BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET
STYRELSEN FOR
UNDERVISNING OG KVALITET

Fysik 2019

Råd og vink til den skriftlige prøve
Fysik A stx
Maj 2019

Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
August 2019

Indhold

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2019 er der stillet to opgavesæt, som er tilgængelige på Materialeplatformen. Sættene er mærket gl-1stx191-FYS/A-22052019 og gl-2stx191-FYS/A-29052019 og findes på adressen http://materialeplatform.emu.dk/node/154.html

Sættene vil nedenfor blive behandlet hver for sig, efterfulgt af nogle generelle bemærkninger.

Opgavekommissionen bag opgavesættene til årets skriftlige prøve i fysik (stx) bestod af Gert Hansen (formand), Nils Kruse, Randi Larsen, Martin Schmidt og Thomas Laustsen. Fagkonsulent Thomas Brun Kristensen har været tilknyttet opgavekommissionen.

Begge opgavesæt indeholdt 15 spørgsmål, herunder opgaver indenfor emnet Fysik i det 21. århundrede, som i år omhandler ”Medicinsk fysik”. I sæt 1 drejer det sig om opgave 7 Radionuklidterapi med ^{67}Cu, mens det i sæt 2 er opgave 3 Radionuklidterapi med ^{166}Ho samt opgave 4 Biologisk halveringstid for ^{131}I.
I skoleåret 2019-20 er emnet for Fysik i det 21. århundrede også ”Medicinsk fysik”.

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.

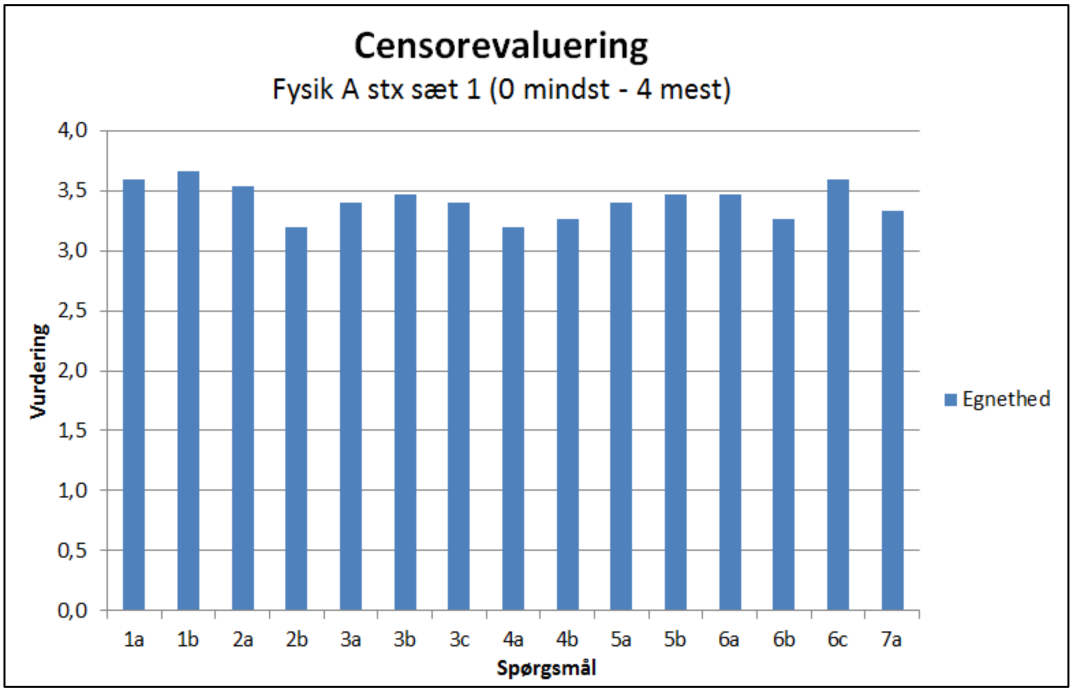
Under rettearbejdet indberetter censorerne deres umiddelbare bedømmelse af et antal besvarelser. Hvert af de 15 spørgsmål tildeles her et pointtal mellem 0 og 10. I år udgør disse indberetninger en stikprøve på 97 % af samtlige besvarelser. Det skal bemærkes, at der ikke er nogen central styret rettenorm, 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 gradueringer: Uegnet spørgsmål (0), Ringe spørgsmål (1), Middelgodt (2), Velegnet (3) og Meget velegnet (4). Vurderingerne er angivet under de enkelte sæt.

Sæt 1

Her er censorernes vurdering af sæt 1 (15 besvarelser). Gennemsnittet af censorernes vurdering af sættets spørgsmål er 3,4.

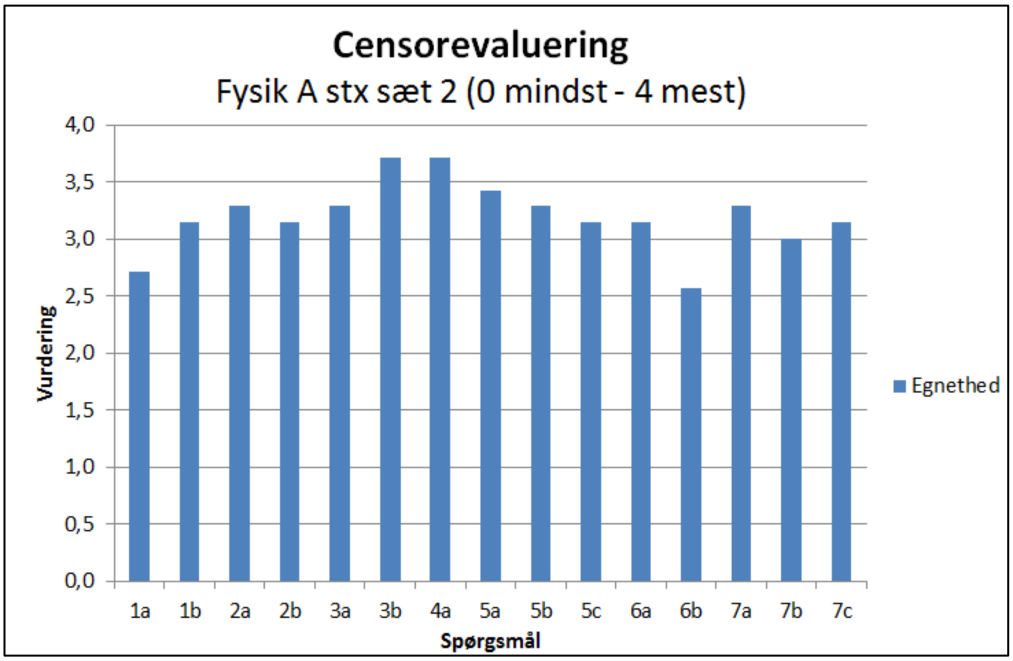


Spørgsmål	1a	1b	2a	2b	3a	3b	3c	4a	4b	5a	5b	6a	6b	6c	7a
Vurdering (0 - 4)	3,6	3,7	3,5	3,2	3,4	3,5	3,4	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,3	3,6	3,3

Censorerne vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 10 spørgsmål i sæt 1 til 3,4 eller derover, mens 4 lå mellem 3,2 og 3,4. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 1 er 3,4. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 1a (3,6), 1b (3,7) og 6c (3,6), mens 2b (3,2) og 4a (3,2) fik den laveste vurdering.

Sæt 2

Her er censorernes vurdering af sæt 2 (9 besvarelser). Gennemsnittet af censorernes vurdering af sættets spørgsmål er 3,2.



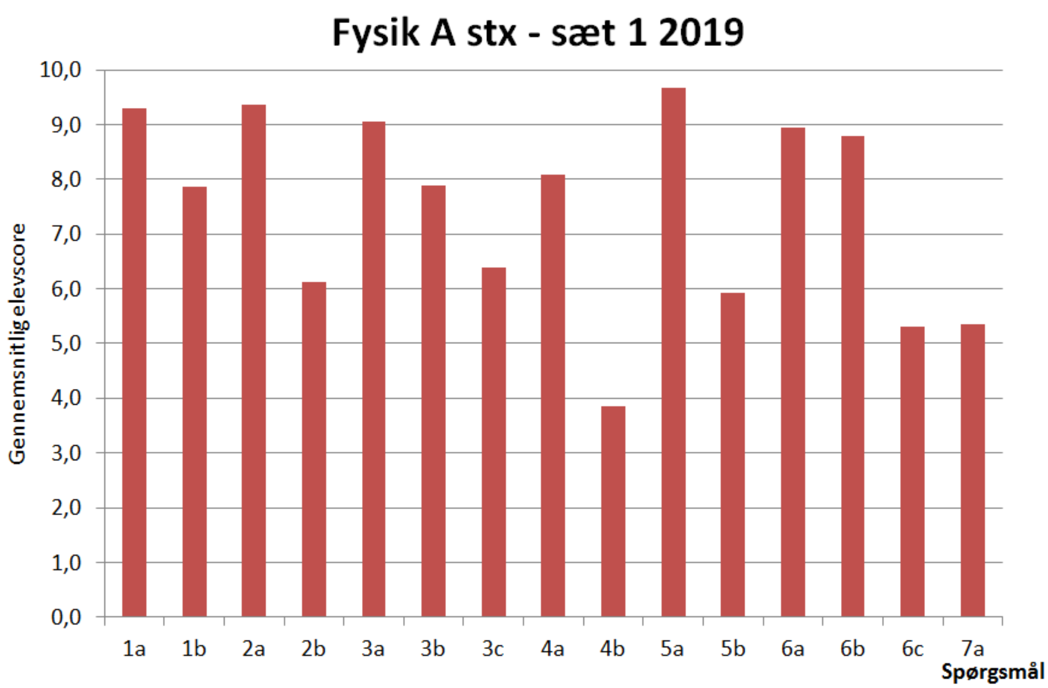
Spørgsmål	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	5a	5b	5c	6a	6b	7a	7b	7c
Vurdering (0 - 4)	2,7	3,1	3,3	3,1	3,3	3,7	3,7	3,4	3,3	3,1	3,1	2,6	3,3	3,0	3,1

Censorer vurderede jf. skalaen ovenfor i alt 7 spørgsmål i sæt 2 til 3,3 eller derover, mens to lå under 3. Gennemsnittet af censorernes vurdering af sæt 2 er 3,2. Den bedste vurdering fik spørgsmålene 3b (3,7) og 4a (3,7), mens 6b (2,6) og 1a (2,7) fik de laveste vurderinger.

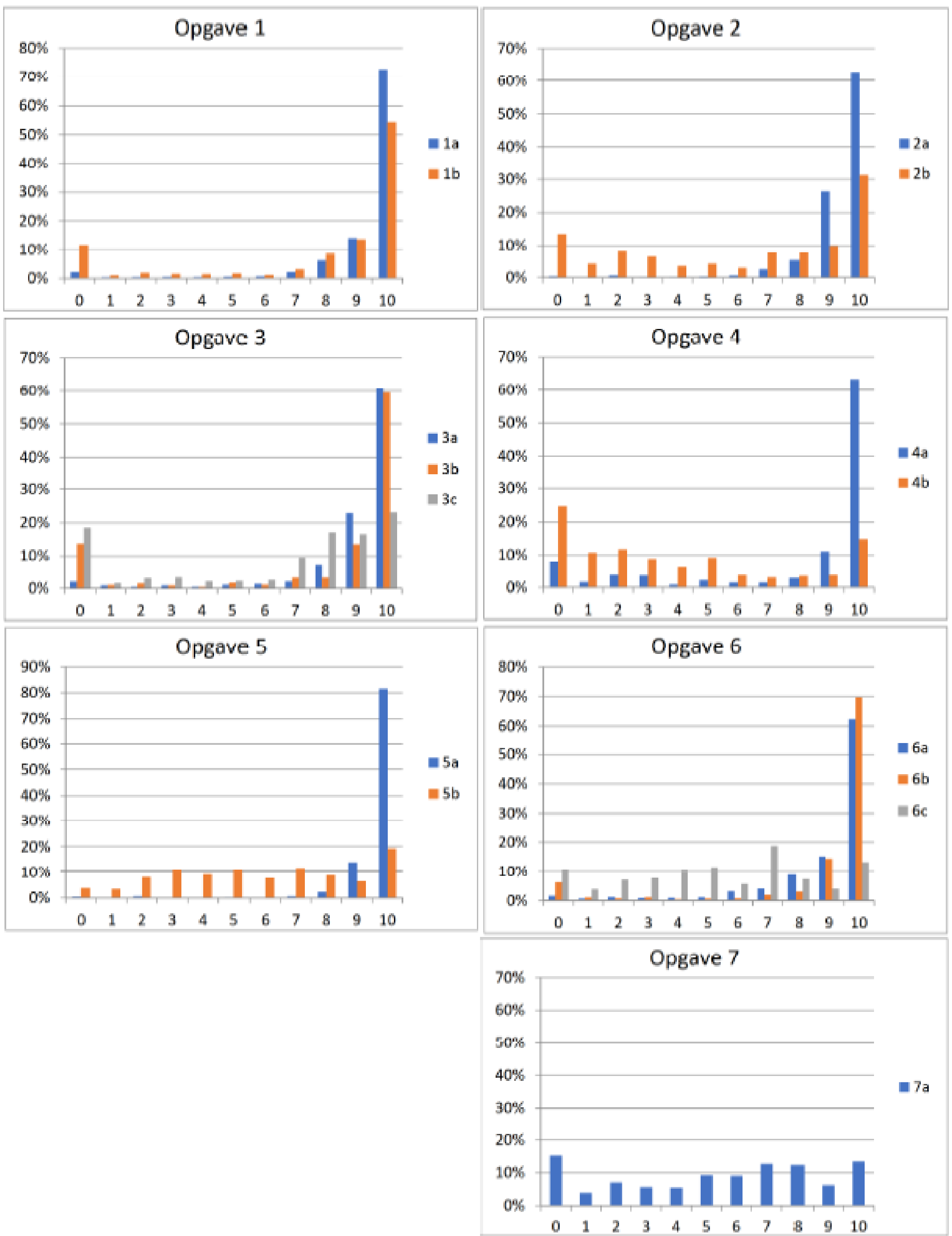
3. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 1

1384 elever var til eksamen i dette sæt.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



Pointfordelingen for de enkelte spørgsmål er vist på følgende figur, hvor anden aksen angiver andelen af de 1172 eksaminander som har scoret et bestemt pointtal (første aksen).



Censorerne har skriftligt kommenteret elevernes besvarelse af de enkelte delspørgsmål. Disse kommentarer følger nedenfor til sæt 1. Derudover har censorerne udvalgt eksemplariske besvarelser, som ikke nødvendigvis er perfekte, men som dog viser hvorledes man på en tilfredsstillende måde kan besvare spørgsmålet.

1. Neglelak

Spørgsmål 1a (Elevscore: 9,3)
Et let spørgsmål og de fleste finder den rigtige formel og sætter ind. Mange bruger deres CAS-værktøj til omskrivningen af fotonenergien.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi benytter formlen for energi af en foton

$$E_{foton} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$$5{,}16 \cdot 10^{-19}\,J = \frac{6{,}626176 \cdot 10^{-34}\,J \cdot s \cdot 3{,}00 \cdot 10^{8}\,\frac{m}{s}}{\lambda}$$

$$\Updownarrow$$

Ligningen løses for λ vha. CAS-værktøjet WordMat.

$$\lambda = 3{,}85243 \cdot 10^{-7}\,m$$

Bølgelængden af lyset, som udsendes fra lampen er $3{,}85 \cdot 10^{-7}\,m$.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 7,9)
En del besvarelser tager fejl af milli og mega i omsætningen fra opgavetekst til besvarelse.
I den lave ende får mange elever et antal der er mindre end 1, fx 10^{-20} og kommenterer ikke det ufysiske i dette.

Et eksempel på en god besvarelse:

Effekt er defineret som:

$P = \frac{E}{t} \quad \Leftrightarrow \quad E = P \cdot t$

Lampens effekt er $P = 35mW$, og den lyser i $t = 30s$

Lampen udsender i den periode samlet set en energi på:

$E_{samlet} = 30s \cdot 35 \cdot 10^{-3}W = 1{,}05J$

Kun 5% af fotonerne og dermed 5% af lampens energi rammer neglende:

$E_{negle} = 0{,}05 \cdot E_{samlet} = 0{,}05 \cdot 1{,}05J = 0{,}0525J$

Hver foton har den energi, som allerede er angivet i opgave a).

Det samlede antal fotoner, som rammer neglene må derfor kunne bestemmes ved:

$N_{foton} = \frac{E_{negle}}{E_{foton}} = \frac{0{,}0525J}{5{,}16 \cdot 10^{-19}J} = 1{,}0 \cdot 10^{17}$

Antallet af fotoner, der rammer neglene i løbet af de 30s, er dermed $1{,}0 \cdot 10^{17}$.

2. Varistor

Spørgsmål 2a (Elevscore: 9,4)

De fleste besvarer opgaven korrekt, ved først at angive formel og indsætte værdier med korrekte enheder. Nogle angiver ikke resultatet med korrekt antal betydende cifre og nogle ganske få misforstår enheden mA, og får derfor ikke det korrekte resultat.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg skal bestemme varistorens resistans, når spændingsfaldet over den er 20V, og strømstyrken gennem varistoren er 6.0 mA .

Da jeg kender både spændingsfaldet over- og strømstyrken gennem varistoren, kan jeg benytte Ohms lov til beregne resistansen. Ohms lov lyder $R = \frac{U}{I}$, hvor U er spændingsfaldet, I er strømstyrken og R er resistansen.

local I:

$U_{vr} := 20\text{V}$:

$I_{vr} := 6.0\text{ mA}$:

Jeg indsætter de kendte variable i Ohms lov og løser for resistansen

$R_{vr} := \frac{U_{vr}}{I_{vr}} = 3333.333334\ \Omega$

Altså er resistansen i varistoren 3.3kΩ, når spændingsfaldet over den er 20V og strømstyrken gennem den er 6.0mA

Spørgsmål 2b (Elevscore: 6,1)
De fleste aflæser korrekte strømstyrke på den vedlagte graf, og mange illustrerer aflæsningen, på en overskuelig måde, i det vedhæftede bilag til opgaven. En stor del af eleverne beregner hvor stor procentdel den afsatte effekt i komponenten udgør af effekten afsat i varistoren, i stedet for effekten afsat i hele kredsløbet. Kun de færreste bemærker at spændingsfaldet er ens over komponenten og varistoren fordi de sidder i en parallelkobling.
Nogle ganske få bruger fejlagtigt bilaget til at beregne arealet under grafen, eller tangentens hældning.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg skal altså bestemme følgende brøk $\frac{P_{komponent}}{P_{kredsløb}} \cdot 100$.

Effekten i komponenten er givet ved

$$P_{komponent} = \frac{U_{komponent}^2}{R_{komponent}}$$

hvor $P_{komponent}$ er effekten der afsættes i komponenten, U er spændingsfaldet over komponenten og R er komponentens resistans.

Den samlede effekt i kredsløbet $P_{kredsløb}$ er givet ved

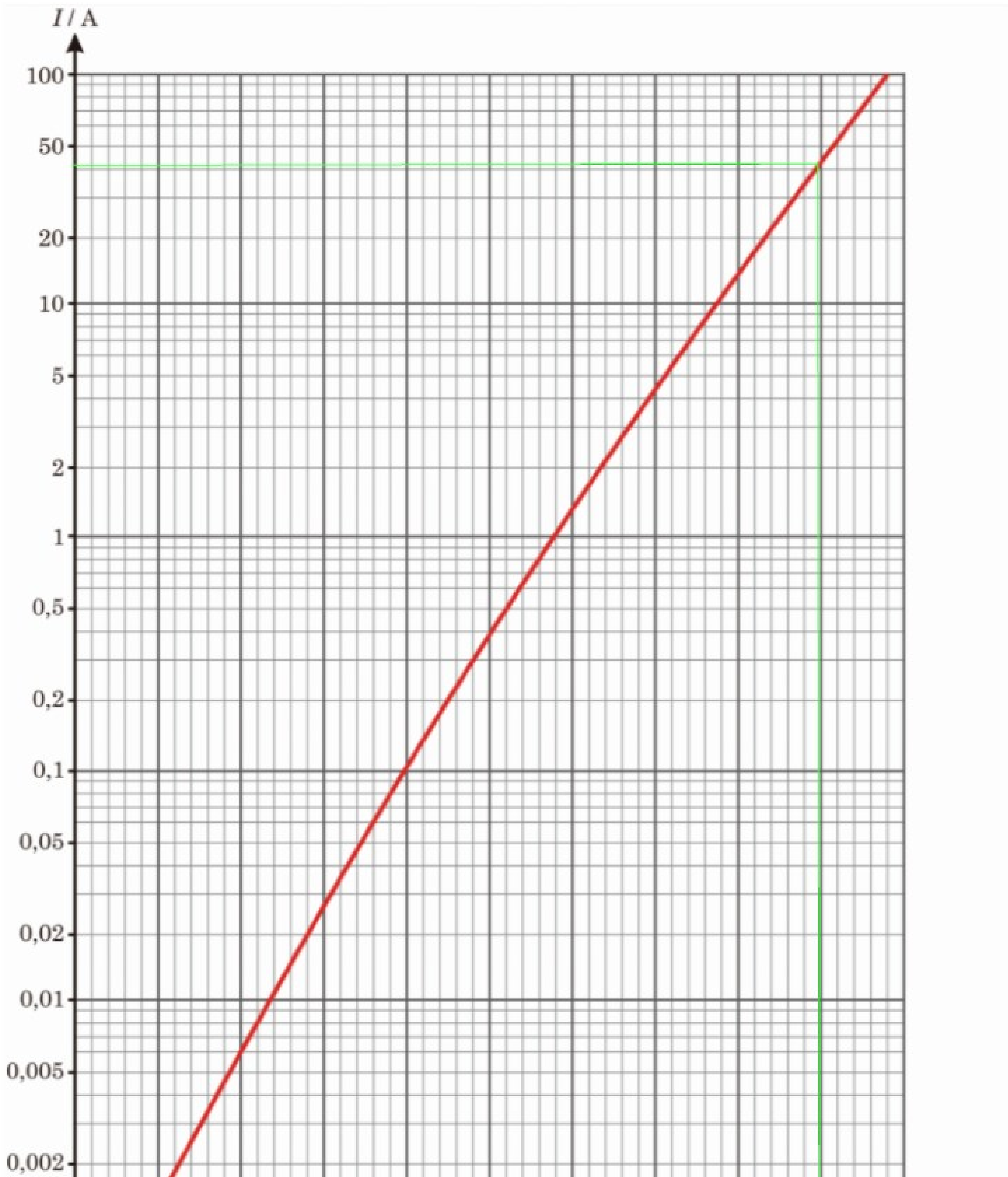
$$P_{kredsløb} = U_{kredsløb} \cdot I_{kredsløb}$$

hvor $P_{kredsløb}$ er effekten i kredsløbet, U er spændingsfaldet over kredsløbet og $I_{kredsløb}$ er strømstyrken gennem kredsløbet.
Indsætter jeg disse udtryk i brøken får jeg

$$\frac{\left(\frac{U_{komponent}^2}{R_{komponent}}\right)}{U_{kredsløb} \cdot I_{kredsløb}} \cdot 100$$

Når to modstande er parallelkoblede som komponenten og varistoren er, er spændingsfaldet den samme i hele kredsløbet $U_{kredsløb} = U_{komponent} = 27\ \mathrm{V}$.

Jeg vil nu aflæse strømstyrken I gennem varistoren når spændingsfaldet over den er $27\ \mathrm{V}$.



Jeg aflæser strømstyrken gennem varistoren til 40 A.

Da der stadig er er tale om en parallelkobling, gælder følgende udtryk for den samlede strømstyrke jf. Ohms første lov

$$I_{kredsløb} = I_{komponent} + I_{varistoren} = \frac{U_{kredsløb}}{R_{komponent}} + I_{varistoren}$$

Jeg indsætter de kendte værdier og beregner strømstyrken gennem kredsløbet.

$$I_{kredsløb} = \frac{27.V}{150\,\Omega} + 40\,A = 40.18000000\ A$$

Den samlede strømstyrke gennem kredsløbet er altså 40 A.

Jeg indsætter de kendte værdier og beregner den procentdel af den afsatte effekt i kredsløbet, der afsættes i komponenten.

$$\frac{\left(\frac{(27\,V)^2}{150\,\Omega}\right)}{27\,V \cdot 40.18\,A} \cdot 100 = 0.4479840717$$

Den procentdel af den afsatte effekt i kredsløbet, der afsættes i komponenten er altså 0.45%

3. Friktionsmåling

Spørgsmål 3a (Elevscore: 9,1)

Man bør opskrive formlen for densitet før man indsætter talværdier. Meget få argumenterer for formlen for volumen af filmen ($V = l \cdot h \cdot b$), men ganger blot de tre tal sammen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Densitet er defineret som

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

$$\rho = \frac{2{,}31\ g}{12{,}7\ cm \cdot 25{,}4\ cm \cdot 0{,}0076\ cm} \approx 9{,}42239 \cdot 10^2\,\frac{kg}{m^3}$$

Densiteten er $9{,}4 \cdot 10^2\,\frac{kg}{m^3}$

Spørgsmål 3b (Elevscore: 7,9)

Mange overser den statiske gnidning da det kan være svært at se stregen i begyndelsen af eksperimentet. Dette gør dog ikke noget da loddet trækkes med konstant fart ifølge opgaveteksten.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi ved, at loddet har massen $m := 204\,\mathrm{g}$: Vi vil gerne finde normalkraften på loddet F_N, og hvis vi antager, at polyethylenfilmen ligger vandret, så er normalkraften lige så stor som tyngdekraften F_t.

Vi ved, at $F_t = m \cdot g$, hvor g er tyngdeaccelerationen $g := 9.82\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$: Derfor kan vi bestemme normalkraften:

$$F_N := m \cdot g \overset{\text{simplify}}{=} 2.003280000\ \mathrm{N}$$

Vi ved, at gnidningskraften F er givet ved formlen $F = \mu \cdot F_N$, hvor μ er friktionskoefficienten. På grafen ser vi, at $F := 3.0\,\mathrm{N}$: under hele eksperimentet, med god tilnærmelse. Vi kan altså løse for friktionskoefficienten:

$$\mu := \frac{F}{F_N} \overset{\text{simplify}}{=} 1.497544028$$

Altså er friktionskoefficienten mellem metalloddet og polyethylenfilmen lig 1,5.

Spørgsmål 3c (Elevscore: 6,4)

Nogle eksaminander tæller tern (det er den metode de har set i andre opgaver) for at beregne arbejdet *A*, og overser at kraften er konstant og arealet dermed er et rektangel.

Det er vigtigt at læse hvad der står på akserne. Arealet under en (*s*, *F*)-graf er lig arbejdet, men her er givet en (*t*, *F*)-graf og tiden skal først omsættes til en strækning ved at gange med hastigheden.

En del glemmer at regne arbejdet med fortegn, det er negativt da *F* og *s* er modsatrettede.

Næsten ingen af de besvarelser hvor fortegnet er korrekt, er der argumenteret for vinklen mellem *F* og *s*.

Et eksempel på en god besvarelse:

Man kan herefter bruge formlen for arbejde til at bestemme det arbejde som gnidningskraften har lavet.

$A=F\cdot \mathbf{s}\cdot \cos(a)$

A er arbejde, F er kraft, s er strækningen og a er vinklen mellem kraftens retning og bevægelsesretningen.

Da gnidningskraften og bevægelsesretningen er modsatte af hinanden, vil det derfor være 180°.

$a=\mathbf{f}_{\text{gnid}}\cdot \mathbf{s}\cdot \cos(180) \blacktriangleright a=-0.58125\cdot \_J$

Dvs. at arbejdet som bliver udført af gnidningskraften er −0.58 J

4. Accelerationssensor

Spørgsmål 4a (Elevscore: 8,1)

Et relativt let spørgsmål. Det volder dog nogle af de svage elever vanskeligheder pga. enheden min^{-1}, som de har svært ved at omsætte og derfor får lavet fejl. Nogle elever forveksler frekvensen med vinkelfrekvensen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Frekvens er defineret som 1 over omløbstid: $f=\frac{1}{T}$

omløbstid isleres i formlen og frekvens indsættes:

$T=\frac{1}{f}$

$T := \frac{1}{78.\ \text{min}^{-1}} = 0.7692307692\ \text{s}$

Dvs. omløbstiden er $\underline{\underline{0.77\ \text{s}}}$.

Spørgsmål 4b (Elevscore: 3,8)

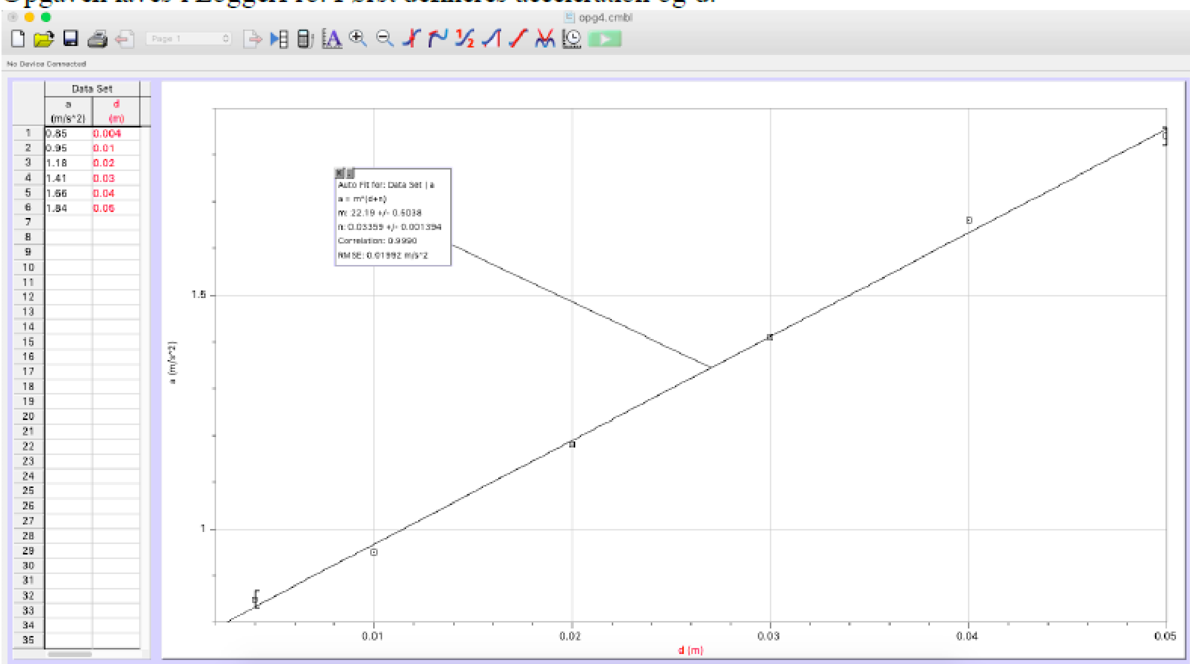
Dette delspørgsmål er sættets sværeste spørgsmål, og det er som regel kun de dygtigste elever, der svarer fyldestgørende på det. Det er flere lag i opgaven, og elevernes evne til modellering testes. Mange elever laver en regression uden at komme videre, nogle laver en regression, men bruger alligevel kun et punkt til at finde frekvensen. Eleverne skal huske at angive, hvad de har på akserne. I nogle matematikprogrammer kommer dette ikke naturligt, så skal eleverne selv huske at forklare det.

Man kan lave en afbildning med enten accelerationen som funktion af afstanden eller omvendt. Med accelerationen som funktion af afstanden ligner det den gængse formel, og frekvensen er let at finde. Med afstanden som funktion af accelerationen er det let at finde afstanden til accelerationssensoren.

I nedenstående eksempel har eleven lavet en model med Logger Pro. Her har eleven fordelen af, at Logger Pro angiver enheden på konstanterne, hvilket kan lette tolkningen.

Et eksempel på en god besvarelse:

Opgaven laves i LoggerPro. Først defineres acceleration og d:



Der gælder følgende sammenhæng i jævn cirkelbevægelse mellem acceleration og radius.

$$a(r) = \frac{4\cdot\pi^2}{T^2}\cdot r = \frac{4\cdot\pi^2}{T^2}\cdot(d+n)$$

r er afstand fra pladens centrum til sensoren, og r defineres som d+n, hvor n er afstand fra mobilens kant nærmest centrum af pladespilleren til accelerationssensoren.

LoggerPro giver følgende sammehæng.

$$a = 22.19\,\frac{1}{s^2}\cdot(d + 0.03359\,\mathrm{m})$$

Der er lille afvigelse og uden systematisk fejl, så vores model passer meget fint med virkeligheden.
Da n=3.359 cm, er afstanden fra accelerationssensoren til mobiltelefonens kant **3.4cm**

Hældningen er lig med $\frac{4\cdot\pi^2}{T^2} = 4\cdot\pi^2\cdot\left(\frac{1}{T}\right)^2 = 4\cdot\pi^2\cdot f^2$

$$solve\left(4\cdot\pi^2\cdot f^2 = 22.19\,\frac{1}{s^2}, f\right) = 0.7497194584\,\frac{1}{s}, -0.7497194584\,\frac{1}{s}$$

Ser man bort fra den negative værdi, er $f = \underline{\underline{0.75\,s^{-1}}}$.

5. Kundevogn

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,7)

En opgave stort set alle løser korrekt. En lille del af eksaminanderne omregner svaret til km/h, hvilket ikke er nødvendigt.

Et eksempel på en god besvarelse:

Den gennemsnitlige fart i tidsrummet Δt er udtrykt som:

$$v_{gns} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Den gennemsnitlige fart bestemmes

$v_{gns} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{24\ \mathrm{m}}{33\ \mathrm{s}} = 0{,}7273\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \approx 0{,}73\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

Dvs. at den gennemsnitlige fart af det rullende fortov er $0{,}73\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 5,9)

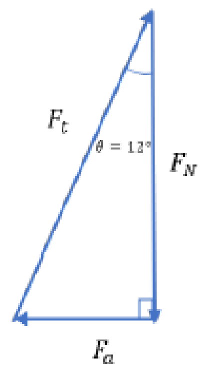
Næsten alle starter med at beregne tyngdekraften. Nogle få angiver den som negativ fordi den er rettet nedad. En del beregner normalkraften idet de henviser til trigonometriske formler, uden dog at anføre hvilken trekant der er tale om. En anden stor del finder normalkraften ved at opløse tyngdekraften i en *x*- og en *y*-komposant, og henviser til at normalkraften svarer til *y*-komposanten. I de gode besvarelser anføres at den resulterende kraft er lig 0, da kundevognen kører med konstant hastighed, og derfor må gnidningskraften, der er mellem vognens hjul og rillerne i det rullende fortov, være lige så stor men modsatrettet tyngdekraftens komposant langs fortovet.

En stor del mener at gnidningskraften peger skråt nedad langs fortovet, og nogle opererer med en udefineret fremadrettet kraft. En anden stor del mener ikke at der er andre kræfter end tyngdekraften og normalkraften.

Et eksempel på en god besvarelse:

Et rullende fortov har hældningen $\theta = 12°$ med vandret og kører med en konstanthastighed. En kundevogn har massen $m = 38kg$ og befinder sig på det rullende fortov.

b) Jeg antager, at kundevognen bevæger sig med samme fart og retning som det rullende fortov. Da kundevognen bevæger sig med konstant hastighed, er summen af alle kræfter 0. Kundevognen bliver påvirket af tre kræfter når den befinder sig på det rullende fortov - tyngdekraften, normalkraften, og en kraft som trækker kundevognen op. Den kraft som trækker vognen op, må have samme retning som bevægelsesretningen (markeret med den stiplet blå linje på næste side). Størrelsen af tyngdekraften er givet ved:



$$F_t = m \cdot g = 38kg \cdot 9{,}82\frac{m}{s^2} = 373{,}16\ N \approx 370N$$

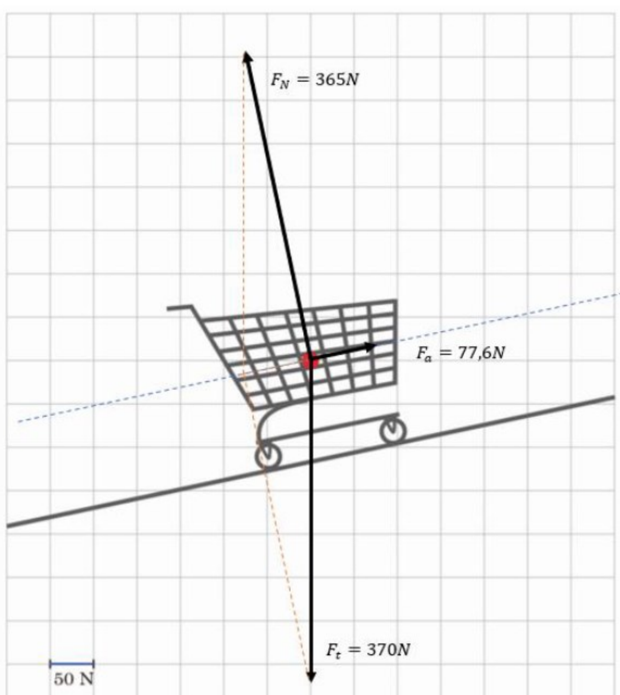
Størrelsen af normalkraften er givet ved:

$$F_N = F_t \cdot \cos(\theta) = 373{,}16N \cdot \cos(12) \approx 365{,}006\ N \approx 365N$$

Størrelsen af kraften som trækker vognen op og modvirker tyngdekraften og normalkraften er givet ved:

$$F_a = F_t \cdot \sin(\theta) = 373{,}16N \cdot \sin(12) \approx 77{,}5843\ N \approx 77{,}6N$$

Kræfternes størrelser og deres retninger er indtegnet herunder:



6. Radionuklidterapi med 67Cu

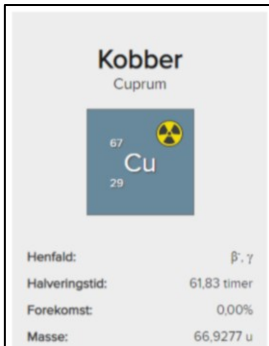
Spørgsmål 6a (Elevscore: 8,9)

I dette spørgsmål skulle eleven for at opstille reaktionsskemaet for henfaldet af ^{67}Cu først finde ud af, hvilken type henfald det drejer sig om. I DATABOG fysik kemi kan man i oversigten over radioaktive nuklider se, at det drejer sig om et β^--henfald.

For at forebygge fejl og misforståelser ved opslag af henfaldstype, halveringstid m.m. er det nødvendigt, at man skriver, hvor man har oplysningen fra og gerne med angivelse af udgave og side i det pågældende opslagsværk. Der gøres opmærksom på, at DATABOG fysik kemi, 11. udgave (2007) eller senere udgave er det hjælpemiddel, som forudsættes fra eksamen sommeren 2020.
For at opnå fuldt pointtal skal det af besvarelsen tydeligt fremgå, at nukleontallet og ladningen er bevaret og man bør skrive ${}_{-1}^{0}e$ og ikke β^- som symbol for elektronen. Det tæller i bedømmelsen klart positivt, hvis der er redegjort for opfyldelsen af alle relevante bevarelsessætninger.
Nogle glemmer anti-neutrinoen, og en del har svært ved at skrive symbolet for antineutrinoen korrekt.

Et eksempel på en god besvarelse:

Jeg starter med at slå isotopen op i clio onlines isotopkort.



Her ser jeg, at den henfalder ved beta minus henfald.

Beta minus reaktioner henfalder som følgende:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}^{A}Y + {}_{-1}^{0}e + \bar{\nu}$$

Her omdanner vi en neutron til en proton, udsendelse af en elektron og dets antipartikel (antielektronneutrino)

$$^{67}_{29}Cu \rightarrow {}^{67}_{30}Y + {}_{-1}^{0}e + \bar{\nu}$$

Jeg finder nu den isotop den henfalder til i isotopkortet:

Dette er 67-zink, og jeg kan nu skrive reaktionsskemaet færdigt.

$$^{67}_{29}Cu \rightarrow {}^{67}_{30}Zn + {}_{-1}^{0}e + \bar{\nu}$$

Dermed henfalder den til 67-zink, og ladningen, massetallet og leptontallet er bevaret.

Spørgsmål 6b (Elevscore: 8,8)

For at beregne den biologiske halveringstid har eleven brug for den fysiske halveringstid. Denne kan fx findes i oversigten over radioaktive nuklider i DATABOG fysik kemi. Rigtig mange bruger et netbaseret opslagsværk uden at angive kilden. Nogle få har problemer med enhederne, selvom alle halveringstiderne opgives i timer, men problemerne opstår, da deres matematikprogram automatisk omregner til sekunder. Hvordan får man så omregnet til timer igen? Hvilket dog ikke er nødvendigt for en korrekt besvarelse, men dog ønskeligt.

Den gode besvarelse er karakteriseret ved, at eleven kommenterer resultatet. Dette er der yderst få der gør, muligvis, fordi de ikke er sikre på forskellen mellem de forskellige halveringstider, hvilket især viser sig i opgavens sidste spørgsmål.

Et eksempel på en god besvarelse:

Den effektive halveringstid er givet ved:

$$T_{\frac{1}{2},eff} = \frac{T_{\frac{1}{2},bio} \cdot T_{1/2}}{T_{\frac{1}{2},bio} + T_{\frac{1}{2}}}$$

Fra isotopkortet kan jeg se at den fysiske halveringstid for 67-Cu er 61,83 timer. Dette indsætter jeg i formlen, og jeg kan isolere den biologiske halveringstid. Jeg omdøber den biologiske halveringstid til x, for at kunne sammenarbejde med wordmat:

$$47{,}4timer = \frac{x \cdot 61{,}83timer}{x + 61{,}83timer}$$

$\Updownarrow$ Ligningen løses for x vha. CAS-værktøjet WordMat.

$$x = 203\ timer$$

Dermed er den biologiske halveringstid for 67-Cu i en kræfttumor på 203 timer.

Spørgsmål 6c (Elevscore: 5,3)

Spørgsmålet kan regnes på flere måder. Den mest anvendte metode, som ikke er korrekt, gøres ved at indsætte de kendte størrelser i formlen $D = \frac{A_0 \cdot T_{½eff} \cdot <E>}{\ln(2) \cdot \Delta m}$.

Nogle få udregner dosis som ovenfor og trækker derefter korrekt dosis udregnet ved brug af samme formel fra, men hvor aktiviteten nu er efter en uge.

En del bruger formlen $D = \frac{\Delta N \cdot <E>}{\Delta m}$ og regner først antallet af kerner ud til tiden nul og derefter antallet af kerner efter en uge, nu kendes det totale antal henfaldne kerne, desværre bruges ofte den fysiske halveringstid og ikke den effektive halveringstid.

Nogle få integrerer aktiviteten fra nul til 1 uge for at finde det totale antal henfaldne kerner. I denne måde at bestemme antal henfaldne kerner på, er den typiske fejl, at der integreres med hensyn til timer, hvorefter A_0 i Bq ganges på.

Et eksempel på en god besvarelse:

Den fysiske dosis, tumoren modtager i løbet af den første uge, skal vurderes.

Den dosis, tumoren modtager, må være den totale dosis minus den dosis, der er tilbage efter 1 uge.

Der vides:
A_0=36 MBq
m=10 g
$<E>=4{,}34 \cdot 10^{-14}$ J

Der bruges formlerne:

$$D = \frac{A_0 \cdot T_{\frac{1}{2},eff} \cdot <E>}{\ln(2) \cdot m}$$

$$A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{\frac{1}{2},eff}}}$$

Dosis efter en uge må være givet ved:

$$D_{uge} = \frac{A_{uge} \cdot T_{\frac{1}{2},eff} \cdot < E >}{\ln(2) \cdot m}$$

Her findes aktiviteten ud fra startaktiviteten.

Den totale dosis findes. Tallene indsættes og omregnes til SI-enheder:

$$D = \frac{36{,}0 \cdot 10^6\ Bq \cdot 47{,}4 \cdot 60 \cdot 60\ s \cdot 4{,}34 \cdot 10^{-14}\ J}{\ln(2) \cdot 0{,}01\ kg} = 38{,}46339471\ Gy$$

Dosis efter en uge findes ved at finde aktiviteten her:

$$A = 36 \cdot 10^6\ Bq \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{7 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{47{,}4 \cdot 60 \cdot 60}} = 3085750{,}045\ Bq$$

Denne indsættes for at finde dosis efter en uge:

$$D_{uge} = \frac{3085750{,}045\ Bq \cdot 47{,}4 \cdot 60 \cdot 60\ s \cdot 4{,}34 \cdot 10^{-14}\ J}{\ln(2) \cdot 0{,}01\ kg} = 3{,}29690061\ Gy$$

Forskellen findes:

$$38{,}46339471\ Gy - 3{,}29690061\ Gy = 35{,}2\ Gy$$

Tumoren får en fysisk dosis på 35,2 Gy over en uge

7. Isstorm

Spørgsmål 7a (Elevscore: 5,3)

En udemærket ”vurdér” opgave med masser af muligheder for parametre, men det gør også opgaven kompliceret. Det er svært at vurdere selve temperaturen ud fra billedet. Ingen tænker over at man kan nøjes med at smelte dele af isen. Det er ikke nok at gætte på isens masse, den skal følges af nogle geometriske betragtninger. Det er i orden at isen antages at være 0 °C, hvis det bare er specificeret.

Typiske fejl: Eleven gætter på massen af isen, enhedsfejl i forbindelse med omregning mellem cm^2 og m^2 samt mellem cm^3 og m^3. Nogle glemmer enten opvarmning af is/vand eller smeltning.

Et eksempel på en god besvarelse:

7a) For at kunne vurdere mængden af vand, der skal bruges til at smelte isen kræver det, at vi kender følgende størrelser:

- Vandets start temperatur
- Isens start temperatur
- Massen af isen

Start temperaturene bliver jeg nød til at antage. Jeg antager, at ejeren af bilen hælder **kogende vand** på bilen, så skal han bruge mindst mulig. Isens temperatur antages at være **-5°C**, det ser nemlig ud til at være koldere end nul grader, da isen ikke ser ud til at dryppe.

For at bestemme massen af isen så skal vi kende volumen og densiteten af isen. Isen ser ikke klar ud, den er hvid. Dette indikerer, at der må være en del luft blandet sammen med isen, densiteten må derfor nødvendigvis være lavere end det databogen opgiver. Databogen oplyser om en densitet på 917 $kg \cdot m^{-3}$, men jeg antager at den er **10% lavere pga. luften i isen**.

Volumen af isen er svær at vurdere, men jeg prøver alligevel. Forenden af bilen ser ud til at være dækket af det tykkeste islag. Denne del af bilen antages at være dækket af **8 cm tykt is**. Resten af bilen antages at være dækket af **3 cm is**.
Det er svært at vurdere længder på billedet, da der ikke er ting i bilens plan som jeg ca. ved, hvor lang er. Jeg antager derfor at bilen er 2,5 meter i længden 1,5 m i bredden. Andre længdemål kan således findes ved hjælp af et geometrivindue i N-spirer og lidt forholdsregning.

$$forenden = \frac{8{,}42\ \text{cm}}{19{,}7\ \text{cm}} \cdot 2{,}5\ m \approx 1{,}1m$$

$$bagenden = 2{,}5\ m - 1{,}1m \approx 1{,}4m$$

$$højden\ af\ forenden = \frac{6{,}04\ \text{cm}}{19{,}7\ \text{cm}} \cdot 2{,}5\ m \approx 0{,}8\ m$$

$$højden\ af\ bagenden = \frac{9{,}97\ \text{cm}}{19{,}7\ \text{cm}} \cdot 2{,}5\ m = 1{,}3\ m$$

Disse mål er langt fra præcise. Der er både usikkerhed i mine løse længde antagelser. Og det er tydeligt at der er fejl pga. parallakse forskydning. Men det kan ikke gøres meget bedre ud fra billedet vi har. Vi skal også bare have en ide om størrelserne.

Volumen af isen på forenden er således

$$V_f = 2 \cdot (0{,}8\,m \cdot 1{,}1\,m) \cdot 0{,}08\,m + (1{,}1\,m \cdot 1{,}5\,m) \cdot 0{,}08\,m \quad = 0{,}2728 \cdot m^3$$

Volumen af isen på bagenden er

$$V_f = 2 \cdot (1{,}3\,m \cdot 1{,}4\,m) \cdot 0{,}03\,m + (1{,}4\,m \cdot 1{,}5\,m) \cdot 0{,}03\,m = 0{,}1722 \cdot m^3$$

Massen af isen på hele bilen vurderes nu til at være i omegnen af

$$m_{is} = V_{is} \cdot \rho_{is} = (0{,}2728 \cdot m^3 + 0{,}1722 \cdot m^3) \cdot \left(0{,}9 \cdot 917\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\right) \approx 370\,kg$$

Nu kan der regnes. Det varme vand, der bliver smidt på bilen, afgiver varme til isen.

$$E_{afgiv} = E_{modtager}$$

Vi indsætter formlerne for legemere der skifter temperatur. Det er antaget at vandet kun afgiver varme til isen indtil den er smeltet - Smeltevandet opvarmes ikke, det løber væk fra bilen. Desuden går der heller ikke varme til omgivelserne.

Alle andre værdier, (specifikke varmekapaciteter og smeltevarme) er slået op i databogen.

$$m_v \cdot c_v \cdot \Delta T_v = m_{is} \cdot c_{is} \cdot |\Delta T_{is}| + m_{is} \cdot L$$

$$\Updownarrow$$

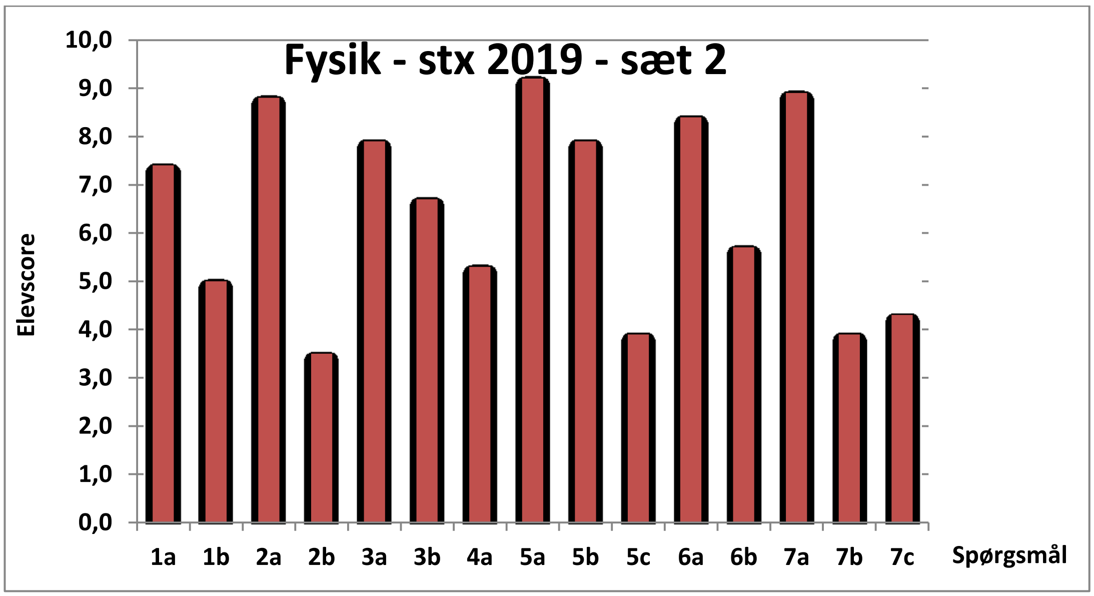
$$m_v = \frac{m_{is} \cdot c_{is} \cdot \Delta T_{is} + m_{is} \cdot L}{c_v \cdot \Delta T_v} = \frac{370\,kg \cdot 2{,}1\frac{J}{kg \cdot K} \cdot 5K + 370\,kg \cdot 334000\frac{J}{kg}}{4180\frac{J}{kg \cdot K} \cdot 100K} \approx 295{,}6 \cdot kg$$

Ejeren af bilen skal altså bruge i omegnen af 300 kg kogende vand for at smelte isen. Og dette er med udgangspunkt i, at alt varmen fra vandet kun går til smeltning af isen. Dette kan altså ikke siges at være en god metode til at fjerne isen

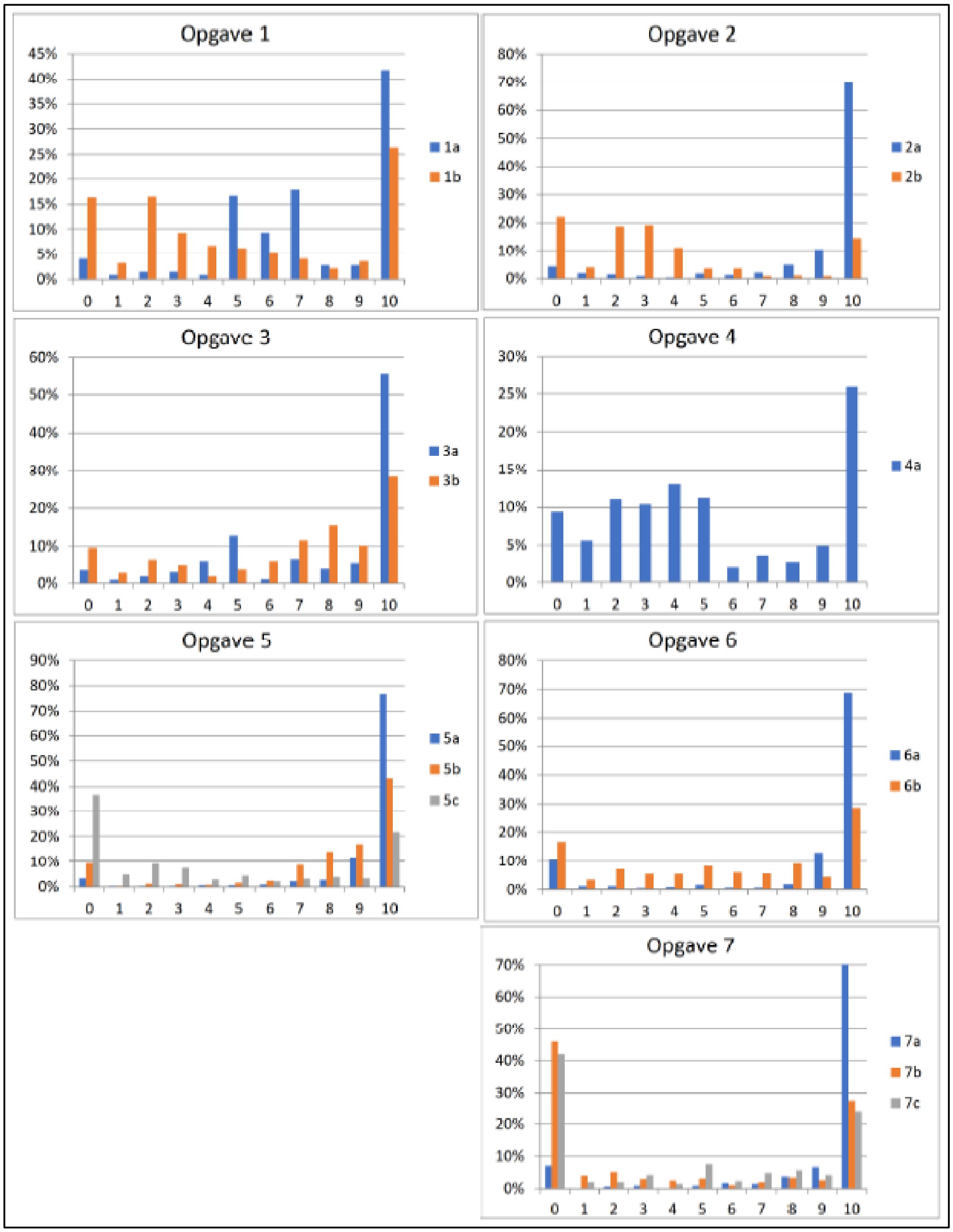
4. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af sæt 2

594 elever var til eksamen i dette sæt.

Elevscoren for hele sættet baseret på stikprøven:



Pointfordelingen for de enkelte spørgsmål er vist på følgende figur, hvor anden aksen angiver andelen af de 594 eksaminander som har scoret et bestemt pointtal (første aksen).



Censorerne har skriftligt kommenteret elevernes besvarelse af de enkelte delspørgsmål. Disse kommentarer følger nedenfor til sæt 2. Derudover har censorerne udvalgt eksemplariske besvarelser, som ikke nødvendigvis er perfekte, men som dog viser hvorledes man på en tilfredsstillende måde kan besvare spørgsmålet.

1. Lamineringsmaskine

Spørgsmål 1a (Elevscore: 7,4)

Spørgsmålet er principielt ikke vanskeligt, men mange elever har enten ikke brugt eller også fejlbrugt oplysningen om nyttevirkningen på 14 %.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at gøre dette benyttes definitionen for effekt:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Det eneste der mangler at den effekt som lamineringsmaskinen tilfører, hvilket jo som bekendt er $14\ \%$ af den omsatte effekt, derfor bliver tiden det tager at laminerer et stykke papir:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\Delta E}{P} = \frac{2{,}23\ kJ}{0{,}14 \cdot 350\ W} \approx 45{,}5102\ s$$

Altså tager det $46\ s$ for lamineringsmaskinen at laminere et stykke papir.

Spørgsmål 1b (Elevscore: 5,0)

Mange elever sætter fejlagtigt lighedstegn mellem de to varmemængder $Q = C \cdot \Delta T$ og $Q = m \cdot L_s$ eller laver tilsvarende fejl, der tyder på, at de ikke har forstået det underliggende energiregnskab. En stor gruppe elever er tilsyneladende kun fortrolige med specifik varmekapacitet, ikke varmekapacitet, og sætter fejlagtigt massen ind i den hjemmekonstruerede formel $Q = m \cdot C \cdot \Delta T$ og overser, at enhederne ikke passer.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vurdér massen af limen i plastiklommen.

Ændringen i energi ΔE er givet ved:

$\Delta E = C \cdot \Delta T$

Hvor C varmekapaciteten og ΔT er ændringen i temperatur. Da det er forskellen i temperatur, kan man omskrive 1 til 1 fra °C til K.

Smeltevarmen Q er givet ved:

$Q = m \cdot L_s$

Hvor m er massen og L_s er den secifikke smeltevarme.

Disse to sættes sammen:

$\Delta E + Q = C \cdot \Delta T + m \cdot L_s$

Da der i alt skal tilføres 2.23 kJ er: $\Delta E + Q = 2.23\,\mathrm{kJ}$.

Det antages, at limen og plastiklommen er 20° C inden lamineringen.

Jeg indsætter de kendte værdier og løser ligningen for m med Maples solve-kommando.

$$solve\left(2.23\,\mathrm{kJ} = 29.2\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{K}} \cdot (88 - 20)\,\mathrm{K} + m \cdot 65\,\frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right)$$

$$3.760000000\ \mathrm{g} \qquad \textbf{(1.2.1)}$$

Massen af limen i plastiklommen vurderes til at være 3.8 gram.

2. Joystick

Spørgsmål 2a (Elevscore: 8,8)

Et let spørgsmål som de fleste eksaminander kan svare på.

Et eksempel på en god besvarelse:

R har resistansen $10\ k\Omega$, og strømstyrken gennem den er $0{,}30\ mA$.

a) Med hvilken effekt omsættes der elektrisk energi i resistoren R

Ved at benytte Joules lov, er det muligt at udregne den elektriske effekt i en komponent, i dette tilfælde en resistor, netop givet disse to oplysninger, fordi:

$$P = R \cdot I^2$$

Dermed kan effekten hvormed der omsættes energi i resistoren også beregnes:

$$P_R = 10\ k\Omega \cdot (0{,}30\ mA)^2 \approx 9{,}0 \cdot 10^{-4}\ W$$

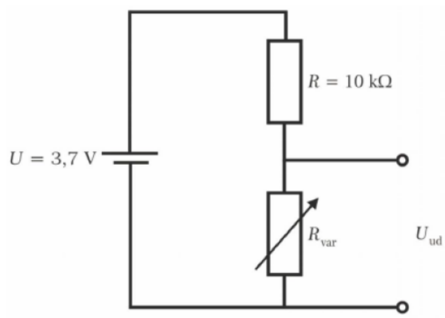
Der omsættes altså elektrisk energi i resistoren R med en effekt på $9{,}0 \cdot 10^{-4}\ W$.

Spørgsmål 2b (Elevscore: 3,5)

Rigtig mange elever bemærker ikke, som det fremgår af figuren, at det samlede spændingsfald her er konstant 3,7 V og regner med, at strømstyrken er konstant 0,30 mA, selv om resistansen ændres. Indsigt i elementær forståelse af simple jævnstrømskredsløb mangler i for høj grad. Det skal nok prioriteres højere i løbet af 3.g. Nogle elever genkender spændingsdeleren fra undervisningen, og henviser til en færdig formel for U_{ud}. Det kan være fint, men en grundlæggende forståelse af sammenhængen mellem spænding, resistans og strømstyrke er tilstrækkeligt til at kunne svare på spørgsmålet.

Et eksempel på en god besvarelse:

Figuren herunder viser en del af det kredsløb, som R og R_{var} indgår i. Når joysticket flyttes mellem to yderpositioner, ændres resistansen af R_{var} fra 2,0 kΩ til 15 kΩ. Beregn ændringen af spændingsfaldet U_{ud}, når joysticket flyttes mellem yderpositionerne.



Ifølge Ohms lov er der proportionalitet mellem spændingsforskellen over en komponent og resistansen af den. Når de to resistorer R og R_{var} er koblet i serie, vil strømstyrken gennem dem være den samme, mens de vil dele kredsløbets samlede spændingsforskel på 3,7 V mellem sig alt efter deres resistanser. Når resistansen af R_{var} er 2,0 kΩ, er den samlede resistans af resistorerne 12 kΩ, og R_{var} udgør altså $\frac{1}{6}$ af den samlede resistans. Når der er proportionalitet mellem resistans og spændingsforskel, vil U_{ud} ligeledes være $\frac{1}{6}$ af den samlede spændingsforskel og altså være givet ved:

$$U_{ud,1} = \frac{1}{6} \cdot 3{,}7\ V \approx 0{,}62\ V$$

Når resistansen af R_{var} er 15 kΩ, er den samlede resistans 25 kΩ, og R_{var} udgør da $\frac{3}{5}$ af denne resistans. U_{ud} er da:

$$U_{ud,2} = \frac{3}{5} \cdot 3{,}7\ V = 2{,}22\ V$$

Ændringen i spændingsforskellen over R_{var} er da givet ved:

$$\Delta U_{ud} = U_{ud,2} - U_{ud,1} = 2{,}22\ V - 0{,}62\ V \approx 1{,}60\ V$$

Altså ændres spændingsfaldet U_{ud} med **ca. 1,60 V**, når joysticket flyttes mellem yderpositionerne.

3. Radionuklidterapi med ^{166}Ho

Spørgsmål 3a (Elevscore: 7,9)

En del elever overser, at det er moderkernens henfald, der spørges til. Det er ellers en spørgsmålstype som de fleste elever mestre.

Et eksempel på en god besvarelse:

Det generelle reaktionsskema for et β^--henfald ser således ud:

$${}_{Z}^{A}X \rightarrow {}_{Z+1}^{\ A}Y + {}_{-1}^{\ 0}e^- + \bar{v}_e$$

Grundet bevarelsessætningen om at der skal være bevarelse af det samlede nukleontal, og da neutrontallet ikke ændres, må der også skulle være bevarelse af det samlede protontal, vil det altså sige at modernuklidet må have et atomnummer mindre end ${}_{67}^{166}Ho$ der i har atomnummeret 67. Dvs. at modernuklidet er ${}_{66}^{166}Dy$. Dermed vil den reaktion der danner ${}_{67}^{166}Ho$ se således ud:

$${}_{66}^{166}Dy \rightarrow {}_{67}^{166}Ho + {}_{-1}^{\ 0}e^- + \bar{v}_e$$

Spørgsmål 3b (Elevscore: 6,7)

Mange elever fejllæser 0,70 % som 70 %, og næsten ingen laver relevante antagelser, som man rimeligt kunne diskutere.

Et eksempel på en god besvarelse:

$< E > = 1{,}07 \cdot 10^{-13}\ J$
$A = 5{,}0\ GBq$
$andel = 0{,}70\ \%$
$m = 0{,}29\ kg$

$T_{\frac{1}{2}eff} = 13{,}9\ h$

For at finde den ækvivalente dosis findes dosis fra en intern kilde først.

$$D = \frac{A_0 \cdot T_{\frac{1}{2}eff} \cdot < E >}{\ln(2) \cdot \Delta m} \cdot andel = \frac{5{,}0 \cdot 10^9\ Bq \cdot 50040s \cdot 1{,}07 \cdot 10^{-13}\ J}{\ln(2) \cdot 0{,}29\ kg} \cdot 0{,}007 = 0{,}932278\ Gy$$

Dette er den fysiske dosis, men da vi ønsker at kende den ækvivalente dosis, skal dette resultat ganges med strålingens vægtfaktor w_r. I databogen, kan det ses, at ${}_{67}^{166}Ho$ henfalder ved et betaminushenfald, og derfor er strålingens vægtfaktor lig med 1. Dette betyder altså at den ækvivalente dosis er lig med den fysiske dosis, da den fysiske dosis blot skal ganges med 1, for at få den ækvivalente dosis.

Den ækvivalente dosis, som nyrerne modtager ved denne behandling er $0{,}93\ Sv$

4. Biologisk halveringstid for ^{131}I

Spørgsmål 4a (Elevscore: 5,3)

Spørgsmålet besvares ved først at bestemme den effektive halveringstid ved regression, dernæst den biologiske halveringstid. En typisk fejl er, at eleverne tror, at det er den biologiske halveringstid, der bestemmes direkte ud fra punkterne.

Et eksempel på en god besvarelse:

Ud fra tabellens data er det muligt at regne den effektive halveringstid, og da denne er bestemt ved:

$$\frac{1}{T_{\frac{1}{2},eff}} = \frac{1}{T_{\frac{1}{2}}} + \frac{1}{T_{\frac{1}{2},bio}}$$

...kan den biologiske halveringstid findes ved først at slå den fysiske halveringstid op, og derefter bestemme den effektive. Ved at kigge i det periodiske system kan det ses at I har atomnummeret 53. I databogen findes det at den fysiske halveringstid for $^{131}_{53}I$ er $8{,}02\ dage$.

For at bestemme den effektive halveringstid benyttes følgende sammenhæng:

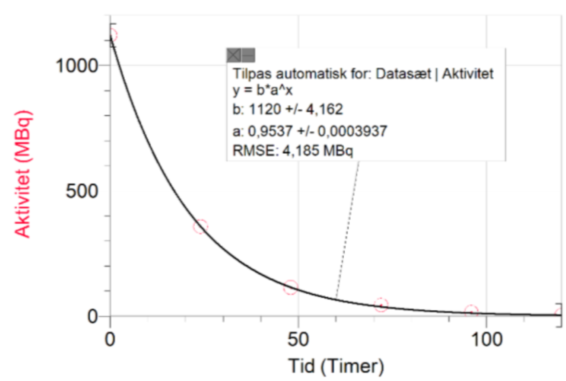
$$T_{\frac{1}{2},eff} = \frac{\log\left(\frac{1}{2}\right)}{\log(a)}$$

...der bygger på henfaldsloven, som er en eksponentialfunktion, dog med aktiviteten i stedet for antallet af kerner, da disse tal er er proportionelle:

$$A = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}}$$

Nu udføres der eksponentiel regression på dataene vha. LoggerPro. Som det fremgår af billedet til højre er $b = 1120$, hvilket passer med A_0 som er oplyst i tabellen, mens $a = 0{,}9537$ (for simplicitetens skyld regnes dette uden enheder, men da det bygger på data angivet i timer, vil den endelige effektive halveringstid også være angivet i timer). Denne værdi indsættes i sammenhængen:

$$T_{\frac{1}{2},eff} = \frac{\log\left(\frac{1}{2}\right)}{\log(0{,}9537)} \approx 14{,}62147$$



Dvs. at den effektive halveringstid ca. er 14,6 $timer$. Nu kan den biologiske halveringstid bestemmes:

$$\frac{1}{14{,}62147\ t} = \frac{1}{8{,}02 \cdot 24\ t} + \frac{1}{T_{\frac{1}{2},bio}}$$

$\Updownarrow$ *Ligningen løses for z vha. CAS-værktøjet WordMat.*

$$T_{\frac{1}{2},bio} = 15{,}82348\ t$$

Dvs. at den biologiske halveringstid for ^{131}I når det anvendes til kræftbehandling er 16 $timer$.

5. Argo-flydere

Spørgsmål 5a (Elevscore: 9,2)

En besvarelse skal ud over kendskab til begrebet gennemsnitlig fart vise, at eleven kan overveje antallet af betydende cifre i resultatet. Mange elever afrunder til kun ét betydende ciffer, hvilket er for lidt.

Mht. enheder er der en del elever, der angiver resultatet i enheden km/h, men det ses i mange tilfælde anvendelse af enheder i CAS programmer automatisk omregner til SI-enheden m/s. Direkte fejl ses i tilfælde, hvor enhedsomregningen foretages forkert (uden CAS).

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi bestemmer den gennemsnitlige fart ved brug af definitionen på hastighed.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$v = \frac{2{,}0\ km}{6{,}0\ timer} \approx 9{,}259258\ \frac{cm}{s}$$

Konklusion: Argo-flyderen stiger op med en gennemsnitlig fart på $9,3\ cm/s$.

Spørgsmål 5b (Elevscore: 7,9)

Da eleven skal vurdere, forventes det, at eleven vælger fornuftige værdier for vandets densitet og for luftens tryk og begrunder valget.

De fleste besvarelser benytter trykket af en vandsøjle, men nogle glemmer at addere luftens tryk for at få det korrekte udtryk for trykkets afhængighed af dybden.

Elever, der ikke bruger CAS-beregninger med enhedsangivelse, kan have problemer ved enhedsomregningen.
I nogle besvarelser beregnes dybden ved at ”trykket stiger med 1 atm for hver 10 m”. Dette er tilnærmet og vil i øvrigt afhænge af vandets densitet. Der forventes derfor en mere nøjagtig bestemmelse hvor den valgte densitet af vandet inddrages.

Et eksempel på en god besvarelse:

Havdybden vurderes ud fra formlen $p_{max}=p_0+\rho_{hav}\cdot g\cdot h$, hvor tyngdeaccelerationen $g:=9.82\,m/s^2$, $p_{max}:=26.4\cdot 10^6$ Pa. Trykket ved overfladen sættes til $p_0:=101.3\cdot 10^3$ Pa, som er et normalt tryk (Kompendium). Havvandets densitet er $\rho_{hav}:=1.03\cdot 10^3\ kg/m^3$. Det antages, at havvandets densitet er konstant for alle havdybder. Dermed bliver dybden:

$\text{solve}\left(p_{max}=p_0+\rho_{hav}\cdot g\cdot h,h\right) \blacktriangleright h=2600.07\,\text{m} \approx 2.6$ km

Altså vurderes den havdybde, som Argo−flyderen mindst kan nå uden at blive knust, til ca. 2.6 km.

Spørgsmål 5c (Elevscore: 3,9)
Argumentationen for størrelsen af friktionskraften skal fremkomme gennem en kraftanalyse der inddrager dels ligevægtssituationen og dels bevægelsen med konstant hastighed.
Det er ikke særlig mange besvarelser, hvor der er tegnet kraftdiagrammer i de to tilfælde eller får inddraget kræfterne, der virker i de to situationer. Desuden er der ikke særlig mange, der eksplicit benytter Newtons 2. lov til at konkludere, at den resulterende kraft er nul i de to tilfælde, og at man deraf kan opstille kraftligninger.
Det komplekse i opgaven fremkommer på grund af at massen af flyderen og volumen af flyderen i ligevægtssituationen ikke er kendte, og at der derfor indgår kræfter, hvis størrelser ikke kvantitativt kan beregnes.

Eleverne, der besvarer spørgsmålet korrekt, benytter én af følgende to strategier:

1) Opstille kraftligninger i ligevægtstilstanden (hvor friktionskraften er nul) og i bevægelsen med konstant hastighed (med friktionskraft og hvor volumen og dermed opdriften er forøget), idet den resulterende kraft i begge tilfælde er nul. Derefter bestemmes friktionskraften ved kombination af disse kraftligninger.
2) Argumentere for forskelle i kræfter fra ligevægtstilstanden til bevægelsen opad med konstant hastighed.

Eneste forskel er, at der er kommet en forøget opdrift, samt en friktionskraft. Disse to ændringer i kræfter er modsatrettede og må have samme størrelse idet den resulterende kraft i begge tilfælde er nul. Derved kan friktionskraften bestemmes.

Mange besvarelser inddrager ikke ligevægtssituationen i deres argumentation. Det kan måske i nogle tilfælde skyldes, at der ikke helt er forståelse af hvad der menes med "ligevægt".
Desuden ses i mange besvarelser, at opdriften beregnes ud fra Arkimedes lov, men kun ved brug af volumenforøgelsen, og at der derefter, uden korrekt kraftargumentation, konkluderes, at friktionskraften er lig denne opdrift. Fejlen i en sådan besvarelse er, at den korrekte opdrift og tyngdekraften ikke er inddraget i argumentation/kraftanalysen.
Ved selve beregningerne forventes, at der benyttes en passende densitet for vandet.

Et eksempel på en god besvarelse:

I ligevægtspositionen, hvor flyderen står stille gælder

$$F_{opdrift} = F_{tyngde}$$

$$\rho_{vand} \cdot V_{fortrængt} \cdot g = F_{tyngde}$$

Idet Argo-flyderen stiger op med konstant fart, gælder der under opstigningen

$$F_{opdrift} = F_{tyngde} + F_{friktion}$$

$$\rho_{vand} \cdot V_{fortrængt} \cdot g + (\rho_{vand} \cdot 7{,}4 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^3 \cdot g) = F_{tyngde} + F_{friktion}$$

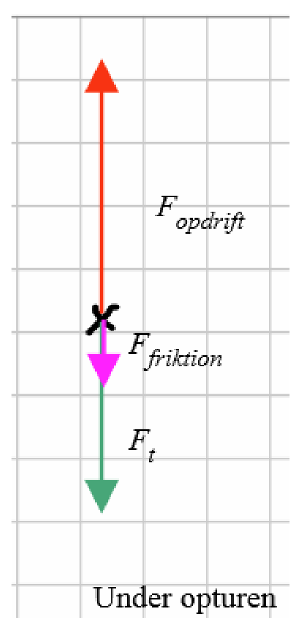
Sammenligner vi de to tilfældes kraftscenarier, ser vi at

$$F_{friktion} = \rho_{vand} \cdot 7{,}4 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^3 \cdot g$$

Indsætter værdier, og finder størrelsen af friktionskraften.

$$F_{friktion} = 1036{,}9 \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3} \cdot 7{,}4 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m}^3 \cdot 9{,}82 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 7{,}534\ \mathrm{N} \doteq 7{,}5\ \mathrm{N}$$

Altså er friktionskraftens størrelse 7,5 newton.



6. Parker Solar Probe

Spørgsmål 6a (Elevscore: 8,4)

En besvarelse skal vise kendskab til begrebet intensitet og vise, at eleven har kendskab til og kan regne med præfikser til enhederne. Den overvejende del af eleverne besvarer dette spørgsmål korrekt. Direkte fejl ses oftest i tilfælde, hvor et præfiks enten undlades eller fortolkes forkert.

Et eksempel på en god besvarelse:

Givne størrelser:

- $I_{sol} = 646 \cdot 10^3 \, \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$
- $A_{solceller} = 4.0 \cdot 10^{-3} \, \mathrm{m}^2$

Der er åbenlyst, at effekten hvormed solcellerne vil modtage energi fra Solen, $P_{solceller}$, må være givet ved produktet af den effekt, der laveres pr. areal, og arealet af solceller:

$$P_{solceller} = I_{sol} \cdot A_{solceller} = 646 \cdot 10^3 \, \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot 4.0 \cdot 10^{-3} \, \mathrm{m}^{-2} = 2584 \, \mathrm{W} \, (2.6 \cdot 10^3 \, \mathrm{W})$$

Svar: $\boldsymbol{P_{solceller} = 2.6 \cdot 10^3 \, \mathrm{W}}$

Spørgsmål 6b (Elevscore: 5,7)

Den mekaniske energi skal beregnes ved at beregne den kinetiske energi og den potentielle energi i tyngdefeltet fra Solen.

Desværre er der en del elever der fejlagtigt benytter udtrykket $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ for den potentielle energi – nogle med *g*-værdien nær Jordens overflade og nogle med *g*-værdien nær Solens overflade. Solens masse skal findes i f.eks. Databogen.

Aflæsningerne af hastighed og afstand er for det meste rimelige, selvom lidt større aflæsningsnøjagtighed kunne ønskes. I flere af besvarelserne giver beregningerne ikke det fald i mekanisk energi, som opgaveteksten fortæller der skal være, men det kommenteres sjældent af eleverne.

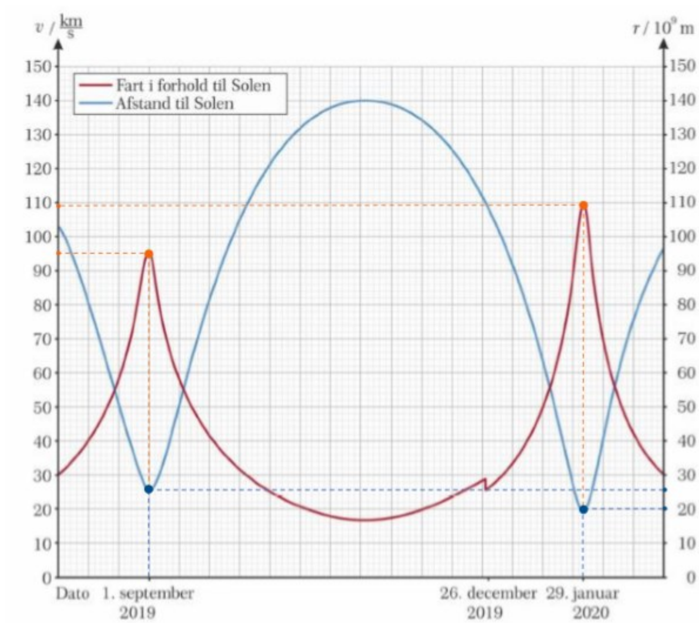
I selve beregningerne af den mekaniske energi optræder fejl som f.eks.

- manglende omregning af hastigheden til SI-enheder (mest blandt de der bruger CAS-beregninger uden enhed)
- manglende kvadrering af hastigheden
- fortegnsfejl på E_{pot}

- manglende 10^9 faktor i afstanden til Solen

Ofte ses, at der i besvarelserne er angivet de aflæste værdier. Det vil dog være naturligt, at det på et diagram med kurverne vises, hvor og hvordan aflæsningerne foretages.

Et eksempel på en god besvarelse:



På grafen i opgavebeskrivelsen aflæser vi følgende værdier.

Dato	Fart i forhold til solen	Afstand til solen
1. september 2019	95 km/s	$26 \cdot 10^9\ m$
29. januar 2020	109 km/s	$20 \cdot 10^9\ m$

Ud fra formlerne for henholdsvis kinetisk og potentiel energi i et gravitationsfelt kan vi opskrive et udtryk for mekanisk energi i et gravitationsfelt.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_{pot} = -G \cdot \frac{m \cdot M}{r}$$

$$E_{mek} = E_{kin} + E_{pot}$$

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

Vi bestemmer nu den mekaniske energi i de to tilfælde, hvorefter vi beregner tabet i mekanisk energi.

$$Definer\!: \ G = 6{,}67428 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}; m_{sol} = 1{,}98892 \cdot 10^{30} kg$$

$$E_{mek_{før}} = \frac{1}{2} \cdot 685\ kg \cdot \left(95 \frac{km}{s}\right)^2 - G \cdot \frac{685\ kg \cdot m_{sol}}{26 \cdot 10^9\ m} \approx -406{,}286\ GJ$$

$$E_{mek_{efter}} = \frac{1}{2} \cdot 685\ kg \cdot \left(109 \frac{km}{s}\right)^2 - G \cdot \frac{685\ kg \cdot m_{sol}}{20 \cdot 10^9\ m} \approx -477{,}311\ GJ$$

$$-\Delta E_{mek} = -\left(E_{mek_{efter}} - E_{mek_{før}}\right) = E_{mek_{før}} - E_{mek_{efter}}$$

$$-\Delta E_{mek} = -406{,}286\ GJ - (-477{,}311\ GJ) \approx 71{,}025\ GJ$$

Konklusion: Som følge af Venus' påvirkning taber satellitten 71 GJ i mekanisk energi.

7. Elektrostatisk filter

Spørgsmål 7a (Elevscore: 8,9)

Den overvejende del af eleverne besvarer dette spørgsmål, men mange angiver resultatet med ét eller fire betydende ciffer. Der bør være 2 betydende cifre og det ses gerne, at enheden kV anvendes.

Et eksempel på en god besvarelse:

Vi beregner spændingsfaldet med formlen for elektrisk felt mellem to plader.

$$E = \frac{U}{d} \quad \Leftrightarrow \quad U = E \cdot d$$

$$U = 3{,}0 \cdot 10^5 \frac{V}{m} \cdot 20\ mm = 6\ kV$$

Konklusion: Spændingsfaldet over de to parallelle metalplader er 6,0 kV.

Spørgsmål 7b (Elevscore: 3,9)
Der er her tale om en bevægelse i to dimensioner med konstant acceleration og sættets sværeste spørgsmål. Der er ikke så mange elever, der får besvaret dette spørgsmål korrekt, og af de, der besvarer spørgsmålet refererer nogle til ”skråt kast”.

Det der er problematisk for eleverne er

- at få indlagt et passende koordinatsystem, hvor anden aksen (i analogi med skråt kast) er parallel med den konstante acceleration *a* - dvs. vinkelret på pladerne
- at få fastlagt bevægelsens begyndelsesbetingelser x_0, y_0, v_{0x} og v_{0y} samt accelerationen *a* (med fortegn)
- at få opstillet bevægelsesligningerne

Typiske fejl er, at eleven

- betragter bevægelsen som en endimensionel bevægelse
- ikke får fastlagt og beskrevet et koordinatsystem
- ikke får adskilt begyndelseshastighed og acceleration som hørende til hver sin retning
- benytter begyndelseshastigheden i både *x*-retning og *y*-retning (*v* parallelt med pladerne og *a* vinkelret på pladerne).

Et eksempel på en god besvarelse:

Givne størrelser:

- $v_y = 1.5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$
- $s_{0,x} = 11.7 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}$
- $a_x = 1.06 \cdot 10^{4}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$

Idet y-retningen defineres som retningen parallelt med pladerne (positiv retning i v_y's retning og nulpunkt ved startplacering), og x-retningen defineres som retningen vinkelret på pladerne (positiv retning mod den negativt ladede plade og nulpunkt ved startplacering), kan følgende bevægelsesligninger stilles op (der ses bort fra luftmodstand og tyngdekraft):

$$y(t) = v_y \cdot t = 1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot t$$

$$x(t) = \frac{1}{2} \cdot a_x \cdot t^2$$

På baggrund af oplysningerne tages der udgangspunkt i, at røgpartiklen ikke bevæger sig i x-retningen før accelerationen.

Tiden det tager at ramme pladen, må være løsningen på ligningen:

$$x(t) = s_{0,x}$$

For lethedens skyld løses dette i et CAS-værktøj:

s_0x:=11.7· 10^{-3} ▸ 0.0117 m
v_y:=1.5 ▸ 1.5 m/s
a_x:=1.06· 10^{4} ▸ 10600. m/s^2
x(t):=0.5· a_x · t^2 ▸ *Udført*
y(t):=v_y · t ▸ *Udført*
solve(x(t)=s_0x and t>0,t) ▸ t=0.00148578 s

Den fundne tid sættes ind i $y(t)$ for at finde ud af, hvor langt partiklen når at bevæge sig parallelt med pladen:

y(0.00148578) ▸ 0.00222867 m

Svar: Røgpartiklen når at bevæge sig $2.2 \cdot 10^{-3}$ m parallelt med pladerne.

Spørgsmål 7c (Elevscore: 4,3)
I mange besvarelserne benyttes Coulombs lov til bestemmelse af størrelsen af den elektriske frastødningskraft mellem de to røgpartikler, og den elektriske kraft fra pladerne bestemmes ud fra den elektriske feltstyrke. Hvis størrelserne er beregnede, konkluderes for de fleste korrekt vedrørende størrelsesforholdet mellem dem.

Ved bestemmelse af røgpartiklens masse er der en del elever, der fejlagtigt bestemmer den resulterende kraft som summen af den elektriske frastødningskraft og den elektriske kraft fra pladerne. Dermed overvejer de ikke kræfternes retninger, og argumentet bliver ”ufysisk” idet retningen af den elektriske frastødning ikke kendes. Den foregåede beregning om størrelsesforhold mellem kræfterne benyttes ikke til at negligere den elektriske frastødning.

Endelig er der besvarelser, der ikke eksplicit omtaler Newtons 2. lov som bindeled mellem resulterende kraft, masse og acceleration, hvilket er ønskeligt her.

Enkelte elever benytter uden argumentation eller reference en "færdig formel" $a = \frac{U \cdot q}{m \cdot d}$ for accelerationen af en ladet partikel mellem i feltet mellem pladerne. Ved at gøre det bliver kraftanalysen i situationen ikke belyst som den burde i dette tilfælde.

Et eksempel på en god besvarelse:

For at vise at størrelsen af den elektriske frastødningskraft mellem de to røgpartikler er meget mindre end størrelsen af kraften på en røgpartikel fra det elektriske felt mellem pladerne, udregner jeg først den kraft, som det elektriske felt pårviker dem med. Dette gør jeg ud fra følgende formel:

$F = E \cdot q$

Jeg indsætter værdier og udregner.

$F = 3.0 \cdot 10^5 \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{m}} \cdot 1.8 \cdot 10^{-17}\mathrm{C} \overset{\text{simplify}}{=} F = 5.400000000\ 10^{-12}\ \mathrm{N}$

Jeg finder nu den elektriske frastødningskraft ved hjælp af coulombs-lov som ser ud som følgende:

$F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^{\ 2}}$

Jeg indsætter nu værdier og udregner. (permitiviteten for vakum slåes op i databogen)

$F = \frac{1}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}} \cdot \frac{1.8 \cdot 10^{-17}\mathrm{C} \cdot 1.8 \cdot 10^{-17}\mathrm{C}}{(260\mu\mathrm{m})^2} \overset{\text{simplify}}{=} F = 4.309681540\ 10^{-17}\ \mathrm{N}$

Det ses nu, at den elektriske frastødningskraft er langt mindre end kraften fra det elektriske felt, da kraften fra der elektriske felt er større med en faktor 10^5.

Ud fra dette kan jeg nu antage at partiklernes accelration uddelukkende kommer fra påvirkningen fra det elektriske felt(jeg ser også bort fra tyngdekraften). Dette betyder, at jeg nu kan udregne massen af partiklen ud fra Newtons 2. lov, som ser ud som følgende:

$a = \frac{F}{m}$

Jeg indsætter værdier og løser for massen:

$1.06 \cdot 10^4 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = \frac{5.4 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{N}}{m} \xrightarrow{\text{solve for m}} [[m = 5.094339623\ 10^{-16}\ \mathrm{kg}]]$

Massen af en røgpartikel er altså $5{,}1 \cdot 10^{-16}\mathrm{kg}$.

5. Generelle bemærkninger til besvarelserne

Eksaminandernes forklaring

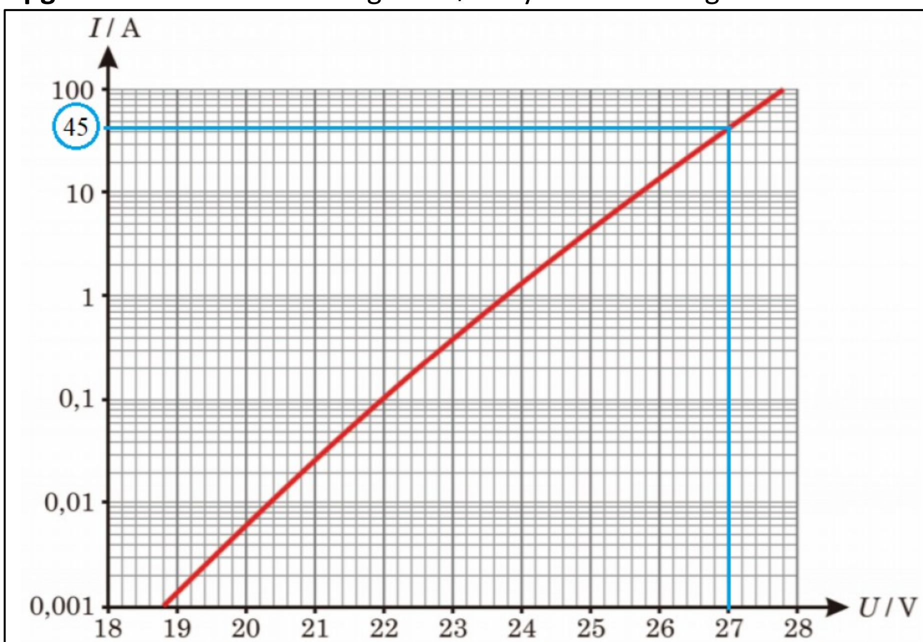
En fremragende besvarelse er generelt set kendetegnet ved, at de anvendte metoder er kommenteret og begrundet. Det gælder også for de spørgsmål, hvor kravet om en forklarende tekst ikke fremgår eksplicit af spørgsmålsteksten.
I opgavesættene kan indgå spørgsmål, hvor eksaminanden eksempelvis skal bestemme en tangent til en graf eller et areal under en graf. Eksaminanden vælger selv metoden, men denne skal klart fremgå af besvarelsen. Dokumentationen kan være tegning og aflæsning på et bilag eller en løsning ved hjælp af et IT-værktøj. Eksaminanderne forventes at kunne benytte IT-værktøjer til at tegne på en pdf-fil, fx at indtegne en kraft på et bilag i en opgave, og i det hele taget at kunne udarbejde simple illustrationer digitalt til besvarelsen af opgaverne.

Der fornemmes en generel forbedring i opgavernes dokumentationsniveau, men det kan stadig blive bedre. Der er ikke set mange eksempler på udelukkende anvendelse af programmeringssprog.

Gode eksempler på forklaringer og ledsagende tekst

Bemærk, at det ikke kan forventes, at elever, der laver en middelgod besvarelse, har så gode og fyldestgørende forklaringer med som vist nedenfor.

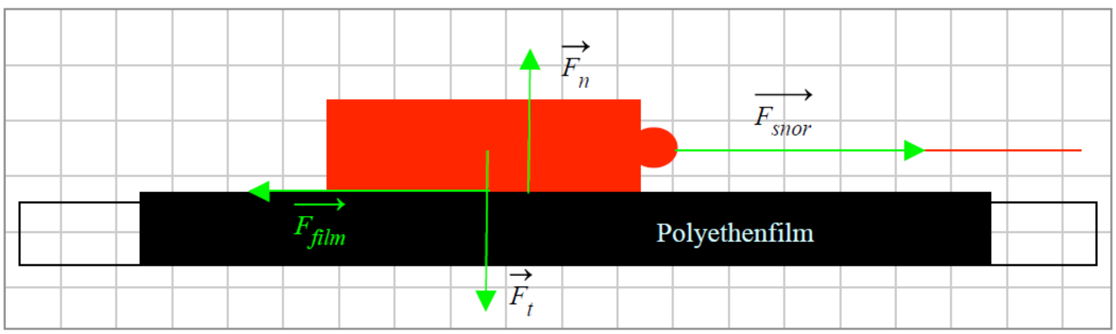
Opgave 2b – sæt 1 Aflæsning af strømstyrke i enkeltlogaritmisk koordinatsystem.



Med blåt er illustreret hvorledes strømstyrken I er aflæst ud fra det oplyste spændingsfald U.

Opgave 3c – sæt 1 Bestemmelse af gnidningskraftens arbejde.

I eksperimentet trækkes loddet med en konstant hastighed med størrelsen $2.5\ \frac{\text{cm}}{\text{s}}$. Kraftdiagrammet vil da se således ud:



For at vurdere friktionskraftens arbejde under eksperimentet bruger vi de samme antagelser som i delspørgsmål b. Vi ved at $A = F \cdot \Delta s \cdot \cos(\Theta)$ for en konstant kraft og da friktionskraften er tilnærmelsesvis konstant regner vi med den som en konstant kraft på 3.0 N, da det var dette vi aflæste i delspørgsmål b. Vinklen mellem friktionskraften og loddets retning er 180° og vi kan aflæse på grafen at loddet blev trukket i 7.75s, da kan vi regne Δs da $\Delta s = v \cdot \Delta t$, vi sætter ind og regner:

$$\Delta s = 2.5\ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \cdot 7.75\,\text{s} = 0.1937500000\ \text{m}$$

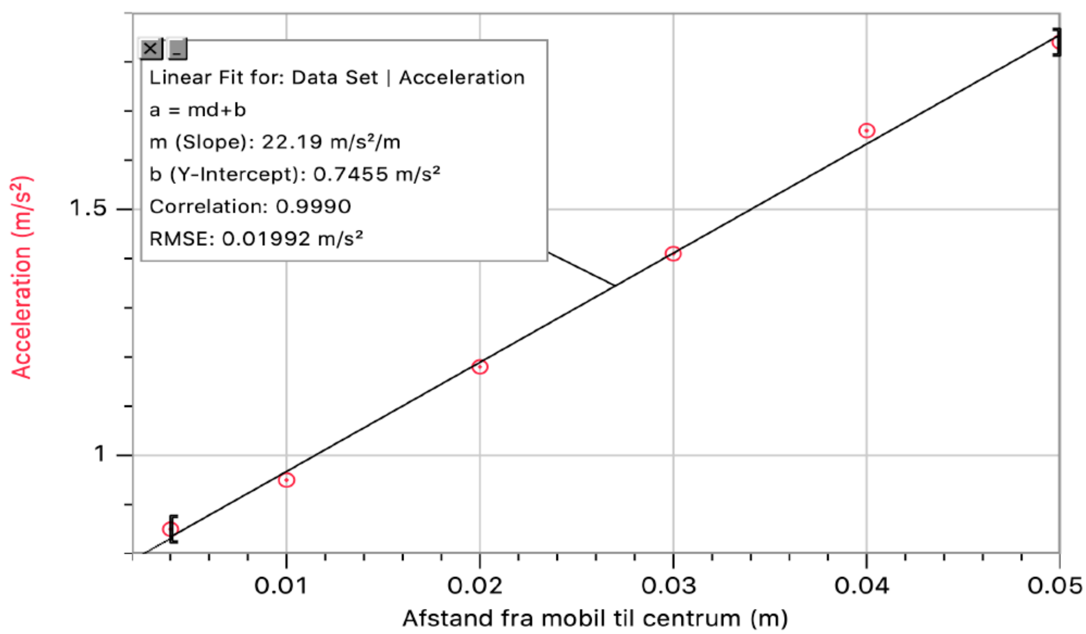
Nu kan vi altså beregne arbejdet:

$$A = 3.0\text{N} \cdot 0.19375\text{m} \cdot Cos(180) = -0.581250\ \text{J}$$

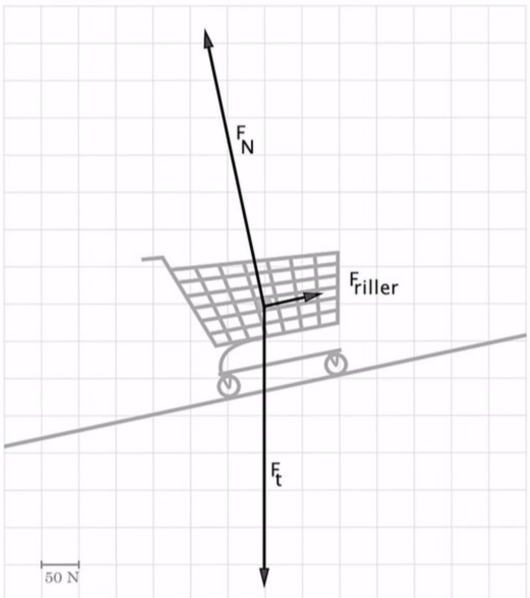
Altså har friktionskraften udført et arbejde på -0.58 J under eksperimentet.

Opgave 4b – sæt 1 Bestemmelse af frekvens og afstand ud fra data.
Mange elever tegner en graf, men tager ikke stilling til den fremkomne regression. Ved indtegning af grafer bør det understreges at der skal angives hvad der er på akserne (fysisk størrelse og enhed).

Vi indtaster dataene i Loggerpro og får følgende graf:



Opgave 5b – sæt 1 Indtegning af de kræfter, der er på indkøbsvognen.
Der bør generelt være mere fokus på, at kræfterne indtegnes korrekt. Rette linjer med korrekte længder og retningsangivelse. Der er angivet et punkt på figuren, der kan tegnes ud fra. Anvendelse af egne figurer i denne opgave er ikke optimalt.



Opgave 6a – sæt 1 Reaktionsskema. Det bør understreges at i denne opgave at det ikke er nok, at reaktionen opskrives uden yderligere kommentarer.

Vi skal opskrive reaktionsskemaet for henfaldet af Cu-67

I databogen finder vi, at ${}^{67}Cu$ henfalder ved β- henfald. (s. 201)

Det indebærer, at henfaldet ser således ud:

$${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu_e}$$

Hvor X betegner moderkernen og Y datterkernen, A nukleontallet og Z antallet protoner.

${}^{0}_{-1}e$ betegner en elektron, og $\overline{\nu_e}$ en antineutrino.

Vi opskriver nu reaktionsskemaet for det radioaktive henfald af ${}^{67}Cu$:

$${}^{67}_{29}Cu \rightarrow {}^{67}_{30}Zn + {}^{0}_{-1}e + \overline{\nu}_e$$

Antineutrinoen udsendes for at bevare leptontallet. Fordi at elektronens neutrontal er 0, vil datterkernen have samme nukleontal som moderkernen (67). Da en elektron har et ladningstal på -1, skal protontallet af datterkernen, pga ladningstalsbevarelsen, stige med 1. Datterkernen har derfor protontallet 30, hvilket svarer til Zink (Zn).

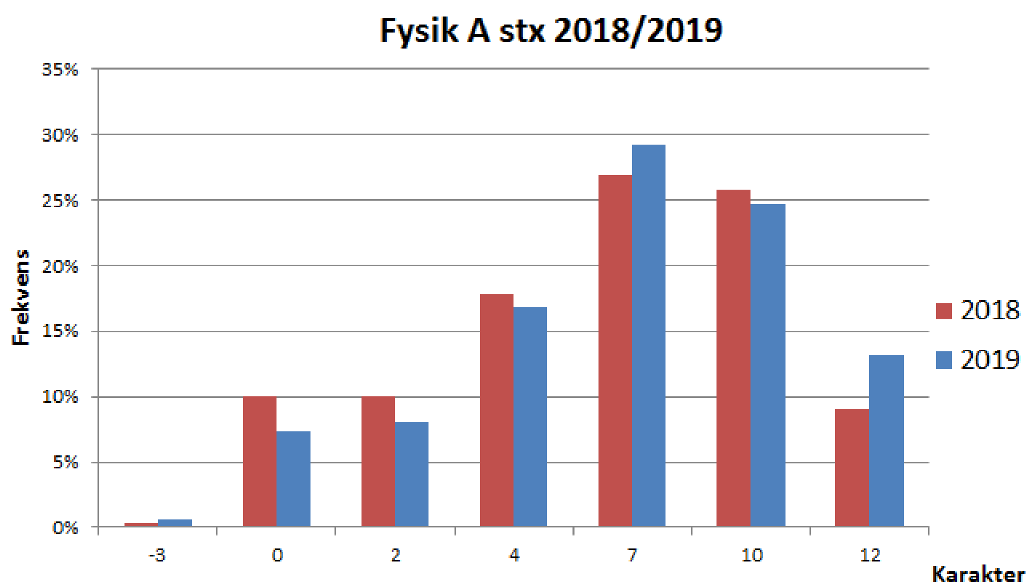
6. Statistik

På censormødet fastsættes karaktererne og de indtastes i netprøver. På baggrund af disse data fra Netprøver.dk er der gennemført en statistisk opgørelse som viser at karaktergennemsnittet blev 6,9, hvilket er en lille forbedring i forhold til sidste år. Gennemsnittet af de beståede karakterer var 7,5. I alt var 1384 eksaminander til prøve i sæt 1 mens 594 eksaminander var til prøve i sæt 2, heraf fik 8 % ikke en bestået karakter.

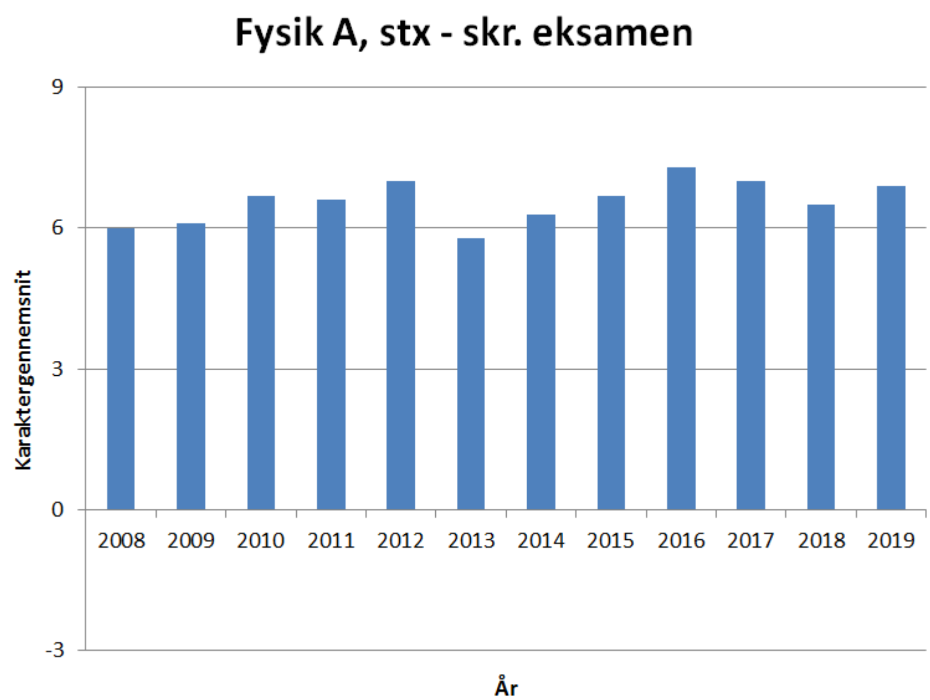
Karakterer	**-3**	**00**	**02**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	12	144	160	334	579	489	260	1978
Frekvenser	0,6	7,3	8,1	16,9	29,3	24,7	13,1	100

Karaktergennemsnittet blev 6,9.

Statistikken herunder viser, hvordan de samlede prøvekarakterer for 2018-2019 fordeler sig på de enkelte karakterer.



Som i de tidligere år var karaktergennemsnittet højere for drengene end for pigerne. Karaktererne opdelt på køn er kun kendt fra karakterprognosen, hvor drengene i gennemsnit fik en karakter der var 0,7 højere end pigernes.



Resultatet for årets prøve på 6,9 placerer sig tæt på tidligere års prøveresultater idet gennemsnittet for de foregående 5 år er 6,8.

De følgende tabeller og diagrammet viser resultaterne opdelt på de to sæt.

Sæt 1

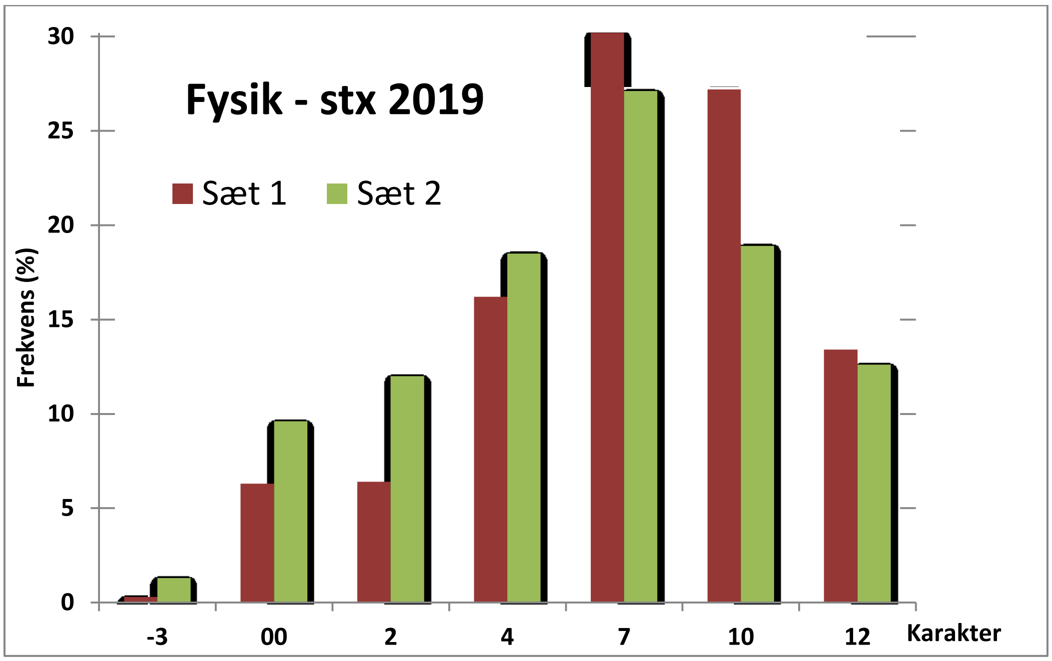
Karakterer	**-3**	**00**	**02**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	4	87	89	224	418	377	185	1384
Frekvenser	0,3	6,3	6,4	16,2	30,2	27,2	13,4	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 7,2.

Sæt 2

Karakterer	**-3**	**00**	**02**	**4**	**7**	**10**	**12**	**I alt**
Antal	8	57	71	110	161	112	75	594
Frekvenser	1,3	9,6	12,0	18,5	27,1	18,9	12,6	100

Karaktergennemsnittet for disse eksaminander blev 6,2.



Som man kan se, falder gennemsnittet og fordelingen af karakterer ikke helt identisk ud på de to prøvedage og i de forskellige prøvesæt. Hvad der er baggrunden for disse variationer ved vi ikke, men det kan fx skyldes prøveudtrækket blandt elever m.v.

7. Afsluttende bemærkninger

Der har i 12 år været afholdt skriftlig prøve efter 2005-ordningen, og opgavesæt efter 2010 findes på emu'ens Materialeplatformen: http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/. Lærere kan opnå adgang ved hjælp af Uni-login.

Fysiklærerne på skolen opfordres til at samarbejde om opgavedimensionen i undervisningen på såvel B som A-niveau. Erfaringerne fra den skriftlige prøve på A-niveau kan med fordel blive inddraget på faggruppens møder. De elever, der får fysik A gennem opgradering af fysik B, må hjælpes til et godt grundlag for problemløsning ved at arbejde med rimelige mængder opgaver allerede i fysik B-undervisningen. 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.

Thomas Brun Kristensen	Nils Kruse
Fagkonsulent	Medlem af opgavekommissionen