Råd og vink 2012
om
den skriftlige prøve
i
Fysik-stx

Ministeriet for Børn og Undervisning
Center for Kvalitetsudvikling, Prøver og Eksamen
Januar 2013

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2012 er der stillet to opgavesæt, som er tilgængelig på ministeriets hjemmeside. Sættene er mærket 1STX121-FYS/A-29052012 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.

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 ”De dynamiske stjerner”. I sæt 1 drejer det sig om opgave 1 *Stjernen Vega* og opgave 7 *Alnilam*, mens det i sæt 2 er opgave 6 *Betelgeuse*. I skoleåret 2012-13 vil emnet for *Fysik i det 21. århundrede* være ”Universets byggesten – moderne partikelfysik”.

2. Censorernes 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 censorernes indberetning af deres umiddelbare bedømmelse af et antal besvarelser og en samling skriftlige kommentarer til såvel de enkelte spørgsmål som til sættene som helhed.

Prognose: Under rettearbejdet indberetter censorerne deres umiddelbare bedømmelse af et antal besvarelser. Hvert af de 15 spørgsmål tildeles her et pointtal mellem 0 og 10. I år omfattede denne indberetning 1344 besvarelser for sæt 1 og 577 besvarelser for sæt 2. Censorernes 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 situation.
Pointtallene for denne prognose er i det følgende angivet som *elevscore*.

De skriftlige censorer har endvidere vurderet de enkelte spørgsmål på en skala med fem graderinger: Uegnet spørgsmål (-2), Ringe 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

1350 elever var til eksamen i dette sæt. Censorernes vurdering af spørgsmålene jf. skalaen ovenfor gav et gennemsnit på 1,3. Den bedste vurdering fik spørgsmål 4b (1,7), mens 2a, 3a, 5b og 6c (1,5) også fik en pæn vurdering af censorerne. Dårligste vurdering fik spørgsmålene 7a og 7b (1,0), og flere censorer bemærker, at det tilsyneladende er vanskeligt at lave gode opgaver til emnet ”De dynamiske stjerner”.

1. Stjernen Vega

Spørgsmål 1a (Elevscore: 8,4)
En opgave med en simpel anvendelse af Wiens forskydningslov. Langt de fleste eleverne aflæser den korrekte bølgelængde, ca. 500 nm, mens enkelte aflæser $\lambda_{\max}$, hvor den røde kurve stopper. Til højre ses et eksempel på en god elevbesvarelse med passende kommentarer.

> a) <u>Bestemmelse af stjernens overfladetemperatur</u>
> En stjernes kontinuerte spektrum følger tilnærmelsesvis en Planck-fordeling. Stjernens temperatur afhænger af bølgelængden for den maksimale intensitet efter Wien forskydningslov: $\lambda_{max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} m \cdot K}{T_{eff}}$
> Jeg aflæser $\lambda_{max} \approx 500 nm$
> $$500 \cdot 10^{-9} m = \frac{2,898 \cdot 10^{-3} m \cdot K}{T_{eff}}$$
> (solve) $T_{eff} = 5796,00..K \approx 5,80 \cdot 10^3$ (aflæsning af λ_{max} er ikke særlig præcis)
>
> Stjernens effektive overfladetemperatur er bestemt til $5,80 \cdot 10^3 K$

Enkelte elever har problemer med enheden nm i beregningen og får en meget lav temperatur, desværre ofte uden at kommentere det absurde resultat.
Det tæller klart positivt i helhedsvurderingen, når temperaturen sammenlignes med en kendt værdi fx for Solen.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 8,8)
Som pointtallet viser, kan mange elever finde den ønskede afstand. Brug af SOLVE bidrager til at undgå banale regnefejl.

2. Knivkast

Spørgsmål 2a (Elevscore: 5,1)
Mange elever havde vanskeligheder med dette spørgsmål, som dog må karakteriseres som et standardproblem. Mange svage eller middelgode elever afleverer et praktisk talt blankt svar.
I de fleste korrekte besvarelser anvendes bremseformlen ${v_2}^2 - {v_1}^2 = 2 \cdot \Delta s \cdot a$ til at komme frem til kraften. I de gode besvarelser forudsætter eleverne, at opbremsningen sker med konstant acceleration og ”Newtons anden lov” nævnes.

Kun få elever vælger at løse opgaven direkte ved anvendelse af arbejdssætningen $\Delta E_{\text{kin}} = F \cdot \Delta s$.

Måske kunne man med fordel lægge mere vægt på energibetragtninger i undervisningen og dermed undgå den ofte sete fejl, at eleverne sammenblander formlerne $\Delta s = v \cdot \Delta t$ og $\Delta v = a \cdot \Delta t$.
Det ses som en meget alvorlig fejl, når eleverne på denne måde undlader at overveje forudsætningerne for de anvendte formler.
Til højre ses et eksempel på et godt elevsvar, med kommentarer og korrekt håndtering af fortegnet for a. Behandling af enheden mm kikser desværre.
Selv blandt de dygtigste elever anvendes noget kritikløst at $v^2 = 2as$, hvilket medfører en nedsat pointscore.
Kun få elever fik 10 point i denne opgave.

Newtons anden giver at:

$$F = m \cdot a$$

Hvor F er kraften målt i N, m er massen på objektet i kg og a er acceleration i m/s^2. Derved skal vi find accelerationen for at kunne beregne kraften. Dette gøres ud fra vores bevægelsesligning med konstant acceleration, idet det antages at der i det tidsrum, hvor kniven bremses er en konstant deceleration.

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot s}$$

Hvor a er accelerationen, v er sluthastigheden, v0 er begyndelseshastigheden og s strækningen. Af opgaven ved vi at:

$$v = 0\frac{m}{s}$$
$$v_0 = 13{,}6\frac{m}{s}$$
$$s = 6\,mm = 6 \cdot 10^{-6} m$$

Herved beregnes accelerationen:

$$a = \frac{0^2 - 13{,}6^2 \frac{m}{s}}{2 \cdot 6 \cdot 10^{-6} m} = -1{,}5 \cdot 10^7 \, m/s^2$$

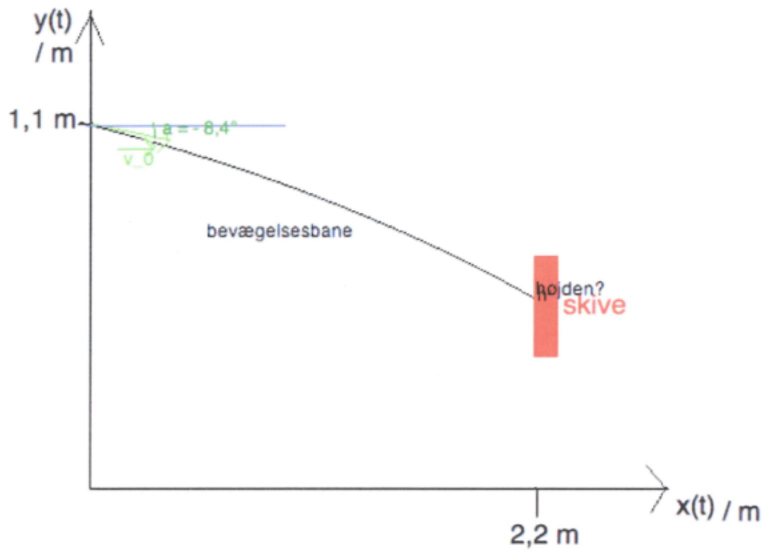
Grunden til at værdien af accelerationen bliver negativ er, at der er tale om en deceleration. Nu findes den kraft, der påvirker kniven under decelerationen:

$$F_{kniv} = 0{,}21 kg \cdot 1.5 \cdot 10^7 \frac{m}{s^2} = 3{,}2 \cdot 10^6 N = 3{,}2\, MN$$

Spørgsmål 2b (Elevscore: 5,8)
Dette er et typisk eksempel på et skråt kast, hvilket de fleste elever da også kan se. I den gode besvarelse bemærker man, at der er tale om skråt kast og/eller henviser til uafhængighedsprincippet. Alt for få bemærker, at luftmodstanden forudsættes at være uden betydning. Mange elever laver en relevant figur til at understøtte forklaringen, men det kan knibe med at få alle væsentlige detaljer med såsom et koordinatsystem med markering af (0,0). En del elever, som skriver i et IT-værktøj, laver en håndtegnet figur som bilag, hvilket er en fin måde at overkomme problemer med at lave tegninger på computer.
De fleste gode besvarelser anvender bevægelsesligningerne som funktion af tiden først for den vandrette bevægelse til at beregne Δt og dernæst den lodrette til at beregne højden.
Nogle bruger en færdig formel for sammenhængen mellem x og y i banen, hvilket er helt i orden, hvis der argumenteres for formlens gyldighed.
En del elever laver fortegnsfejl i vinklen, mens andre glemmer at tage højde for starthøjden og angiver faldhøjden som facit.

Nedenfor ses, hvordan man kan få en fornuftig start på besvarelsen af 2b.

Idet det oplyses, at kasteren kaster kniven skråt nedad, må dette betyde, at elevationsvinklen, α, skal være negativ jf. nedenstående tegning:



Af denne tegning fremgår det også hvordan det antages, at knivens bane følger bevægelsen for et skråt kast. På baggrund af uafhængighedsprincippet, kan der således opstilles to ligninger for knivens bevægelse i hhv. vandret og lodret retning som funktion af tiden t. I disse antages det nødvendigvis, at kniven ikke påvirkes af nogle ydre kræfter, og derfor ikke pludseligt vil skifte bevægelsesbane (her er luftmodstanden naturligvis inkluderet). De to for bevægelsen bliver derfor x(t) og y(t) bliver derfor:

3. Sukker

Spørgsmål 3a (Elevscore: 7,3)
Mange elever ser, at målebægeret er påtrykt et datasæt, hvor aflæsning af masse og volumen og en simpel regression giver den ønskede densitet. Nogle elever nøjes med at anvende ét datasæt og får et lidt mere usikkert resultat. I alle tilfælde har nøjagtighed i aflæsningerne betydning for censorernes vurdering af elevernes svar.
Introduktion af fysiske størrelser i den uvante ramme, et simpelt målebæger fra køkkenet, udfordrer en del elever. Ofte ser man elever gå en omvej via vands densitet, som vist her til højre, hvor det fremgår, at eleven ikke helt er klar over, hvad han aflæser på målebægeret.

Nogle tænksomme elever ved, at sukker synker til bunds i kaffen, og kommenterer den lave værdi for sukkers densitet.

Det fremgår af billedet, at 0,7 L vands volumen svarer til volumen af 590 gram sukker.
Vi ved at $m = \rho \cdot V \Leftrightarrow \frac{m}{\rho} = V,$
massen er lig densiteten gange med volumen, da de har samme volume, da kan vi sætte dem lig med hinanden, vi ved at vands densitet er lig 1,0 g/cm^3.

$$V_{\text{sukker}} = V_{\text{vand}}$$
$$\frac{m_{\text{sukker}}}{\rho_{\text{sukker}}} = \frac{m_{\text{vand}}}{\rho_{\text{vand}}}$$

Vi løser nu med hensyn til ρ_{sukker}, det er den ukendte. 700 mL ≈ 700 g, pga vands densitet.

$$\frac{590\ \text{g}}{\rho_{\text{sukker}}} = \frac{700\ \text{g}}{1{,}0\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \Rightarrow \rho_{\text{sukker}} = 0{,}84\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Altså har jeg bestemt sukkers densitet $\rho_{\text{sukker}} = 0{,}84\ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ud fra billedet.

4. Elektrisk køletaske

Spørgsmål 4a (Elevscore: 9,0)
Dette er et af sættets letteste spørgsmål, som klares fint af langt de fleste.
Som eksemplet til højre viser, er ikke alle lige omhyggelige og mister nogle point hos censorerne. (Se også "5. Generelle bemærkninger til elevernes besvarelser"). Nogle elever glemmer at omregne tiden fra timer til sekunder, mens en del elever går en overflødig omvej og udregner ladningen $q = I \cdot t$, hvorefter de beregner den omsatte energi $E = q \cdot U$.

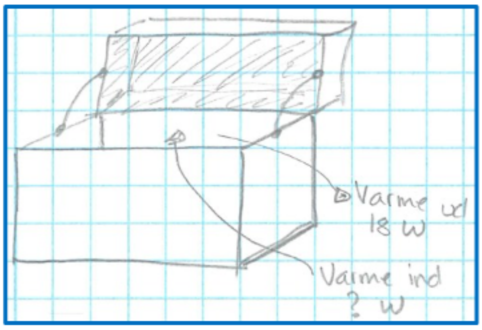
Jeg finder først effekten P.

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 4{,}2 = 50{,}4\ W$$

Og da jeg ved at Watt svarer til Joule i sekundet kan jeg beregne den brugte energi:

$$50{,}4 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 3 = \mathbf{544{,}32\ kJ}$$

Spørgsmål 4b (Elevscore: 3,6)
Kun de allerdygtigste af eleverne finder en fuldstændig korrekt løsning på dette spørgsmål. Den typiske fejl består i, at man ser på den gennemsnitlige temperaturændring fra $t = 0$ til $t = 2000$ s i stedet for øjebliksværdien til $t = 2000$ s. Nogle bestemmer fint tangenthældningen til $t = 2000$ s, men har problemer med at se forbindelsen til en relevant effekt.
Energibalancen for køletasken giver vanskeligheder for mange. En simpel figur, som vist her til højre med pile til at vise energistrømme ud og ind, kunne være en god hjælp for mange til at opstille en korrekt sammenhæng mellem den tilførte effekt fra omgivelserne, effekten afgivet via køleelementet og temperaturændringen for køletasken.



Det antages, at al den energi, som køleelementet leverer ved t = 2000 s, der ikke går til at køle tasken af, blot afsættes i omgivelserne. Dette betyder således, at de 18 W må svare til summen af energien afgivet til omgivelserne og energien, der bruges på at afkøle tasken:

$$18\ W = P_{omgivelser} + P_{afkøling} \Leftrightarrow P_{omgivelser} = 18\ W - P_{afkøling}$$

Derfor findes den effekt med hvilken tasken afkøles, idet temperaturændringen af tasken efter 2000 s findes som tangenthældningen til punktet. Denne tangenthældning er fundet på baggrund af aflæsninger, som fremgår af bilag 1, og beregnes derfor som følger:

$$a_{tangent} = \frac{\Delta T}{\Delta t} \Rightarrow a_{tangent} = \frac{10{,}4\,°C - 18{,}0°C}{5000\,s - 500\,s} = -16{,}9 \cdot 10^{-3}\,°\frac{C}{s}$$

$$P_{afkøling} = |a_{tangent}| \cdot k$$
$$\Rightarrow P_{afkøling} = 17{,}3 \cdot 10^{-3}\frac{K}{s} \cdot 2{,}4\frac{KJ}{K} = 4{,}1 \cdot 10^{-3}\ kW = 4{,}1\ W$$

Således bliver effekten, hvormed der afgives varme til omgivelserne følgende:

$$P_{omgivelser} = 18\ W - 4{,}1\ W = 13{,}9\ W$$

Til venstre ses et eksempel på en god besvarelse, hvor der dog er lidt usikkerhed i beregningerne. (Noget forklarende tekst er udeladt)

5. Katastrofen i Kyshtym

Spørgsmål 5a (Elevscore: 8,4)
Her anvendes Databogen eller et andet opslagsværk til at bestemme henfaldstypen og dernæst op-

skrive reaktionsskemaet. Der skal gives forklaring, enten ved henvisning til bevarelseslove eller et generelt skema som $\beta^{-}:\ {}^{A}_{Z}\mathrm{X} \rightarrow {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{A}_{Z+1}\mathrm{Y} + \bar{\nu}_{\mathrm{e}}$
Langt de fleste klarer dette fint, men alle deltaljer skal være på plads, herunder antineutrinoen og angivelser af massetal og atomnummer/ladning. Enkelte elever har problemer med at bestemme henfaldstypen eller er usikre i, hvordan reaktionsskemaet i givet fald ser ud.

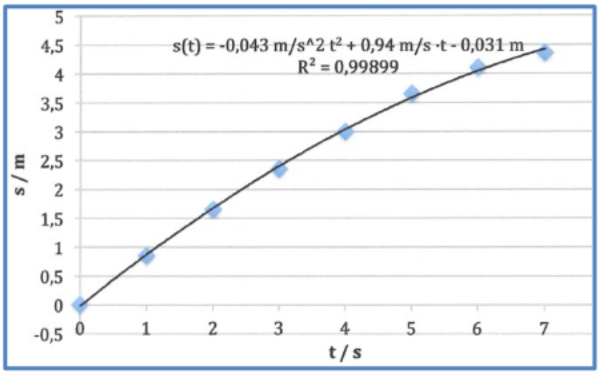
Spørgsmål 5b (Elevscore: 7,1)
At bestemme massen ud fra en given aktivitet er en kendt problemstilling, som løses fint af mange elever. Samtidig er det en kendt problematik, at enhederne i disse beregninger giver udfordringer for en del elever. I det hele taget er antallet af mulige fejl stor i denne opgavetype: Aflæsning i Databogen af halveringstid og atommasse og beregninger med 10'er potenser og præfixer er også kilder til fejl, som koster point hos censorerne.
Det forventes at massen angives i en SI-enhed, fx kg eller g.

Spørgsmål 5c (Elevscore: 6,2)
Også her kan mange elever se, hvilken model der skal opstilles. De fleste opskriver fint to udtryk for henfaldet af Ce og Sr som funktion af tiden, og heraf bruger langt de fleste SOLVE til at løse problemet.
Som i 5b betyder banale fejl, at en del elever alligevel mister nogle point her.
Enkelte overser, at både mængden af Ce og Sr udvikler sig med tiden og opstiller og løser en ligning som denne: $2{,}0\ \mathrm{PBq} = 24\ \mathrm{PBq} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{½}}}$, hvilket naturligvis er en alvorlig fejl.

6. Pedaltraktortræk

Spørgsmål 6a (Elevscore: 9,3)
Dette er et af de helt nemme spørgsmål, som klares fint af næste alle. For nogle få er brøkregningen her en lille udfordring.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 5,9)
I den gode besvarelse gennemføres en regression ud fra tabellens data, og farten findes som tangenthældningen. Der skal argumenteres for den anvendte model, for et andengradspolynomium ud fra en antagelse om at bevægelsen i starten foregår med konstant acceleration eller ved at vælge en matematisk model, som passer til data – uden at kende den fysiske begrundelse. Tilpasningen til datapunkterne skal kommenteres, bedst i forbindelse med en illustration, som vist her til højre.



Funktionsforskriften og den gode forklaringsgrad indikerer, at der er tale om en bevægelse med konstant acceleration, idet stedfunktionen da er givet ved:
$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$

Nogle anvender en lineær model, hvilket ikke er tilfredsstillende. Endnu dårli-

gere vurderes de svar, hvor der kun anvendes ét datapunkt: $v = \frac{3{,}0\ \mathrm{m}}{4{,}0\ \mathrm{s}}$.
Enkelte finder en formel for $s(t)$ ved regression, men viser en ringe forståelse for de indgående fysiske størrelser, idet farten bestemmes ved at indsætte $t = 4{,}0$ s i formlen for s.

Spørgsmål 6c (Elevscore: 4,3)
Kun få elever kunne besvare dette spørgsmål fuldstændig korrekt. Man skal bestemme gnidningskraftens arbejde ved at integrere og dernæst bestemme effekten ved at dividere med tidsrummet.
Mange bestemmer arbejdet ud fra en konstant kraft, beregnet for $s = 10$ m eller et gennemsnit for strækningen, hvilket kun giver få point hos censorerne.
Yderst få bemærker at gnidningskraftens arbejde er negativt.
Nedenfor ses et eksempel på en næsten fejlfri besvarelse

Det arbejde A som en varierende kraft udfører på en partikel, der forskyden kraftens retning fra s_1 til s_2 er givet ved:

$$A = \int_{s_1}^{s_2} F(s)\ \mathrm{d}s$$

Vi kan derved bestemme det arbejde, som gnidningskraften udfører over de ti meter:

$$\int_0^{10} F_{gnid}(s)\ \mathrm{d}s$$

6090 **(5)**

Altså yder gnidningskraften et arbejde på 6090 J.

Effekten kan da beregnes:

$$P = \frac{A_{ydre}}{\Delta t} = \frac{6090\ J}{13,1\ s} = 465\ W$$

Altså yder gnidningskraften gennemsnitligt en effekt på 465 W.

7. Alnilam

Spørgsmål 7a (Elevscore: 8,5)
De fleste kender den relevante formel for en stjernes lysstyrke og kan gennemføre den simple beregning.
Enkelte glemmer Stefan-Boltzmannkonstanten i formlen, eller at temperaturen skal i 4. potens, hvilket koster nogle point.

Spørgsmål 7b (Elevscore: 8,0)
Mange elever kender en formel for tyngdeaccelerationen på et himmellegemes overflade eller kombinerer Newtons anden lov med gravitationsloven. Men også her ses en del fejl i de ellers ret banale beregninger.
Kun få elever forudsætter i forklaringen, at Alnilam skal være kugleformet.

4. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

622 elever var til eksamen i dette sæt. Censorerne vurderede jf. skalaen nævnt side 1 - 2 i alt 13 spørgsmål i sæt 2 til 1,4 eller derover. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 1,5. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 2a, 4a, 4b, 7a og 7b (1,8), mens 5b (1,0) og 6b (0,9) fik den laveste vurdering.

1. Nissan Leaf

Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,6)
Som elevscoren viser, får næsten alle elever tæt på maksimum point her.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 7,8)
En typisk fejl er, at elever ikke har gjort sig klart, at kW er enhed for effekt, mens kWh er en energienhed. Nogle overser, at der oplades i 30 min, og bruger uden videre 1 h som det relevante tidsrum. I begge tilfælde fås et resultat, lignende det her til højre.

$$\eta = \frac{E_{udnyttet}}{E_{tilført}} * 100\%$$

$$= \frac{19kW}{50kW} * 100\% = 38\%$$

$$\underline{\underline{\eta = 38\%}}$$

Spørgsmål 1c (Elevscore: 6,0)
Her forventes det, at eleverne forholder sig til valg af model og med et passende værktøj laver en regression og anvender resultatet herfra til at bestemme c_w. De fleste laver fornuftigt 2. grads polynomisk regression, men også potensregression kan give en fuldt korrekt besvarelse, hvis eleven eksplicit forholder sig til potensen, som her ikke bliver præcist 2. Nogle elever bestemmer c_w for hvert datapunkt og beregner således gennemsnittet med en rimelig nøjagtighed.
Det er ikke tilstrækkeligt, blot at beregne c_w ud fra et gennemsnit af tallene i tabellen. En del elever bruger kun et enkelt datapunkt fra tabellen, hvilket slet ikke er i orden.

2. Skybrud

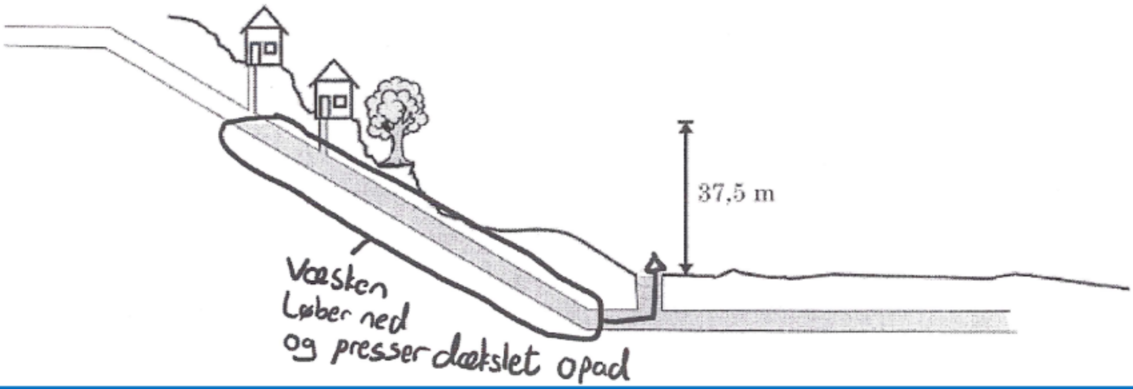
Spørgsmål 2a (Elevscore: 6,6)
Man skal her finde størrelsen af kraften fra vandet på kloakdækslet. Kun få elever har overvejet, om man her mener vandets bidrag til den opadrettede kraft på kloakdækslet eller den kraftpåvirkning, vandet aktuelt udøver på kloakdækslet. Med den sidste opfattelse skal man medregne lufttrykket over den åbne ende af kloakrøret.
Mange elever får et rigtigt resultat, men tilsyneladende uden at overveje den fysiske situation. Nogle "stabler" en 37,5 m vandsøjle oven på kloakdækslet og beregner tyngdekraften på vandet, men overvejer ikke, om kraftens retning er korrekt.
Til de dårlige besvarelser hører dem, som blot angiver kraften som 9880 kg og dermed demonstrerer en usikker forståelse af de fysiske størrelser.
En del kedelige fejl sniger sig desværre ind i forbindelse med beregning af kloakdækslets areal jf. eksemplet til højre.

Så finder jeg a ved hjælp af denne formel

$$4 * \pi * r^2$$

Nedenfor ses et af de få hæderlige forsøg på forklaring

Disse næsten ti tons vand presser kloakdækslet opad. Kraften udregnes som tyngdekraften på væskesøjlen, da vi kan regne med, at vandet presses nedad i kloakdækslet af tyngdekraften, og det er denne fortrængte væskemængde, der presser på dækslet.



3. Datering af jordlag

Spørgsmål 3a (Elevscore: 7,4)
Til en fuldstændig besvarelse hører, at man overvejer, hvilken rolle de to angivne aktiviteter spiller, sådan som det ses hos to elever nedenfor.

> Her opgives således $A = 2.1\ mBq$, og $A_0 = 22.9\ mBq$, idet ved isolering af t findes antal år der er gået imellem de to aflejringer (bemærk: vi finder ikke den oprindelige aktivitet).

> Da vi blot skal finde den tid der er gået i mellem de to aflejringer, kan vi indsætte den højeste aktivitet som begyndelsesaktivitet og den laveste aktivitet som den nuværende og dermed

Nogle elever kender tilsyneladende kun henfaldsloven for kerner og har derfor besværet med at bestemme antallet af kerner i hver prøve, inden tidsrummet beregnes.

Spørgsmål 3b (Elevscore: 6,0)
Den lave elevscore skyldes blandt andet, at aktiviteten angives som 672 henfald i løbet af 3 døgn, hvilket giver mange elever vanskeligheder med enhederne, fx ses forkerte enhedsomregninger eller aktiviteter, der uden videre sættes til 672 Bq eller 672 d^{-1}.
Det forventes, at resultatet er angivet i en SI-enhed som kg, og ikke enheden u.

4. 100 meter løb

Spørgsmål 4a (Elevscore: 9,6)
Et spørgsmål, som hører til i den lette ende, men ikke alle får 10 point hos censorerne. Man holder fx øje med argumentationen og antallet af cifre.

En elev skriver

"Vi skal finde hastigheden, denne måles i meter pr. sekund. Derfor må svaret kunne findes ved at sige" (se boksen til højre)
Her har både de 10 cifre og den ringe argumentation betydning for pointscoren.

$$\frac{100m}{10{,}49s} = 9{,}532888465\,\frac{m}{s}$$

Spørgsmål 4b (Elevscore: 7,8)
Som ventet og som elevscoren viser, aflæser de fleste elever nemt den maksimale kraft og bestemmer den ønskede acceleration. Enkelte elever kaster sig ud i at tælle tern, mens andre vælger at bestemme en tangenthældning, hvilket oftest fører til helt værdiløse resultater.

Spørgsmål 4c (Elevscore: 4,3)
Dette spørgsmål volder problemer for mange elever. Ret få elever anvender direkte, at arealet under grafen er ændringen i bevægelsesmængde, hvilket ellers ret nemt fører til et godt resultat. Meget få elever forudsætter i beregningen, at løberen er i hvile ved starten, som det sker i eksemplet nedenfor. Hvis man uden argumentation bestemmer farten som arealet dividerer med massen, regnes det ikke for en fuldstændig besvarelse.
En del elever beregner størrelsen af arealet, men har problemer med at bruge resultatet til at bestemme farten og ender ofte med en løsning, som kun giver få point.
Enkelte elever har beregnet arealet allerede i forbindelse med løsningen af 4b og får slet ikke bragt det i spil til løsningen af 4c.

Løberens impuls kan estimeres ved hjælp af arealet under den givne (F,t)-graf, da ændringen i impuls kan beregne således:

$$\Delta p = F * \Delta t$$

Grafen opdeles i trekanter og firkanter for at beregne et ca. areal.

Løberens impuls er ca. $p = 159\ N * s$ når hun forlader start blokken, da hun stod stille før afsættet hvor hendes impuls dermed må være 0.

Da følgende gælder for impuls kan hendes fart beregnes:

$$p = m * v \leftrightarrow v = \frac{p}{m}$$

$$v_{løber} = \frac{159\ N * s}{62\ kg} = 2{,}6\ m/s$$

Løberen hastighed da hun forlader startblokken er således beregnet til $2{,}6\,\frac{m}{s}$

5. Rumsonden Messenger

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,1)
Stort set alle elever kender formlen for kinetisk energi, og langt de fleste finder det rigtige resultat. Men der er overraskende mange ellers dygtige elever, som regner forkert, og fx ikke kvadrerer hastigheden som i eksemplet.

Til at beregne den kinetiske energi bruger jeg formlen $E_{kin} = \frac{1}{2} * m * v^2$
Massen samt farten er oplyst og indsættes nu i formlen

$$E_{kin} = \frac{1}{2} * 512 * 3{,}81 * 10^3\,\frac{m}{s} = 975 * 10^3\ J$$

Det hører med til helhedsvurderingen af en besvarelse, om eksaminanden er sikker i beregningerne. En konsekvent og systematisk brug af et CAS-værktøj kunne være en støtte for de elever, som er usikre på dette punkt.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 6,4)
Eleverne kender formlen for gravitationskraften, men alt for mange overvejer ikke, hvilken afstand der skal sættes ind, men bruger uden videre afstanden fra Messenger til overfladen af Merkur.

Spørgsmål 5c (Elevscore: 2,9)
Kun de dygtigste elever kommer godt igennem dette spørgsmål, som man ellers fristes til at kalde en standardproblemstilling.
Mange antager uden videre, at der, tilnærmelsesvis, er tale om en cirkelbane – selvom banen omtales i opgaven som elliptisk. Andre overvejer åbenbart slet ikke forudsætningerne for de samme formler. Resultatet bliver oftest næsten værdiløse besvarelser.
Virialsætningen og formlen for undvigelseshastighed bringes også i spil af mange. Samlet set får man det indtryk, at alt for mange elever kritikløst anvender formler, hvor forudsætningerne er langt fra at være opfyldt.

Ét af de få vellykkede svar ses her. Eksaminanden afrunder fint til 564 $\frac{m}{s}$ på næste side.

For at beregne Messengers fart når den er længst væk fra Merkur antages at der er tale om energibevarelse i Messengers system. Dermed kan der opstilles at:

$$E_{mek1} = E_{mek2}$$

Den mekaniske energi består af summen af den potentielle og den kinetiske energi. I denne situation kan den mekaniske energi opskrives til:

$$E_{mek} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

Dette fremkommer, da tyngdekraftens potentielle energi er $-G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$. Der opstilles følgende udtryk for bevarelsen af den samlede mekaniske energi:

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot {v_1}^2 - G \cdot \frac{m \cdot M}{r_1} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot {v_2}^2 - G \cdot \frac{m \cdot M}{r_2}$$

Her sættes situation 1 til at være når de to objekter er længst væk fra hinanden og situation 2 til at være når de er tættest på hinanden. Da der skal findes hastigheden når de er længst væk fra hinanden isoleres v_1:

$$v_1 = \sqrt{{v_2}^2 - 2G\frac{M}{r_2} + 2G\frac{M}{r_1}}$$

Heri indsættes alle kendte størrelser samt r_1 der kan udregnes til afstanden mellem de to objekter når de er længst væk fra hinanden plus Merkurs radius:

$$v_1 = \sqrt{\left(3{,}81 \cdot 10^3 \frac{m}{s}\right)^2 - 2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{3{,}29 \cdot 10^{23}\mathrm{kg}}{2{,}639 \cdot 10^6\ \mathrm{m}} + 2 \cdot 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot \frac{3{,}29 \cdot 10^{23}\mathrm{kg}}{1{,}56 \cdot 10^7 m + 2{,}439 \cdot 10^6\ \mathrm{m}}}$$

$$v_1 = \sqrt{14516100 \left(\frac{m}{s}\right)^2 - 1{,}334 \cdot 10^{-10}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot 1{,}24668435 \cdot 10^{17} \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}} + 1{,}334 \cdot 10^{-10}\ \frac{N \cdot m^2}{kg^2} \cdot 1{,}823826154 \cdot 10^{16} \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}}}$$

$$v_1 = 564{,}1939918 \frac{m}{s}$$

6. Betelgeuse

Spørgsmål 6a (Elevscore: 7,4)
Næsten alle kender og kan bruge T^4-loven. Men beregninger med procent er et problem for mange elever, og når regnefejl fx giver temperaturen 600 K, lægger censorerne vægt på, at det åbenlyst forkerte tal kommenteres.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 7,9)
De fleste finder den rigtige lysstyrke her, bortset fra enkelte tilfælde, hvor beregningerne er usikre. Det viste eksempel tydeliggør behovet for opmærksomhed på enhederne og på vurdering af rimeligheden af et resultat.

Til at bestemme lysstyrken bruger jeg formlen $I = \frac{L}{4*\pi*R^2} \leftrightarrow L = I*4*\pi*R^2$

Afstanden samt intensiteten er oplyst og indsættes i formlen

$$L = 3*10^{-3}\frac{W}{m^2}*4*\pi*640\ lysår = 2*10^1\ W$$

Altså er den forventede lysstyrke $2*10^1$ W

7. Stort badebassin

Spørgsmål 7a (Elevscore: 5,0)
Denne opgave er en ”åben” opgave, hvor eleverne selv skal tildele værdier til de størrelser, der indgår i beregningerne, hvilket langt de fleste elever også kaster sig ud i. Man skal vurdere dimensionerne af bassinet ud fra det viste billede samt størrelsen af energitilførslen fra Solen og samtidig gøre sig antagelser om varmeudveksling med omgivelserne, skyggevirkning mv. Opgaven er dermed mere kompleks end flere andre tidligere åbne opgaver. I vurderingen af elevernes besvarelser må man derfor acceptere en ret bred vifte af antagelser og en rimelig margin for temperaturstigningen.
Censorerne har kun accepteret Solen som energikilde og ikke personer eller den omgivende luft. Det forventes endvidere, at Solens indstråling begrundes med udgangspunkt i et dataopslag. Det har betydning for pointtildelingen, hvis man tildeler en værdi til bassinets volumen i stedet for dets højde og diameter, ikke mindst i de tilfælde, hvor værdien for volumenet giver en helt urimelig værdi for bassinets højde. Blandt de relevante antagelser må høre varmeudveksling med omgivelserne. Man kan ikke forvente en sikker vurdering af vandets albedo. Yderst få elever bemærker, at temperaturstigningen primært må afhænge af bassinets højde og i mindre grad af bredden.

5. Generelle bemærkninger til elevernes besvarelser

Elevernes forklaring

En fyldestgørende besvarelse skal indeholde en forklarende tekst, som angiver tankegangen bag den valgte løsning samt relevante antagelser, som eleven 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 4a viser en typisk mangelfuld besvarelse. Det er uklart, hvordan W fremkommer som enhed for effekten, og der argumenteres efterfølgende ud fra enheder, ligesom der er alt for mange cifre i facit.

Jeg finder først effekten P.

$$P = U \cdot I = 12 \cdot 4{,}2 = 50{,}4\ W$$

Og da jeg ved at Watt svarer til Joule i sekundet kan jeg beregne den brugte energi:

$$50{,}4 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 3 = \mathbf{544{,}32\ kJ}$$

Nogle elever bruger tid på helt eller delvist at skrive opgavens formulering ind i besvarelsen. Det må man bestemt råde eleverne 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.

Brugen af CAS-værktøjer

Der er mange udmærkede besvarelser med gode forklaringer i forbindelse med brug af CAS-værktøjer, hvoraf nogle bruger lommeregnere, mens de fleste anvender PC-baserede værktøjer som TI-Nspire eller Maple eller MathCad. Næsten alle elever anvender CAS i en eller anden udstrækning, og der er forsat vækst i rene PC-baserede besvarelser.
Eleverne behersker generelt de vigtigste værktøjer som SOLVE, regression mv. Nogle CAS-værktøjer kan også hjælpe med håndtering af enheder, men nogle elever 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 elever. Det anbefales varmt at træne eleverne i at udnytte CAS-værktøjernes muligheder. Dermed undgår eleverne nogle af de trivielle regnefejl med enheder og præfikser samt banale regnefejl, som desværre er ret udbredt, også for ellers tilsyneladende dygtige elever.

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*10^-5 i stedet for $7 \cdot 10^{-5}$.

Alt for ofte stoler de lidt svagere elever 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. Her kan det være nødvendigt og praktisk at ty til en lavteknologisk håndtegnet figur til støtte for forklaringen til løsningen af opgaven.

Taksonomi og prognosen

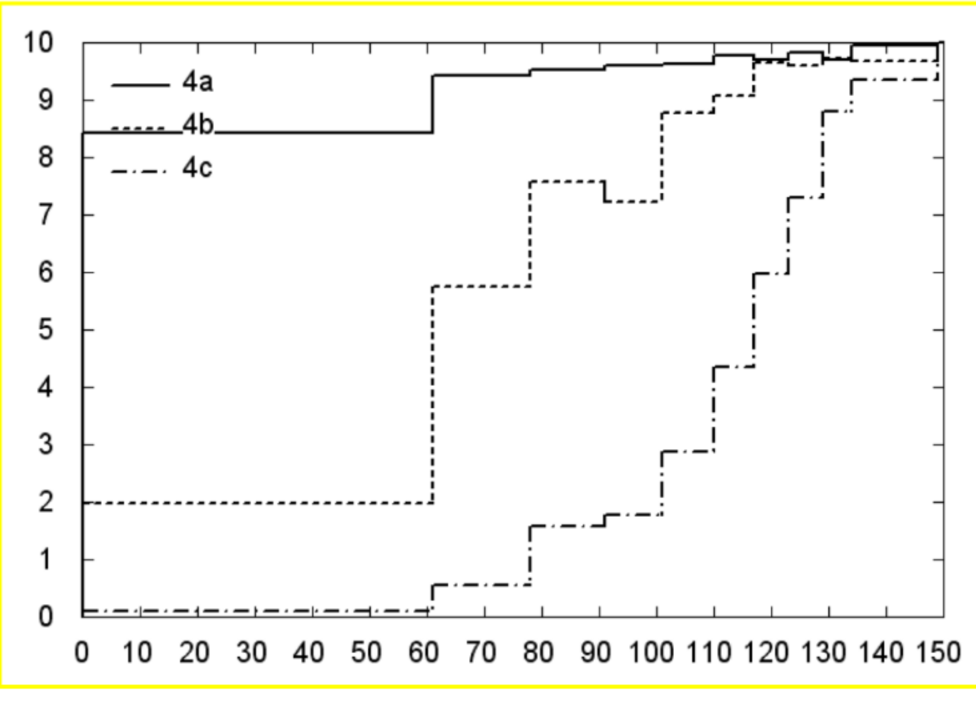
Opgave 4 i sæt 2 er et godt eksempel på, hvordan problemstillinger på forskellige SOLO-taksonomiske niveauer har betydning for vurderingen af eksaminandernes besvarelser. Man kan nogenlunde placere spørgsmålene i opgave 4 på følgende niveauer i SOLO-taksonomien[1]:
4a: *2. Ensidigt struktureret*; 4b: *3. Flersidigt struktureret*; 4c: *4. Relationelt.*

Den omtalte prognose (side 1) fortæller blandt andet, hvor mange point de enkelte kategorier af elever får i hvert spørgsmål.
Eleverne opdeles i 10 lige store grupper efter samlet pointtal. De svageste 10 % i én gruppe [0;60], de 10% næstsvageste i næste gruppe [61;77], osv. – og endelig de 10 % dygtigste i sidste gruppe, [133;150].
For hver af disse 10 grupper beregnes elevernes gennemsnitlige score for hvert spørgsmål, og resultaterne vises i et diagram som her nedenfor for opgave 4 i sæt 2.
Man ser således i diagrammet, at de svageste 10 % af eleverne i gennemsnit fik 2,0 point i spørgsmål 4b, mens de fik 8,5 point i 4a.
De næstsvageste 10 % fik 5,8 point i spørgsmål 4b og 9,4 point i 4a.

I tabelform:

Samlet score	[0;60]	[61;77]	[78;90]	[91;100]
Score 4a	8,4	9,5	9,6	(osv.)
Score 4b	2,0	5,8	7,6	
Score 4c	0,1	0,5		

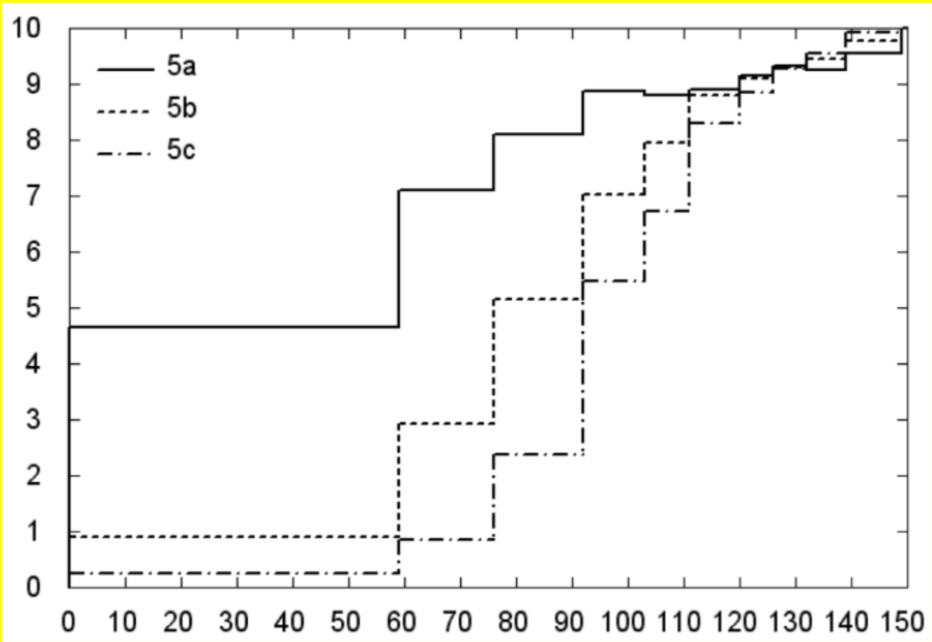
Prognosen dokumenterer dermed, at spørgsmål 4b er med til at afgøre, om en eksaminand består eller ej.
På lignende måde kan man se på kurven for spørgsmål 4c, hvor kun elever med en samlet score over 110 point får point af betydning, mens det kun er de bedste 20 %, der nærmer sig et fuldt pointtal i 4c. Dette peger på, at spørgsmål 4c bidrager til at afgøre, hvorvidt en besvarelse skal have en topkarakter.
Sæt 2, opgave 4 *100 meter løb*:



[1] "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 9.2.2012

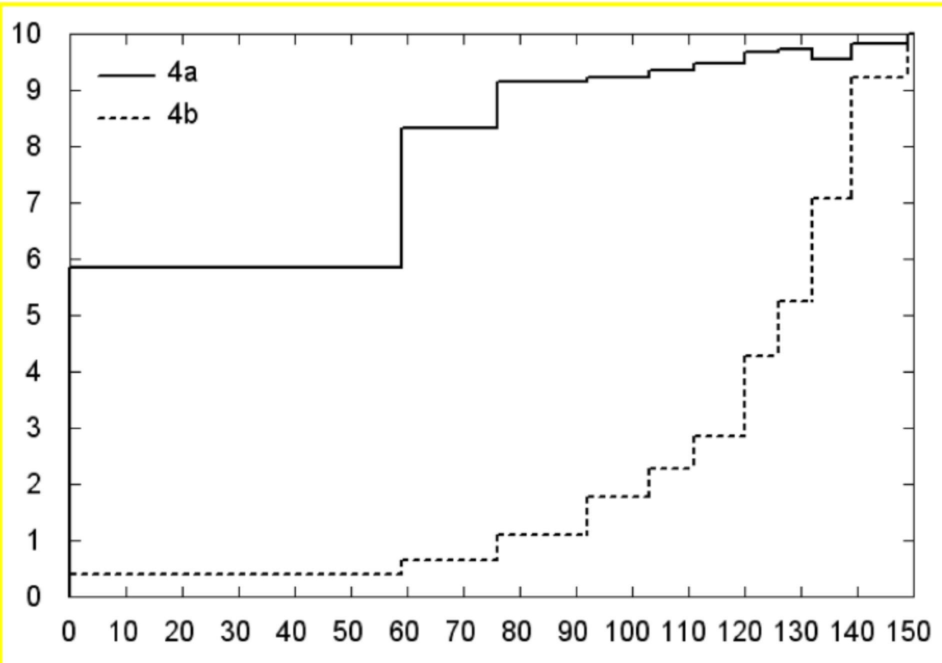
Nedenfor ses det tilsvarende diagram for opgave 5 i sæt 1, hvor 5a nok kan betegnes som ensidigt struktureret, mens 5b og 5c begge er flersidigt struktureret i SOLO-taksonomien. Spørgsmål 5a diskriminerer omkring bestågrænsen, mens 5b og 5c bidrager til at fordele middelkaraktererne. De dygtige elever får stort set lige mange point i alle tre spørgsmål.

Sæt 1, opgave 5, *Katastrofen i Kyshtym*:



Diagrammet nedenfor for opgave 4 i sæt 1 viser den store progression fra spørgsmål a til spørgsmål b. Kun 20 % af eleverne mister point af betydning i 4a, mens kun de dygtigste 10 % nærmer sig en fuld pointscore i 4b.

Sæt 1, opgave 4, *Elektrisk køletaske*:



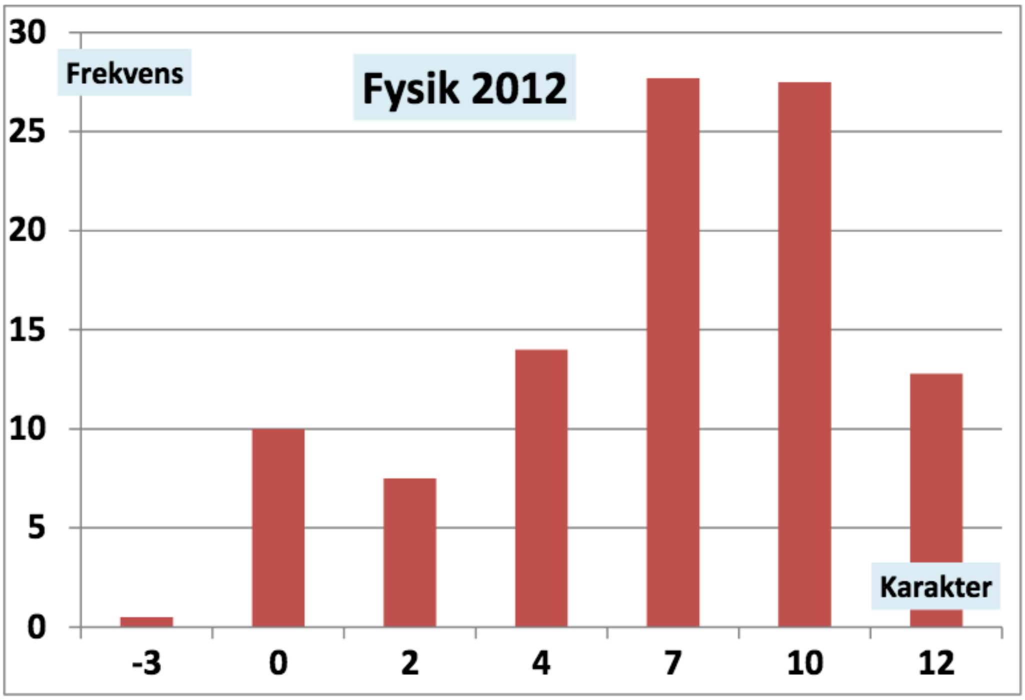
6. Statistik

På censormødet foretages en opgørelse af resultaterne, som er sammenfattet i nedenstående statistik på basis af holdene i det almene gymnasium. I alt var 1350 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 622 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

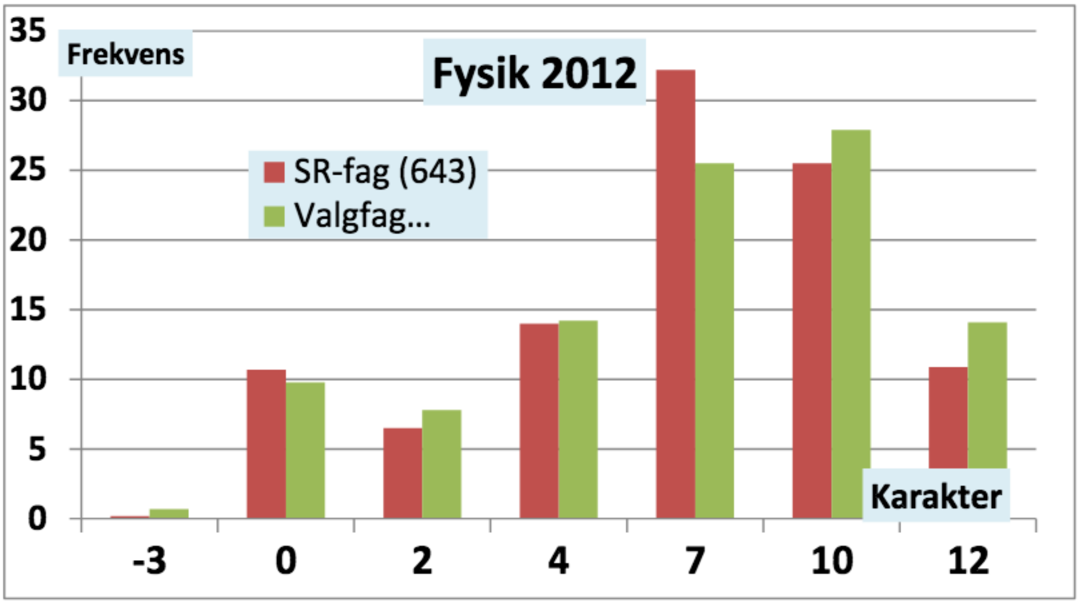
Karakterer	-3	0	2	4	7	10	12	I alt
Antal	9	198	147	276	546	543	253	1972
Frekvenser	0,5	10	7,5	14	27,7	27,5	12,8	100

Karaktergennemsnittet for alle eksaminander blev 6,93.



Som vi har set før, var karaktergennemsnittet højere for drengene end for pigerne. Karaktererne opdelt på køn er kun kendt fra karakterprognosen, hvor drengene i gennemsnit fik 7,3 mens pigerne i gennemsnit fik 6,4. Det er bemærkelsesværdigt, at pigerne i sæt 2 med gennemsnittet 6,9 klarede sig en anelse bedre end drengene med 6,8.

Nedenfor er vist en karakteropgørelse opdelt på valghold fra B- til A-niveau (1054 eksaminander) og på treårige studieretningshold med fysik-A (606 eksaminander). Fordelingen ses i diagrammet:



Som sidste år klarede valgholdene sig bedst med karaktergennemsnittet 7,0, mens det for studieretningsholdene var 6,8. Sidste år var forskellen på de to grupper af elever mere markant.

De følgende tabeller viser resultaterne opdelt på de to sæt. Gennemsnittet for sæt 1 er lidt højere end for sæt 2.

Sæt 1

Karakterer	**-3**	**0**	**2**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	8	133	102	191	361	361	194	1350
Frekvenser	0,6	9,9	7,6	14,1	26,7	26,7	14,4	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 7,0.

Sæt 2

Karakterer	**-3**	**0**	**2**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	1	65	45	85	185	182	59	622
Frekvenser	0,2	10,5	7,2	13,7	29,7	29,3	9,5	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,8.

7. Afsluttende bemærkninger

Der har i fem år været afholdt skriftlig prøve i fysik efter reformen, og der findes nu i alt 14 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. Det fritager ikke eksaminanderne fra det generelle krav om, at besvarelsen af en opgave 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 elevernes besvarelser af opgaverne i den afsluttende prøve lægges for en del elever 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

Martin Schmidt
Fagkonsulent i fysik (stx) og astronomi
Martin.Schmidt@uvm.dk