

**Råd og vink 2013**  
**om**  
**den skriftlige prøve**  
**i**  
**Fysik-stx**

Ministeriet for Børn og Undervisning  
Center for, Prøver, Eksamen og Test  
februar 2014



## 1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2013 er der stillet to opgavesæt, som er tilgængelig på ministeriets hjemmeside. Sættene er mærket 1STX131-FYS/A-27052013 og 2STX121-FYS/A-06062012 og findes på adressen <http://uvm.dk/Uddannelser-og-dagtilbud/Gymnasiale-uddannelser/Proever-og-eksamen/Skriftlige-opgavesaet/Opgavesaet-for-stx>.

Sættene vil nedenfor blive behandlet hver for sig, dog med nogle fælles generelle kommentarer. Dette års sæt er de første, som stilles efter læreplanerne i stx-bekendtgørelsen fra juni 2010, hvor kernestoffet omfatter det nye emne *elektriske og magnetiske felter*.

Opgavekommissionen bag opgavesættene til årets skriftlige prøve i fysik (stx) bestod af Gert Hansen (formand), Kim Bertelsen, Nils Kruse, Randi Larsen og Frank Borum. Fagkonsulent Martin Schmidt har været tilknyttet opgavekommissionen.

Begge opgavesæt indeholdt 15 spørgsmål, herunder opgaver indenfor emnet *Fysik i det 21. århundrede*, som i år omhandler "Universets byggesten – moderne partikelfysik". I sæt 1 drejer det sig om opgave 4 *Henfald*, mens det i sæt 2 er opgave 7 *Produktion af  $K^-$  mesoner*. I skoleåret 2013-14 vil emnet for *Fysik i det 21. århundrede* fortsat være "Universets byggesten – moderne partikelfysik".

## 2. Censorerens bedømmelse af kvaliteten af årets opgaver

På censormødet diskuterer fysikcensorerne de to sæt som helhed inden karakterfastsættelsen for de enkelte besvarelser. Hensigten er dels at etablere det bedst mulige grundlag for en ensartet bedømmelse af besvarelserne, dels at rådgive opgavekommissionen med hensyn til det fremtidige arbejde. Drøftelsen sker på basis af en samling skriftlige kommentarer fra censorerne til såvel de enkelte spørgsmål som til sættene som helhed samt en prognose i form af en indberetning af censorernes foreløbige evaluering af et antal besvarelser.

Prognosen fremkommer ved at censorerne under rettetarbejdet indberetter deres foreløbige evaluering af et antal besvarelser. Hvert af de 15 spørgsmål tildeles her et pointtal mellem 0 og 10. I år omfattede denne indberetning 1307 besvarelser for sæt 1 og 625 besvarelser for sæt 2. Censorerens indberetninger udgør dermed en stikprøve på næsten 100 % af samtlige besvarelser. Det skal bemærkes, at der ikke er nogen central styret rettenorm, som fastlægger pointfradraget for bestemte fejltyper.

Pointtallene fra stikprøven kan benyttes til at vurdere sværhedsgraden af de enkelte spørgsmål. Spørgsmål med pointtal 8-10 må således opfattes som umiddelbart lette, pointtal 6-8 svarer til mere sammensatte spørgsmål, mens spørgsmål med pointtal under 6 kræver, at eksaminanden kan bruge eller opstille mere komplicerede modeller for den foreliggende problemstilling.

Pointtallene for hver opgave fra prognosen er i det følgende angivet som *middelscore*.

De skriftlige censorer har endvidere vurderet de enkelte spørgsmål på en skala med fem gradueringer: Uegnet spørgsmål (-2), Ringt spørgsmål (-1), Middelgodt (0), Velegnet (+1) og Meget velegnet (+2). Vurderingerne er angivet under de enkelte sæt.



### 3. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 1

1457 eksaminander var til eksamen i dette sæt. Censorernes vurdering af spørgsmålene jf. skalaen ovenfor gav et gennemsnit på 1,3. Den bedste vurdering fik spørgsmål 6c (1,8), mens 3b, 3c (1,6) og 1b, 2b, 6a, 6b (1,5) også fik en pæn vurdering af censorerne. Dårligste vurdering fik spørgsmålene 5a (0,1) og 2a (0,7). I opgave 5a savnede censorerne et tydeligere krav til forklaring, og opgave 2a fandt flere censorer for omfattende.

#### 1. Springvand med solceller

*Spørgsmål 1a* (Middelscore: 8,8)

Næsten alle eksaminander besvarer denne opgave korrekt. Det har betydning for vurderingen, om den relevante formel angives, og at der afrundes til fx 12 kC.

*Spørgsmål 1b* (Middelscore: 5,1)

Dette viste sig at være et vanskeligt problem for mange eksaminander. Det kan løses skridtvis ved at beregne den nyttige energi ud fra batteriets kapacitet, beregne den leverede potentielle energi pr. time og endelig bestemme det antal timer, springvandet kan fungere.

Flere eksaminander bliver tilsyneladende forvirrede over de mange oplysninger og bringer mulige omveje på banen som fx vandets kinetiske energi, vandstrålens diameter eller ladningen gennem batteriet. Kun få kommer frem til et brugbart resultat ad disse omveje.

En del eksaminander forsøger slet ikke at besvare spørgsmålet eller får kun bestemt den nyttiggjorte energi. Nedenfor ses en fin besvarelse, hvor luftmodstanden nævnes som et væsentligt forbehold.

Jeg ved, at springvandet lever 300 L vand pr. time i en højde af 0,80 m, så må det kræve følgende energi at få 300 L vand op i denne højde (Med antagelse af, at vandet starter i en  $h_{start} = 0$ ). Dette kommer at, at vandet har en potentiel energi på 0 J, hvorefter det skydes op i en højde op 0,80 m. Dette betyder, at pumpen skal levere den energi, som det kræver at få vandet op i denne højde. Derved ses der bort fra luftmodstand o.l.:  $E_{drift\ pr.\ time} = E_{pot} = m \cdot g \cdot h = 300\ kg \cdot 9,82\ \frac{m}{s^2} \cdot 0,80\ m = 2356,8\ J \approx 2,4\ kJ$

Da vi ved, at nyttevirkningen er 15 %, og vi får tilført 70 kJ, så man vi beregne nytteenergien:

$$\eta = \frac{\Delta E_{nytte}}{\Delta E_{tilført}} \Leftrightarrow \Delta E_{nytte} = \eta \cdot \Delta E_{tilført} \Rightarrow \Delta E_{nytte} = 0,15 \cdot 70\ kJ = 10500\ J \approx 11\ kJ$$

Da pumpen pumper vand ved en nytteenergi på 11 kJ, og det kræver 2,4 kJ pr. time, så må pumpen kunne køre i følgende antal timer:  $\Delta E_{nytte} = E_{drift\ pr.\ time} \cdot \Delta t \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta E_{nytte}}{E_{drift\ pr.\ time}} \Rightarrow$

$$\Delta t = \frac{11\ kJ}{2,4\ \frac{kJ}{time}} = 16500\ s \approx 4,6\ timer$$

#### 2. Marie Curies notesbøger

*Spørgsmål 2a* (Middelscore: 6,6)

Dannelsen af  $^{210}\text{Tl}$  fra  $^{226}\text{Ra}$  kan beskrives ved at angive henfaldstyperne i den korrekte rækkefølge og henvise til kernekort eller Uran-familien i Databogen. En del eksaminander angiver alle reaktionsskemaerne i rækken, hvilket ikke er nødvendigt. Nogle eksaminander overser tilsyneladende sidste del af spørgsmålet og forsøger slet ikke at opstille reaktionsskemaet for henfaldet af  $^{210}\text{Tl}$ .



Typiske fejl består i, at dannelsen af  $^{210}\text{Tl}$  sker ved udsendelsen af en enkelt partikel fra  $^{226}\text{Ra}$ , at det enkelte beta-henfald i rækken er placeret forkert, eller at et led i rækken ikke overholder bevarelseslove for nukleontal eller ladning.

Enkelte eksaminander bemærker fint, at det sidste henfald er meget sjældent.

#### *Spørgsmål 2b* (Middelscore: 6,2)

Det er tydeligt, at de enkelte skridt i beregningen af massen er kendte for mange eksaminander.

Håndtering af enheder giver en del fejl, eksempelvis når henfaldskonstanten beregnes i  $\text{år}^{-1}$ , mens aktiviteten har enheden Bq. Problemet elimineres for de eksaminander, som inkluderer enhederne i beregningerne med et CAS-værktøj.

En del eksaminander er ikke opmærksomme på de to årstal og angiver uden videre massen i 2005 som facit.

Det forventes, at massen angives i en gængs enhed – kg eller g, hvilket samtidig forbedrer muligheden for at vurdere resultatet.

### 3. Blyhagl

#### *Spørgsmål 3a* (Middelscore: 8,3)

De fleste klarer fint at beregne massen for blyet ved at sætte ind i formlen for densitet. Ikke så få eksaminander har problemer med at omregne enhederne og får et helt urealistisk resultat som fx 0,051 kg. Desværre kommenteres selv åbenlyst forkerte resultater kun sjældent.

#### *Spørgsmål 3b* (Middelscore: 5,1)

For at bestemme ændringen i indre energi, skal man antage en værdi for starttemperaturen og de fleste eksaminander vælger fornuftigt smeltepunktet, men kun få kommenterer dette valg. Det er vigtigt, at man tager hensyn til både størkningen samt afkølingen til  $100\text{ °C}$ . Problematikken bør være kendt for eksaminanderne, men mange har kun ét led med i beregningen, mens en del andre har problemer med at håndtere enheder eller fortegn.

#### *Spørgsmål 3c* (Middelscore: 4,3)

I første del af spørgsmålet skal den samlede kraft bestemmes ud fra accelerationen, som fås ved at tegne en tangent til tiden  $t = 2,5\text{ s}$ . Ved en simpel kraftanalyse fås størrelsen af luftmodstanden, som endelig gør det muligt at beregne formfaktoren.

Mange kender formlen for luftmodstanden, men kun få eksaminander når helt igennem til et fuldt tilfredsstillende resultat.

Typiske fejl er, at man bestemmer den gennemsnitlige acceleration:  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  i stedet for  $a(2,5\text{ s})$ , at luftmodstanden er den samlede kraft, eller at man anvender densiteten for bly. Dertil kommer problemer med enheder og regnefejl i de ret omfattende beregninger.

Nedenfor ses en god besvarelse, som illustrerer kompleksiteten i dette spørgsmål



c) Jeg bestemmer den samlede kraft på blyhaglet:

Tangenthældningen på  $v(t)$ -grafnen til tiden  $t = 2,5s$  svarer til accelerationen til tidspunktet. Jeg tegner en tangent til  $t = 2,5s$ . Jeg har vedhæftet bilag 1. Jeg markerer to punkter på tangentlinjen og bestemmer tangenthældningen således:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Med tal:

$$a = \frac{21 \frac{m}{s} - 8 \frac{m}{s}}{2,9 s - 0,25s} = 4,90566 \frac{m}{s^2} \approx 4,9 \frac{m}{s^2}$$

Accelerationen til tiden  $t = 2,5s$  er bestemt til  $4,9 \frac{m}{s^2}$ .

Den samlede kraft på blyhaglet til tiden  $t = 2,5s$  kan bestemmes således:

$$F_{res} = m \cdot a$$

Med tal:

$$F_{res} = 0,13g \cdot 4,9 \frac{m}{s^2} = 0,000637 N \approx 0,64 mN$$

Den samlede kraft er bestemt til  $0,64 mN$ .

Jeg bestemmer blyhaglets formfaktor:

Kraften for luftmodstanden kan udtrykkes ved:

$$F_{luft} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{luft} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho_{luft} \cdot c_w \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2$$

Blyhaglet er påvirket af tyngkraften og luftmodstanden. Dvs.:

$$F_{res} = F_t - F_{luft} \Leftrightarrow F_{luft} = F_t - F_{res}$$

Da den samlede kraft til tiden  $t = 2,5s$  er kendt, aflæses farten til  $t = 2,5s$  til  $v = 19 \frac{m}{s}$ .

Udtrykkene for  $F_{luft}$  sættes lig hinanden:

$$F_t - F_{res} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{luft} \cdot c_w \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2$$
$$\Leftrightarrow c_w = \frac{2 \cdot (F_t - F_{res})}{\rho_{luft} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2} = \frac{2 \cdot (m \cdot g - F_{res})}{\rho_{luft} \cdot \pi \cdot r^2 \cdot v^2}$$

Med tal:

$$c_w = \frac{2 \cdot \left(0,13g \cdot 9,82 \frac{m}{s^2} - 0,000637 N\right)}{1,205 \frac{kg}{m^3} \cdot \pi \cdot (1,4mm)^2 \cdot \left(19 \frac{m}{s}\right)^2} = 0,4775714 \approx 0,48$$

Formfaktoren er bestemt til  $0,48$ .

Det er en realistisk værdi, da en formfaktor normalvis ligger i intervallet  $0 < c_w < 1$ .



#### 4. Henfald

##### Spørgsmål 4a (Middelscore: 3,8)

I den gode besvarelse præciserer eksaminanden, at bevægelsesmængden for en foton har størrelsen  $E/c$ , samt at bevægelsesmængden er bevaret i henfaldet. Bevægelsesmængden bestemmes ved at addere fotonernes bevægelsesmængde vektorielt, idet de projiceres ned på den henfaldende partikels bevægelsesretning.

En del eksaminander går slet ikke i gang med denne opgave, måske fordi de på forhånd har fravalgt partikelfysikken.

Nogle eksaminander kommer frem til tallet 484, men skelner ikke klart mellem energi og bevægelsesmængde. Fx behandles energi som en vektor, der projiceres ned på en fælles retning, eller bevægelsesmængden tildeles enheden MeV.

Ikke alle eksaminander er sikre i anvendelsen af cosinus i det trigonometriske problem at lægge de to bevægelsesmængder sammen.

Nedenfor ses en god besvarelse, hvor man kun savner en figur.

I opgaven vises på figuren et henfald af en partikel til to fotoner. Disse fotoner udsendes i hver deres vinkel i forhold til den oprindelige bevægelsesretning. Da der altid er impulsbevarelse og da vi kan benytte uafhængighedsprincippet, kan vi beregne impulsen i den akse som partiklen bevæger sig i, ved at tage cosinus til vinklerne.

Vi finder impulsen ved energi delt med fart, hvor farten er lysets hastighed, da vi har med fotoner at gøre.

$$p = \frac{E}{c} = \frac{201 \text{ MeV} \cdot \cos(19,3^\circ) + 302 \text{ MeV} \cdot \cos(12,7^\circ)}{c} \Rightarrow$$
$$p = 484 \frac{\text{MeV}}{c}$$

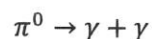
Som vi kan se, opnås det ønskede resultat.

##### Spørgsmål 4b (Middelscore: 2,6)

Partiklens masse kan beregnes ved at anvende reglen om energibevarelse i reaktioner mellem partikler. I partikelfysikken skal energien altid forstås som den samlede energi, givet ved formlen  $E^2 = m^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2$ . Ved at indsætte summen af fotonernes energi beregnes massen let, fx ved at SOLVE. De eksaminander, som gennemfører denne argumentation og beregning, er typisk også opmærksomme på at anvende enhederne MeV, MeV/c<sup>2</sup> og MeV/c. Man får massen 136 MeV/c<sup>2</sup> og ser ved hjælp af Databogen, at der må være tale om en  $\pi^0$  meson. I den gode besvarelse anvender eksaminanden ladningsbevarelse til at udelukke mesonerne  $\pi^-$  og  $\pi^+$  som muligheder. Se eksemplet nedenfor.

I Databogen s. 241 ses det ud fra massen, at partiklen kan være en  $\pi^+$  eller  $\pi^0$ .  $\pi^0$  har massen 135,0 MeV/c<sup>2</sup> og  $\pi^+$  har massen 139,6 MeV/c<sup>2</sup>.

Ladningen skal være bevaret før og efter henfaldet. På højre side af reaktionspilen er ladningen nul, da der er to fotoner. Dvs. venstre side skal have ladningen nul. Dermed må det nødvendigvis være  $\pi^0$  partikel, som henfalder således:





Som middelscoren viser, er alt for få eksaminander fortrolige med princippet om energibevarelse og med formelen overfor, som ellers er helt central for problemløsning i partikelfysik. Mange eksaminander gør tilsyneladende slet ikke noget forsøg på at løse opgaven.

Det er kutyme i fysikopgaverne, at spørgsmålene indenfor den enkelte opgave ikke kæder. Det betyder, at man kan besvare 4b uafhængigt af spørgsmål 4a. Desværre forsøger næsten ingen eksaminander at løse 4b, hvis ikke de også har løst 4a.

Det er vigtigt, at eksaminanderne i undervisningen gøres klart, at opgaverne i fysik typisk ikke kæder.

## 5. Massespektrograf

### Spørgsmål 5a (Middelscore: 5,8)

De fleste eksaminander finder frem til, at ladningen er positiv, men mange giver ingen eller en upræcis forklaring.

Det er vigtigt, at eksaminanden omhyggeligt forklarer, hvordan man kommer frem til, at  $q$  er positiv. Det kan fx ske ved at anvende en kendt ”hånd-regel” eller mere matematisk via henvisning til reglerne for krydsprodukt. Uanset metoden skal man uddybe, hvordan reglen anvendes jf. de to viste elevbesvarelser nedenfor.

Hvis svaret er, at ladningen er negativ, og der ikke gives forklaring, får man 0 point hos censorerne. Her ses en utilstrækkelig forklaring og nederst en passende forklaring:

#### Opgave 5 Massespektrograf

a) Bestem ved hjælp af figuren fortegnet for ladningen.

Ladningen må være positiv. Dette vurderer jeg ud fra Lorentz-kraftens højrehandslov.

Vha. højrehandsreglen (jeg placerer min højre hånd med fingrene i partiklens bevægelsesretning, så magnetfeltet har retning ind i min hånd. Da kraftens retning er mod lillefingersiden, er partiklens ladning positiv) bestemmer jeg fortegnet af partiklens ladning til at være positivt.

### Spørgsmål 5b (Middelscore: 4,3)

Det er helt nødvendigt, at alle datapunkter anvendes i beregningen af magnetfeltets størrelse. Den bedste metode er at anvende en lineær regression, suppleret med en graf, og ledsaget af en kommentar til kvaliteten af regressionen. Et gennemsnit af værdier for  $B$ , beregnet for hvert datapunkt, er ikke optimalt, men bedre end en beregning af  $B$  ud fra et gennemsnit af værdierne for  $r$  og gennemsnit for  $m$ .

En del eksaminander har problemer med håndterning af enheden  $u$  for massen. Det fører ofte til helt urealistiske værdier for magnetfeltet, desværre uden at dette bemærkes.

Meget få eksaminander bemærker som forudsætning, at magnetfeltet er vinkelret på hastigheden. Det sker heller ikke i det ellers gode svar nedenfor.

Magnetfeltet forårsager, at partiklen laver en cirkelbevægelse.

Dvs. centripetalkraften og magnetkraften er lige store:

$$F_c = F_B$$

$$\Leftrightarrow m \cdot \frac{v^2}{r} = |q| \cdot v \cdot B$$

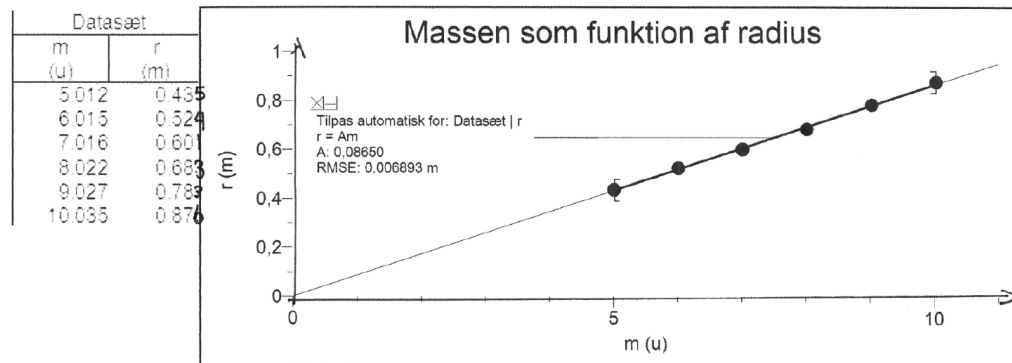
Heraf fås impulsformlen:

$$\Leftrightarrow m \cdot v = |q| \cdot r \cdot B \Leftrightarrow r = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B} = \frac{v}{|q| \cdot B} \cdot m$$

I Logger Pro indsættes to manuelle kolonner af hhv. massen i unit og radius i meter. Tabellen er angivet herunder.

Ud fra punkterne laves en proportionalitets regression med  $\frac{v}{|q| \cdot B}$  som proportionalitetskonstant.

Her ses grafen:



Ud af 1.aksen er massen angivet i unit, og ud af 2.aksen er radius angivet i meter. Forskriften for regressionen er udtrykt ved:

$$r(m) = 0,08650 \frac{m}{u} \cdot m$$

Radius angives i enheden m og variabelen, massen, betegnes m i ovenstående udtryk.

Farten  $v$  er opgivet til  $v = 2,87 \cdot 10^6 \frac{m}{s}$ . Da lithiumioner er enkeltladede, er ladningen givet ved  $q = e = 1,6022 \cdot 10^{-19} C$ .

Konstanten  $k = \frac{v}{|q| \cdot B}$  kan da opskrives således:  $k = \frac{v}{|q| \cdot B} \Leftrightarrow B = \frac{v}{|q| \cdot k}$

Jeg indsætter tal:

$$B = \frac{2,87 \cdot 10^6 \frac{m}{s}}{1,6022 \cdot 10^{-19} C \cdot 0,08650 \frac{m}{u}} = 0,343873 T \approx 0,344 T$$

## 6. Roning

### Spørgsmål 6a (Middelscore: 9,1)

Eksaminanderne kender udmærket formlen for fart og de fleste får et korrekt resultat. Enkelte eksaminander har problemer med enheden for tiden, mens andre angiver facit med et forkert antal cifre.

### Spørgsmål 6b (Middelscore: 6,1)

Mange eksaminander kender "bremseformlen"  $2a \cdot \Delta s = v^2 - v_0^2$  og får nemt et korrekt resultat. De færreste antager eksplicit, at dette forudsætter konstant acceleration. Ikke uventet er der enkelte besvarelser, hvor man uden videre anvender enheden km/h i hastigheden.

En del eksaminander behersker ikke de relevante faglige begreber og beregner tidsrummet  $\Delta t = \frac{\Delta s}{\Delta v}$  uden at overveje formlens gyldighed og dernæst accelerationen  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ .



Spørgsmål 6c (Middelscore: 5,5)

Mange eksaminander er klar over, at man skal bruge arealet under grafen, og bestemmer dette med en god præcision, fx ved at "tælle tern", som vist i elevsvaret nedenfor med acceptabel præcision. Det er fuldt tilstrækkeligt at "tælle tern" i en opgave af denne type. Nogle eksaminander vælger alligevel mere komplicerede metoder, hvor de aflæser flere datapunkter og beregner arealet med et CAS-værktøj. Især disse eksaminander kan have problemer med at sætte korrekt enhed på det beregnede areal.

En del eksaminander har endvidere vanskeligheder med at forbinde arealet med den ønskede effekt, og nogle giver blot arealet som facit

Det viste elevsvar viser, hvordan man simpelt og logisk kommer frem til roerens gennemsnitlige effekt.

c) Med hvilken gennemsnitlig effekt udfører roeren arbejde på romaskinens håndtag?

Vi finder først det arbejde, der bliver udført. Hvis man integrerer kraften som funktion af strækningen, finder man det arbejde. Vi kan ved brug af Bilag 2 tælle ternene under grafen og dermed integrere. Jeg får talt til 82 tern. Når vi så skal finde arbejdet, må vi kigge på hver tern. Hvert tern står for 100 newton pr. 0.1 sekund. Vi skal derfor gange de 82 tern med 100N og så med 0.1 meter.

$$A := 82 \cdot 100 \text{ [N]} \cdot 0.1 \text{ [m]} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 820.0 \text{ [J]}$$

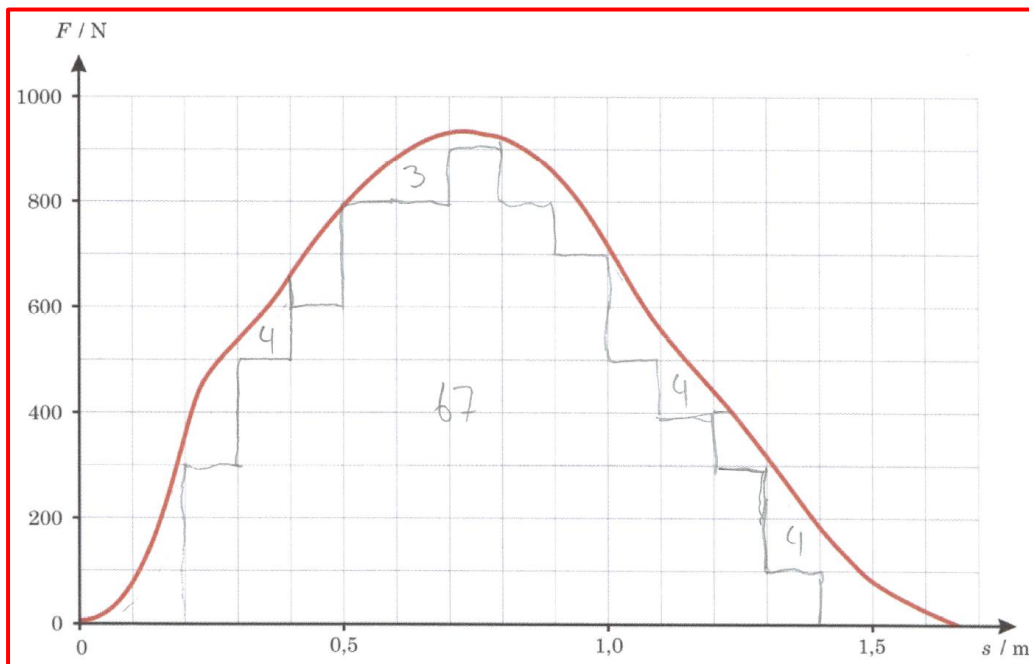
Vi ved så at han trækker 32 gange i minuttet. Vi ganger arbejdet under et træk med de 32 for at finde det samlede arbejde i minuttet.

$$A \cdot 32 \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 26240.0 \text{ [J]}$$

For at finde effekten skal vi dividere dette arbejde med 60 sekunder, da vi vil have effekten i Watt, som er J/sek.

$$P = \frac{A \cdot 32}{60 \text{ [s]}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} P = 437.3333333 \text{ [W]}$$

Altså bliver den gennemsnitlige effekt 437 W



## 7. Stangtennis

Spørgsmål 7a (Middelscore: 3,6)

I denne åbne opgave gør de fleste eksaminander den fornuftige antagelse, at bolden gennemfører en jævn cirkelbevægelse, og de finder samtidig en passende værdi for radius i bevægelsen.

Kun få eksaminander kan se, at snorens vinkel giver mulighed for at bestemme centripetalaccelerationen og dermed få en god vurdering af boldens fart, sådan som det sker i eksemplet nedenfor.

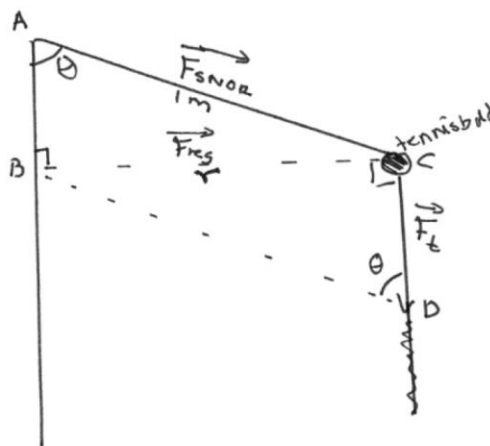
I de fleste besvarelser antages blot en værdi for omløbstiden, hvorefter farten beregnes med den simple formel:  $v = \frac{2\pi r}{T}$ . Da problemstillingen således forenkles væsentligt og vurderingen bliver meget usikker, er dette ikke en tilstrækkelig besvarelse.

Kravet om at gøre rede for antagelser indebærer, at vurdering af en afstand bør forklares ved fx at henvise til højden af et af børnene.

Tennisbolden er påvirket af to kræfter; tyngdekraften og snorkraften.

Da bolden drejer i en cirkelbane, svarer den resulterende kraft til centripetalkraften.

Her ses en skitse af situationen:



Der tegnes en repræsentativ vektor for snorkraften, således der dannes en retvinklet trekant. Heraf svarer snorens vinkel med stangen til vinklen mellem tyngdekraftens vektor og den repræsentative vektor for snorkraften.

$\triangle BCD$

Heraf anvendes tangens for en retvinklet trekant og jeg får:

$$\tan(\theta) = \frac{F_{res}}{F_t} \Leftrightarrow F_{res} = F_t \cdot \tan(\theta) = m \cdot g \cdot \tan(\theta)$$

Den resulterende kraft er lig centripetalkraften, da bolden udfører en cirkelbevægelse. Heraf fås, at:

$$m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot g \cdot \tan(\theta)$$

$$\Leftrightarrow \frac{v^2}{r} = g \cdot \tan(\theta)$$

$$\Leftrightarrow v^2 = g \cdot \tan(\theta) \cdot r$$

$$\Leftrightarrow v = \pm \sqrt{g \cdot \tan(\theta) \cdot r}$$



Da farten ikke kan være negativ, forkastes den negative løsning.

Jeg antager, at snorlængden er 1 m samt at  $\theta = 75^\circ$ .

Heraf kan radius,  $r$  i den retvinklede trekant  $\triangle ABC$  bestemmes ved:

$$\sin(\theta) = \frac{\text{modstående katete}}{\text{hypotenusen}} = \frac{r}{1 \text{ m}}$$

Dvs.  $r = 1 \text{ m} \cdot \sin(75) = 0,9659258 \text{ m} \approx 0,97 \text{ m}$ .

Heraf kan farten bestemmes således:

$$v = \sqrt{9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \tan(75) \cdot 0,97 \text{ m}} = 5,962321 \frac{\text{m}}{\text{s}} \approx 6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tennisboldens fart vurderes til  $6,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

## 4. Censorerne bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

629 eksaminander var til eksamen i dette sæt. Da kun 5 censorerne jf. skalaen nævnt side 2 indgav en vurdering af de enkelte spørgsmål i dette sæt, er vurderingen usikker. Vurderingen af spørgsmålene gav et gennemsnit på 0,8. I alt 9 spørgsmål i sæt 2 blev vurderet til 1,0 eller derover. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 1b og 4b (1,6), mens 3a (-1,0) fik den laveste vurdering.

### 1. Is på højspændingsledninger

*Spørgsmål 1a* (Middelscore: 8,7)

Stort set alle eksaminander klarer fint at beregne effekten, men en del afrunder ikke og giver resultatet med 6 cifre eller flere, hvilket har betydning for middelscoren.

*Spørgsmål 1b* (Middelscore: 6,8)

For at beregne den samlede tilførte energi til at opvarme isen til  $0^\circ\text{C}$  og til at smelte isen skal man bruge isens specifikke smeltevarme og den specifikke varmekapacitet for is. Lignende problemstillinger er kendt fra tidligere opgaver, og som set før, beregner en del eksaminander kun den ene af de to energier. Man ser også besvarelser med forkerte konstanter, fx specifik varmekapacitet for vand eller specifik fordampningsvarme for vand.

der ligger  $4,2 \cdot 10^4 \text{ kg}$  is på ledningen, med en temperatur på  $-10^\circ\text{C}$ .

i databogen findes at is' smeltevarme er  $334 \text{ kJ/kg}$ , samt at is' varmekapacitet ved  $-4,9$  grader er  $2,06 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$ . varmekapaciteten for  $-4,9$  grader anvendes, da dette er næsten lige i midten af intervallet.

energien for at smelte denne is, findes her:

$$E_{\text{smelte}} = 334 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot 4,2 \cdot 10^4 \text{ kg} + 2,06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 10 \text{ K} \cdot 4,2 \cdot 10^4 \text{ kg} = 14893200$$

Altså skal der bruges  $148,9 \cdot 10^5 \text{ kJ}$  for at smelte isen.



I eksemplet ovenfor kommer eksaminanden fint frem til et korrekt resultat med lidt forklaring, hvor de relevante formler desværre mangler helt. Der anes lidt usikkerhed omkring enheder, ligesom facit burde angives som fx  $1,49 \cdot 10^{10}$  J eller 14,9 GJ.

## 2. CINDI

Spørgsmål 2a (Middelscore: 6,6)

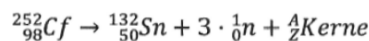
Langt de fleste eksaminander kan opskrive reaktionen korrekt og er klar over, hvordan man beregner  $Q$ -værdien for en kernereaktion. Beregningerne giver dog en del muligheder for fejl, typisk i forbindelse med enheder, fejl i oplysninger fra Databogen eller banale regnefejl.

I reaktionen er det vigtigt, at hver indgående partikel angives korrekt med nukleontal og ladning.

Fx skrives tre neutroner som  $3\frac{1}{0}n$  og ikke  $\frac{3}{0}N$ , jf. det fine svar til højre.

Nedenfor ses en fin beregning af  $Q$ -værdien, desværre med alt for mange cifre i facit.

Reaktionsskemaet for den spontane fission af Cf-252 opskrives jævnfør bevarelsessætningerne, idet DATABOG fysik og kemi 10. udgave, 3. oplag, benyttes til at bestemme protontallene,  $Z$ , ud fra de respektive nukleontal,  $A$ :



$A$  og  $Z$  for den anden kerne bestemmes:

$$252 = 132 + 3 + A$$

⇕

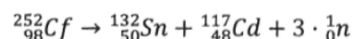
$$A = 252 - 132 - 3 = 117$$

$$98 = 50 + 0 + Z$$

⇕

$$Z = 98 - 50 = 48$$

Den anden partikel skal dermed være en  ${}_{48}^{117}\text{Cd}$ . Vi får dermed, at reaktionsskemaet for den spontane fission skal være:



Processens  $Q$ -værdi bestemmes nu ud fra massen af de deltagende partikler:

$$Q = -\Delta m \cdot c^2$$

Først udregnes dog masseændringen,  $\Delta m$ , idet der tages højde for elektronernes masse:

$$\Delta m = m_{\text{efter}} - m_{\text{før}}$$

$$\begin{aligned} &= 131,91776 \text{ u} - 50 \cdot m_e + 116,90723 \text{ u} - 48 \cdot m_e + 3 \cdot 1,008664916 \text{ u} \\ &\quad - (252,081621 \text{ u} - 98 \cdot m_e) \approx -0,23063625 \text{ u} \end{aligned}$$

Det ses at elektronernes masse så at sige går ud med hinanden. Nu kan  $Q$ -værdien bestemmes:

$$Q = -\Delta m \cdot c^2 = -(-0,23063625 \text{ u}) \cdot 149,24179 \frac{\text{pJ}}{\text{u}} \approx 34,420567 \text{ pJ}$$

Processens  $Q$ -værdi er dermed omtrent 34,420567 pJ.



Spørgsmål 2b (Middelscore: 4,3)

I de fleste korrekte svar bestemmer eksaminanden antal kerner af  $^{252}\text{Cf}$  fra start og efter 15 år, hvorefter antallet af udsendte neutroner beregnes som 3,79 gange 3,09 pct. af forskellen. Mange eksaminander har imidlertid vanskeligheder med beregningerne, herunder håndtering af enheder. Det kan

anbefales at anvende det eksponentielle udtryk på formen:  $N(15) = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{15 \text{ år}}{T_{1/2}}}$ .

Nogle eksaminander forsimpler opgaven væsentligt ved uden videre at antage konstant aktivitet i de 15 år. Det bidrager til den lave middelscore, at nogle eksaminander slet ikke forsøger at besvare spørgsmålet.

Eksemplet nedenfor viser, hvordan et CAS-værktøj hjælper med beregningerne, herunder enhederne.

Jeg starter med at finde massen af en  $^{252}\text{Cf}$  partikkel i databogen

$$m_{1\text{Cf}252} := 252.081626 \llbracket u \rrbracket :$$

jeg kan nu udregne hvor mange partikler der var i starten, da jeg ved at der er 500 ug af stoffet.

$$m_{\text{altCf}252} := 500 \llbracket ug \rrbracket :$$
$$N_0 := \frac{m_{\text{altCf}252}}{m_{1\text{Cf}252}} \text{ simplify} = 1.194481475 \cdot 10^{18}$$

Dvs. der var  $1.19 \cdot 10^{18}$  kerner, da man startede med bruge kilden.

Jeg udregner nu hvor mange kerner, der er tilbage efter 15 år, til dette finder jeg halveringstiden i databogen, og bruger formlen:

$$T_{\frac{1}{2}} := 2.65 \llbracket \text{year} \rrbracket :$$
$$N_{15} := N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{15 \llbracket \text{year} \rrbracket}{T_{\frac{1}{2}}}} \text{ simplify} = 2.361761545 \cdot 10^{16}$$

Dvs. der efter 15 år er  $2.36 \cdot 10^{16}$  kerner tilbage.

jeg kan nu udregne hvor mange kerner der er henfaldet

$$N_{\text{henfaldet}} := N_0 - (N_{15}) \text{ simplify} = 1.170863860 \cdot 10^{18}$$

Og jeg ved at 3.09% af disse kerner der bliver til 3.79 neutroner.

$$N_{\text{Antal}} := \left( \left( \frac{N_{\text{henfaldet}}}{100} \right) \cdot 3.09 \right) \cdot 3.79 \text{ simplify} = 1.371210375 \cdot 10^{17}$$

Dvs. at der bliver dannet  $1.37 \cdot 10^{17}$  neutroner

### 3. Kvasaren 3C-279

Spørgsmål 3a (Middelscore: 6,2)

Eksaminanderne skal kende universets udvidelse og bølgelængders rødforskydning  $z$  som en konsekvens heraf. Dermed bestemmes forholdet mellem afstanden ved lysets udsendelse og den nuværende afstand som forholdet mellem de tilsvarende bølgelængder:  $\frac{r_{\text{nuværende}}}{r_{\text{udsendt}}} = \frac{\lambda_{\text{observeret}}}{\lambda_{\text{udsendt}}} = 1 + z$ .

Den ønskede afstand beregnes nemt af de fleste eksaminander, som kender denne sammenhæng, jf. eksemplet nedenfor. For enkelte eksaminander er begreberne ikke helt klare, og de angiver afstanden ved lysets udsendelse som facit.

Nogle eksaminander forsøger selv at udlede en relevant sammenhæng mellem afstandene ud fra relativistisk dopplertforskydning og Hubble loven, hvilket sjældent fører til noget brugbart.



Vi skal her bruge formlen for universets udvidelse  $r_0 = r_e \cdot (1 + z)$ , hvor  $r_0$  er den nuværende afstanden til galaksen,  $r_e$  afstanden til galaksen da den modtage stråling blev udsendt og  $z$  er rødforskydningen. Vi har her den nuværende afstand til kvasaren og rødforskydningen, vi skal derfor finde afstanden til kvasaren da den modtage stråling blev udsendt:

$$5,67 \cdot 10^9 \text{ ly} = r_e \cdot (1 + 0,538)$$



Ligningen løses for  $r_e$  vha. CAS-værktøjet WordMat.

$$r_e = 3,687 \cdot 10^9 \text{ ly}$$

Dvs. afstanden til kvasaren da den modtagne stråling blev udsendt er  $3,687 \cdot 10^9 \text{ ly}$ . Vi kan nu finde forskellen imellem disse afstande:

$$5,67 \cdot 10^9 \text{ ly} - 3,687 \cdot 10^9 \text{ ly} = 1,983 \cdot 10^9 \text{ ly}$$

Dvs. afstanden til kvasaren er blevet  $1,983 \cdot 10^9 \text{ ly}$  større mens strålingen fra kvasaren har været undervejs.

#### 4. Luftskeib

##### Spørgsmål 4a (Middelscore: 8,7)

Langt de fleste eksaminander beregner nemt den ønskede effekt. Enkelte glemmer at tage højde for nyttevirksomheden eller sætter den samlede effekt fra Solen til 800 W. Det hænder også, at eksaminander har vanskeligheder med brøkgregningen og fx beregner den nyttiggjorte effekt som  $\frac{P_{\text{modtaget}}}{0,25}$ .

##### Spørgsmål 4b (Middelscore: 4,8)

Her skal man kende sammenhængen mellem opdriften og massen af den fortrængte luftmasse og anvende dette til at bestemme nyttelasten under antagelsen, at den samlede kraft på luftskeibet er 0 N. Enkelte eksaminander medregner massen af luftskeibet i nyttelasten.

Nogle eksaminander er usikre på, hvordan opdriften beregnes og opnår ikke et meningsfuldt resultat, fx når de anvender den gennemsnitlige densitet for luftskeibets i stedet for den for atmosfærisk luft.

Her ses en korrekt elevbesvarelse, hvor der også gives god forklaring og relevante antagelser i vurderingen af nyttelasten.

Meget få eksaminander tegner en figur med kraftpile til illustration af ligevægten.

Massen af den nyttelast, som luftskeibet kan medbringe, vurderes, idet vi antager, at skibet befinder sig i hvile, hvilket medfører at tyngdekraften og opdriften på luftskeibet må være lige store, men modsatrettede. Som følge af dette gælder:

$$m = \rho \cdot V$$

Idet  $\rho$  kommer af Archimedes' lov, som siger:

$$F_{op} = \rho \cdot V \cdot g$$

Hvor  $\rho$  er er densiteten af den fortrængte gas eller væske, må det være den samme densitet vi skal benytte i formelen ovenfor, hvorfor densiteten af luft aflæses til  $\rho_{\text{luft}} = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  for 20 °C ved 101,3 kPa i formelsamlingen. Vi antager at denne densitet for luft gælder i situationen. Vi kan nu udregne  $m_{\text{samlet}}$ , som er den samlede masse, der kan løftes af luftskeibet inklusiv luftskeib og helium:

$$m_{\text{samlet}} = \rho_{\text{luft}} \cdot V_{\text{luftskeib}} = 1,205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 8,4 \cdot 10^3 \text{ m}^3 = 1,0122 \cdot 10^4 \text{ kg} \approx 1,0 \cdot 10^4 \text{ kg}$$

Nu kan massen af nyttelasten,  $m_{\text{nytte}}$ , bestemmes, idet denne er givet ved den samlede masse, der kan løftes af luftskeibet, eksklusiv luftskeib og helium:

$$\begin{aligned} m_{\text{nytte}} &= m_{\text{samlet}} - m_{\text{luftskeib}} = 1,0122 \cdot 10^4 \text{ kg} - 8,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \approx 2,1 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 10^{-3} \frac{\text{t}}{\text{kg}} \\ &= 2,1 \text{ t} \end{aligned}$$

Luftskeibet kan dermed medbringe en nyttelast på omtrent 2,1 t.



### Spørgsmål 4c (Middelscore: 3,9)

Man skal anvende, at den søgte effekt er givet ved  $P_{\text{motor}} = F_{\text{motor}} \cdot v$ , og samtidig kunne indse, at kraften fra motoren har samme størrelse som luftmodstanden. En del eksaminander kender tilsyneladende ikke den viste formel for effekten og er derfor langt fra at finde luftskibets fart.

Flere eksaminander forsøger tilsyneladende slet ikke at løse opgaven, hvor en simpel indsættelse i formelen for luftmodstand ellers ville tælle positivt.

Måske er disse eksaminander ikke opmærksomme på, at opgaverne ikke kæder, og opgiver på forhånd efter vanskelighederne med spørgsmål 4b.

Nedenfor ses et korrekt, men lidt kortfattet elevsvar.

Her kan vi bruge udtrykket for luftmodstanden og kaldet  $v^2$ -loven  $F_{\text{luft}} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot A \cdot v^2$ .

Sammen med dette kan vi bruge udtrykke for kraftens effekt  $P = F \cdot v \Rightarrow F = \frac{P}{v}$ . Vi har jo effekten af motoren, men vi mangler at finde farten af luftskibet. Nu kan vi så få formelen  $\frac{P}{v} = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot A \cdot v^2 \Rightarrow P = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot A \cdot v^3$ . Vi antager selvfølgelig at luftmodstanden er den eneste modstand. Nu bruger vi CAS-programmet maple til at løse ligningen for  $v$ .

$restart : c_w := 0.078 : P := 18 \text{ [[ kW ]]} : A := 310 \text{ [[ m^2 ]]} : \rho_{\text{luft}} := 1.206 \text{ [[ \frac{kg}{m^3} ]]} :$

$solve \left( P = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho_{\text{luft}} \cdot A \cdot v^3, v \right) \stackrel{\text{simplify}}{=} 10.72752739 \text{ [[ \frac{m}{s} ]]} \xrightarrow{\text{replace units}} 38.61909860 \text{ [[ \frac{km}{h} ]]}$

Dvs. at hastigheden af luftskibet ca. er 10.7m/s eller 38.6km/h.

## 5. Rappelling

### Spørgsmål 5a (Middelscore: 5,7)

Den højeste fart kan bestemmes på flere måder. Nogle eksaminander vælger simpelt at beregne den gennemsnitlige lodrette fart i hvert delinterval eller beregner tangenter for  $(t, h)$ -grafene. En mere tidskrævende metode består i at finde et funktionsudtryk for højden ved regression, men alt for mange farer vild i de komplicerede beregninger. Nogle eksaminander afslører usikkerhed i de simple beregninger af den største fart og beregner fx  $v_{\text{størst}} = \frac{28,55 \text{ m}}{0,23 \text{ s}}$  eller anvender gennemsnitlige værdier for hele intervallet.

### Spørgsmål 5b (Middelscore: 5,3)

Som ventet hører kraftanalysen til de vanskelige problemer. Eksaminanderne skal kunne identificere de tre kræfter fra tyngdekraften, snoren og underlaget samt tegne tre vektorpile, hvis sum skal være 0 N. En del eksaminander indfører som i det omhyggelige elevsvar nedenfor en fiktiv ”normalkraft” for at kunne tegne pile og beregne deres længde.

I en del ellers fornuftige svar, kniber det med forståelsen, idet kraften fra underlaget peger den forkerte vej. I mange elevsvar er det kun tyngdekraften, som tegnes korrekt.

Nu kan jeg så udregne den kraft hvormed rebet trækker i personen. Denne må være lig tyngdekraften gange med  $\cos(\alpha)$ .

$$F_{reb} := F_t \cdot \cos(\alpha) = 641.8921101 \text{ [[ kg ]] } \left[ \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right] \xrightarrow{\text{replace units}} 641.8921101 \text{ [[ N ]]$$

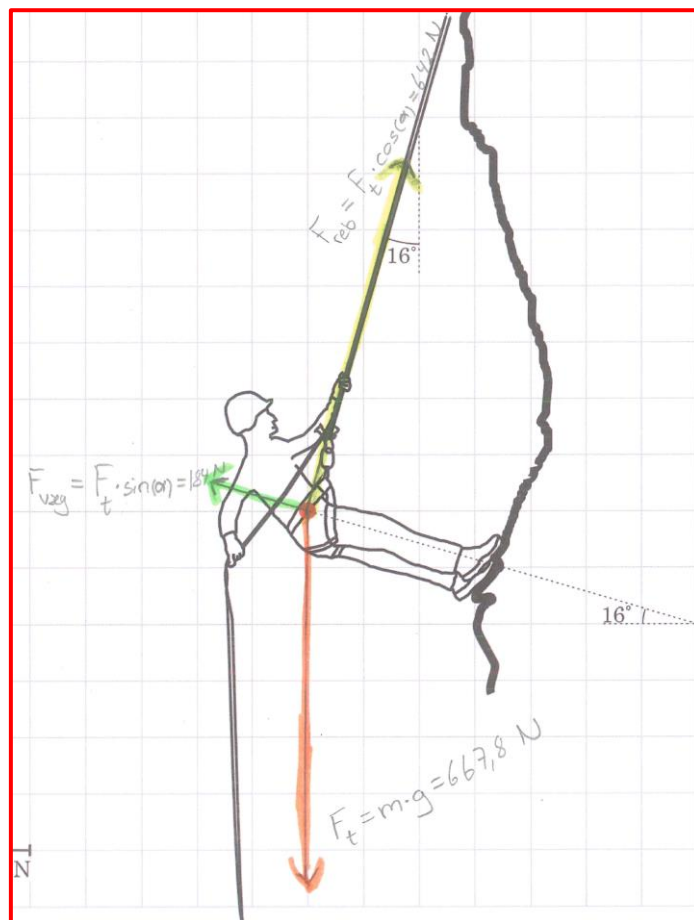
Det vil sige at den kraft hvormed rebet trækker i personen er 642 N. Dette tegner jeg ind på bilag 1 som en gul pil.

Nu kan jeg så finde den kraft hvormed væggen holder personen. Denne må være lig tyngdekraften gange med sinus til  $\alpha$ .

$$F_{væg} := F_t \cdot \sin(\alpha) = 184.0596008 \text{ [[ kg ]] } \left[ \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right] \xrightarrow{\text{replace units}} 184.0596008 \text{ [[ N ]]$$

Det vil sige at den kraft hvormed væggen holder personen er 184 N. Dette indtegner jeg som en grøn pil på bilag 1.

Grunden til at jeg kan finde  $F_{væg}$  og  $F_{reb}$  på den måde som jeg gør er at normalkraften må være lig tyngdekraften da personen står stille. Jeg kan så herefter opløse normalkraften i  $F_{reb}$  og  $F_{væg}$  da disse to står vinkelret på hinanden.



## 6. Papirbehandling

Spørgsmål 6a (Middelscore: 7,6)

De fleste eksaminander beregner fint størrelsen af ladningen på latexpartiklen ud fra de kendte formler.

Beregningerne, ikke mindst enhederne, giver problemer for nogle eksaminander. Andre ser ikke, at der er tale om et homogent elektrisk felt, og enkelte besvarer slet ikke spørgsmålet.





Spørgsmål 6b (Middelscore: 4,2)

Det forventes, at eksaminanderne anvender ”bremseformlen”, som giver sammenhængen mellem fart, afstand og acceleration, sammen med Newtons 2. lov og massen, som fås ud fra kendskabet til densiteten og kuglernes radius. Kombinationen af disse formler giver vanskeligheder for mange, ikke mindst i de tilfælde, hvor eksaminanden ikke anvender den givne kraft, men i stedet oplysningerne om spændingsfaldet. Andre komplicerer beregningen af farten ved først at bestemme flyvetiden for en latexpartikel ud fra stedfunktionen. I eksemplet nedenfor kommer eksaminanden alligevel frem til et godt resultat, godt hjulpet af sit CAS-værktøj.

Først bestemmes en latexpartikels masse ved  $\rho = \frac{m}{V}$ , hvor latexpartiklens volumen bestemmes ved

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3.$$

$\rho := 2.7 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] : r := 16 \text{ [[um]]} :$

$$V := \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \stackrel{\text{simplify}}{=} \frac{1}{183105468750000} \pi \text{ [[m}^3\text{]]} \xrightarrow{\text{at 5 digits}} 1.7157 \cdot 10^{-14} \text{ [[m}^3\text{]]}$$

$$m := \text{solve} \left( \rho = \frac{m}{V}, m \right) \stackrel{\text{simplify}}{=} 4.632466864 \cdot 10^{-11} \text{ [[kg]]}$$

Dvs. at en latexpartikel har en masse på  $4.6 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$ .

Der antages, at der er konstant acceleration. Herved bestemmes accelerationen ved  $a = \frac{q \cdot E}{m}$ .

$$E := \frac{U}{d} :$$

$$a := \frac{q \cdot E}{m} \stackrel{\text{simplify}}{=} 95.41352652 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Dvs. at latex partiklerne har en konstant acceleration på  $95 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Herved benyttes formler for konstant acceleration til at bestemme latex partiklernes fart, når de rammer papiret.

restart

$$a := 95.41352654 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] : v_0 := 7.5 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] : s := 0.12 \text{ [[m]]} :$$

$$\text{solve} \left( s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t, t \right) \stackrel{\text{simplify}}{=} 0.01463719318 \text{ [[s]]}$$

$$t := 0.01463719318 \text{ [[s]]} :$$

$$v := a \cdot t + v_0$$

$$1.396586220 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \text{ [[s]]} + 7.5 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \tag{6.2.1}$$

simplify

$$8.896586220 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \tag{6.2.2}$$

Dvs. at latexpartiklerne har en fart på 8,9 m/s, når de rammer papiret.

7. Produktion af K<sup>-</sup> mesoner

Spørgsmål 7a (Middelscore: 5,3)

Eksaminanderne skal anvende gammafaktoren til at beregne det forlængede tidsrum ud fra opslag i Databogen, idet de ved, at K<sup>-</sup> mesonen har samme levetid som K<sup>+</sup> mesonen. Desværre er en del



eksaminander ikke opmærksomme på tidsforlængelsen og giver blot Databogens levetid som facit, mens andre i stedet beregner halveringstiden i hvilesystemet.

*Spørgsmål 7b* (Middelscore: 5,0)

I første del af spørgsmålet skal man ved opslag i Databogen bestemme kvarksammensætningen af partikler og antipartikler, hvilket går fint for mange.

Det kniber mere med at argumentere for, at der netop dannes  $K^+$  og  $n$  sammen med  $K^-$ , idet man henviser til bevarelseslovene. Mange inddrager fint bevarelse af flavour, ladning og baryontal, men kun yderst få bemærker, at ved energien  $E_{\min}$  medfører energibevarelse, at partikler med større masser, men korrekt kvarksammensætning, ikke forekommer.

Elevsvaret nedenfor er tæt på at være så fyldestgørende, som man kan forvente.

Ved kvarksammensætningen kigger vi på hvilke kvarker hvert partikel består af. Dette finder vi i databogen for partikelfysik.

$$\pi^- (\bar{u}d) + p(uud) \rightarrow K^- (\bar{u}s) + K^+ (u\bar{s}) + n(udd).$$

Nu kigger vi på om kvarksammensætningen er bevaret.

$$\bar{u}d + uud \rightarrow \bar{u}s + u\bar{s} + udd$$

$$\bar{u}uudd \rightarrow \bar{u}uussdd$$

$$udd \rightarrow udd$$

Her har vi gjort rede for at kvarksammensætningen stemmer overens med reaktionen, idet en antipartikel, så om sige, æder sin egen partikel på sin side af reaktionen.

Her er det en proton i hvile der bliver beskudt af en pi minus-meson med høj fart. Vi kan se kan se, netop når det er partiklerne  $K^+$  og  $n$  der dannes sammen  $K^-$ . Så opretholdes de tre bevarelsessætninger.

Den elektriske ladning er bevaret, for den var nul inden reaktionen skete. Det var en proton og pi-minus-meson,  $+1-1=0$  som blev til en K-plus og minus og en neutron  $+1-1+0=0$ . Så den er altså nul inden og efter. Baryontallet er bevaret da kun protonen og neutronen er en baryon.

Leptontallet er også bevaret da ingen leptoner indgår i processen.

$$\pi^- (\bar{u}d) + p(uud) \rightarrow K^- (\bar{u}s) + K^+ (u\bar{s}) + n(udd)$$

$$\text{Ladningstal: } -1 + 1 \rightarrow -1 + 1 + 0$$

$$0 \rightarrow 0$$

$$\text{Baryoner: } 0 + 1 \rightarrow 0 + 0 + 1$$

$$1 \rightarrow 1$$

$$\text{Leptontallet: } 0 + 0 \rightarrow 0 + 0 + 0$$

$$0 \rightarrow 0$$

Ved energien  $E_{\min}$  giver det derfor mening at det er netop  $K^+$  og  $n$  der dannes sammen med  $K^-$ .

Energi laves om til masse.

*Spørgsmål 7c* (Middelscore: 2,2)

Som middelscoren viser, er dette sættets vanskeligste spørgsmål. I de fleste gode svar løses problemet ved først at bestemme den størst mulige hvilemasse ud fra den samlede energi og bevægelsesmængde af partiklerne før reaktionen  $\pi^-$  og  $p$ . Man ser da, at summen af masserne af partiklerne efter reaktionen  $K^-$ ,  $K^+$  og  $n$  netop er denne hvilemasse. Se eksemplet på elevsvar nedenfor.

Nogle eksaminander har en færdig formel for tærskelenergien i en reaktion af den viste type og udregner energien ud fra masserne af de indgående partikler, idet enkelte dog overser, at dette er den samlede energi for  $\pi^-$  mesonen og ikke blot den kinetiske energi.



c)

partiklerne i hvile har en energi på 938,3 MeV og  $\pi^-$  partiklerne har energi på 1,50 GeV. Altså kan vi om systemet inden sige at:

$$E = 1,50 * 10^3 \text{ MeV} + 938,3 \text{ MeV} = 2438,3 \text{ MeV}$$

Vi ved om impulsen af pi partikelen at:

$$p_{pi} = \frac{\sqrt{E_A^2 - (m_p c^2)^2}}{c} = \frac{\sqrt{(1,50 * 10^3)^2 - 139,6^2}}{c} = 1493,49 \frac{\text{MeV}}{c}$$

$$M_0 * c^2 = \sqrt{2438,3 \text{ MeV}^2 - \left(1493,49 \frac{\text{MeV}}{c}\right)^2} * c^2 = 1927,38 \text{ MeV}$$

Hvilemassen af systemet inden vil altså være 1927 MeV, netop når  $\pi^-$  har energi en 1,50 GeV.

i CMS systemet er den samlede impuls nul, og energien i systemet vil være den samme. Derfor kan vi nu tjekke om energien passer med at der kan dannes en  $K^-$  meson:

$$E_{\text{efter cms}} = (m_{K^-} + m_{K^+} + m_n) * c^2 = \left(493,7 \frac{\text{MeV}}{c^2} + 493,7 \frac{\text{MeV}}{c^2} + 939,6 \frac{\text{MeV}}{c^2}\right) * c^2 = 1927 \text{ MeV}$$

Altså præcis den samme energi som vi får, når vi lader en proton i hvile blive ramt af en  $\pi^-$  meson, men en energi på 1,50 MeV.



## 5. Generelle bemærkninger til eksaminandernes besvarelser

### Eksaminandernes forklaring

En fyldestgørende besvarelse skal indeholde en forklarende tekst, som angiver tankegangen bag den valgte løsning samt relevante antagelser, som eksaminanden med den valgte model gør undervejs. Som minimum skal man angive en formel, hvor de indgående størrelser er identificeret, indsætte tal med enheder i formlen, hvorefter et facit beregnes med et passende antal cifre. Eksemplet nedenfor fra spørgsmål 1a i sæt 1 viser en typisk mangelfuld besvarelse. Man savner en formel, og der er alt for mange cifre i facit.

a) Hvor stor en ladningsmængde passerer batteriet, når det afgiver energien 70 kJ ved spændingsfaldet 6.0 V?

$$E := \frac{70 \text{ [kJ]}}{6.0 \text{ [V]}} \xrightarrow{\text{simplify symbolic}} 11666.66667 \text{ [C]}$$

Nogle eksaminander bruger tid på helt eller delvist at skrive opgavens formulering ind i besvarelsen. Det må man bestemt råde eksaminanderne fra. Det vil i stedet være mere relevant at indlede besvarelsen af en delopgave med at uddrage den vigtigste information i opgaveteksten som fx fysiske størrelser, angive en formel og dennes forudsætninger mv. Som omtalt skal der gives noget forklaring i opgave 5 i sæt 1, de færreste censorer vil finde svaret nedenfor fuldt tilfredsstillende

$\vec{F} = q (\vec{v} \times \vec{B})$   
heraf ses det at partiklens ladning har positivt fortegn  
da feltlinjerne går ind i papiret

### Brugen af CAS-værktøjer

Der er mange udmærkede besvarelser med gode forklaringer i forbindelse med brug af CAS-værktøjer, hvoraf nogle bruger lommeregner, mens de fleste anvender PC-baserede værktøjer som TI-Nspire, Maple eller WordMat. Næsten alle eksaminander anvender CAS i en eller anden udstrækning, og der er forsat vækst i rene PC-baserede besvarelser.

Eksaminanderne behersker generelt de vigtigste værktøjer som SOLVE, regression mv. Man kan mene, at SOLVE bruges lidt for flittigt, som i eksemplet til højre, men man undgår regnefejl.

I de fleste CAS-værktøjer kan man

inkludere enhederne i beregningerne, men nogle eksaminander anvender teknikken uden helt at beherske den, hvilket desværre kan resultere i meget mangelfulde og næsten uforståelige beregninger.

Samlet set giver en konsekvent brug af et CAS-værktøj i en klasse færre fejl, også hos de svage eksaminander. Det anbefales varmt at træne eleverne i at udnytte CAS-værktøjernes muligheder. Dermed undgår eksaminanderne nogle af de trivielle fejl med enheder og præfikser samt banale regnefejl, som desværre er ret udbredt, også for ellers tilsyneladende dygtige eksaminander.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Kendte tal indsættes og massen bestemmes. Der omregnes fra  $\text{dm}^3$  til  $\text{cm}^3$ :

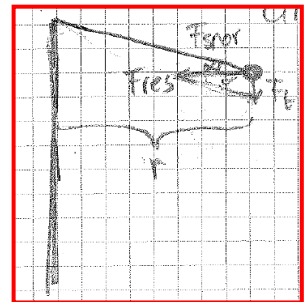
$$\text{solve} \left( 10.21 = \frac{m}{5 \cdot 10^3}, m \right) \rightarrow m = 51050.$$



Som en del af arbejdet med *Ny skriftlighed* bør eleverne opnå en genrebevidsthed og lære korrekt fagsprog i fysik, herunder krav til dokumentation af besvarelsen. Der er stadig stor variation i kvaliteten af besvarelser med CAS-værktøjer – ofte markant fra det ene hold til det andet. Det må være et væsentligt led i arbejdet med de skriftlige opgaver, at eleverne undervises i den korrekte brug af CAS-værktøjet i besvarelsen af fysikopgaver, ikke mindst for PC-baserede værktøjer. Eleverne skal i undervisningen trænes i, at det indbyggede maskinsprog ikke kan stå alene, men skal suppleres med indledning, forklaring med formler og konklusion – alt sammen formuleret i normal faglig terminologi. For eksempel er det ikke i orden, at skrive 10'er potenser som  $7E-5$  eller  $7 \cdot 10^{-5}$  i stedet for  $7 \cdot 10^{-5}$ .

Alt for ofte stoler de lidt svagere eksaminander for meget på de resultater, der kommer ud af CAS-værktøjet. Hvis eleverne lærer at inkludere enhederne i CAS-værktøjets beregninger, kan de samtidigt lære at finde mange regnefejl, når de ser om resultatet har den rigtige enhed. Omvendt ser man andre gange forkerte beregninger helt uden dokumentation, hvor det er umuligt at følge tankegangen i besvarelsen, der derfor vurderes som meget utilfredsstillende.

Især når en besvarelse fremstilles i et PC-værktøj, undlader eksaminanden ofte at tegne de nødvendige ledsagende figurer. Enkelte, men alt for få eksaminander, har håndtegnede illustrationer som bilag. Det er svært at forestille sig en fyldestgørende besvarelse af opgave 7 i sæt 1 uden en figur som vist her.





## Taksonomi og prognosen

Opgave 6 *Roning* i sæt 1 er et eksempel på, hvordan problemstillinger på forskellige SOLO-taksonomiske niveauer har betydning for vurderingen af eksaminandernes besvarelser. Man kan nogenlunde placere spørgsmålene i opgave 6 på følgende niveauer i SOLO-taksonomien<sup>1</sup>:

6a: 2. *Ensidigt struktureret*; 6b: 3. *Flersidigt struktureret*; 6c: 3. *Flersidigt struktureret*.

Den omtalte prognose (side 1) fortæller blandt andet, hvor mange point de enkelte kategorier af eksaminander får i hvert spørgsmål.

Eksaminanderne opdeles i 10 lige store grupper efter samlet pointtal. De svageste 10 % i én gruppe [0;38], de 10% næstsvageste i næste gruppe [39;64], osv. – og endelig de 10 % dygtigste i sidste gruppe, [129;150].

For hver af disse 10 grupper beregnes eksaminandernes gennemsnitlige score for hvert spørgsmål, og resultaterne vises i et diagram som her nedenfor for opgave 6 i sæt 1.

Man ser således i diagrammet, at de svageste 10 % af eksaminanderne i gennemsnit fik 1,3 point i spørgsmål 6b, mens de fik 8,2 point i 6a.

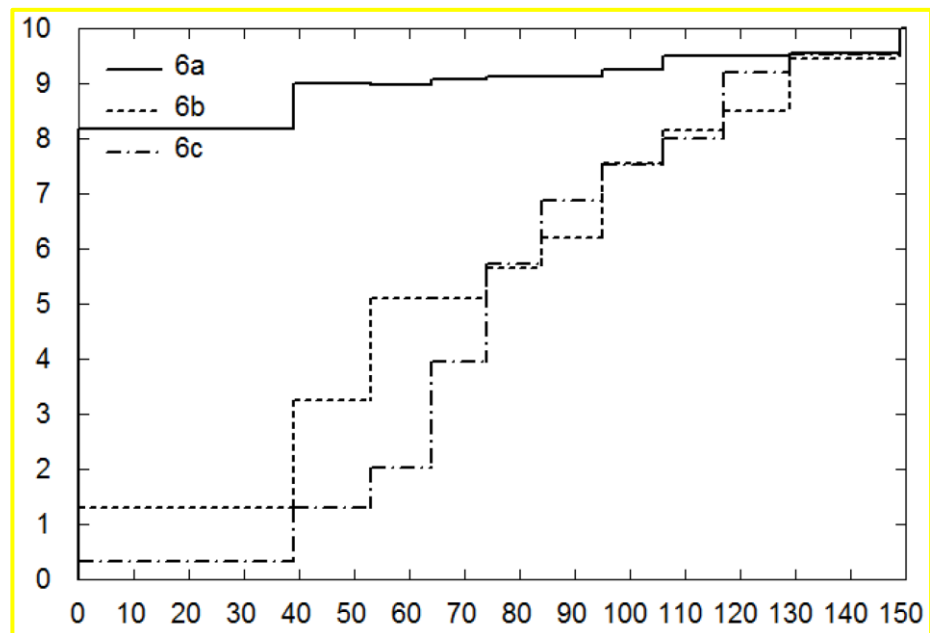
De næstsvageste 10 % fik 3,2 point i spørgsmål 6b og 9,0 point i 6a.

I tabelform:

Samlet score	[0;38]	[39;53]	[54;65]	[66;74]
Score 6a	8,2	9,0	8,9	9,1
Score 6b	1,3	3,2	5,1	(osv.)
Score 6c	0,3	1,3	2,0	

Prognosen dokumenterer dermed, at spørgsmål 6b er med til at afgøre, om en eksaminand består eller ej. På lignende måde kan man se på kurven for spørgsmål 6c, hvor kun eksaminander med en samlet score over 65 point får point af betydning, mens det kun er de bedste 30 %, der nærmer sig et fuldt pointtal i 6c. Dette peger på, at spørgsmål 6c bidrager til at afgøre, hvorvidt en besvarelse skal have en middelkarakter eller bedre.

Sæt 1, opgave 6 *Roning*:



<sup>1</sup> "SOLO-taksonomien" af Jens Dolin i: E. Damberg m.fl. (Red.): Gymnasiepædagogik, Hans Reitzels Forlag 2006. J. E. Andreasen og B. Dalsgaard: SOLO-taksonomien – et redskab i AT-vejledningen; [Gymnasieskolen 9.2.2010](#)

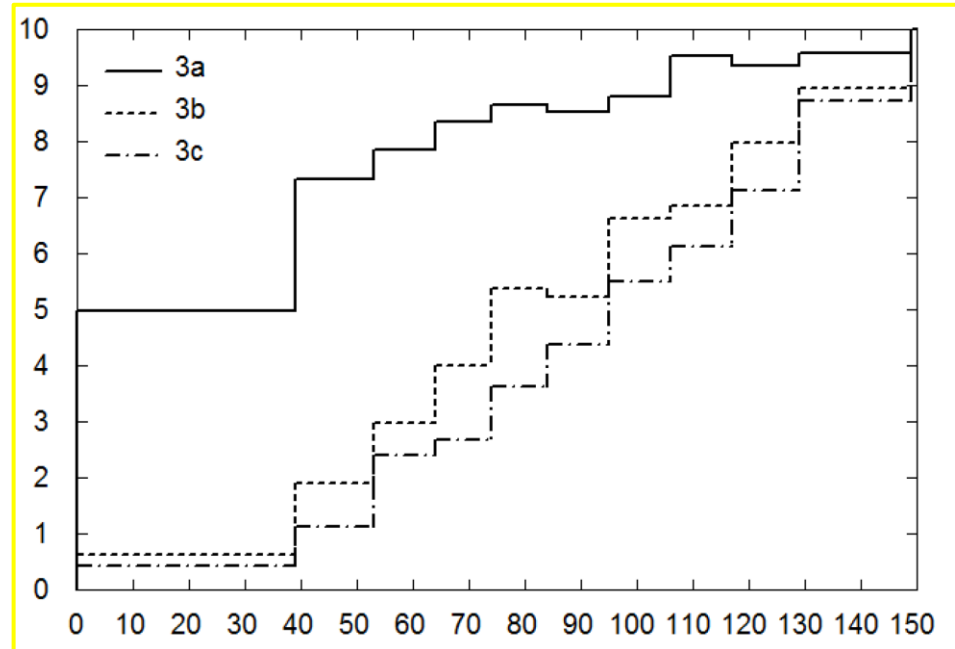


Nedenfor ses det tilsvarende diagram for opgave 3 *Blyhagl* i sæt 1, hvor 3a kan betegnes om ensidigt struktureret, mens 3b er flersidigt struktureret og 3c må tilhøre det relationelle niveau i SOLO-taksonomien.

Spørgsmål 3a diskriminerer omkring bestågrænsen, mens 3b bidrager til at fordele middelkarakterne og 3c i højere grad bidrager til at afgøre om en besvarelse skal have topkarakter.

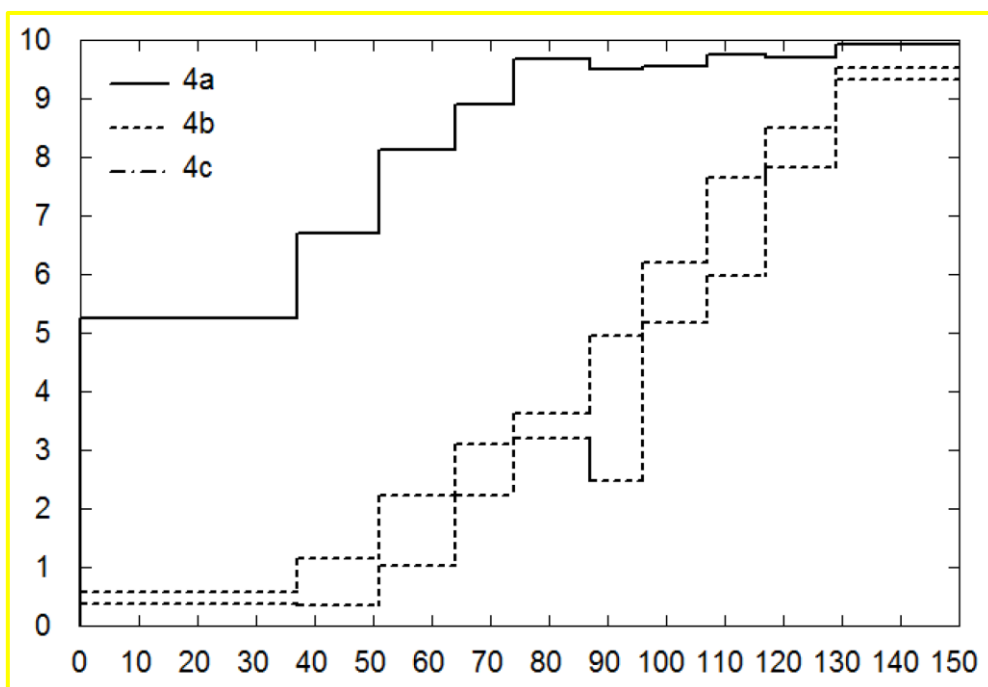
Sæt 1, opgave 3

*Blyhagl*:



Diagrammet nedenfor for opgave 4 i sæt 2 viser den store progression fra spørgsmål a til spørgsmål b og c. Kun 20 - 30 % af eksaminanderne mister point af betydning i 4a, mens kun de dygtigste 20 % nærmer sig en fuld pointscore i 4b og især 4c.

Sæt 2, opgave 4 *Luftskib*:



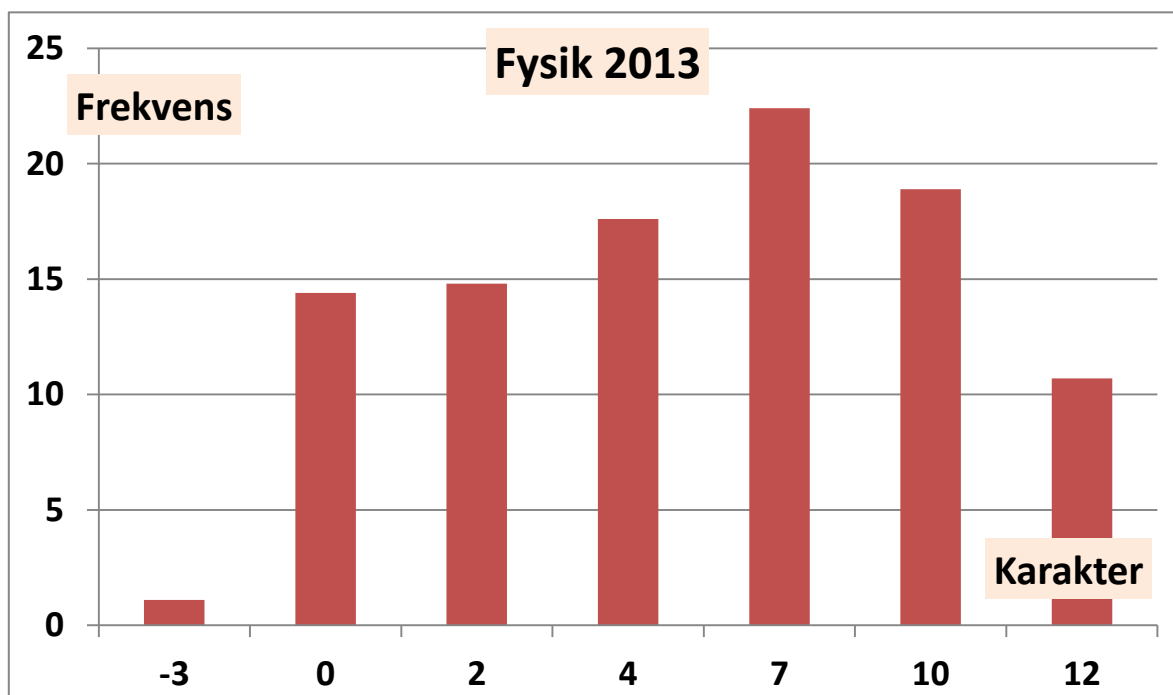
## 6. Statistik

På censormødet foretages en opgørelse af resultaterne, som er sammenfattet i nedenstående statistik på basis af holdene i det almene gymnasium. I alt var 1457 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 629 eksaminander var til prøve i sæt 2. Statistikken er foreløbig, idet den officielle statistik, som fremstilles af UNI•C, først kommer senere på året.

Alle

Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
<b>Antal</b>	22	301	309	367	468	395	224	2086
<b>Frekvenser</b>	1,1	14,4	14,8	17,6	22,4	18,9	10,7	100

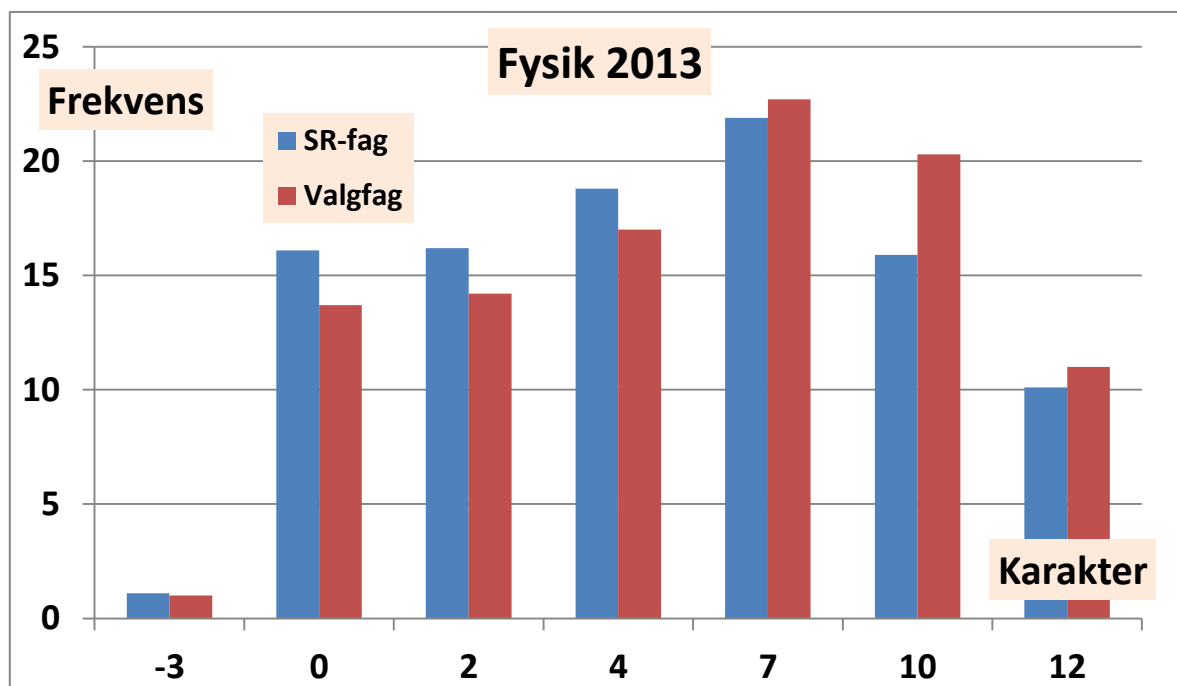
Karaktergennemsnittet for alle eksaminander blev 5,72.



Som vi har set før, var karaktergennemsnittet højere for drengene end for pigerne. Karaktererne opdelt på køn er kun kendt fra karakterprognosen, hvor gennemsnittet for drengenes karakterer var 1,0 større end pigernes gennemsnit.

Nedenfor er vist en karakteropgørelse opdelt på valghold fra B- til A-niveau (1432 eksaminander) og på treårige studieretningshold med fysik-A (654 eksaminander). Fordelingen ses i diagrammet:





Som sidste år klarede valgholdene sig bedst med karaktergennemsnittet 5,88, mens det for studieretningsholdene var 5,38.

De følgende tabeller viser resultaterne opdelt på de to sæt.

Sæt 1

Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
<b>Antal</b>	15	213	227	253	313	270	166	1457
<b>Frekvenser</b>	1	14,6	15,6	17,4	21,5	18,5	11,4	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 5,7.

Sæt 2

Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
<b>Antal</b>	7	88	82	114	155	125	58	629
<b>Frekvenser</b>	1,1	14	13	18,1	24,6	19,9	9,2	1,1

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 5,82.



## 7. Afsluttende bemærkninger

Der har i seks år været afholdt skriftlig prøve i fysik efter reformen, og der findes nu i alt 17 opgavesæt på ministeriets hjemmeside. Opgaverne stilles på baggrund af kernestoffet for fysik A, der sammen med opgavesættene giver indtryk af indhold og omfang af prøven. Med reformen er prøvetiden øget med en time til 5 timer, og dermed er der forbedret mulighed for, at eksaminanderne har tid til at give gode og fyldestgørende forklaringer til deres besvarelse.

I formuleringen af opgaverne er der enkelte steder eksplicit stillet krav om forklaring fx i form af en redegørelse for gjorte antagelser eller tegning af en figur. Dette fritager ikke eksaminanderne fra det generelle krav om, at besvarelse af en opgave altid skal ledsages af forklaring og argumenter, der tydeliggør tankegangen i løsningen af opgaven.

Brugen af CAS-værktøjer i undervisningen er fortsat et oplagt emne for det kollegiale samarbejde. Det er vigtigt, at man i undervisningen med eleverne diskuterer, hvordan man kan dokumentere PC-baserede metoder og resultater i opgavebesvarelser. På A-niveau bør brugen af faciliteter som fx regression og numerisk løsning ved SOLVE, integration eller tangentbestemmelse inddrages i det løbende arbejde med opgaver, eksperimenter og rapporter.

Erfaringerne fra prøverne i fysik-A kan med fordel blive inddraget i faggruppens løbende diskussion af undervisningen. Grundlaget for eksaminandernes besvarelser af opgaverne i den afsluttende prøve lægges allerede i fysik B-undervisningen, og derfor bør alle skolens fysiklærere og ikke kun årets fysik A-lærere inddrages i arbejdet. På den enkelte skole anbefales det, at arbejdet med undervisningen på fagets højeste niveau koordineres, så de indhøstede positive og negative erfaringer gives videre, når den ene lærer afløser den anden.

Gert Hansen  
Formand for opgavekommissionen  
[Gert.hansen@skolekom.dk](mailto:Gert.hansen@skolekom.dk)

Martin Schmidt  
Fagkonsulent i fysik (stx) og astronomi  
[Martin.Schmidt@uvm.dk](mailto:Martin.Schmidt@uvm.dk)