cdot t$ ) kommer fram till rätt svar, även om enheten blir fel. I TIMSS Advanced 1995 presterade eleverna på ungefär samma nivå som 2008. För denna uppgift syns alltså ingen märkbar försämring i resultaten.

Nästa uppgift inom detta mekanikområde beskriver ett experiment som syftar till att mäta tyngdaccelerationen (figur 7). I experimentet har en metallkula släppts från olika utgångshöjder och tiden det tar för kulan att falla till golvet har mätts. Resultaten av mätningarna redovisas som punkter i ett diagram med höjden ( $h$ ) på den lodräta axeln och tiden i kvadrat ( $t^2$ ) på den vågräta.

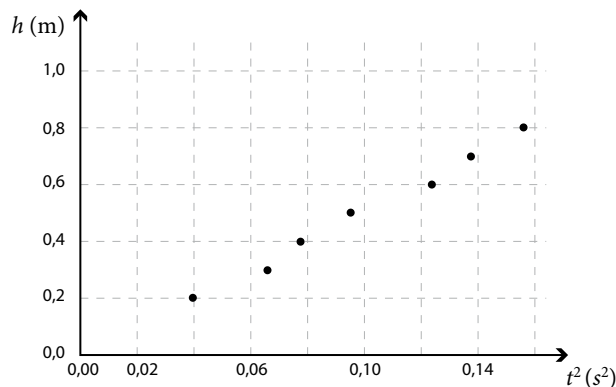
Uppgiften handlar om att beräkna ett värde på den allmänna gravitationskonstanten  $g$  utifrån experimentets mätdata. Lösningen av uppgiften utgår från sambandet  $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ , som i detta fall kan skrivas som  $h = \frac{g}{2} t^2$  då metallkulan faller från vila ( $v_0 = 0$ ), sträckan den faller betecknas med  $h$  och accelerationen är lika med  $g$ . Utifrån formeln förväntas  $h$  vara en linjär funktion av  $t^2$  vars graf har riktningskoefficienten  $\frac{g}{2}$  och går genom origo.

Ett sätt att bestämma tyngdaccelerationen ( $g$ ) ur detta samband är att anpassa en rät linje till punkterna i diagrammet och bestämma lutningen med hjälp av en punkt på linjen. Om till exempel eleven anpassar en linje till punkterna som

**Figur 7** Uppgift 7 inom området Mekanik.

**27**

I ett experiment för att mäta tyngdaccelerationen,  $g$ , mäts tiden,  $t$  (s), som det tar för en metallkula att från olika utgångshöjder  $h$  (m) falla fritt till golvet från vila. I diagrammet har  $h$  plottats som funktion av  $t^2$ .



Använd grafen för att beräkna ett värde på  $g$  och ge en uppskattning av osäkerheten (det experimentella felet) i värdet på  $g$ . Redovisa dina beräkningar.

	Tot. 2008	Tot. 1995
1 poäng	14,1%	37,2%
Fel svar	47,4%	46,0%
Ej svar	38,5%	16,8%

går genom punkten  $(0,1, 0,5)$  så blir uttrycket  $0,5 = \frac{g}{2} \cdot 0,1$ , vilket innebär att  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . En variant av denna metod är att använda sig av möjligheten att mata in de värden som finns i diagrammet i miniräknaren och genom minsta kvadratmetoden ta fram ett värde på linjens lutning. En tredje metod går ut på att beräkna  $g$  från flera av de punkter som finns i diagrammet ( $g = 2 \frac{h}{t^2}$ ) och där- efter beräkna ett medelvärde.

Endast tre procent av eleverna har anpassat en rät linje till punkterna och använt den för att bestämma  $g$  korrekt. De miniräknare som de flesta eleverna har tillgång till kan utföra linjär regression, men området ingår inte i kursplanen i matematik och torde därför vara obekant för många svenska elever. En del elever kan dock ha stött på linjär regression i tillämpningar inom fysiken.

Elva procent av eleverna har kommit fram till ett värde på  $g$  i intervallet  $9 \text{ m/s}^2$  till  $11 \text{ m/s}^2$  genom att använda sig av en punkt eller ett medelvärde av två eller flera beräknade värden på  $g = 2 \frac{h}{t^2}$  utan att explicit använda sig av grafen. Ett vanligt fel är att eleverna använder fel formel ( $g = \frac{h}{t^2}$ ) vilket leder till det felaktiga svaret  $g = 5 \text{ m/s}^2$ .

Relativt många elever (39%) redovisar inget som helst försök till lösning av uppgiften. Uppgiften innehåller en graf, som för många kan upplevas svårtolkad. En del räknofel från elevernas sida beror dessutom förmodligen på ett avläsningsfel från grafen som hänger ihop med att den vågräta axeln handlar om  $t^2$ . Eleverna torde vanligtvis ha sett grafer med enbart  $t$  på denna axel.

Uppgiften fanns även med i TIMSS Advanced 1995 och då löstes den korrekt av 37 procent av eleverna, vilket kan jämföras med de totalt 14 procent som löste den 2008. Uppgiften ställer stora krav på att eleverna ska utföra en mängd beräkningar. Den involverar dessutom en graf. Förmodligen blir det för många moment och eleverna ger upp en bit in i uppgiften. De kanske nöjer sig med att bara skriva upp formeln  $h = \frac{g}{2} t^2$ , men sedan utför de inga beräkningar.

Den sista frisläppta uppgiften i delområdet handlar om kaströrelse (figur 8).

**Figur 8** Uppgift 8 inom området Mekanik.

Tot. 2008	
1 poäng	35,7%
Fel svar	62,4%
Ej svar	1,9%

23

Lisa kastar en liten sten rakt upp i luften.

Vilka krafter inverkar på stenen sedan hon kastat den?

PA23014

Svårigheten ligger i att kunna identifiera vilka krafter som verkar på en sten som kastats rakt upp i luften. Rätt svar är gravitationskraft och luftmotstånd, alternativt tyngdkraft och friktionskraft.

Fördelningen mellan de som har klarat av uppgiften och därmed svarat gravitationskraft och luftmotstånd (36%), de som enbart svarat gravitationskraft (26%) och de som i sitt svar angett något helt annat (36%), är relativt jämn. Eftersom uppgiften inte innehåller några givna svarsalternativ, beror fördelningen inte på gissningar från elevernas sida. Flertalet av de svar som hör till den sista kategorin innehåller en kraft som handen överfört på stenen eller liknande formulering. Utifrån forskningen om vardagsföreställningar är detta väldigt vanligt. Aristoteles mekanik utgick också ifrån dessa vardagsföreställningar på 300-talet före Kristus.

Det är inte särskilt förvånande att de elever som nämner gravitationskraften men inte luftmotståndet är så många. Luftmotståndet är sådant som oftast bortses ifrån i de svenska läroböckerna, och eleverna kan då få den uppfattningen att detta inte är någon kraft man ska ta hänsyn till. Väldigt få elever har nämnt luftmotståndet men inte gravitationskraften.

### Cirkulär rörelse (M5)

I TIMSS femte delområde inom mekaniken ska eleverna tillämpa sin förståelse av cirkulär rörelse för att identifiera krafter på en kropp som rör sig i en cirkulär bana, och beräkna kroppens centripetalacceleration, hastighet och omloppstid. De ska vidare tillämpa gravitationslagen för att analysera och beräkna olika aspekter på planeternas rörelser (till exempel avstånd från solen och omloppstid).

Bland de frisläppta uppgifterna från TIMSS Advanced 2008 finns endast en som tillhör detta område (figur 9).

Uppgiften handlar om hur snabbt planeten Venus rör sig i sin bana kring solen jämfört med hur snabbt jorden rör sig i sin. Eleverna uppmanas att utgå från Newtons andra lag och gravitationslagen, och uppgiften kräver att eleverna kombinerar dessa med sambandet mellan centripetalacceleration och hastighet för en cirkulär rörelse.

Figur 9 Uppgift 9 inom området Mekanik.

5

Planeten Venus rör sig, liksom jorden, kring solen i en bana som är nästan cirkulär. Venus ligger närmare solen än jorden gör.

Använd Newtons andra lag och gravitationslagen för att visa att Venus rör sig snabbare i sin bana än jorden gör i sin.

Tot. 2008	
2 poäng	4,2%
1 poäng	5,6%
Fel svar	53,1%
Ej svar	37,0%

Enligt Newtons andra lag är  $F = ma$ . För en cirkulär rörelse gäller att centripetalaccelerationen  $a = \frac{v^2}{r}$ , och om dessa formler kombineras kan den kraft som verkar på den kropp som rör sig i den cirkulära banan med radien  $r$  skrivas som  $F = ma = m \frac{v^2}{r}$ .

Gravitationslagen säger att den gravitationskraft som verkar på planeten Venus är  $F_g = G \frac{m \cdot M}{r^2}$ , där  $m$  är Venus massa,  $M$  är solens massa, och  $r$  är medelavståndet mellan Venus och solen. Eftersom planeten cirkulerar i sin bana gäller att dessa två krafter är lika, dvs.  $F_{NII} = F_g \rightarrow m \frac{v^2}{r} = G \frac{m \cdot M}{r^2}$  och  $v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$ . Då avståndet till solen ( $r$ ) återfinns i nämnaren så måste ett ökat avstånd till solen (större  $r$ ) innebära en lägre hastighet ( $v$ ).

Även om innehållet ämnesmässigt hör till mekanikområdet, ligger tyngdpunkten och svårigheten med uppgiften i själva utförandet, algebran. Algebra upplevs som ett av det mest komplicerade inom skolan idag. Det är därför inte förvånande att endast fyra procent av eleverna klarar av att lösa uppgiften fullt ut på ett korrekt sätt. Ytterligare sex procent av eleverna klarar av att ställa upp de tre formlerna, men kan sedan inte hantera dem korrekt utan löser ut hastigheten på ett felaktigt sätt. Något fler elever (13%) skriver upp uttrycket för Newtons andra lag och gravitationslagen, men klarar sedan inte av att hantera dessa vidare. Nästan 40 procent av eleverna redovisar inget försök till lösning av uppgiften.

En annan förklaring till den relativt låga lösningsfrekvensen kan vara att eleverna är vana att kunna slå upp formler i de ganska omfattande formelsamlingar som används i Sverige. I TIMSS-proven finns ett formelblad, men det är inte särskilt förklarande. Den är en uppräkningslista av ett antal formler, utan rubriker som förklarar vilka formler det är. Den är alltså endast avsedd som minnesstöd för den som redan vet vilken formel som är aktuell. (I de formelsamlingar som används i Sverige kan man i registret slå upp t.ex. Newtons andra lag och få reda på var jag hittar den, vilket alltså inte är möjligt i TIMSS.) Dessutom framställs inte alltid formlerna i TIMSS formelsamling på ett sätt som eleverna är vana vid. Det är uppenbart för Newtons andra lag, som i TIMSS formelsamling anges som  $F_{resulterande} = ma$ , dvs. i vektorform. Det är mycket troligt att många svenska elever inte känner igen denna formel. Eleverna är alltså i hög grad utlämnade åt att komma ihåg vad Newtons andra lag säger för att kunna lösa uppgiften, i synnerhet eftersom det står i uppgiften att de ska använda sig av den, och den typen av kunskaper inte är särskilt betonade i svensk fysikundervisning.

## Kollisioner (M6)

Det sista delområdet inom mekaniken där vi hittar frisläppta uppgifter från TIMSS Advanced 2008 handlar om förståelse av elastiska och oelastiska kollisioner. Eleverna ska tillämpa lagen om momentets bevarande i olika typer av kollisioner och lagen om av den mekaniska (kinetiska) energins bevarande för en perfekt elastisk kollision. Inom detta delområde har två av uppgifterna från TIMSS Advanced 2008 publicerats (se uppgift 10 och 11).

**Figur 10** Uppgift 10 inom området Mekanik.

Tot. 2008	
2 poäng	9,1%
1 poäng	4,9%
Fel svar	63,1%
Ej svar	23,0%

24

Två skridskoåkare, den ena med massan 80 kg och den andra med massan 60 kg, står vända mot varandra på isen. De ger varandra en knuff så att de åker isär. Efter några sekunder är avståndet mellan dem 4 m.

Hur långt har då skridskoåkaren med massan 60 kg rört sig? (Försumma friktion och luftmotstånd.)

Redovisa hur du kommit fram till ditt svar.

Uppgiften i figur 10 handlar om rörelsemängdens bevarande i en situation där två skridskoåkare står mitt emot varandra och ger varandra en knuff. Detta är en situation som i olika varianter finns med i de flesta läroböcker i fysik. Lagen om rörelsemängdens bevarande kan hämtas ur minnet eller ur formelbladet:  $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$ . Eftersom  $v = \frac{s}{t}$  gäller vid tiden  $t$  sekunder efter att skridskoåkarna knuffat iväg varandra att  $m_1 \cdot \frac{s_1}{t} = m_2 \cdot \frac{s_2}{t} \iff m_1 \cdot s_1 = m_2 \cdot s_2$ . Med hjälp av uppgiftstexten kan vi nu bilda ett enkelt ekvationssystem:

$$\begin{aligned}80 \cdot s_1 &= 60 \cdot s_2 \\s_1 + s_2 &= 4\end{aligned}$$

som har lösningarna  $s_1 = 1,7$  m och  $s_2 = 2,3$  m. Det korrekta svaret är alltså 2,3 m.

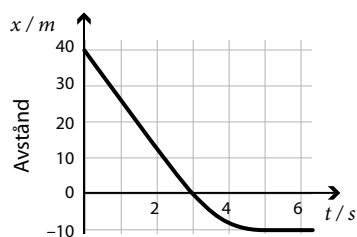
Lösningen av uppgiften innehåller flera steg och förutom att eleverna måste känna till lagen om rörelsemängdens bevarande så måste de kombinera den med sambandet mellan hastighet, sträcka och tid samt algebraiskt komma fram till två ekvationer med två obekanta. Även om ekvationssystemet är av ganska enkelt slag så måste eleverna kunna lösa det och dessutom inse vilken av lösningarna som är svaret på frågan i uppgiften.

Endast nio procent av de svenska eleverna kommer fram till det korrekta svaret, men mot bakgrund av uppgiftens komplexitet är det kanske inte så förvånande. Ytterligare fem procent redovisar en delvis korrekt lösning, det vill säga de har gjort ett räknefel eller svarat med den sträcka som den tyngre skridskoåkaren har rört sig. Hela 63 procent av eleverna svarar fel på uppgiften, och 23 procent har inte lämnat något svar. Ett relativt vanligt fel (10% av eleverna) är att eleverna använder sig av förhållandet mellan de båda massorna ( $4/3$ ) för att komma fram till att om den tyngre personen rör sig 4 meter, rör sig den lättare personen 3 meter.

Även uppgiften i figur 11 tillhör detta delområde inom mekaniken.

Figur 11 Uppgift 11 inom området Mekanik.

25



Figuren ovan beskriver hur en cyklist närmar sig och passerar mållinjen i en tävling. Vilken rörelsemängd har cyklisten när hon passerar mållinjen om hon väger 60 kg?

- (A) 2 400 kgm/s
- (B) 800 kgm/s
- (C) 600 kgm/s
- (D) 0 kgm/s

PA23028

Tot. 2008	
A	9,0%
B*	61,7%
C	21,5%
D	5,5%
Ej svar	2,2%

\* markerar rätt svarsalternativ

I detta fall får eleverna se en graf som beskriver avståndet till mållinjen för en cyklist som deltar i en tävling, som funktion av tiden. Uppgiften handlar om att använda grafen för att beräkna cyklistens rörelseenergi vid den tidpunkt då hon passerar mållinjen.

Lösningen bygger på insikten att grafens lutning vid tidpunkten för målgång är lika med cyklistens fart vid denna tidpunkt:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{40}{3}$  m/s. Rörelsemängden kan därefter beräknas med den formel som eleverna kan minnas eller hämta från formelbladet:  $p = m \cdot v = 60 \cdot \frac{40}{3} = 800$  kgm/s.

Drygt tre femtedelar av eleverna klarar av att lösa uppgiften. Grafer av detta slag borde vara något som många elever känner igen och har använt för att lösa olika problem. S-t-grafer är något som eleverna får möta åtskilliga gånger, både i läroböcker och på lektioner och laborativa moment. Det vanligaste felsvaret är C. Eleverna som kommit fram till detta svar har troligen inte läst av grafen med tillräcklig noggrannhet, kanske på grund av att de endast använt sig av den sista delen av kurvan, just innan den korsar x-axeln.

### Sammanfattning

Inom området Mekanik kan man i styrdokumentet inte se att det har skett någon stor förändring innehållsmässigt. Det märks också i resultatet vid jämförelsen av resultat på uppgifter mellan 1995 och 2008. Resultaten har försämrats, men endast en av uppgifterna har försämrats mycket (se figur 5), vilket kan bero på det inslag av algebra som finns i uppgiften. Andra tänkbara förklaringar till de försämrade resultaten inom mekanikområdet är skillnader i läromedlen mellan 1995 och 2008 samt svårigheter för de svenska eleverna att hitta de formler som behövs i TIMSS-provens kortfattade formelsamlingar.

Det som dock framförallt tycks ställa till det är matematikillämpningen inom fysiken. Mycket inom fysik vilar på att eleverna har grundläggande kunskaper inom vissa matematiska områden. För att kunna lösa uppgifter inom

mekanik krävs ofta hantering av algebra. Detta har eleverna i dagens skola svårt med, eftersom det är ett område som gått tillbaka i den svenska skolan.

Även vektorer är ett område inom matematiken som inte längre hanteras i gymnasiet i någon större utsträckning. Det kommer i egentlig mening in först på universitetet. Bristande kunskaper om vektorer försvårar avsevärt när det gäller förståelse av hur man hanterar krafter.



# Uppgifter om Elektricitet och magnetism

## Uppgifter om Elektricitet och magnetism

Som introduktion till området anges i TIMSS ramverk att fenomen som rör elektricitet och magnetism är väl förankrade i vardagslivet. Elektriciteten spelar en central roll inom industrin, affärsvärlden och i hemmet, för uppvärmning, lyse och strömförsörjning till en mängd apparater.

Av de uppgifter i TIMSS Advanced 2008 som handlar om elektricitet och magnetism har tolv uppgifter släppts fria. Området har i TIMSS indelats i fyra delområden (E1–E4) och de frisläppta uppgifterna redovisas separat för varje delområde. Sex av de uppgifter inom elektricitet- och magnetismområdet som gavs i TIMSS Advanced 2008, gavs också i undersökningen 1995.

### Laddade partiklar (E1)

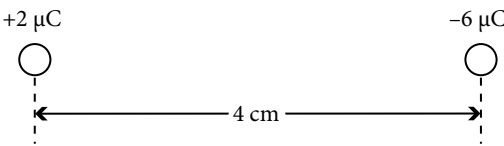
I det första delområdet återfinns uppgifter som handlar om att beräkna storlek och riktning för elektrostatisk attraktion eller repulsion mellan isolerade laddade partiklar med hjälp av Coulombs lag. Dessutom handlar uppgifterna här om att förutsäga kraft och riktning på en laddad partikel i ett homogent elektriskt fält. Inom detta delområde återfinns fem olika uppgifter (se figur 12, 13, 14, 15 och 16).

Figur 12 Uppgift 1 inom området Elektricitet och magnetism.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A	22,0%	22,7%
B	23,6%	20,0%
C	11,1%	8,2%
D*	30,0%	35,9%
E	10,9%	11,4%
Ej svar	2,5%	1,8%

\* markerar rätt svarsalternativ

**6** Två små partiklar med laddningarna  $+2 \mu\text{C}$  och  $-6 \mu\text{C}$  befinner sig 4 cm från varandra så som visas i figuren.



Var ska en tredje partikel med laddningen  $-8 \mu\text{C}$  placeras så att det inte blir någon resulterande kraft på partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$ ?

- (A) 4 cm till vänster om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$
- (B) 16 cm till vänster om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$
- (C) 16 cm till höger om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$
- (D) 8 cm till vänster om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$
- (E) 8 cm till höger om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$

PA13006

Uppgiften i figur 12 handlar om att undersöka resulterande krafter från tre laddade partiklar. Positionen för två av partiklarna har ritats ut i uppgiften och frågan gäller var den tredje partikeln ska placeras för att den resulterande kraften på partikeln med laddning  $-6 \mu\text{C}$  ska bli noll.

För att lösa uppgiften måste eleverna ställa upp kraftsituationen för denna partikel. I formelsamlingen hittar man formeln för beräkning av den kraft som

verkar mellan två laddade partiklar  $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , vilken för lösning av denna uppgift kan förenklas till  $F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$ . Partikeln med laddningen  $2 \mu\text{C}$  åstadkommer en vänsterriktad kraft på partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$  som är  $F_{\leftarrow} = k \frac{2 \cdot 6}{4^2}$ . Om partikeln med laddningen  $-8 \mu\text{C}$  placeras  $x$  cm till vänster om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$  kommer den att åstadkomma en högerriktad kraft med storleken  $F_{\rightarrow} = k \frac{8 \cdot 6}{x^2}$ . Om den resulterande kraften ska vara noll måste dessa krafter vara lika stora ( $F_{\rightarrow} = F_{\leftarrow}$ ) vilket ger ekvationen  $k \frac{2 \cdot 6}{4^2} = k \frac{8 \cdot 6}{x^2}$  som har den positiva lösningen  $x = 8$ . Partikeln med laddningen  $-8 \mu\text{C}$  ska alltså placeras 8 cm till vänster om partikeln med laddningen  $-6 \mu\text{C}$  för att den resulterande kraften på den senare ska vara noll. Rätt svar är alternativ D.

Inget av svarsalternativen dominerar bland elevsvaren, men A, B och D är vanligare än de övriga två. Gemensamt för dessa tre alternativ är att laddningen är placerad till vänster om partikeln med laddning  $-6 \mu\text{C}$ . De flesta elever tycks inse att detta är ett villkor som måste uppfyllas för att den resulterande kraften på partikeln ska vara noll. Att sedan använda sig av Coulombs lag för att räkna ut var laddningen skall placeras är inte lika självklart. Elever som har valt alternativ B har gjort allt detta, men inte insett att de tagit fram kvadraten på det korrekta svaret och alltså missat det sista steget i lösningen där kvadratroten måste bestämmas.

Elever som har valt alternativ A har förmodligen blandat in en oberoende partikel som de placerat mitt mellan de befintliga laddningarna. De har utgått från denna partikel när det gäller att titta på den resulterande kraften. Denna situation, som handlar om beräkning av resulterande kraft på en tredje partikel, är inte ovanlig i de problem som eleven ställs inför i läroböcker i fysik. Alternativen C och E har lägre svarsfrekvens än de andra tre. Förutom möjligheten att de gjort ett räknefel visar de elever som väljer dessa alternativ ingen förståelse för kraftriktningar.

Uppgiften fanns även med i TIMSS Advanced 1995, och andelen korrekta svar är ungefär densamma 2008 som den var 1995.

Nästa uppgift handlar också om laddade partiklar (figur 13). Här är två partiklars lägen givna och uppgiften går ut på att bestämma riktningen hos det elektriska fältet som bildas i en viss punkt.

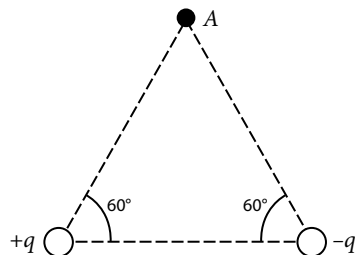
Det elektriska fältet i A som bildas av laddningen  $+q$  har en riktning *från* laddningen längs med linjen genom A. På motsvarande sätt har det elektriska fältet i A som bildas av laddningen  $-q$  en riktning *mot* laddningen längs med den linje som sammanbinder laddningen med A. På grund av den geometriska symmetrin och att laddningarna är lika stora blir det sammanlagda fältet i A riktat rakt åt höger i figuren.

De vanligaste svaren är en pil rakt neråt eller rakt uppåt från A. Endast 13 procent av eleverna ritar pilen åt höger från A. Alla elever bör ha sett ett tvåpoligt fält och fältlinjerna i det. En möjlig orsak till att eleverna inte klarar av att lösa uppgiften, ligger i att punkten A är neutral och placerad så pass långt ifrån de båda laddningarna. Eleverna har svårt att tänka sig att fältlinjerna sträcker sig så pass långt. En annan orsak kan vara att eleverna tänker sig att punkt A har någon form av laddning. Det verkar då en kraft mellan de två laddade partiklarna och punkt A. Kraftresultanten skulle då vara riktad uppåt eller nedåt, beroende på vilken typ av laddning man placerar i A. Möjligtvis skulle man kunna

Figur 13 Uppgift 2 inom området Elektricitet och magnetism.

Tot. 2008	
1 poäng	13,3%
Fel svar	62,8%
Ej svar	23,9%

26



Två punktformiga laddningar befinner sig i vila på ett visst avstånd från varandra, enligt figuren ovan. Rita en pil från punkten A, som visar hur det sammanlagda elektriska fältet som bildas av dessa båda laddningar är riktat i punkten A.

PA23034

tänka sig att eleverna hade varit behjälpta av att använda sig av vektorkunskaper i denna uppgift, men vektorer finns inte med i gymnasieskolans matematikkurser och svenska elevers vektorkunskaper är svaga. 24 procent av eleverna väljer att inte svara på uppgiften.

Nästa uppgift handlar också om elektriska fält, men här är det en elektriskt laddad partikel som påverkas av ett elektriskt fält mellan två laddade plattor (figur 14).

Figur 14 Uppgift 3 inom området Elektricitet och magnetism.

	Tot. 2008	Tot. 1995
2 poäng	12,7%	55,8%
1 poäng	15,1%	15,2%
Fel svar	35,5%	12,2%
Ej svar	36,7%	16,8%

24

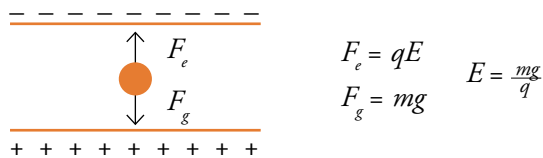
En liten, elektriskt laddad plastkula hålls i vila av ett elektriskt fält mellan två stora, horisontella plattor med olika laddning.

Om plastkulans laddning är  $5,7 \mu\text{C}$  och dess massa är  $1,4 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ , vad är då storleken av det elektriska fältet?

Redovisa dina beräkningar.

PA13024

I denna uppgift ska styrkan hos det elektriska fält som håller partikeln i vila beräknas utifrån partikelns laddning och massa. För att kunna lösa uppgiften krävs att eleven använder sig av jämvikt mellan tyngdkraften som verkar på plastkulan och den elektriska kraften.



$$E = \frac{1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 9,8}{5,7 \cdot 10^{-6}} = 2,4 \cdot 10^2 \text{ V/m}$$

Det korrekta svaret är alltså  $2,4 \cdot 10^2 \text{ V/m}$ , och 13 procent av de svenska eleverna klarar av att lösa denna uppgift helt korrekt. Ungefär lika stor andel (15%) har redovisat en delvis korrekt lösning utan att komma fram till det korrekta svaret. Anledningen till att de inte lyckas helt kan till exempel vara att de har glömt att ange enhet eller angett fel enhet i svaret. Enheter upplevs ofta av eleverna som något svårt att behärska. En enhetsanalys kan vara användbar för att bestämma korrekt enhet om man inte känner till vad den korrekta enheten ska vara. Enhetsanalyser är dock inte självklart förekommande på gymnasiekurserna, och många elever möter det först i de kurser som ges på universitetsnivå. Dessutom är enhetsanalysen i detta fall ganska komplex. Med utgångspunkt i formeln

$$E = \frac{mg}{q} \text{ blir enhetsanalysen } \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{\text{C}} = \frac{\text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

En dryg tredjedel av eleverna (37%) redovisar inget som tyder på att de ens försökt lösa uppgiften. Att så många elever inte kunnat svara korrekt på denna uppgift har att göra med att fältteori tillhör ett område inom fysikundervisningen som betraktas som ganska svårt. I detta fall skall eleven dessutom kombinera två områden, elektrisk fältteori och gravitationslära, för att kunna lösa uppgiften.

Uppgiften fanns med i TIMSS Advanced 1995 och andelen elever som svarade helt korrekt var mycket högre 1995 jämfört med 2008. Över hälften av eleverna (56%) redovisade en korrekt lösning 1995, medan motsvarande siffra alltså var 13 procent 2008. I styrdokumentet från 1995 står mycket tydligt att kraftverkan på laddade partiklar i elektriska fält ska ingå. De styrdokument som gäller nu nämner bara att eleven ska ha kunskap om elektriska fält, och den tolkningsfrihet som finns i gällande kursplaner kan ha medfört att elever i lägre grad än tidigare mött det specifika innehållet i denna uppgift. Det kan också konstateras att andelen elever som har gjort räknepel eller glömt enhet alternativt använt fel enhet, har ökat marginellt, från 12 procent 1995 till 15 procent 2008. Andelen elever som väljer att hoppa över uppgiften har ökat mellan åren från 17 procent till 37 procent.

Nästa uppgift beskriver fyra kraftsituationer för två partiklar med laddningarna  $q$  respektive  $2q$  (figur 15). Eleverna ska välja den bild som bäst beskriver de elektriska krafter som verkar på de två partiklarna.


För att komma fram till rätt svar måste eleven använda sig av Newtons tredje lag, om kraft och motkraft. Om partikeln med laddningen  $q$  påverkar partikeln med laddningen  $2q$  med en kraft så måste partikeln med laddningen  $2q$  påverka


**Figur 15** Uppgift 4 inom området Elektricitet och magnetism.


Tot. 2008	
A	37,9%
B*	30,0%
C	25,3%
D	5,3%
Ej svar	1,4%

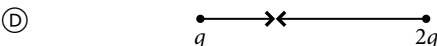
\* markerar rätt svarsalternativ

**6** Två partiklar har laddningarna  $q$  respektive  $2q$ . Vilken av figurerna beskriver BÄST de elektriska krafter som verkar på de två partiklarna?

(A) 

(B) 

(C) 

(D) 

PA23030

partikeln med laddningen  $q$  med en lika stor fast motriktad kraft. Korrekt svar är alltså B.

Svarsalternativen A, B och C har alla ganska höga svarsfrekvenser, vilket tyder på att eleverna i hög grad har gissat svaret. Alternativ A har till och med högre svarsfrekvens än det korrekta svaret B. Eleverna kopplar inte ihop uppgiften med Newtons tredje lag. Om de har försökt att tänka sig till vad som skulle kunna vara rätt har de förmodligen förlitat sig på sin förförståelse kopplat till vardagsförståelsen och därför tyckt att det borde vara olika krafter som verkar på de båda partiklarna eftersom de har olika stor laddning. Svarsalternativ D är det alternativ som har lägst svarsfrekvens (5%). De flesta elever vet nog att två laddningar med samma tecken inte dras mot varandra.

Den femte och sista frisläppta uppgiften inom delområdet laddade partiklar visar positionen för tre punktformiga laddningar och den kombinerade kraften från två av laddningarna på den tredje (figur 16).

Uppgiften gäller vad som händer med den resulterande kraften när de två laddningar som orsakar den byter plats. Den ursprungliga situationen innebär att laddningarna B och C båda är positiva (eller negativa), och att laddningarna A och C har olika tecken. När A och B byter plats kommer den resulterande kraften därför att riktas nedåt och åt vänster, dvs. snett ner åt vänster. En närmare analys av riktningen hos den ursprungliga kraftpilen indikerar att absolutbeloppet för laddning A är något mindre än absolutbeloppet för laddning B. Det betyder att den resulterande kraften bör riktas litet närmare normalen än ursprungspilen, och vara litet större. Det finns alltså tre kriterier som ska vara uppfyllda för att svaret ska betraktas som helt korrekt: pilen ska vara riktad nedåt åt vänster, den ska bilda en större vinkel mot vertikallinjen än den utritade pilen, och den ska vara längre. Hälften av eleverna (50%) ritade en pil som var riktad nedåt åt vänster och som dessutom uppfyllde minst ett av de två andra kriterierna (vilket var vad som krävdes för full poäng på uppgiften). Ytterligare

Figur 16 Uppgift 5 inom området Elektricitet och magnetism.

**7**

Figuren ovan visar tre punktformiga laddningar A, B och C. Den kombinerade kraften från A och B på C visas med en pil.

Därefter växlar de båda laddningarna A och B plats. Rita en pil i figuren nedan som visar den nya kombinerade kraften från A och B på C.

PA23078

Tot. 2008	
1 poäng	49,9%
Fel svar	47,2%
Ej svar	2,9%

15 procent ritade en pil som var riktad nedåt åt vänster, men som inte uppfyllde något av de två andra kriterierna.

Uppgiftens utformning kan ha bidragit till elevernas svårigheter att lösa den. Om figuren lagts in i ett rutnät och om avstånden i vertikalled inte legat så nära halva avståndet i horisontalled hade man förmodligen fått en något högre frekvens på svar som även innehållit rätt svar inom de två andra kriterierna.

### Elektriska kretsar (E2)

Nästa område inom Elektricitet och magnetism handlar om elektriska kretsar. Här ska eleverna visa att de känner till och kan använda Ohms lag och Joules lag för att beräkna hur mycket värme som alstras i en elektrisk krets och för separata komponenter i kretsen. Inom detta delområde återfinns två frisläppta uppgifter (se figur 17 och 18).

I uppgiften i figur 17 ges några fakta om en elektrisk krets och eleven ska välja det kopplingschema som bäst överensstämmer med förutsättningarna.

Villkor 1 säger att det finns en mätbar resistans mellan P och Q. Det innebär att svarsalternativ B kan uteslutas eftersom P och Q i detta fall är sammanbundna utan något motstånd. Enligt villkor 2 ska resistansen mellan P och R vara dubbelt så stor som mellan P och Q, vilket endast är sant för alternativ D. I A är resistansen mellan P och R lika stor som mellan P och Q och i C är resistansen mellan P och R hälften så stor som mellan P och Q. I E är resistansen mellan P och R noll, vilket innebär att någon annan resistans aldrig kan vara dubbelt så stor. Villkor 3 behövs alltså inte för att komma fram till korrekt svar om man

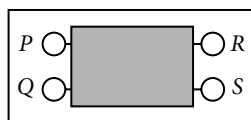
**Figur 17** Uppgift 6 inom området Elektricitet och magnetism.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A	2,3%	0,7%
B	1,9%	1,1%
C	4,8%	2,1%
D*	86,3%	92,3%
E	3,2%	3,6%
Ej svar	1,5%	0,2%

\* markerar rätt svarsalternativ

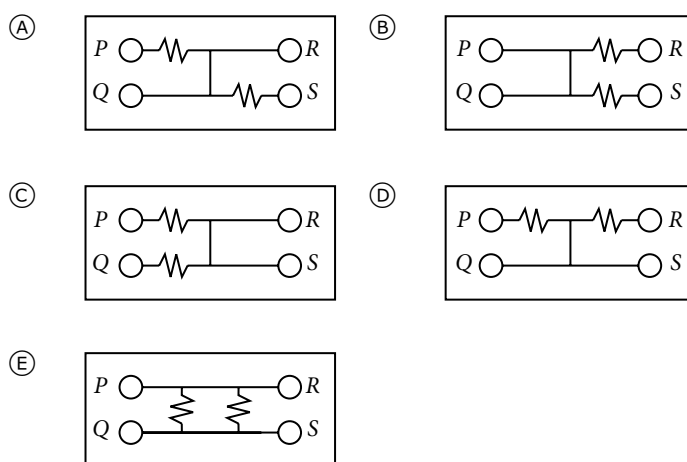
**4**

Figuren visar en låda med fyra anslutningskontakter:  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  och  $S$ . Följande observationer gjordes.



1. Det finns mätbar resistans mellan  $P$  och  $Q$ .
  2. Resistansen mellan  $P$  och  $R$  är dubbelt så stor som den mellan  $P$  och  $Q$ .
  3. Det finns ingen mätbar resistans mellan  $Q$  och  $S$ .
- Vilken av nedanstående kretsar finns troligast i lådan?

Alla utritade motstånd har samma resistans.



resonerar på detta sätt. I villkor 3 anges att det inte finns någon mätbar resistans mellan  $Q$  och  $S$ , vilket utesluter A och C.

Så många som 86 procent av eleverna väljer rätt svarsalternativ (D). Andelen elever som valt de övriga svarsalternativen är bara några få procent. Den stora andelen korrekta svar indikerar att eleverna behärskar detta område i fysiken, vilket kan anses litet förvånande eftersom just elektriska kopplingar har fått ett minskat inslag i den svenska fysikundervisningen.

Uppgiften fanns även med i TIMSS Advanced 1995, och andelen korrekta svar var lika hög då, cirka 90 procent.

Nästa uppgift (figur 18) handlar även den om elektriska kretsar, men visade sig vara mycket svårare än den föregående. I detta fall visas kopplingsschemat för kretsen och frågan gäller vad som händer med de värden som kan avläsas på ampere- respektive voltmeteren då strömställaren sluts.

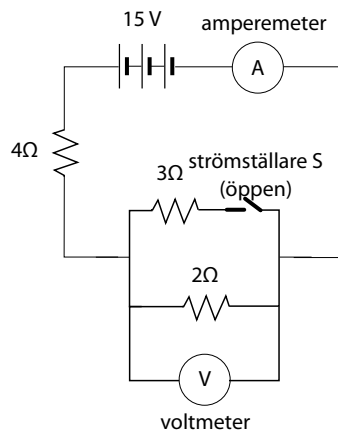
Uppgiften kräver att eleverna kombinerar Ohms lag och Kirchoffs lagar i kombination med hur man hanterar serie- och parallellkopplingar av motstånd. Eleverna måste dessutom ta hänsyn till två olika lägen på strömställaren.



**Figur 18** Uppgift 7 inom området Elektricitet och magnetism.

9

I den elektriska krets som visas i figuren är strömställaren S öppen.



Hur ändras avläsningarna på amperemetern och voltmeteren när strömställaren S sluts?

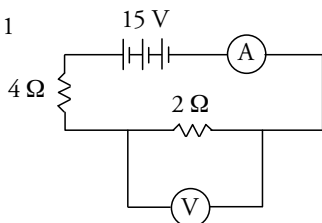
- (A) Avläsningen på amperemetern ökar; avläsningen på voltmeteren minskar.
- (B) Avläsningen på amperemetern minskar; avläsningen på voltmeteren ökar.
- (C) Avläsningen på amperemetern ökar; avläsningen på voltmeteren ökar.
- (D) Avläsningen på amperemetern minskar; avläsningen på voltmeteren minskar.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A*	30,0%	51,3%
B	25,2%	17,2%
C	18,4%	12,2%
D	23,9%	18,9%
Ej svar	2,5%	0,4%

\* markerar rätt svarsalternativ

PAT3009

Läge 1



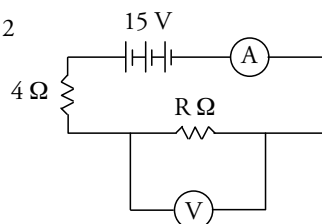
(A) visar 2,5 A      (V) visar 5 V

$$R_{tot} = (4 + 2) = 6 \Omega$$

$$U_{tot} = R_{tot} \cdot I_{tot} \rightarrow I = \frac{15}{6} = 2,5 \text{ A}$$

$$U_{\text{över } 2\Omega} = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ V}$$

Läge 2



(A) visar 2,9 A      (V) visar 3,5 V

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} \rightarrow R = \frac{6}{5} \Omega$$

$$R_{tot} = \frac{6}{5} + 4 \approx 5,2 \Omega$$

$$I = \frac{15}{5,2} \approx 2,9 \text{ A}$$

$$U_{\text{över } R} = 2,9 \cdot \frac{6}{5} \approx 3,5 \text{ V}$$

Rätt svar är alternativ A, men inget av svarsalternativen dominerar bland elevsvaren. Resultaten pekar på att eleverna inte vet hur denna uppgift skall lösas och gissar därför. Eleverna klarar inte att genomföra de resonemang eller beräkningar som krävs för att komma fram till rätt svar.

Uppgiften ingick även i TIMSS Advanced 1995 och då var andelen som valde det rätta svaret cirka 20 procentenheter högre.

En möjlig förklaring till denna skillnad står att finna i ändringar i kursplanerna. I det läroplanssupplement som reglerade ämnesinnehållet 1995 beskrevs såväl likströms- som växelströmskretsar explicit. I dagens fysikkursplan anges att eleverna ska ha kunskap om elektrisk ström och spänning. I och med att växelströmmen har tagits bort från Fysik B, har området fått en minskad betydelse och eleverna möter begreppet elektricitet framför allt i Fysik A.

### Magnetiska fält (E3)

I det tredje delområdet inom elektricitet och magnetism ska eleverna analysera storlek och riktning för den kraft som verkar på en laddad partikel i ett magnetiskt fält. Här finns uppgifter som handlar om sambandet mellan magnetism och elektricitet i fenomen så som magnetiska fält runt elektriska ledare, elektromagneter och elektromagnetisk induktion. Dessutom ska eleverna visa att de kan använda Faradays och Lenz lagar om induktion i olika situationer.

Bland de frisläppta uppgifterna finns två som behandlar detta delområde (se figur 19 och 20).

**Figur 19** Uppgift 8 inom området Elektricitet och magnetism.

	Tot. 2008	Tot. 1995
1 poäng	2,0%	8,3%
Fel svar	49,8%	49,0%
Ej svar	48,2%	42,7%

26

En partikel med laddningen  $q$  och massan  $m$  rör sig med hastigheten  $v$  i ett homogent magnetfält med flödestätheten  $B$ , vinkelrätt mot fältet. Partikeln följer en cirkelformad bana.

Visa att partikelns omloppstid  $T$  är oberoende av hastigheten  $v$ . Redovisa dina beräkningar.

Uppgiften i figur 19 beskriver en partikel som rör sig i en cirkelformad bana i ett magnetfält. Uppgiften innehåller inga siffror, utan eleverna ska med allmänna variabelbeteckningar visa att partikelns omloppstid är oberoende av dess hastighet.

För partikelns hastighet i sin cirkulära bana gäller att hastigheten är cirkelns omkrets dividerat med omloppstiden, dvs.  $v = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi r}{v}$ . Omloppstiden är alltså omvänt proportionell mot hastigheten, och mot den bakgrunden kan det uppfattas som litet märkligt att uppgiften går ut på att bevisa att omloppstiden inte är beroende av hastigheten. Däremot kan vi visa att hastigheten är konstant genom att kombinera sambandet  $F_B = qvB$ , som beskriver den kraft som magnetfältet utövar på en laddning som rör sig i ett magnetfält, med sambandet  $F_C = \frac{mv^2}{r}$  som beskriver centripetalkraften. Eftersom  $F_B = F_C$  så är  $qvB = \frac{mv^2}{r} \Leftrightarrow v = \frac{qBr}{m}$ , dvs. partikelns hastighet är given när partikelns laddning, massa och magnetfältets flödestäthet samt cirkelrörelsens radie är givna. Om detta uttryck för  $v$  sätts in i formeln för  $T$  så får vi att  $T = \frac{2\pi m}{qB}$ .

Eftersom hastigheten ( $v$ ) inte ingår i denna formel kan omloppstiden sägas vara oberoende av hastigheten.

De stora utmaningarna i denna uppgift handlar dels om att kunna resonera sig fram till hur uppgiften kan lösas genom att kombinera formler från olika delar av fysiken, och dels om att algebraiskt kunna visa att formeln för omloppstiden inte innehåller hastigheten som variabel.

Det visar sig att endast två procent av eleverna redovisar ett godtagbart resonemang på uppgiften och att ungefär fyra procent lyckas komma till ett svar som innehåller en omloppstid som är beroende av  $v$  eller  $a$ , t ex.  $\sqrt{\frac{4m\pi^2 r}{qvB}}$ .

Kombinationen mellan algebra och formler från olika områden innebär att det är många svåra hinder för eleverna att forcera för att kunna lösa uppgiften. Nästan hälften av eleverna (48%) redovisar inte ens ett försök till lösning.

Uppgiften fanns även med i TIMSS Advanced 1995, men då belönades ett korrekt svar med två poäng till skillnad från den enda poäng som gavs 2008. Detta medför vissa svårigheter när det gäller jämförelse av andelen elever som besvarat uppgiften på olika sätt. Vi kan konstatera att andelen som svarat fel på uppgiften, eller inte svarat alls, har ökat från cirka 73 procent 1995 till ca 87 procent 2008. Båda resultaten visar att uppgiften inte tillhör de som de svenska eleverna klarar av bäst. Andelen elever som väljer att hoppa över uppgiften ligger båda åren på nästan 40 procent.

I den andra uppgiften inom delområdet magnetiska fält uppmanas eleverna att beskriva hur de skulle demonstrera fenomenet ”elektromagnetisk induktion” för en grupp elever (figur 20).

**Figur 20** Uppgift 9 inom området Elektricitet och magnetism.

27

Beskriv hur du skulle demonstrera fenomenet ”elektromagnetisk induktion” för en grupp elever. Beskriv också den utrustning du skulle använda, men förklara inte fenomenet.

	<b>Totalt</b>
1 poäng	24,4%
Fel svar	34,2%
Ej svar	41,4%

Denna uppgift kan anses vara det närmaste man kan komma att göra en laborativ uppgift inom ramen för TIMSS Advanced. I den vanligaste uppställningen för att demonstrera detta fenomen används en magnet, en sladd och en voltmeter. För att visa magnetisk induktion måste sladden viras till en spiral och anslutas till voltmeter. Genom att röra magneten fram och tillbaka genom spiralen uppstår en spänning i sladden, och voltmeter ger utslag. En alternativ beskrivning skulle kunna utgå från en induktionshäll där bara kastrullen blir het, men inte plattorna.

Endast 24 procent av eleverna redovisar en korrekt lösning på uppgiften. Av dessa har de flesta valt att demonstrera fenomenet med hjälp av en magnet och en ledare. Detta är det i särklass vanligaste sättet att på lektioner demonstrera induktionsfenomenet och de flesta elever har förmodligen både sett läraren utföra en demonstration och själva laborerat med en liknande utrustning. Mer än 40 procent av eleverna har inte försökt svara på uppgiften.

## Elektromagnetisk strålning (E4)

Det sista delområdet inom elektricitet och magnetism handlar om elektromagnetisk strålning.

Eleverna erbjuds här möjligheter att visa hur de förstår elektromagnetisk strålning i termer av vågor orsakade av samspel mellan elektriska och magnetiska fält. De ska också identifiera olika typer av vågor (radio, infraröda, röntgen, ljus, etc.) genom våglängder och frekvens. Bland de frisläppta uppgifterna från TIMSS Advanced 2008 finns tre som hör till detta delområde (se figur 21, 22 och 23).

**Figur 21** Uppgift 10 inom området Elektricitet och magnetism.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A*	46,6%	59,1%
B	11,3%	8,8%
C	15,4%	7,2%
D	25,1%	24,6%
Ej svar	1,6%	0,3%

\* markerar rätt svarsalternativ

21

I det elektromagnetiska spektrat finns olika typer av strålning.

I vilken av nedanstående uppräknings är strålningstyperna ordnade efter ökande våglängd?

- (A)  $\gamma$ -strålning, röntgenstrålning, synligt ljus, radiovågor
- (B) röntgenstrålning, radiovågor, synligt ljus,  $\gamma$ -strålning
- (C) radiovågor,  $\gamma$ -strålning, synligt ljus, röntgenstrålning
- (D)  $\gamma$ -strålning, röntgenstrålning, radiovågor, synligt ljus

PA13021

Uppgiften i figur 21 handlar om att eleverna ska visa att de vet något om våglängden hos olika typer av elektromagnetisk strålning genom att välja det alternativ som beskriver strålningstyperna sorterade efter ökande våglängd.

Det korrekta svaret är alternativ A, och nästan hälften av eleverna (47%) väljer detta svar. Kunskapen om våglängden hos de olika strålningstyperna tycks eleverna ha tagit till sig. Olika typer av strålning tas ofta upp i samband med tillämpningar, vilket kan vara en orsak till att det är lättare för eleverna att komma ihåg. Det alternativ som dominerar bland felsvaren är svar D, där de två sista strålningstyperna är omkastade. Man kan tänka sig att eleverna här har gått efter vad de upplever som mest farligt.  $\gamma$ -strålning upplevs som farligast, sedan kommer röntgenstrålning och radiovågor klassas hos eleverna som farligare än synligt ljus. Det synliga ljuset upplevs inte som farligt. Egenskaperna hos radiovågor har de ingen uppfattning om, men det "låter" farligare än synligt ljus. Det kan också vara så att de har tagit del av massmedias bevakning av de eventuella farorna med strålning från mobiltelefoner, och därifrån gjort en tolkning.

Uppgiften fanns också med i TIMSS Advanced 1995. Andelen elever som valde det korrekta svaret var något större 1995 (59%) jämfört med 2008 och även 1995 var svarsalternativ D det alternativ som dominerade bland felsvaren. Det felsvar som har ökat i frekvens mellan åren är svar C. Andelen elever som valde det felaktiga svarsalternativet C var sju procent 1995 mot 15 procent 2008.

Nästa uppgift om elektromagnetisk strålning (figur 22) handlar om orsakerna till att laserljus kan vara skadligt för ögonen.

Figur 22 Uppgift 11 inom området Elektricitet och magnetism.

8

**Laserstrålning**  
**Varning: Titta inte in i ljusstrålen.**  
**Laser klass 2.**

Suzanne har en röd laserpekare med våglängden 630-680 nm vars maximala uteffekt är mindre än 1 mW. Ovan återges märkningen på Suzannes laserpekare. Vilket påstående förklarar varför laserljus kan skada Suzannes ögon?

- (A) Energin hos en foton av rött ljus är tillräcklig för att skada de ljuskänsliga cellerna i hennes ögon.
- (B) Rött ljus från en laser har högre fotonenergi än rött ljus från en glödlampa.
- (C) Laserpekaren avger fler fotoner per sekund än en glödlampa på 100 W.
- (D) Fotoner i rött ljus från laserpekaren sprids över en mindre yta än fotoner från en glödlampa.

PA23113

Tot. 2008

A	20,3%
B	7,9%
C	11,9%
D*	58,3%
Ej svar	1,5%

\* markerar rätt svarsalternativ

Nästan tre av fem elever (58%) väljer rätt svarsalternativ (D). Bland felsvaren dominerar alternativ A, att det röda ljusets fotoner skulle ha tillräckligt med energi för att skada de ljuskänsliga cellerna. Värt att notera är att åtta procent av eleverna valt att svara alternativ B, där man föreslår att rött ljus från en laser har högre energi än rött ljus från en glödlampa. Om eleverna läser igenom alla svarsförslag och tar sig tid att tänka efter, borde de ha fått en liten vink om att svar A inte kan vara det rätta utifrån påståendet i svar B.

Uppgiften i figur 23 är ett avslutande exempel på vad som i TIMSS Advanced 2008 räknas till delområdet elektromagnetisk strålning. Uppgiften efterfrågar en förklaring till en vardagsnära frågeställning, nämligen varför man inte blir solbränd när man sitter innanför ett fönster av glas.

Figur 23 Uppgift 12 inom området Elektricitet och magnetism.

9

Ultraviolett ljus orsakar solbränna. Förklara varför man inte blir solbränd när man sitter innanför ett fönster av glas.

Tot. 2008

1 poäng	35,0%
Fel svar	59,4%
Ej svar	5,6%

Drygt en tredjedel av eleverna (35%) ger en godtagbar förklaring till fenomenet som bygger på att glaset stoppar de ultravioletta strålarna från solen. Ungefär lika stor andel av eleverna (33%) presenterar en felaktig förklaring som handlar om att strålarna reflekteras av glaset.

Felsvaren kommer sig av att eleverna tänker sig att effekten beror på att glaset fungerar som en spegel när det gäller ljusstrålarna. Förklaringen till att ljusstrålarna inte tränger igenom glaset är det inte säkert att eleverna har stött på och skulle det vara så, har det förmodligen skett i kursen Fysik A som eleverna läser under sitt första år på gymnasiet.

### Sammanfattning

Inom området Elektricitet och magnetism kan man i styrdokumentet se att det har skett en del förändringar från 1995 till 2008. Styrdokumentet har blivit mindre specifika och mindre detaljerade, vilket sannolikt fått effekter för vad som lärs ut i skolorna. Växelströmbegreppet har lyfts bort som moment i Fysik B och eleverna möter därför elektriska kretsar och komponenter i mindre utsträckning, i synnerhet mot slutet av sin gymnasieutbildning. Med tanke på det tycks de svenska elevernas kunskaper om grundläggande aspekter om elektriska kretsar vara ganska god (se uppgiften i figur 17). Den mer komplexa och avancerade uppgiften om elektriska kretsar som återfinns i figur 18 har dock en betydligt lägre lösningsfrekvens 2008 jämfört med 1995. Det kan förklaras utifrån försämrade kunskaper om elektriska kretsar men kan också kopplas till det matematiska inslaget i denna uppgift.

Uppgifterna inom området innehåller en hel del algebra, vilket kan ha skapat en del problem för svenska elever. Skillnaden från TIMSS 1995 är dock inte så stor som man förleds att tro med tanke på algebraens tillbakagång på senare år. Algebra är å andra sidan något som alltid har upplevts som krångligt. Bland annat på grund av försämrade algebrakunskaper kan vi se att en minskad användning av enhetsanalys i fysikundervisningen, som en metod att både veta hur formler ska kombineras för att komma fram till korrekt svar och att undersöka om resultatet kan vara korrekt, tycks ha minskat i användning.

Bland uppgifterna inom Elektricitet och magnetism finns sådana som kräver en kombination av formler och samband från olika fysikområden. Det främsta exemplet är uppgiften i figur 19. Eleven ska där kombinera kunskap om magnetiska fält med samband som gäller cirkulär rörelse och visa att ett påstående är sant, vilket kräver såväl god algebraisk behandling som en mycket god begreppsförståelse när det gäller det fysikaliska. Att kunna analysera problemställningar där kunskaper från olika delar av fysiken används är ett av kriterierna för betyget Mycket väl godkänd (MVG) i Fysik B. Att dessutom kunna göra det på så här komplexa uppgifter är troligen något som eleverna knappt har stött på i sin fysikundervisning.

# Uppgifter om Värme och temperatur

## Uppgifter om Värme och temperatur

TIMSS ramverk lyfter fram att värme och temperatur är skilda begrepp: värme är energi och kan transporteras genom en mängd mekanismer, medan temperatur är ett mått på den kinetiska energin hos molekyler. Värme överförs från solen och mellan vatten och land, och atmosfären är den underliggande orsaken till väder och klimat här på jorden. Området tar också upp att substanser uppträder i olika former vid olika temperaturer och att styrkan och våglängden på strålning beror på temperaturen hos det utstrålade föremålet.

Av de uppgifter i TIMSS Advanced 2008 som handlar om Värme och temperatur har sju uppgifter släppts fria. Endast en av dessa fanns också med i TIMSS Advanced 1995. Området Värme och temperatur har i TIMSS delats upp i tre delområden (V1–V3) och presentationen av de frisläppta uppgifterna följer denna indelning

### Värmeöverföring (V1)

Inom det första delområde som handlar om Värme och temperatur ska eleverna kunna skilja mellan värme och temperatur och identifiera de tre formerna av värmeöverföring: konvektion/strömning, strålning och konduktion/värmeledning. Här återfinns uppgifter där eleverna, med hjälp av sin förståelse om värmeöverföring och specifik värmekapacitet, ska förutsäga jämviktstemperaturer när kroppar med olika temperatur kombineras. Eleverna ska även kunna tillämpa vad de vet om avdunstning och kondensation. Bland de frisläppta uppgifterna från TIMSS Advanced 2008 finns tre som handlar om detta delområde (se figur 24, 25 och 26).

**Figur 24** Uppgift 1 inom området Värme och temperatur.

	Tot. 2008	Tot. 1995
2 poäng	7,5%	11,4%
1 poäng	5,1%	4,2%
Fel svar	58,0%	50,4%
Ej svar	29,3%	34,0%

22

100 g vatten med temperaturen 90 °C hålls i en aluminiumbehållare som har temperaturen 20 °C. Behållarens massa är 50 g.

Vad blir systemets sluttemperatur? Värmeutbytet med omgivningen kan försummas. Redovisa dina beräkningar.

Specifika värmekapaciteten för vatten är 4,2 kJ/(kgK) och för aluminium 0,92 kJ/(kg K).

Uppgiften i figur 24 handlar om värme som avges och upptas, och går ut på att beräkna sluttemperaturen efter värmeutbytet. För att kunna lösa problemet måste eleverna identifiera och använda formeln  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  som beskriver sambandet mellan avgiven eller upptagen värmemängd ( $Q$ ), massan ( $m$ ) och temperaturförändringen ( $\Delta T$ ). Vid jämvikt har vattnet och aluminiumbehållaren samma temperatur. Om denna sluttemperatur betecknas med  $T$  °C är vattnets avgivna värmemängd  $Q_1 = 4,2 \cdot 0,1 \cdot (90 - T)$  kJ. På motsvarande sätt



är aluminiumbehållarens upptagna värmemängd  $Q_2 = 0,92 \cdot 0,05 \cdot (T - 20)$  kJ. Vid jämvikt gäller att  $Q_1 = Q_2$ , dvs.  $4,2 \cdot 0,1 \cdot (90 - T) = 0,92 \cdot 0,05 \cdot (T - 20)$ . Denna ekvation har lösningen  $T = 83$  och sluttemperaturen blir alltså  $83^\circ\text{C}$ .

Endast åtta procent av eleverna har lyckats lösa uppgiften korrekt. Till skillnad från andra uppgifter med så få korrekta svar har många elever i alla fall redovisat någon sorts försök till lösning på uppgiften (71%), och relativt få lämnat den helt, utan att redovisa någonting (29%). Fem procent av eleverna har identifierat den formel som skulle användas, men har inte kunnat använda den på ett korrekt sätt, vilket kan tolkas som att de inte kan modellera situationen genom att anta att sluttemperaturen är  $T$ , att de inte inser att en ekvation kan ställas upp utifrån att avgiven och upptagen värmemängd måste vara lika, eller att de inte lyckas identifiera vilka siffror som ska sättas in i formeln. Till exempel kan eleven ha ställt upp ekvationen, men istället för uttrycken  $(90 - T)$  och  $(T - 20)$  skrivit  $(90 - T)$  och  $(20 - T)$  och kommit fram till svaret  $99^\circ\text{C}$ . Elever kan också ha använt sig av sambandet  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ , men gjort det på ett felaktigt eller ofullständigt sätt, t.ex. genom att felaktigt tolka  $\Delta T = 90 - 20$  vilket sedan genom insättning i formeln ger att  $Q = 4,2 \cdot 0,1 \cdot 70 = 29,4$  kJ. Detta värde kan därefter ha använts för att komma fram till ekvationen  $29,4 = 0,92 \cdot 0,05 \cdot \Delta T$  vars lösning tolkats som att sluttemperaturen är  $639^\circ\text{C}$  (ett orimligt svar som borde väcka misstanke).

Värmeläran har ingen stor plats i fysikundervisningen. Eleverna möter begreppen främst inom kemin och det är inte alltid de kan göra övergångarna mellan ämnena och använda kunskaperna över ämnesgränserna. Det som tillhör kemin använder man inte när man räknar fysik. Om eleverna har mött begreppen inom fysiken, är det på våren i Fysik A-kursen, dvs det kan ha gått upp till två år sedan de räknade på uppgifter av detta slag.

Denna uppgift är den enda inom området Värme och temperatur som även fanns med i TIMSS Advanced 1995. Andelen elever som har redovisat en åtminstone delvis korrekt lösning på uppgiften var ungefär densamma 2008 som 1995 (13% respektive 16%). Även andelen elever som inte skrivit något som svar på uppgiften var densamma vid båda tillfällena, cirka 30 procent.

Nästa uppgift inom samma delområde (figur 25) beskriver ett bord med ben av metall och bordsskiva av trä, och eleverna ska välja det påstående som bäst förklarar varför bordsbenen känns kallare än bordsskivan.

**Figur 25** Uppgift 2 inom området Värme och temperatur.

1

Ett bord med ben av metall och bordsskiva av trä står i ett rum där temperaturen är cirka  $20^\circ\text{C}$ . Vilket påstående förklarar varför benen av metall känns kallare än bordsskivan av trä?

- (A) Metallbenens värmekapacitet är lägre än träskivans.
- (B) Metallen har lägre temperatur än träskivan.
- (C) Metallen leder värme bättre än trä.
- (D) Molekylerna rör sig snabbare i metall än i trä.

**Tot. 2008**

A	37,0%
B	5,0%
C*	51,5%
D	6,3%
Ej svar	0,2%

\* markerar rätt svarsalternativ

PA23050

Ungefär hälften av eleverna väljer rätt svar, att metall leder värme bättre än trä (alternativ C). Utgående från vardagsföreställningar skulle man kunna tro att det felsvar som skulle ha högst svarsfrekvens skulle vara svar B, att metallen har lägre temperatur än träskivan. Många undersökningar visar att en vanlig vardagsföreställning när det gäller till exempel varför spikarna i bastun upplevs som hetare än själva laven är att det beror på att spikarna har en högre temperatur. Det visar sig att det svarsalternativ av de felaktiga svaren som har högst svarsfrekvens är svar A, metallens värmekapacitet är lägre än träskivans. Det är nästan 40 procent av eleverna som väljer detta alternativ. Förmodligen känner eleverna igen ordet värmekapacitet som områdesspecifikt och väljer därför detta alternativ, utan att förstå innebörden.

Ytterligare en av de frisläppta uppgifterna handlar om värmeöverföring (figur 26), och här beskrivs skillnaden mellan sanden på badstranden, som kan vara het på dagen och kall på natten, och vattnet i sjön, som håller ungefär samma temperatur dag som natt. Eleverna ska utifrån denna observation jämföra värmekapaciteten för sanden med värmekapaciteten för vattnet.

**Figur 26** Uppgift 3 inom området Värme och temperatur.

Tot. 2008	
1 poäng	50,1%
Fel svar	40,1%
Ej svar	9,8%

28

Sanden på en badstrand är mycket het på en varm och solig dag och kall på natten. Temperaturen i sjövattnet varierar däremot mycket litet mellan dag och natt. Vad säger denna observation om sandens specifika värmekapacitet jämfört med vattnets?

PA23082

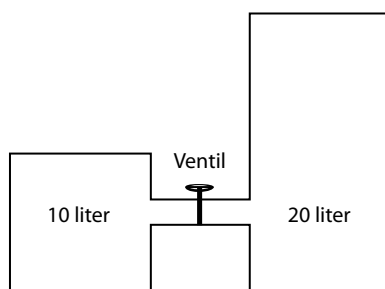
Hälften av eleverna (50%) redovisar ett godtagbart svar som säger att vattnet har en högre specifik värmekapacitet än sanden, trots att det förmodligen var ett tag sedan de stötte på begreppen och då förmodligen främst inom kemin. Nästan var femte elev (19%) drar dock den motsatta slutsatsen, nämligen att sandens specifika värmekapacitet är högre än vattnets. Dessa elever kan ha missuppfattat betydelsen av ordet värmekapacitet och tolkat det som att högre värmekapacitet betyder att ämnet har lättare för att avge och uppta värme, dvs större kapacitet för att avge och uppta värme.

### Vätskor, gaser och termodynamik (V2)

Nästa delområde inom Värme och temperatur innehåller uppgifter där vätskors och gasers expansion relateras till temperaturförändringar. Eleven ska kunna tillämpa allmänna gaslagen (i formen  $\frac{PV}{T} = \text{konstant}$ ) i olika situationer samt använda termodynamikens första lag i enkla situationer. Inom detta område finns endast en frisläppt uppgift (se figur 27).

Figur 27 Uppgift 4 inom området Värme och temperatur.

30



Ett smalt rör med en stängd ventil binder samman en behållare med volymen 10 liter som är fylld med en gas med trycket 1 atmosfär, och en behållare med volymen 20 liter, som är fylld med kvävgas med trycket 2 atmosfärer. Båda behållarna har temperaturen 27 °C. Vad kommer den totala trycket (i atmosfärer) att bli i de båda behållarna, om ventilen öppnas så att gaserna kan blandas med varandra vid 27 °C?

Redovisa hur du kommit fram till ditt svar.

Tot. 2008	
2 poäng	11,0%
1 poäng	1,1%
Fel svar	44,2%
Ej svar	43,7%

Uppgiften handlar om allmänna gaslagen och dess tillämpning. Eleverna ska räkna ut vad det totala trycket blir i två behållare när man har öppnat ventilen mellan dem. Svaret ska ges i atmosfärer.

Om eleverna utgår från allmänna gaslagen och räknar rätt kommer de fram till att svaret är 1,7 atmosfärer.

Sambandet  $\frac{PV}{T} = \text{konstant}$  kallas också gasernas allmänna tillståndsekvation. Eftersom temperaturen inte ändras så gäller att produkten  $PV$  för de sammankopplade kärlen är lika med summan av  $PV$  för de två åtskiljda kärlen. Det betyder att  $P_{tot} V_{tot} = P_1 V_1 + P_2 V_2$  och om de siffror som anges i uppgiften sätts in i detta uttryck får vi ekvationen  $P_{tot} \cdot (10 + 20) = 1 \cdot 10 + 2 \cdot 20$  som har lösningen  $P_{tot} = \frac{50}{30} \approx 1,7$ . Det totala trycket efter att ventilen öppnats är alltså 1,7 atmosfärer.

Ungefär var tionde elev (11%) svarar korrekt på uppgiften. Det är inte förvånande att det inte är fler som klarar av uppgiften. Området hör till det som tas upp under Fysik A och möjligen inom kemiämnet, och det är dessutom inte så troligt att denna typ av uppgifter behandlats så mycket att elever i allmänhet har en färdig och känd procedur att ta till. Drygt 40 procent av eleverna väljer att inte svara på uppgiften.

### Värmestrålning (V3)

Inom detta delområde förväntas eleverna visa grundläggande förståelse för svartkroppsstrålning och dess beroende av temperatur. Eleverna ska dessutom kunna avgöra temperaturen för en kropp utifrån färgen på strålningen samt beskriva principen för växthuseffekten. Bland de frisläppta fysikuppgifterna från TIMSS Advanced 2008 finns tre som behandlar detta delområde (se figur 28, 29 och 30).

**Figur 28** Uppgift 5 inom området Värme och temperatur.

Tot. 2008	
A	10,7%
B*	79,8%
C	9,2%
D	0,1%
Ej svar	0,2%

\* markerar rätt svarsalternativ

2

Vilket påstående förklarar BÄST växthuseffekten?

- (A) På grund av hål i ozonlagret når mer solljus jordytan, vilket gör att det blir varmare.
- (B) Ljus från solen passerar genom atmosfären och värmer jordytan. En del av värmestrålningen från ytan absorberas av vissa gaser i atmosfären och hålls kvar.
- (C) När gaser som  $\text{CO}_2$  frisätts i atmosfären ökar jordens temperatur.
- (D) Solljuset får atmosfärens molekyler att vibrera, vilket gör att det blir varmare.

PA23056

Uppgiften i figur 28 handlar om att eleverna ska välja det påstående som bäst förklarar växthuseffekten. För att kunna välja rätt krävs det att eleverna har en förståelse för vad växthuseffekten är och vad som ligger bakom den, och 80 procent av eleverna väljer det korrekta alternativet (B) som säger att ljus från solen passerar genom atmosfären och värmer jordytan och att gaser i atmosfären absorberar värmestrålningen och håller därför kvar värmen. Detta är ett problem som diskuteras i många sammanhang, inte bara i skolan utan också väldigt frekvent i massmedia och samhället i stort. De flesta elever torde därför ha stött på förklaringen till växthuseffekten i något sammanhang.

De felaktiga alternativen A och C väljs båda av cirka 10 procent av eleverna, medan praktiskt taget ingen elev väljer alternativ D. En möjlig orsak till att så pass många elever väljer svarsalternativ A och C är att dessa alternativ innehåller orden "ozonlagret" respektive " $\text{CO}_2$ ". Elever som inte vet förklaringen till växthuseffekten kan associera dessa ord med diskussioner om växthuseffekten, och väljer därför något av dessa alternativ. Ozonproblematiken tas ofta upp i samband med växthuseffekten och många elever blandar därför ihop dessa begrepp.

Nästa uppgift (figur 29) handlar om vilken elektromagnetisk strålning som ska avläsas för att kunna mäta temperatur.

Drygt hälften av de svenska eleverna (56%) väljer det korrekta svarsalternativet infraröd strålning (B), och cirka 30 procent av eleverna väljer alternativ D, ultraviolett strålning. Uppgiften bygger på att eleverna vet något om olika typer av strålning och deras egenskaper. Vet man inte så finns det ingenting i uppgiften som kan ge vägledning, och eleverna måste då gissa. Att sol och värme kopplas ihop med ultraviolett strålning vet de flesta elever, speciellt på våren då detta tas upp i medierna inför sommaren. Det är därför inte förvånande att detta alternativ är det som har högst svarsfrekvens bland felsvaren.

Figur 29 Uppgift 6 inom området Värme och temperatur.

3

En satellit avläser temperaturerna på jorden. Vilken typ av elektromagnetisk strålning måste sensorerna kunna registrera?

- (A) radiovågor
- (B) infraröd strålning
- (C) synligt ljus
- (D) ultraviolett strålning

PA23142

Tot. 2008

A	9,7%
B*	55,7%
C	4,9%
D	29,5%
Ej svar	0,2%

\* markerar rätt svarsalternativ

Den sista frisläppta uppgiften inom delområdet (figur 30) handlar också om sambandet mellan temperatur och strålning, men i detta fall efterfrågas temperaturen för den strålning som vi kan se med våra ögon.

Figur 30 Uppgift 7 inom området Värme och temperatur.

29

Alla kroppar sänder ut elektromagnetisk strålning. Denna strålningens egenskaper är beroende av kroppens temperatur. Vid vissa temperaturer kan våra ögon registrera den utsända strålningen, som då kallas ljus. Vid vilka temperaturer ligger den elektromagnetiska strålningen, vid sin största intensitet, inom det synliga våglängdsområdet?

- (A) vid temperaturer i storleksordningen tiotals grader Celsius
- (B) vid temperaturer i storleksordningen hundratals grader Celsius
- (C) vid temperaturer i storleksordningen tusentals grader Celsius
- (D) vid temperaturer i storleksordningen miljontals grader Celsius

PA23140

Tot. 2008

A	13,9%
B	24,4%
C*	43,0%
D	16,1%
Ej svar	2,6%

\* markerar rätt svarsalternativ

För att kunna välja rätt alternativ bland de fyra föreslagna (C), måste eleverna antingen känna till vilka temperaturer som genererar synligt ljus, som en faktakunskap, eller resonera sig fram till vad som är rimligt utifrån erfarenhet av hur kroppar med olika temperatur ser ut. Det är ganska uppenbart att till exempel kokande vatten eller het olja, som har temperaturer i storleksordningen hundratals grader, inte genererar synligt ljus, och det är heller inte rimligt att till exempel en ljuslåga (som uppenbart genererar synligt ljus) har en temperatur på miljontals grader. En tredje väg att komma fram till korrekt svar är att använda sig av Wien's förskjutningslag som i TIMSS formelsamling skrivs  $\lambda_{\max} \cdot T = b$ , där  $b = 2,9 \cdot 10^{-3}$  mK. För den som vet att till exempel  $\lambda = 400$  nm ligger i det synliga spektrat kan temperaturen beräknas som  $T = \frac{b}{\lambda} = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{400 \cdot 10^{-9}} = 7250$  K, dvs. en temperatur i storleksordningen tusentals grader (svarsalternativ C).

Bland de svenska eleverna är det 43 procent som väljer det korrekta svarsalternativet, men data från TIMSS ger ingen vägledning hur eleverna kommit fram till detta svar eftersom det handlar om en flervalsfråga.

### Sammanfattning

Värme och temperatur tillhör ett av de områden inom fysikundervisningen som har fått en allt mindre betydelse och mycket av kunskapen inom området får eleverna från kemin. Många elever inser inte sambanden mellan de olika ämnena. De inser därför inte att kunskap går att använda i sammanhang som de inte tidigare stött på och även inom olika ämnesområden. Eleverna tror att kunskap är ämnesspecifik och därför bara gäller inom de olika ämnesramarna som definieras av skolschemat. Det är därför inte speciellt förvånande att eleverna överlag inte presterar bättre på de uppgifter där det krävs någon form av beräkningar med innehåll som de inte kopplar till fysiken. De har inte kunskap om vad de formler som finns i formelsamlingen betyder och inte heller hur de ska användas.

Uppgiften som behandlar växthuseffekten har väldigt hög andel rätta svar. Det är inte speciellt förvånande, dels eftersom det är en flervalsfråga, men främst eftersom det är ett ämne som har debatterats väldigt mycket i media och därigenom också varit föremål för många lektioner i skolorna. Det är dessutom ett ämne som eleverna kan ha en känslomässig koppling till, och därigenom be-  
fästs den kunskap de får inom ämnet starkare.

# Uppgifter om Atom- och kärnfysik

## Uppgifter om Atom- och kärnfysik

TIMSS ramverk påpekar att domänen Atom- och kärnfysik också brukar kallas ”modern fysik”, eftersom de teorier och experiment som byggt upp domänen har publicerats de senaste 100 åren. Upptäckten av atomen och dess inre, öppnade en värld inom fysiken där många av de klassiska lagarna och koncepten inte längre gäller.

Av de uppgifter i TIMSS Advanced 2008 som handlar om Atom- och kärnfysik har sju uppgifter släppts fria. Två av de uppgifter inom atom- och kärnfysikområdet som gavs i TIMSS Advanced 2008, gavs också i undersökningen 1995. Området delas in i tre delområden (A1–A3) och presentationen av de frisläppta uppgifterna följer denna indelning.

### Atomens byggnad (A1)

Det första delområdet inom Atom- och kärnfysik handlar om atomens byggnad och här ska eleven beskriva strukturen för en atom och dess kärna i termer av elektroner, protoner och neutroner samt tillämpa kunskap om atomnummer och massnummer i olika situationer. Bland de frisläppta uppgifterna från TIMSS Advanced 2008 är det fyra som kan behandla detta område (se figur 31, 32, 33 och 34). Mycket av den kunskap som tas upp i dessa uppgifter, behandlas även inom kemikurserna i den svenska gymnasieskolan.

**Figur 31** Uppgift 1 inom området Atom och kärnfysik.

Tot. 2008	
A	11,9%
B	26,9%
C*	58,1%
D	2,2%
Ej svar	0,9%

\* markerar rätt svarsalternativ

10

När en ström av heliumkärnor rör sig mot en mycket tunn folie av guld passerar de flesta av kärnorna genom folien. Vilken hypotes får stöd av detta resultat?

- (A) Guldatomens kärna är mycket tung i jämförelse med hela atomen.
- (B) Heliumkärnornas vågnatur gör det möjligt för dem att tränga igenom guldfolien.
- (C) Guldatomens kärna är mycket liten i jämförelse med hela atomen.
- (D) En heliumkärna har ungefär samma massa som en guldkärna.

Uppgiften i figur 31 beskriver hur heliumkärnor som träffar på en mycket tunn guldfolie i de allra flesta fall passerar genom folien. Eleverna ska välja det svarsalternativ som beskriver en hypotes som får stöd av detta resultat.

Det korrekta alternativet (C) valdes av 58 procent av de svenska eleverna, vilket indikerar att de har en uppfattning om hur atomkärnan ser ut och inser att guldatomens kärna är mycket liten i förhållande till hela atomen. Innehållet i uppgiften tillhör ett område som man läser ganska sent i Fysik B-kursen och eleverna borde ha kunskaperna relativt färska. Av felsvaren är det svarsalternativ B som är det mest frekventa (27%), vilket kan bero på att eleverna känner igen begreppet vågnatur som ett ämnesspecifikt ord och därför väljer detta alternativ.



I nästa uppgift ska eleverna välja det svarsalternativ som bäst beskriver en atomkärna (figur 32).

**Figur 32** Uppgift 2 inom området Atom och kärnfysik.

**32** Vilket av följande beskriver BÄST en atomkärna?

(A) en tätt sammanhållen grupp av elektroner, protoner och neutroner

(B) elektroner och protoner som rör sig kring en kärna av neutroner

(C) en tätt sammanhållen grupp av protoner och neutroner

(D) protoner som rör sig kring en kärna av neutroner

PA23138

Tot. 2008	
A	8,0%
B	7,0%
C*	82,1%
D	1,4%
Ej svar	1,5%

\* markerar rätt svarsalternativ

Det korrekta svaret är alternativ C, att atomkärnan är en tätt sammanhållen grupp av protoner och neutroner, vilket också 82 procent av eleverna svarat. Atomkärnans uppbyggnad är centralt inom många delar av naturvetenskapen. Eleverna har fått atomen och atomkärnan förklarad för sig på olika sätt och på olika nivåer ända sedan grundskolan och de flesta har skapat sig en modell för hur den ser ut. Det är snarast förvånande är att det inte är ännu fler av eleverna på denna nivå som kan ange vilket av påståendena som bäst beskriver atomkärnan.

I nästa uppgift (figur 33) inom delområdet atomens byggnad ska eleven visa om hon eller han kan avläsa vanlig notation för beskrivning av en viss isotop och tolka vad detta betyder för antalet neutroner i kärnan.

**Figur 33** Uppgift 3 inom området Atom och kärnfysik.

**31** Hur många neutroner finns det i kärnan till atomen  ${}_{92}^{238}\text{U}$ ?

(A) 0

(B) 92

(C) 146

(D) 238

PA23059

Tot. 2008	
A	0,9%
B	14,4%
C*	76,4%
D	6,8%
Ej svar	1,5%

\* markerar rätt svarsalternativ

Drygt tre fjärdedelar (76%) av eleverna väljer det korrekta svarsalternativet (C). Masstal tas upp i Fysik B-kursen, och är något som eleverna lär sig utantill utan någon större svårighet. Eftersom det har skett relativt nära i tid, är det inte konstigt att eleverna fortfarande besitter kunskapen. Bland felsvaren dominerar svarsalternativ B, där eleverna har valt att gå på det tal som svarar mot antalet

protoner. Ett sådant svar kan helt enkelt tyda på att eleverna tolkar talet 92 som antalet neutroner, fast det egentligen är antalet protoner. Elever som valt svarsalternativ B kan också ha läst uppgiften slarvigt eller haft för bråttom när de skulle svara, och inte tänkt sig för ordentligt.

Den sista frisläppta uppgiften om atomen handlar liksom föregående uppgift om symboler och notation för ett atomslag med ett visst antal protoner och neutroner (figur 34).

**Figur 34** Uppgift 4 inom området Atom och kärnfysik.

Tot. 2008	
1 poäng	41,2%
Fel svar	39,1%
Ej svar	19,7%

**33**

En viss atomkärna betecknas med en symbol som har tre delar. Vilken är symbolen för en kärna med sex protoner och åtta neutroner?

(De första grundämnena ordnade efter atommassa är väte, helium, litium, beryllium, bor, kol, kväve och syre.)

PA23137

Det korrekta svaret är  $^{14}_6\text{C}$ , vilket 41 procent av eleverna också svarade. Uppgiften kräver mer än föregående uppgift (figur 33) eftersom eleverna inte bara ska välja ett svarsalternativ som är en korrekt tolkning av symbolspråket utan själva måste komma fram till korrekt kemisk beteckning, masstal och atomnummer, samt placera siffrorna på rätt ställe. En femtedel av eleverna valde att inte svara på uppgiften.

### Emission och absorption (A2)

I Atom- och kärnfysikens andra delområde ska eleven kunna relatera ljus-emissionsspektra och absorptionsspektra till elektronens egenskaper/beteende, tillämpa förståelse för fotoelektrisk effekt i olika situationer, samt förklara röntgenstrålning utifrån acceleration av elektroner. Endast en frisläppt uppgift handlar om detta delområde (figur 35).

Uppgiften handlar om fotoelektrisk effekt. Eleverna ska svara på vilken eller vilka av de tre metallerna som kommer att sända ut elektroner när de blir belysta med ljus av en viss våglängd.

Uppgiften kan lösas genom en jämförelse mellan fotonenergin och utträdesenergin. Fotonenergin måste vara större än utträdesenergin för att metallen ska sända ut elektroner när den blir belyst. Fotonenergin för ljus med våglängden 400 nm kan beräknas till  $E = hf = h \frac{c}{\lambda} = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3,0 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 5,0 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Denna fotonenergi är större än utträdesenergin för kalcium (Ca) och litium (Li), vilket innebär att dessa metaller sänder ut elektroner när de blir belysta med ljus med våglängden 400 nm.

Figur 35 Uppgift 5 inom området Atom och kärnfysik.

25

Tabellen visar utträdesenergin ( $E$ ) vid fotoelektrisk effekt i tre olika metaller.

Metall	$E$
Ca	$4,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Li	$4,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
Zn	$6,94 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Vilken eller vilka av dessa metaller kommer att sända ut elektroner när den belyses med synligt ljus som har våglängden 400 nm? Förklara hur du resonerar.

	Tot. 2008	Tot. 1995
2 poäng	15,0%	32,3%
1 poäng	5,7%	19,4%
Fel svar	39,0%	18,2%
Ej svar	40,3%	30,1%

Svar som innehåller en korrekt slutsats och en godtagbar förklaring har lämnats av 15 procent av eleverna. Nästan sex procent av eleverna gör en delvis korrekt lösning, t.ex. kommer fram till ett korrekt värde på fotonenergin för ljuset med våglängden 400 nm, men drar sedan inga eller felaktiga slutsatser utifrån mätvärdet. Två av fem elever (40%) redovisar inget som helst försök att lösa uppgiften. Fotoelektrisk effekt är ett område som tas upp sent i Fysik B-kursen, och det kan vara så att alla elever inte har nått ända dit i sin undervisning vid tidpunkten för TIMSS-undersökningen.

Uppgiften i figur 35 fanns även med i TIMSS Advanced 1995, och då kunde betydligt fler elever lämna en korrekt lösning (31%) och ytterligare 20 procent kunde ge en delvis korrekt lösning. I styrdokumentet från 1995 står det explicit att eleverna ska lära sig våg-partikel dualiteten. Där är fotoelektrisk effekt ett självskrivet moment som även är relativt enkelt att göra demonstrationer och laborationer på. I nuvarande styrdokument är området inte lika specificerat. Valfriheten för vad som ska tas upp inom området är större, och en del lärare kan ha valt att inte gå in djupare på fotoelektrisk effekt.

### Kärnreaktioner (A3)

Det sista delområdet inom atom- och kärnfysiken innehåller uppgifter där eleverna ska kunna skilja mellan olika typer av kärnreaktioner (fission, fusion och radioaktivt sönderfall), och diskutera deras roll i naturen (i stjärnorna) och samhället (kärnreaktorer, bomber). Vidare ska eleverna inom detta delområde kunna visa grundläggande förståelse för radioaktiva isotoper, deras halveringstider och effekt på människor. Delområdet innehåller två frisläppta uppgifter (se figur 36 och 37).

I den första uppgiften (figur 26) ska eleverna beräkna halveringstiden för thorium och välja korrekt svarsalternativ. På grund av de tillrättalagda siffrorna i uppgiften är det relativt lätt att inse att mängden thorium (massan) minskar från 2 g till 0,25 g genom tre halveringar ( $2 \rightarrow 1 \rightarrow 0,5 \rightarrow 0,25$ ). Om det radioaktiva sönderfallet medför tre halveringar på 72 dagar så tar varje halvering  $\frac{72}{3} = 24$  dagar, och det korrekta svarsalternativet är alltså B.

En alternativ, och mer generell, lösningsmetod är att använda sig av formeln  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$  som återfinns i TIMSS formelsamling. Eftersom det finns

Figur 36 Uppgift 6 inom området Atom och kärnfysik.

	Tot. 2008	Tot. 1995
A	6,8%	4,5%
B*	76,5%	74,1%
C	15,1%	20,8%
D	1,2%	0,3%
Ej svar	0,3%	0,3%

\* markerar rätt svarsalternativ

2

2,0 g thorium undergår radioaktivt sönderfall. Efter 72 dagar återstår 0,25 g.

Hur lång halveringstid har thorium?

- (A) 12 dagar
- (B) 24 dagar
- (C) 48 dagar
- (D) 72 dagar

PA13002

2,0 g thorium från början är  $N_0 = 2,0$ . I uppgiften anges att det återstår 0,25 g thorium efter 72 dagar, vilket innebär att  $0,25 = 2,0 \cdot e^{-\lambda \cdot 72} \rightarrow \lambda = -0,0288$ . Begreppet halveringstid beskriver ju den tid det tar för ämnet att reduceras till hälften. När de 2,0 g thorium som fanns från början har sönderfallit under en halveringstid ( $t = t_{1/2}$ ) återstår 1,0 g thorium och vi kan teckna ekvationen  $1,0 = 2,0 \cdot e^{-0,0288 t_{1/2}}$  som har lösningen  $t_{1/2} = 24$ . Halveringstiden är alltså 24 dagar.

Så många som 76 procent av eleverna väljer det korrekta svarsalternativet (B). Halveringstider är något som behandlas en hel del i skolorna och uppgifter som den i figur 36 är relativt okomplicerade. De flesta elever torde därför ha utfört sådana beräkningar på fysiklektionerna.

Det vanligaste felsvaret är alternativ C (15%). En möjlig förklaring är att eleverna som valt detta svar tror att de måste ta hänsyn till att startmängden är 2 g. De kommer fram till att halveringstiden är 24 dagar, men blandar sedan in mängden och tänker att det är 24 dagar för 1 g. För 2 g måste det då bli dubbla tiden, dvs. 48 dagar.

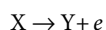
Denna uppgift fanns även med i TIMSS Advanced 1995, och hade då marginellt lägre andel elever som valde det korrekta svarsalternativet (74%).

Den sista frisläppta uppgiften inom delområdet kärnreaktioner (figur 37) handlar också den om radioaktivt sönderfall, men innehåller inga beräkningar. Eleverna ska välja det svarsalternativ som beskriver den bästa förklaringen till att en elektron sänds ut vid en radioaktiv isotops betasönderfall.

Det korrekta svaret är alternativ D, att en neutron blir en proton och en elektron i kärnan hos den radioaktiva isotopen, och 37 procent av de svenska eleverna har valt det alternativet. Även svarsalternativen A och C har valts av många elever (32% respektive 25%), och det faktum att svarsalternativen A, C och D vart och ett valts av så många elever skulle kunna tolkas som att många elever valt ganska slumpmässigt mellan dessa svarsalternativ. Kunskapen som krävs är typisk ”komma ihåg”, och om eleverna inte gör det har de ingen chans att räkna sig till svaret eller titta i någon tabell. Alternativ B har dock en markant lägre svarsfrekvens. Att två partiklar skall kombineras till en tredje verkar inte vara troligt i elevernas tankar.

Figur 37 Uppgift 7 inom området Atom och kärnfysik.

11



En radioaktiv isotops betasönderfall ( $\beta$ ) kan beskrivas med ovanstående generella formel. Elektronen sänds ut med hög fart och kan helt lämna det material som innehåller X och Y. Vilken är den BÄSTA förklaringen till att elektronen sänds ut?

- (A) en övergång från en högre till en lägre intern elektronenerginivå i X
- (B) en proton och en neutron kombineras i Y:s kärna
- (C) en elektron stöts ut ur X vid en kollision med en annan atom
- (D) en neutron blir en proton och en elektron i X:s kärna

PA23115

Tot. 2008

A	32,5%
B	4,2%
C	25,4%
D*	37,2%
Ej svar	0,7%

\* markerar rätt svarsalternativ

### Sammanfattning

Utgående från styrdokumenterna ser man att det har ändrats en hel del i fysik-innehållet när det gäller atom- och kärnfysik sedan 1995. Innehållet har blivit mindre specifikt och detta ger återverkningar på elevernas kunskaper. De styrdokument man undervisade efter 1995 innehöll explicita direktiv angående vad som skulle tas upp runt fenomenet fotoelektrisk effekt. I de styrdokument som är gällande har valfriheten kring vad som ska tas upp kring detta fenomen ökat. Detta kan spela en avgörande roll för vad lärarna väljer att ta upp på lektionerna och därigenom också vilka förutsättningar för eleverna för att inhämta kunskap på området.



# **Sammanfattning och avslutande reflektioner**

## Sammanfattning och avslutande reflektioner

### Flervalsfrågor

Inte helt överraskande har flervalsuppgifterna i allmänhet högre svarsfrekvens än de uppgifter där det krävs en redovisning av svaret. Har eleven ingen aning om hur uppgiften ska lösas när det krävs redovisning, är det svårt att åstadkomma något svar. Däremot kan eleven, på en flervalsfråga, gissa och kryssa ett av de förtryckta alternativen, även om eleven inte har en aning om hur uppgiften ska lösas. På så sätt ökar svarsfrekvensen på uppgiften, men inte nödvändigtvis frekvensen för det rätta svaret.

Fyra av flervalsuppgifterna uppvisar en fördelning över svarsalternativen som tyder på att eleverna har gissat sig till svaret. Tre av uppgifterna hör till området Elektricitet och magnetism.

Den första uppgiften, se figur 12, handlar om elektriska laddningar och var man ska placera en tredje laddning i förhållande till två andra och samtidigt uppfylla visa villkor. Här väljer eleven klart bort två av de fem svarsalternativen, de som handlar om att placera den tredje laddningen till höger om en av de andra två laddningarna. De andra tre alternativen som säger att laddningen ska placeras till vänster om nämnda laddning uppvisar ett svarsmönster som säger att eleverna har gissat sig till svaret.

Den andra uppgiften, se figur 15, handlar om krafter mellan två laddade partiklar. Eleverna ska välja mellan fyra olika figurer som visar ett antal kraftsituationer. Det alternativ som indikerar att partiklarna dras mot varandra har en markant lägre svarsfrekvens. Eleverna verkar ha klart för sig att två partiklar med samma tecken på laddningarna inte dras mot varandra. Svarsfrekvensen för de övriga tre alternativen visar dock på att eleverna här har gissat sig till vilket av dessa som är det rätta. Alla tre alternativen innehåller pilar i olika riktningar, och inget av de framstår som ett självklart svar för eleverna.

Den tredje uppgiften, se figur 18, handlar om elektriska kretsar som innehåller olika komponenter och vad som händer när man sluter strömställaren. För att lösa uppgiften måste eleven kunna beräkna totalresistansen i en krets utifrån seriekopplade och parallellkopplade resistorer. Eleverna måste dessutom utföra detta i två omgångar för att kunna jämföra före och efter. Det krävs alltså en ganska stor andel beräkningar för att komma fram till rätt svar. Inget av de svarsalternativ som ges sticker ut på något sätt och lockar eleverna att välja detta.

Den fjärde uppgiften som uppvisar detta gissningsmönster i svarsfrekvensen tillhör området Atom och kärnfysik (se figur 37). Uppgiften handlar om beta-sönderfall och vilken process som ligger bakom att en elektron sänds ut. Även här har ett svarsalternativ lägre frekvens än de övriga. Eleverna tycker inte att det är särskilt troligt att en proton och en neutron kombineras och sänder ut en elektron. Däremot kan de inte avgöra vilket av de övriga tre alternativen som är det riktiga. Detta är en uppgift som eleverna inte kan räkna sig till med någon formel. Antingen vet eleverna, eller så vet man inte och då gissar de.



Tre av uppgifterna innehåller något eller några alternativ som eleverna klart väljer bort som mindre troligt svar. Eleverna kan avgöra vilka alternativ som avviker från de andra och innehåller klart felaktiga fakta, men när alternativen inte skiljer sig markant i innehåll utan bara har olika siffror eller när alternativen innehåller faktakunskaper som ligger i ytterkanten av ett område, blir det svårare för eleverna att få någon vägledning bland svarsalternativen och då blir det en gissning. Den fjärde uppgiften kräver att eleverna utför flera beräkningar. Detta kan också uppmuntra till att eleverna gissar, eftersom de inte orkar genomföra alla beräkningar som krävs.

Värt att notera bland flervalstuppgifterna är att fem av uppgifterna har en svarsfrekvens för rätt svar på över eller strax under 80 procent. Uppgifterna kommer från alla fyra områden, Mekanik, Elektricitet och magnetism, Värme och temperatur och Atom och kärnfysik.

Uppgiften i figur 6 i avsnittet Uppgifter om Mekanik handlar om en sten som faller ner i en brunn. Uppgiften är att avgöra hur djup brunnen är. På grund av ett olyckligt val i tidsangivelsen, kan eleverna använda sig av fel formel och alltså inte förstå sig på uppgiften, men ändå få rätt svar. Detta kan avspeglas i svarsfrekvensen.

Uppgiften i figur 17 som handlar om elektriska kretsar i en låda, har tre påstående som ställer villkoren för hur kretsen ska se ut. Utifrån dessa påståenden väljer eleverna ett alternativ. Ett av påståendena eliminerar alla alternativ utom två, men det felaktiga av dessa alternativ har ingen högre frekvens bland svaren.

Uppgiften i figur 28 i avsnittet Uppgifter om Värme och temperatur handlar om växthuseffekten. Att eleverna klarar av att välja rätt påstående bland dessa är inte förvånande. Växthuseffekten har hamnat mycket i fokus, både i medierna och i skolan i alla ämnen. Ämnet engagerar dessutom mycket eftersom eleverna kan koppla det till sin egen vardag och samhällsdebatten.

De två sista uppgifterna, uppgift 32 och 33 i avsnittet Uppgifter i Atom och kärnfysik, handlar om atomkärnor. I första uppgiften ska eleverna välja det alternativ som bäst beskriver en atomkärna. Detta är ett ämne som eleverna verkar ha ganska god koll på. De stöter på denna kunskap både inom fysiken och inom kemien på en rad olika nivåer både i högstadiet och på gymnasiet. I den andra ska eleverna ange hur många neutroner det finns i en kärna, utifrån massantal och atomnummer. Även detta är kunskap som repeteras i många olika sammanhang och man kan tänka sig att om eleverna upprepade gånger möter ett ämnesinnehåll så skulle kunskapen befastas ordentligt. Att bara tre av fyra elever ändå besitter kunskapen, trots repetition, kan ha att göra med att de möter kunskapen inom olika ämnen. Eleverna klarar inte av att göra överföringen mellan de olika ämnena och synergieffekterna går därför förlorade.

Gemensamt för dessa uppgifter är att de speglar grundläggande kunskap inom de olika områdena, kunskap som eleverna möter återkommande genom sin studietid, förutom kanske i uppgiften i figur 17 om elektriska kretsar. Denna uppgift innehåller en mängd påstående genom vilka man kan eliminera svarsalternativen eftersom. Den kräver inga avancerade beräkningar. Det gör inte heller tre av andra uppgifterna. Där handlar det om att komma ihåg fakta. Uppgiften i figur 6 kräver beräkningar, men här kan man å andra sidan räkna fel men ändå komma fram till rätt svar.

### Frågor med öppna svar

Av de uppgifter som kräver svar finns det tre uppgifter som är värda att titta extra på. Uppgiften i figur 5 i avsnittet Uppgifter om Mekanik och uppgiften i figur 16 i avsnittet Uppgifter om Elektricitet och magnetism som är de uppgifter som eleverna har klarat av bäst. Uppgiften i figur 19 i avsnittet Uppgifter om Elektricitet och magnetism är den uppgift som eleverna i särklass klarat av sämst.

Nästan 60 procent av eleverna lämnade ett korrekt svar på den första uppgiften som handlar om vattenvågor på djupt och grunt vatten. Eleverna är tvungna att använda sig av kunskapen att frekvensen är konstant och utifrån det lösa ut storheter ur en formel. Området tillhör sådant som eleverna ganska nyligen har löst inom Fysik B-kursen så bör många elever klara av att lösa den. Förmodligen har eleverna dessutom stött på liknande uppgifter i sina textböcker.

Ovan nämnda uppgift i figur 16 handlar om tre punktformiga laddningar och vad som händer med den resulterande kraften på en av partiklarna om man byter plats på de två andra. För att få helt rätt på uppgiften, är det tre kriterier eleverna måste klara av att uppfylla. Den resulterande kraften ska vara riktad åt sydväst, den ska vara närmare normalen än i första läget då partiklarna inte hade bytt plats och den ska vara lite längre än i första läget. Eleverna får poäng om två av tre av dess kriterier är uppfyllda. Det är endast 3 procent av eleverna som klarar av att uppfylla alla tre, men nästan 40 procent som klarar av att pricka in rätt riktning och att resultanten är längre än i första läget. Det kriterie som är svårast är således längden på resultanten. Förmodligen hade fler elever klarat av även detta om man i uppgiften hade lagt in något form av rutnät och även haft ett annat förhållande mellan de punktformiga laddningarna. Förhållandet mellan de avtsånd som är i uppgiften nu är alldeles för nära 2, vilket kan lura eleverna till att tro att det ska vara två och eftersom mycket i läroböckerna är tillrättalagt, är eleverna vana vid att förhållandena är exakta och därför utgår de ifrån att det är exakt 2 istället för det egentliga värdet. Detta leder till att de missar det andra kriteriet.

Den tredje uppgiften värd att notera, i figur 19, har endast 4 procent av eleverna klarat av att ta poäng på. Uppgiften handlar om att kombinera ihop tre olika formler för att visa att en partikel som rör sig i ett homogent magnetfält, har en omloppstid som är oberoende av med vilken hastighet partikeln rör sig. Här handlar det om ren algebraräkning, något som har fått stå tillbaka i de svenska skolorna under senare år. Det visar sig mycket tydligt att eleverna inte är vana att hantera bokstäver på detta sätt. De blir osäkra och vet inte hur de ska gå till väga. Uppgiften är också den uppgift som flest elever har valt att hoppa över och inte ens försöka sig på. Eleverna har förmodligen inte haft en aning om hur de ska gå till väga, eller så har de insett att det krävs en hel del formeldribbling för att komma fram till svaret och därför orkar de inte ens försöka ta sig an problemet.

### Sammanfattning av resultaten på uppgiftsnivå 2008

I tabellen nedan redovisas lösningsfrekvenser för alla frisläppta uppgifter, sorterat efter innehållsområden, med Norge och det internationella medelvärdet som referenspunkter. För de uppgifter som även förekom i TIMSS Advanced 1995 redovisas även resultat från den studien.

**Tabell 1** Lösningfrekvenser för frisläppta fysikuppgifter från TIMSS Advanced 2008

Fysikområde	Delområde	Figur nr	Andel (%) elever som lämnat helt korrekta svar					
			Sverige		Norge		Internationellt	
			1995	2008	1995	2008	1995	2008
Mekanik	Jämvikt och dynamik (M1)	1	88	75	83	81	83*	76*
		2		68		67		51*
	Energiomvandlingar (M2)	3		31		20		47
		4	70	60	74	67	76*	71*
	Vågfenomen (M3)	5	84	57	67	60	65*	57*
		6	85	78	87	88	85*	81*
	Linjär rörelse med konstant acceleration (M4)	7	37	14	37	21	37*	25*
		8		36		53		51
		9		4		28		13
	Cirkulär rörelse (M5)	10		9		12		15
		11		62		75		54
Elektricitet och magnetism	Laddade partiklar (E1)	12	36	30	38	37	39*	38*
		13		13		17		33
		14	56	13	29	17	32*	21*
		15		30		17		22
		16		50		44		41
		17	92	86	93	89	91*	87*
	Elektriska kretsar (E2)	18	51	30	46	38	47*	36*
		19	8	2	18	10	12*	9*
	Magnetiska fält (E3)	20		25		49		24
		21	59	47	57	56	58*	53*
	Elektromagnetisk strålning (E4)	22		58		68		45
23			35		41		38	
24		11	8	14	8	18*	15*	
Värme och temperatur	Värmeöverföring (V1)	25		52		42		49
		26		50		68		52
		27		11		17		17
	Vätskor, gaser och termodynamik (V2)	28		80		82		67
		29		56		60		51
		30		43		52		40
Atom och kärnfysik	Atomens byggnad (A1)	31		58		64		51
		32		82		80		71
		33		76		66		76
		34		41		42		41
	Emission och absorption (A2)	35	32	15	41	11	29*	16*
	Kärnreaktioner (A3)	36	74	76	75	76	67*	70*
		37		37		30		33

\* Medelvärde gäller de länder som deltagit både 1995 och 2008.

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det inte finns något speciellt ämnesområde inom fysiken som eleverna verkar ha haft extra svårt med. Uppgifterna är fördelade över alla ämnesområden enligt den modell som TIMSS har lagt upp, och resultaten på de olika uppgifterna beror snarare på typ av uppgift och kognitiv nivå, är innehåll.

Man kan också konstatera att relationen mellan matematik och fysik är mycket stark. Fysikproblem som är helt fränkopplad matematiken, tenderar ganska fort bli konstlade och verklighetsfrämmande. När man arbetar med Newtons lagar kommer man väldigt ofta fram till olika ekvationssystem som ska lösas. Har man då problem med algebraräkning, får man genast problem. Dessa problem bygger inte i första hand på att eleven har svårt att förstå fysiken i uppgiften, utan på att han eller hon saknar redskap för att kunna hantera problemet. För att kunna klara av fysik på en någorlunda hög nivå, krävs matematiska färdigheter. Ju högre upp i nivå man kommer, desto fler matematiska färdigheter krävs. Fallerar dessa färdigheter, som till exempel algebraräkning och vektorkunskap, blir det också svårt att hantera problem i fysiken som indirekt bygger på denna kunskap.

### Jämförelse mellan 1995 och 2008

När man jämför elevernas resultat på de uppgifter som har deltagit både 1995 och 2008 kan man konstatera att det finns en del områden som uppvisar skillnader, där eleverna har fått ett sämre resultat i den senaste undersökningen. Elektricitet och magnetism är ett av dessa områden. Tittar man på styrdokumentet har det hänt en del inom detta område mellan 1995 och 2008. Innehållsmässigt har bland annat kunskap om *växelströmskretsar* lyfts ut helt. Det specificerade innehållet *likströmskretsar* har ersatts av ett mer ospecificerat mål, *kunskap om elektrisk spänning och ström*.

Ett annat område där styrdokumentet har genomgått en del specifika ändringar är atom- och kärnfysikområdet. 1995 specificerades bland annat innehållet *våg-partikel-dualitet*. I styrdokumentet för 2008, står det att eleven ska ha kännedom om *fotonbegreppet*.

Styrdokumentet har överlag genomgått en hel del förändringar mellan åren 1995 och 2008, inte bara inom dessa områden, utan inom alla områden. De har blivit mindre explicita i sitt kunskapsinnehåll.

I och med att strukturen för innehållet görs mindre specifik, öppnas möjligheter för lärarna att vara mer flexibla i det innehåll som lärs ut till eleverna. Detta behöver inte vara av ondo, men när det gäller undersökningar som TIMSS Advanced som ska mäta trender över år, skapar det en extra dimension att ta hänsyn till. Visserligen mäter man elevernas kunskap eller okunskap, men det blir inte lika självklart vad det beror på. Upplevs områdena som svårare i dag än för 13 år sedan, eller beror det helt enkelt på att eleverna inte har fått möjlighet att lära sig kunskapen.

Analysen försvåras också i ljuset av att vissa ämnesområden som i styrdokumentet har genomgått en förändring, till exempel mekanik, inte uppvisar samma tapp i kunskapsinnehåll. Detta beror förmodligen på att ämnestraditionerna om vad ett område bör innehålla och inte är ganska cementerade, och därför undervisar lärarna av tradition ett visst innehåll, oavsett vad styrdokumentet säger. Det skulle kunna vara så att inom de områden där det händer mycket nytt, till exempel inom atom- och kärnfysikområdet, är inställningen mindre cementerad och mer öppen om vilken kunskap som skall ingå. Blir då styrdokumentet mindre specifika, kan innehållet bli mer inhomogent sett över landet, beroende på lärarens kompetens och intresse.

## Slutkommentar

Styrdokumenten kan påverka undervisningen om de omsätts i undervisningen. Om de implementeras i undervisningen, har man en möjlighet att via styrdokumentet skapa en likvärdig utbildning vad gäller innehållet. För att implementeringen ska vara möjlig och styrdokumentet ska vara levande i undervisningen och verka för ett likvärdigt innehåll, måste de vara specifika och möjliga att tolka. Utrymmet för egna tolkningar får inte vara för stort, då varje skola i så fall tenderar att skapa sitt eget innehåll utifrån de lärare som sköter undervisningen.

De rena faktakunskaperna hos eleverna har försämrats något i takt med att det specifika innehållet har plockats bort från de aktuella styrdokumentet, men den stora försämringen finns i förmågan att hantera matematiken i fysiken. Resultatet är mer ett utslag av sämre matematikkunskaper och en lägre kognitiv nivå hos eleverna.



# Referenser

## Referenser

Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Angell, C., Martin, M. O., Mullis, I. V. S., et al. (2006). *TIMSS Advanced 2008 Assessment Frameworks*. Boston: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

Skolverket. (2009a). TIMSS Advanced 2008. *Svenska gymnasieelevers kunskaper i avancerad matematik och fysik i ett internationellt perspektiv* (Rapport 336). Stockholm: Skolverket.

Skolverket. (2009b). *Hur samstämmiga är svenska styrdokument och nationella prov med ramverk och uppgifter i TIMSS Advanced 2008?* (Fördjupningsstudie till rapport 336). Stockholm: Skolverket.





---

TIMSS Advanced (*Trends in International Mathematics and Science Study*) undersöker elevers kunskaper i avancerad matematik och fysik i gymnasieskolans sista årskurs (årskurs 3). I rapporten analyseras data från TIMSS Advanced 2008 och även motsvarande uppgifter i 1995 med syfte att se hur eleverna i gymnasieskolan förstår centrala begrepp inom fysiken. Svenska elevers resultatmönster jämförs även med resultatmönstren i den tidigare undersökningen 1995. I rapporten behandlas de fysikaliska områdena mekanik, elektricitet och magnetism, värme och temperatur samt atom- och kärnfysik. Analysen är genomförd och rapporten är skriven av Peter Nyström och Annika Kjellsson Lind, båda verksamma som universitetslektorer vid Umeå universitet, inom ramen för deras uppdrag i TIMSS Advanced-projektet.