Fysik 2015

Råd og vink til den skriftlige prøve

Fysik stx

Maj – juni 2015

Ministeriet for Børn, Undervisning og Ligestilling
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet

Indhold

1. Indledende bemærkninger

Ved den skriftlige prøve i fysik (stx) sommeren 2015 blev der stillet to opgavesæt. Sættene er mærket 1STX151-FYS/A-26052015 og 2STX151-FYS/A-02062015 og bliver lagt på adressen http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/.

Her følger nogle råd og vink til lærere og elever til arbejdet med den skriftlige dimension rettet mod den skriftlige prøve.

Sættene behandles hver for sig med nogle fælles generelle kommentarer.

2. Censorernes bemærkninger til besvarelserne af årets opgaver

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

Prognosen fremkommer ved at censorerne indberetter deres foreløbige evaluering af et antal besvarelser. Hvert af de 15 spørgsmål tildeles her et pointtal mellem 0 og 10. I år omfattede denne indberetning 1169 besvarelser for sæt 1 og 576 besvarelser for sæt 2. Censorernes indberetninger udgør dermed en stikprøve på næsten 100 % af samtlige besvarelser

Pointtallene fra prognosen kan benyttes til at vurdere sværhedsgraden af de enkelte spørgsmål. Spørgsmål med pointtal 8-10 må således opfattes som umiddelbart lette, pointtal 6-8 svarer til mere sammensatte spørgsmål, mens spørgsmål med pointtal under 6 kræver, at eksaminanden kan bruge eller opstille mere komplicerede modeller for den foreliggende problemstilling. Pointtallene for hver opgave fra prognosen er i det følgende angivet som *middelscore*.

3. Elevernes besvarelser af sæt 1

1. Sous vide

Spørgsmål 1a (Middelscore: 9,6)
Stort set alle får fuld pointscore her. Censorerne forventer facit angivet med 3 betydende cifre, hvilket koster enkelte et point.

Spørgsmål 1b (Middelscore: 4,9)
Man får et datasæt fra et eksperiment, som skal efterbehandles med et relevant redskab. De fleste elever laver lineær regression på hele datasættet med et IT-værktøj og finder en gennemsnitlig effekt for den tilførte effekt til vandet. Stuetemperaturen er angivet i opgaven, men det får alligevel yderst få elever til at overveje, om den rette linje passer godt til målepunkterne. Man ser tydeligt se på en (*t* , *T*)-graf, at punkterne ligger på en krum kurve, men mange elever anvender ukritisk den lineære model, eventuelt med en kommentar til R^2-værdien. Enkelte elever skriver, at der er varmeudveksling med omgivelserne, men vælger blot at se bort herfra.
Nedenfor ses et af de sjældne svar, hvor varmeudvekslingen med omgivelserne inddrages i svaret på en relevant måde. Her savnes en graf til at understøtte argumentationen.
Nogle elever anvender kun det første og sidste datapunkt til beregning af effekten, hvilket er en alvorlig fejl.

Den varme Q som tilføres et system med varmekapaciteten C, når temperaturtilvæksten er Δt er givet ved:

$$Q = C \cdot \Delta T$$

C kan findes ved formlen:

$$C = m \cdot c$$

hvor m er massen og c er den specifikke varmekapacitet for stoffet, den findes i databogen og er for vand ved 20 grader: $4.182 \frac{kJ}{kg \cdot {}^\circ C}$. Så vi beregner C:

$$C = 8.2kg \cdot 4.182 \frac{kJ}{kg \cdot {}^\circ C} = 34.3 \frac{kJ}{{}^\circ C}$$

For at sikre at stuetemperaturen spiller så lille en rolle som muligt vælger vi at benytte testdata lige omkring stuetemperaturen, til at vurdere effekten. Vi vælger at undersøge, hvor meget varme der skal tilføres for at varme vandet fra 16.7°C til 23.9°C .

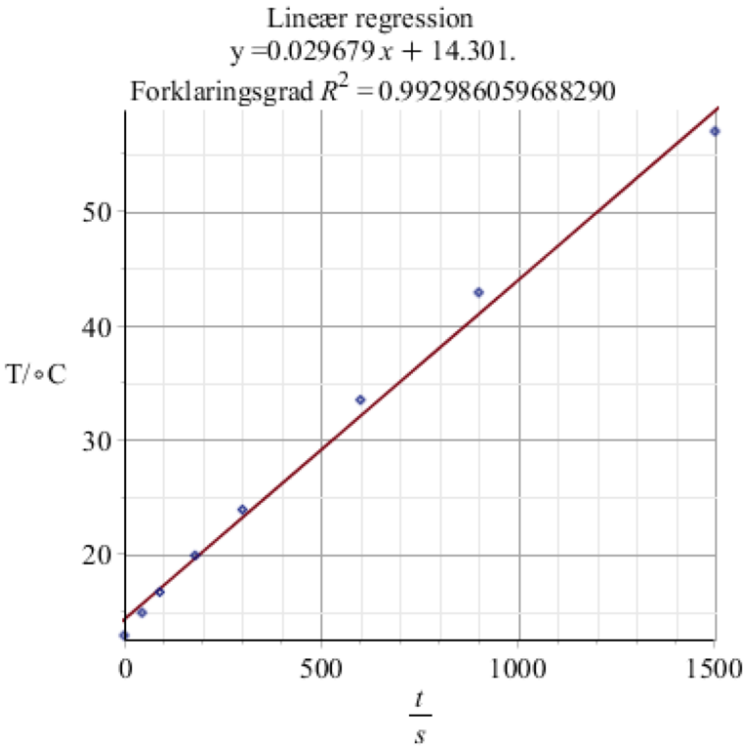
$$Q = 34.3 \frac{kJ}{{}^\circ C} \cdot (23.9^\circ C - 16.7^\circ C) = 246.9kJ$$

Opvarmningen tog i følge tabellen 300-90 sekunder = 210 sekunder. Altså er effekten:

$$P = \frac{246.9 \cdot 10^3 J}{210s} = 1175.74W$$

Det vurderes at sous viden'en tilfører effekt med $\underline{\underline{1.175kW}}$ og det er antaget at spild til omgivelserne næsten ikke er relevante, da vi har benyttet data omkring stuetemperaturen.

Mange udfører lineær regression på hele datasættet. Forklaringsgraden er god og eleven i eksemplet herunder kommenterer ikke modellens gyldighed, fx ved at notere, at at datapunkterne tydeligt ligger på en kurve, der krummer nedad.



Her ses, at hældningskoefficienten er 0,029679. $\frac{P}{m \cdot c} = 0{,}02967 \frac{W}{kg \cdot \frac{J}{kg \cdot °C}}$.

Da gennemsnitstemperaturen er godt 34°C findes vands specifikke varmekapacitet til tættest derpå, 30°C. Denne findes i vores databog til at være:

$$c_{30} = 4178 \frac{J}{kg \cdot °C} \; .$$

Nu findes effekten ud fra hældningen:

$$P = \frac{P}{mc} \cdot mc = 0{,}02967 \frac{W}{kg \cdot \frac{J}{kg \cdot °C}} \cdot 4178 \frac{J}{kg \cdot °C} \cdot 8{,}2kg = 1016{,}48\, W \; .$$

Sous viden tilfører energi til vandet med en estimeret effekt på 1,0 kW.

2. Holmium

Spørgsmål 2a (Middelscore: 8,6)

De fleste elever finder ved opslag i Databogen, at henfaldet sker ved et β^--henfald og kan opskrive et korrekt reaktionsskema. For mange kniber det med at give passende forklaring, fx ved henvisning til bevarelseslove eller kendte regler for et β^--henfald. Censorerne forventer, at alle detaljer i reaktionsskemaet er i orden, herunder massetal, ladning og antineutrinoen.

Spørgsmål 2b (Middelscore: 4,4)

Da halveringstiden er sammenlignelig med 1 døgn, bestemmes antal henfaldne kerner som forskellen mellem antal kerner fra start og efter 1 døgn. Den frigjorte energi i hvert henfald finder

man lettest i Databogen, hvorefter den afsatte energi i leveren let beregnes. Se det gode eksempel nedenfor.
Mange elever beregner selv Q-værdien, hvilket er unødigt besværligt og desværre ofte giver anledning til fejl. I et β^- -henfald er en typisk fejl, at Δm bliver en elektronmasse for lille. Enkelte anvender massen af Ho som Δm, uden at bemærke den enorme energi, der afsættes i leveren.
Nogle elever bestemmer fint antal henfaldne kerner ved integration af aktiviteten, men det går kun godt, hvis enheder på tiden er ens i hele integralet.
Det er en alvorlig fejl, hvis antal henfaldne kerne bestemmes som produkt mellem 1 døgn og startaktiviteten.

b) For at kunne udregne den energi, der afsættes i leveren det første døgn, skal vi først kende antal henfald på dette døgn. Vi kender aktiviteten fra start, nemlig $A_0 = 5{,}60 * 10^9\ Bq$. Ud fra dette kan vi finde antal kerner fra start, idet følgende gælder:

$$A(t) = k * N(t) \quad \Leftrightarrow \quad N(t) = \frac{A(t)}{k}$$

k er henfaldskonstanten givet ved $k = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}}$. Halveringstiden findes i databogen til 26,8 timer.

Antal kerner fra start udregnes:

$$N_0 = \frac{A_0}{\left(\frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}}\right)} = \frac{5{,}60 * 10^9\ Bq}{\left(\frac{\ln(2)}{26{,}8 * 60 * 60\ s}\right)} = 7{,}79471 * 10^{14}\ kerner$$

Antal kerner efter et døgn kan nu findes ved brug af henfaldsloven:

$$N = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} * N_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{24*60*60\ s}{26{,}8*60*60\ s}} * 7{,}79471 * 10^{14}\ kerner = 4{,}19007 * 10^{14}\ kerner$$

Antal henfald kan nu findes som antal kerner fra start minus antal kerner fra slut:

$$N_{henfald} = N_0 - N = 7{,}79471 * 10^{14}\ kerner - 4{,}19007 * 10^{14}\ kerner = 3{,}60464 * 10^{14}\ henfald$$

Det ses i databogen, at for hvert henfald afsættes en energi på 1,85 MeV. Derudover oplyses det, at 67% af energien fra henfaldene afsættes i leveren. Energien, der afsættes i leveren, kan nu udregnes:

$$E_{afsat} = 3{,}60464 * 10^{14}\ henfald * 1{,}85 * 10^6\ eV * 0{,}67 = 4{,}46795 * 10^{20}\ eV$$

Dette omregnes til joule:

$$E_{afsat} = 4{,}46795 * 10^{20}\ eV * 1{,}6022 * 10^{-19} \frac{J}{eV} = 71{,}5855\ J \approx 71{,}6\ J$$

Det første døgn efter indsprøjtningen afsættes altså $71{,}6\ J$ i leveren pga. henfaldet af $^{166}_{67}Ho$.

3. Pushback

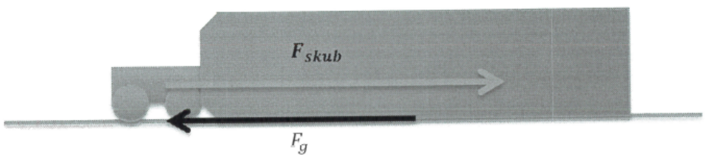
Spørgsmål 3a (Middelscore: 9,1)
Næsten alle kender formlen for kinetisk energi, men en del glemmer desværre at kvadrere farten. Enkelte overser, at 1 ton for IT-værktøjet ikke er 1000 kg.

Spørgsmål 3b (Middelscore: 7,1)
Kraftens størrelse bestemmes ved hjælp af Newtons 2. lov, som langt de fleste elever kan anvende. Undervejs skal der gennemføres en simpel kraftanalyse i én dimension, hvor fortegnet for kræfterne skal behandles korrekt. Alt for få tegner kraftdiagrammet for at sikre et korrekt resultat samt give god forklaring til besvarelsen, sådan som det ses nedenfor.

En stor del af eleverne har fortegnsfejl i kraftanalysen eller udelader helt friktionskraften i deres svar.

b) Bestem størrelsen af den kraft, hvormed traktoren påvirker flyet i starten af skubbet.

Skitse:



Da traktoren begynder at skubbe kan det antages at flyet får en konstant acceleration. Der ses bort fra traktorens vægt under skubbet, da den blot giver skubbet. Den resulterende kraft $F_{res} = F_{skub} - F_g$ så $m \cdot a + F_g = F_{skub}$

Pushback-traktorens påvirkning af flyet beregnes

$$F_{skub} = 132000\ kg \cdot 1{,}62\frac{m}{s^2} + 33000\ N = 247\ kN$$

Traktoren påvirker flyet med en kraft på 247 kN.

Spørgsmål 3c (Middelscore: 6,3)
De fleste elever besvarer spørgsmålet korrekt ved at bestemme kraftens arbejde som arealet under grafen og beregne effekten ud fra det opgivne tidsrum
Det forventes, at arealet bestemmes med rimelig nøjagtighed og dokumenteres ved hjælp af bilaget som i elevsvaret nedenfor. Som man ser, vælger ikke alle elever at "tælle tern".
Enkelte elever antager at 1. aksen er en tidsakse og bestemmer kun arealet ud til 23 s / m.

Arealet under grafen kan tilnærmelsesvist indeles i trekanter (som det kan ses på bilag 1) og arealet kan udregnes

$$A = \frac{1}{2}\cdot\left(250\cdot10^3N - 32\cdot10^3N\right)\cdot 10\,m + \frac{1}{2}\cdot 32\cdot10^3N\cdot(60\,m - 51.5\,m + 32\cdot10^3N\cdot 51.5\,m = A = \frac{2.8740000\,10^6\,kg\,m^2}{s^2}$$

Enheden for arbejde er J, som også kan skrives som $J = \frac{kg\cdot m^2}{s^2}$

Det gælder at effekt er energiændringen pr. tid.

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

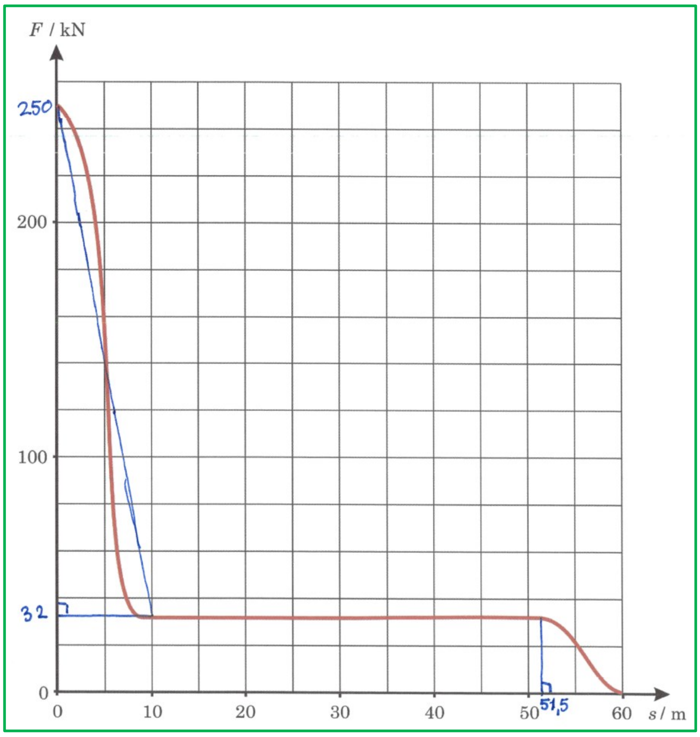
Energiændringen er lig med arbejdet og tiden er den tid som skubbet varer, hvilket er 23 s.

Effekten er altså:

$$\frac{2.874\cdot10^6 J}{23\,s} = \frac{1.249565217\,10^5\,J}{s}$$

Enheden for effekt er W, som også kan skrives som $W = \frac{J}{s}$

Den gennemsnitlige effekt, hvormed pushback-traktoren udfører arbejde på flyet er $1.2\cdot10^5$ W



4. Urancentrifuge

Spørgsmål 4a (Middelscore: 9,3)

Langt de fleste elever beregner nemt massen af UF_6 -gassen.

For nogle få giver det problemer at bestemme rumfanget af den cylinderformede centrifuge.

Spørgsmål 4b (Middelscore: 7,8)

Mange får et korrekt resultat ved at anvende formlen for centripetalkraften.

Enkelte elever indsætter dog de 477 omdrejninger som omløbstiden i sekunder. Andre mister lidt point, idet de anvender rørets radius i stedet for det angivne 5,3 cm.

b) Vurder størrelsen af centripetalkraften på UF_6-molekylet.

Størrelsen af centripetalkraften på UF_6-molekylet er givet ved sammenhængen:

$$F_c = m \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot r$$

hvor *m* er massen af et UF_6-molekyle oplyst til 349 u, T er omløbstiden og r af radius af den jævne cirkelbevægelse oplyst til 5,3 cm.

Det oplyses, at UF_6-gassen roterer med 477 omdrejninger pr. sekund, hvormed omløbstiden er bestemt til

$$T = \frac{1\,s}{477}$$

Massen af et UF_6-molekyle omregnes til enheden kg:

$$m = 349\,u = 349 \cdot 1{,}6605 \cdot 10^{-27} kg = 5{,}80 \cdot 10^{-25} kg$$

Dermed kan størrelsen af centripetalkraften på UF_6-molekylet bestemmes:

$$F_c = 5{,}80 \cdot 10^{-25} kg \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{\left(\frac{1\,s}{477}\right)^2} \cdot 5{,}3 \cdot 10^{-2} m = 2{,}76 \cdot 10^{-19}\,N$$

Dermed er størrelsen af centripetalkraften på et UF_6-molekyle $2{,}8 \cdot 10^{-19}$ N

5. Lyn

Spørgsmål 5a (Middelscore: 9,3)
Som ventet finder langt de fleste nemt et korrekt svar.
Håndteringen af præfikser giver udfordringer for nogle få elever.

Spørgsmål 5b (Middelscore: 4,8)
Det inducerede spændingsfald fås ved at kombinere den viste formel for magnetfeltets størrelse *B* med Faradays induktionslov som i elevsvaret nedenfor.
En del elever forstår ikke formlen for *B*. Nogle indsætter vindingens areal på A's plads i formlen, mens andre indsætter strømstyrken i stedet for A. Denne usikkerhed omkring enhed og fysisk størrelse fører ofte til stort set værdiløse svar.

b) Vurdér størrelsen af det inducerede spændingsfald

Vindingen har radius 0,45 m. Strømstyrken falder fra 40 kA til 0 A over 60 μs. Vindingen er vinkelret på magnetfeltet, hvorfor vinklen mellem B's feltvektor og "normalen" for planen er 0, hvorfor cosinus til dette er 1. Den inducerede spænding gennem en leder med et areal kan beregnes vha. Faradays induktionslov: $U_{ind} = -\frac{d\phi_B}{dt}$, altså ændringen i den magnetiske flux pr. tid. Vi opstiller tilfældet:

$$U_{ind} = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{\phi_{B-efter} - \phi_{Bfør}}{dt} = \frac{B_{efter} \cdot A \cdot \cos(v) - B_{før} \cdot A \cdot \cos(v)}{dt}$$

$$= -\frac{2{,}67 \cdot 10^{-9}\frac{T}{A} \cdot 0A \cdot \pi \cdot (0{,}45\ m)^2 - 2{,}67 \cdot 10^{-9}\frac{T}{A} \cdot 40 \cdot 10^3 A \cdot \pi \cdot (0{,}45 m)^2}{60 \cdot 10^{-6}\ s} \approx 1{,}132387\ V$$

Og dermed er det inducerede spændingsfald 1,1 V

6. NoνA

Spørgsmål 6a (Middelscore: 9,1)
Langt de fleste elever klarer dette spørgsmål fint og får 9-10 point.

Spørgsmål 6b (Middelscore: 4,2)
De elever, som kommer godt igennem beregningerne, finder gammafaktoren og π^+ mesonernes fart, som multipliceres med levetiden, fundet i Databogen. Gammafaktoren fås lettest som forholdet mellem π^+ mesonernes energi og deres hvileenergi. Farten fås da ved at SOLVE'e gammafaktoren med hensyn til *v*. Problemstillingen tester således elevernes evne til at anvende deres IT-værktøj til beregninger. Elevsvaret nedenfor viser en nogenlunde kort vej til et korrekt resultat.
Mange elever glemmer at anvende tiden i laboratoriet i stedet for egentiden. Man kan ikke, som nogle elever gør, uden videre antage at π^+ mesonerne bevæger sig med lysets. Hertil kræves et argument, fx ved at henvise til den store energi 10 GeV i forhold til hvileenergien eller den meget store gammafaktor.
Censorerne bemærker med glæde, når eleven afslutter med at kommentere facit i relation til figurens 675 m, hvor π^+ mesonerne forventes at henfalde.

b) Vurdér, hvor langt π^+ mesonerne bevæger sig, inden de henfalder.
For at bestemme hvor langt π^+ mesonerne bevæger sig, inden de henfalder, bestemmes først gammafaktoren γ, da energien af π^+ mesonen er oplyst til 10 GeV.

$$E_{\pi^+} = \gamma \cdot m_0 \cdot c^2$$

hvor m_0 er π^+ mesonernes hvilemasse oplyst til $m_0 = 139{,}6 \frac{MeV}{c^2}$.[5] Gammafaktoren bestemmes nu

$$\gamma = \frac{E_{\pi^+}}{m_0 \cdot c^2} = \frac{10 \cdot 10^3 MeV}{139{,}6 \frac{MeV}{c^2} \cdot c^2} = 71{,}63$$

Da gammafaktoren nu er oplyst, kan π^+ mesonens fart bestemmes ved sammenhængen:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Farten v bestemmes ved brug af CAS-værktøj:

$$solve\left(71.63323782 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{(c)^2}}}, v\right)$$

$$-0.9999025545\ c,\ 0.9999025545\ c$$

Herefter bestemmes mesonernes egen- middellevetid. π^+ mesonernes middellevetid er oplyst til[6] $t_{middel} = 2{,}6 \cdot 10^{-8} s$.

Dermed kan π^+ mesonens egen-middellevetid $\Delta\tau$ bestemmes ved:

$$\Delta\tau = t_{middel} \cdot \gamma = 2{,}6 \cdot 10^{-8} s \cdot 71{,}63 = 1{,}86 \cdot 10^{-6} s$$

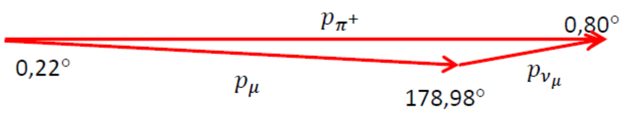
Slutteligt kan den strækning Δs, som π^+ mesonerne bevæger sig, inden de henfalder, bestemmes ved:

$$\Delta s = \Delta\tau \cdot v$$

$$\Delta s = 1{,}86 \cdot 10^{-6} s \cdot 0{,}99990 \cdot 2{,}99792458 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 558{,}3\ m$$

Dermed bevæger π^+ mesonerne sig 0,56 km inden de henfalder.

Spørgsmål 6c (Middelscore: 1,3)
Kun få elever kan håndtere dette stød i 2 dimensioner, hvor der skal regnes relativistisk. Mange af disse elever anvender bevarelse af bevægelsesmængde og opstiller to ligninger med to ubekendte, der løses ved hjælp af et IT-værktøj. Neutrinoens energi fås nu let, da den ene løsning er neutrinoens bevægelsesmængde. Se elevsvaret på næste side.
Også i denne opgave savner man figurer. De elever, der tegner vektorsummen for bevægelsesmængden, er tæt på at finde en lettere vej til et godt resultat. Figuren viser et eksempel



Bestem energien af en v_μ neutrino, der dannes ved henfald af en π^+ meson med energien 10 GeV og detekteres i neutrinodetektoren.

Det vides at der er impulsbevarelse igennem sammenstødet.
Den totale impuls før sammenstødet kan beskrives som

$$\overrightarrow{p_f} = \begin{pmatrix} 9999{,}03 \frac{MeV}{c^2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

Dette skyldtes at koordinatsystem lægges således at x-aksen flugter med π^+ mesonets bevægelsesretning.
Den totale impuls efter sammenstødet må være de to partiklers summerede impuls

$$\overrightarrow{p_e} = \overrightarrow{p_{v_\mu}} + \overrightarrow{p_{\mu^+}}$$

Vektoren $\overrightarrow{p_{v_\mu}}$ kan beskrives som

$$\overrightarrow{p_{v_\mu}} = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = |v_\mu| \cdot \begin{pmatrix} \cos(v) \\ \sin(v) \end{pmatrix}$$

hvor $v = 0{,}80°$
ligeledes kan $\overrightarrow{p_{\mu^+}}$ beskrives som

$$\overrightarrow{p_{\mu^+}} = \begin{pmatrix} \mu_1^+ \\ \mu_2^+ \end{pmatrix} = |\mu^+| \cdot \begin{pmatrix} \cos(v_1) \\ \sin(v_1) \end{pmatrix}$$

hvor $v = -0{,}22°$
På grund af impulsbevarelse er $\overrightarrow{p_f} = \overrightarrow{p_e}$
Dette giver anledning til vektorligningen

$$\begin{pmatrix} 9999{,}03 \frac{MeV}{c} \\ 0 \end{pmatrix} = |v_\mu| \cdot \begin{pmatrix} \cos(0{,}80°) \\ \sin(0{,}80°) \end{pmatrix} + |\mu^+| \cdot \begin{pmatrix} \cos(-0{,}22°) \\ \sin(-0{,}22°) \end{pmatrix}$$

Dette er 2 ligninger med to ubekendte hvor ligningerne er

$$9999{,}03 \frac{MeV}{c^2} = |v_\mu| \cdot \cos(0{,}80°) + |\mu^+| \cdot \cos(-0{,}22°)$$
$$0 = |v_\mu| \cdot \sin(0{,}80°) + |\mu^+| \cdot \sin(-0{,}22°)$$

Ligningerne løses med hensyn til $|v_\mu|$ og $|\mu^+|$

$$\text{solve}(9999.03 = \cos(0.8) \cdot a + \cos(-0.22) \cdot b \text{ and } 0 = \sin(0.8) \cdot a + \sin(-0.22) \cdot b, a, b)$$
$$\blacktriangleright\ a = 2156.76 \text{ and } b = 7842.54$$

$|v_\mu| = 2156{,}76 \frac{MeV}{c}$
$|\mu^+| = 7842{,}54 \frac{MeV}{c}$

v_μ neutrinoen har derfor den relativistiske impuls $p_{v_\mu} = 2156{,}76 \frac{MeV}{c}$

Den samlede energi af v_μ kan beregnes som $E_{v_\mu} = \sqrt{(m_0 \cdot c^2)^2 + \left(p_{v_\mu} \cdot c\right)^2}$, hvor m_0 er hvilemassen af v_μ neutrinoen. Hvilemassen er slået op til $0 \frac{MeV}{c}$ i databogen (**NB:** En nyere version angav værdien $0 < m < 2 \frac{eV}{c^2}$. Dette vidner om at massen er så lav at det er svært med nutidige midler at måle massen. Det kan ikke lade sig gøre at v_μ neutrinoen har massen $0 \frac{MeV}{c}$, men i kraft af at værdien er så lille regnes der videre med denne tabelværdi.)
Der sættes ind

$$E_{v_\mu} = \sqrt{\left(0 \frac{MeV}{c^2} \cdot c^2\right)^2 + \left(2156{,}76 \frac{MeV}{c} \cdot c\right)^2} = 2156{,}76\ MeV$$

v_μ neutrinoen har energien 2156,76 MeV

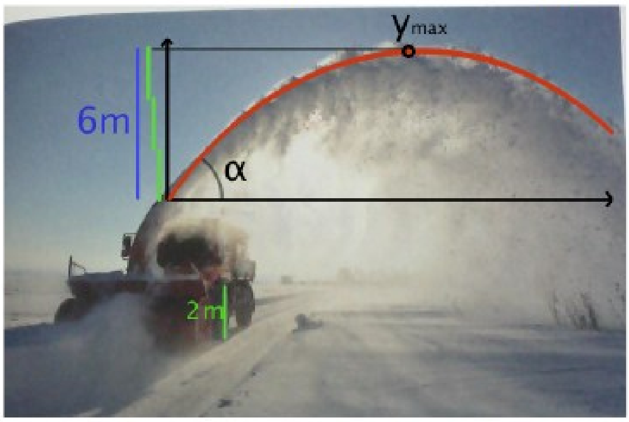
7. Snerydning

Spørgsmål 7a (Middelscore: 3,7)

En god besvarelse:

Udskydningsfarten v_0 findes ved formlen for stighøjden y_{max} i et skråt kast:

$$y_{max} = \frac{v_0^2}{2 \cdot g} \cdot sin^2(\alpha) \Leftrightarrow v_0 = \frac{\sqrt{2 \cdot y_{max} \cdot g}}{\sin(\alpha)}$$



Det antages at alt i forgrunden af billedet er i samme afstand til synspunktet, og at traktorhjulet er cirka 2 meter højt. Udmundingen af sneryderens rør sættes til x_0 hvor udskydningsfarten v_0 findes for snepartiklerne. Stighøjden findes udfra traktorhjulets højde og observering af sneets skrå kast, og sættes derved til 6 meter. Det er afgørende at y_{max} placeres på toppen af snebuen, da vi søger sneens *maksimale* udskydningsfart. Vinklen α mellem førsteaksen og v_0's retning antages udfra tegningen til at svare nogenlunde til 50°.

$$v_0 = \frac{\sqrt{2 \cdot y_{max} \cdot g}}{\sin(\alpha)} = \frac{\sqrt{2 \cdot 6m \cdot 9{,}82\frac{m}{s^2}}}{\sin(50°)} \approx 14\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Det går hurtigt, men jeg vil sige, at det da er en meget realistisk størrelse.

Tegningen fik jeg ind på computeren via Photobooth og webcam. Billedet er derefter redigeret i SketchBookPro.

Nogle elever gennemfører en art kontinuitetsargument: Rørmundingens diameter, snerydningstværsnitsareal og traktorens fart anslås. Dette kræver uheldigt mange arbitrære antagelser og giver ikke noget højt pointtal.

En god besvarelse af en åben opgave kræver ikke blot korrekte udregninger, men også rimelige og tydeliggjorte antagelser om den fysiske situation. Antagelserne skal så vidt muligt være tage udgangspunkt i billedmaterialet. Det er altså bedre at udmåle omtrentlige mål på billedet, som eleven i eksemplet ovenfor har gjort, end at skønne, at "traktoren kører nok 40 km/h" etc.

4. Elevernes besvarelser af sæt 2

1. Laserbehandling

Spørgsmål 1a (Middelscore: 9,2)

Næsten alle finder fotonens energi, idet mange blot indsætter i formlen $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$.

Spørgsmål 1b (Middelscore: 6,3)

Her skal man gøre rede for både opvarmningen til kogepunktet, idet der antages en passende starttemperatur, samt fordampningen ved 100 °C. Det gode svar indeholder en eksplicit sammenhæng mellem effekt og energi for tiden 1 s. Nogle elever skelner ikke skarpt mellem effekt og energi.

En typisk fejl består i, at der kun regnes på fordampningen svarende til, at man antager, at starttemperaturen for huden er 100 °C.

Nedenfor ses et fint elevsvar med god forklaring.

b. Vurdér massen af det vand, der fordamper pr. sekund fra huden på grund af laserbehandlingen

Det antages at vandet fra huden har en start temperatur på ca. 37 °C og skal opvarmes til ca. 100°C hvor det vil fordampe. Det gælder at energien det kræver, er for opvarmning og fordampning af vandet:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T + L_f \cdot m$$

Hvor m er massen, c er den specifikke varmekapacitet, T er temperatur ændringen og L_f er fordampningsvarmen.

Det gælder desuden at:

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

Det kan opskrives:

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T + L_f \cdot m}{\Delta t}$$

Den specifikke varmekapacitet og fordampningsvarme for vand findes i databogen.

$$5{,}3 \cdot 10^{-3} \frac{kJ}{s} = \frac{m \cdot 4{,}186\ kJ/(kg \cdot K) \cdot (100 - 37)^{\circ} + 2257\ kJ/kg \cdot m}{1\ s}$$

$$m_{vand} = 2{,}10 \cdot 10^{-6} kg$$

Massen af vandet, der fordamper på 1 sekund, er altså $2{,}10 \cdot 10^{-6}$kg

2. Napoleons død

Spørgsmål 2a (Middelscore: 8,1)

Langt de fleste kan finde henfaldstypen i Databogen eller et andet tabelværk og opskriver korrekt betahenfaldet af ^{76}As. Reaktionsskemaet skal ledsages af forklaring, og kerner samt elektron skal opskrives med ladning og nukleontal ligesom antineutrinoen skal angives korrekt, fx $\bar{\nu}$.

Enkelte elever løser desværre den forkerte opgave, idet de viser reaktionsskemaet for neutronindfangningen i ^{75}As.

Nedenfor ses et elevsvar med en brugbar forklaring

Den radioaktive kerne As-76 slås op i databogen, som angiver at kernen henfalder ved beta-minus henfald. Henfaldsskemaet vil altså se sådan ud:

$$^{76}_{33}As \rightarrow ^{76}_{34}Se + ^{0}_{-1}e + \overline{V}_e$$

As-76 bliver omdannet til Se-76 da en neutron bliver omdannet til en proton ved uskillelse af en elektron samt en antineutrino.

Spørgsmål 2b (Middelscore: 7,9)
Langt de fleste kommer fint igennem denne typeopgave, hvor rigtig mange kender de relevante formler og tabelopslag.
Nogle er dog udfordret af beregningerne med enhedsomregninger og 10'er potenser og får helt skæve resultater.
Elevsvaret nedenfor viser alle detaljer i beregningerne.

b) Gør rede for at massen af As-76 kerner i prøven var mindre end $2{,}92 \cdot 10^{-14}$g

Halveringstiden for As-76 findes i databogen til

$$T_{\frac{1}{2}} = 26{,}3\ timer$$

Henfaldskonstanten bestemmes:

$$k = \frac{\ln(2)}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{\ln(2)}{(26{,}3 \cdot 60 \cdot 60)s} = 7{,}3209461 \cdot 10^{-6}\ s^{-1}$$

Nu bestemmes antallet af As-76 kerner lige efter bestrålingen

$$A = k \cdot N \Leftrightarrow N = \frac{A}{k}$$

$$N = \frac{46{,}5\ Bq}{7{,}3209461 \cdot 10^{-6}\ s^{-1}} = 6351638\ kerner$$

Massen af 1 As-76 kerne, findes i databogen

$$m_{As-76} = 75{,}922394\ u$$

Massen af As-76 kerner i prøven:

$$m_{prøve} = N \cdot m_{As-76} =$$
$$6351638\ kerner \cdot (75{,}922394\ u \cdot 1{,}660538782 \cdot 10^{-27} kg) = 8{,}00764 \cdot 10^{-19}\ kg$$

Dette omregnes til g:

$$8{,}00764 \cdot 10^{-19} kg \cdot 10^{3} = \underline{\underline{8{,}00764 \cdot 10^{-16}\ g}}$$

Vi ser at massen af As-76 kerner i prøven er $8{,}00764 \cdot 10^{-16}$g, hvilket er mindre end de $2{,}92 \cdot 10^{-14}$g.

3. Kenguru

Spørgsmål 3a (Middelscore: 9,4)
Næste alle elever kender Newtons 2. lov og kan bruge den til at bestemme bilens acceleration.

Spørgsmål 3b (Middelscore: 8,2)
De fleste elever finder den ønskede effekt ved at kombinere to simple formler og omregne enheder. En del elever giver ikke tilstrækkelig forklaring, idet de anvendte formler ikke præciseres eller enhedsomregninger ikke forklares. Andre angiver facit som 4000 W, hvor der klart er for mange cifre.
Det er en alvorlig fejl at anvende formlen $P = F \cdot v$ og forudsætte samme kraft som i 3a.
Elevsvaret nedenfor viser, hvordan et IT-værktøj hjælper med håndteringen af enhederne.

For at kunne bestemme elmotorens effekt når bilen kører med den konstante fart 38 km/t, er jeg nødt til at vide, hvor lang tid bilen kører inden den skal lades op.
Jeg får at vide, at den kører 95 km på en opladning med farten 38 km/t.
Jeg kan dermed bestemme tidsrummet den kører i med følgende formel for gennemsnitshastigheden, $v_{gns} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$:

$$\Delta t := \frac{95 [\![km]\!]}{38 \left[\!\left[\frac{km}{h} \right]\!\right]}$$

$$9000\ [\![s]\!] \tag{3.2.1}$$

Jeg kan nu bestemme motorens effekt med formlen for effekt $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$:
Motoren leverer 36 MJ til bilen, når batteriet er fuldt opladt, effekten må derfor være

$$P := \frac{36 [\![MJ]\!]}{\Delta t}$$

$$4000\ [\![W]\!] \tag{3.2.2}$$

$$\xrightarrow{\text{replace units}}$$

$$4\ [\![kW]\!] \tag{3.2.3}$$

Når bilen kører med den konstante fart 38 km/h, har elmotoren en effekt på 4.0 kW.

4. Copenhagen Suborbitals

Spørgsmål 4a (Middelscore: 9,2)
Næsten alle kender formlen for kinetisk energi og gennemfører beregningen med den rigtige hastighed aflæst i tabellen.
Enkelte elever misforstår opgaven og anvender en hastighed som er estimeret ud fra tabellen, fx som et gennemsnit fra 0 s til 13,5 s.
En del elever glemmer at kvadrere hastigheden eller kvadrerer kun enheden m/s.

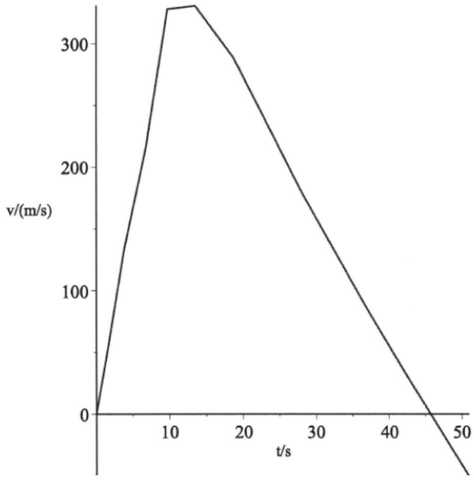
Spørgsmål 4b (Middelscore: 5,4)
Mange elever er klar over, at den søgte strækning skal findes som arealet under (*t*,*v*)-grafen. Langt fra alle vælger imidlertid en passende metode til at bestemme arealet, og for mange kniber det også med at give en fyldestgørende forklaring.
Det er nødvendigt at tegne en graf med hastigheden som funktion af tiden med henblik på at vælge en numerisk metode til at bestemme strækningen. Gode valg kan være at opdele det foreliggende datasæt i fx tre intervaller, hvor grafen er praktisk talt lineær eller opdele i 10 intervaller svarende til antallet af datapunkter.
I elevsvaret nedenfor anvendes en simpel metode med passende nøjagtighed.

Til at finde distancen, må vi lave en graf og finde arealet under denne. Derfor indsættes tabellens data og der plottes en graf:

$t := [0.0, 1.7, 3.8, 6.8, 9.7, 13.5, 18.7, 28.1, 36.8, 42.5, 51.0]:$

$v := [0.0, 57, 133, 217, 328, 331, 289, 179, 87, 31, -51]:$

$plot(t, v)$



Vi skal som sagt finde arealet under grafen så præcist som muligt, for at vurdere, hvor langt raketten nåede op. For at udregne arealet under grafen gælder der for sammenhængen mellem tid og fart altså:

$s = \int v \cdot \mathrm{d}t$

Da vi ingen intervalafgrænsning får givet, må vi derfor inddele arealet i to trekanter og et rektangel og anvende formlerne for disse:

$$s = \frac{1}{2} \cdot 9.7 [\![s]\!] \cdot 328 \frac{[\![m]\!]}{[\![s]\!]} + (13.5 - 9.7) [\![s]\!] \cdot 328 \frac{[\![m]\!]}{[\![s]\!]} + \frac{1}{2} \cdot (46 - 13.5) [\![s]\!] \cdot 328 \frac{[\![m]\!]}{[\![s]\!]}$$

$$s = 8167.200000 \ [\![m]\!] \qquad \textbf{(4.2.1)}$$

Raketten vurderes til at være nået ca. $8.17 \cdot 10^3 [\![m]\!]$ lodret op i luften, svarende til lidt over $8 [\![km]\!]$ op i atmosfæren.

Nogle elever misforstår problemstillingen og finder strækningen, indtil hastigheden er størst. Enkelte elever betragter uden videre bevægelsen som et lodret kast, hvilket fører til helt uacceptable løsninger.

5. Bobslæde

Spørgsmål 5a (Middelscore: 6,9)

Det bør være oplagt at bestemme den maksimale fart ved at anvende bevarelse af mekanisk energi, som det sker i elevsvaret til højre.

Overraskende mange betragter uden videre bevægelsen som et frit fald med højdeforskellen 114,3 m. Oftest fører det til ikke helt tilfredsstillende svar, da der sjældent gives en god forklaring til denne betragtningsmåde.

a) Hvis man ser bort fra friktionskræfter må den mekaniske energi være bevaret fra toppen til bunden:

$$E_{mek,start} = E_{mek,mål}$$

$$E_{pot,start} + E_{kin,start} = E_{pot,mål} + E_{kin,mål}$$

$$m \cdot g \cdot h_{start} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{start}^2 = m \cdot g \cdot h_{slut} + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{slut}^2$$

Nulpunktet for den potentielle energi lægges ved mål og desuden må bobslædens fart lige ved start være 0. Dermed fås:

$$m \cdot g \cdot h_{start} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{slut}^2$$

Masserne går ud.

$$g \cdot h_{start} = \frac{1}{2} \cdot v_{slut}^2$$

$$9{,}82 \frac{N}{kg} \cdot 114{,}3m = \frac{1}{2} \cdot v_{slut}^2$$

$$v_{slut} = 47{,}38 \frac{m}{s}$$

Farten bobslæden har lige før den når i mål, må nødvendigvis være den maksimale. Altså er den maksimalt opnåelige fart for bobslæden på denne bane $47{,}38 \frac{m}{s}$.

Spørgsmål 5b (Middelscore: 5,5)
Man skal finde størrelsen af den samlede kraft på bobslæden og dernæst beregne det tilhørende arbejde, hvilket giver ændringen i mekanisk energi for bobslæden. Mange kan beregne gnidningskraften fra underlaget, men nogle glemmer luftmodstanden i de efterfølgende beregninger. I flere ellers fornuftige besvarelser er der problemer med argumentationen, fx fortegnet for arbejdet og dermed for ændringen i den mekaniske energi.
Ikke så få har åbenbart svært ved at se, hvordan oplysninger om kræfter kan føre til viden om den mekaniske energi og afleverer helt værdiløse besvarelser.

Først udregnes størrelsen af normalkraften på bobslæden. Da underlaget støtter hele bobslædens vægt og der ingen hældning på strækningen er oplyst, må normalkraften være lig tyngdekraften:

$$F_n = F_t = m * g = 630kg * 9{,}82 \frac{m}{s^2} = 6186{,}6N$$

Nu kan gnidningskraften på bobslæden beregnes, da gnidningskoefficienten μ:

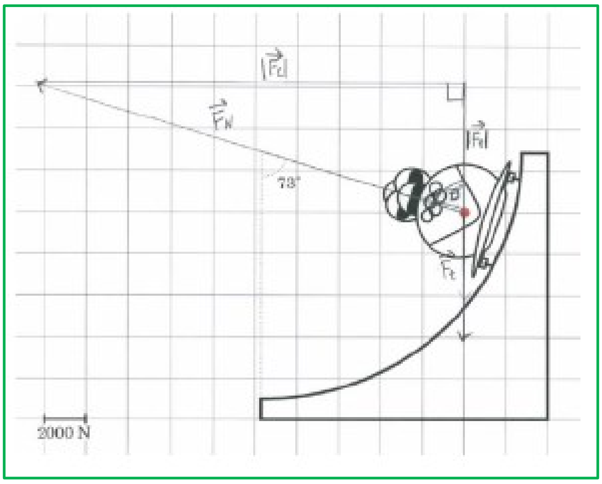
$$F_{gnid} = \mu * F_n = 0{,}0095 * 6186{,}6N = 58{,}77N$$

Friktionskræfterne adderes, hvorefter deres arbejde på bobslæden over de 50 meter beregnes:

$$A_{arbejde} = F * \Delta s = (58{,}77N + 48N) * 50m = 5{,}338kJ$$

Altså udfører friktionskræfterne et arbejde på 5,338 kJ over strækningen på 50m.
Da friktionskræfterne virker modsatrettet bobslædens fremdrift udfører de et negativt arbejde på -5,338kJ.
Da en tilvækst i mekanisk energi kan beskrives som det arbejde, en ydre kraft udfører, er tabet af mekanisk energi da -5,338kJ.

Spørgsmål 5c (Middelscore: 3,3)
Dette er en vanskelig kraftanalyse i to dimensioner og som pointscoren viser, kommer kun få elever helt i mål. Man skal fortolke problemstillingen korrekt ud fra beskrivelsen og figuren samt udnytte at den samlede kraft er vandret og består af summen af tyngdekraften og normalkraften.



Undervejs skal man har styr på geometrien og ende lig skal man anvende en formel for centripetalkraften i en jævn cirkelbevægelse.
En del elever beregner tyngdekraften, men det er vanskeligt for mange at bruge dette til at bestemme retningen og ikke mindst størrelsen af normalkraften. Geometrien volder problemer, og i flere tilfælde ser man formler, som er kendt fra bevægelse på et skråplan. Det fører til vektorpile, hvor summen af tyngdekraft og normalkraft på ingen måde kan give en vandret vektor. Det er tydeligt i flere af disse besvarelser, at eleven ser centripetalkraften som en egentlig kraft.
Enkelte elever tror, at det viste tværsnit af banen viser en del af cirkelbanen og finder derfor en helt forkert centripetalkraft.
Selv med en forkert størrelse på centripetalkraften viser en del elever dog, at de kan anvende denne korrekt til at bestemme farten i cirkelbevægelsen.

I den ellers gode elevbesvarelse her mangler blot lidt forklaring til formlen for centripetalkraften.

Det formodes at vinklen mellem lodret og siden af banen er 73°. Det virker en tyngdekraft og en normalkraft på slæden.

Lodret gælder det:

$$F_t = mg = 9{,}82\frac{N}{kg}\cdot 630\ kg = 6186{,}6\ N$$

Normalkraften findes ved at se på kræfterne i y-retningen (der regnes positivt opad):

$$\sum F = 0$$

$$F_n \cdot \cos(73°) - F_t = 0$$

$$\frac{6186{,}6\ N}{\cos(73)} = 21160\ N$$

Ved at se på kræfterne i x-retningen findes farten (der regnes positivt mod venstre):

$$\sum F = ma$$

$$F_n = ma_{rad} = m\frac{v^2}{r}$$

$$\sin(73°)\cdot 21160\ N = 630\ kg \cdot \frac{v^2}{20m}$$

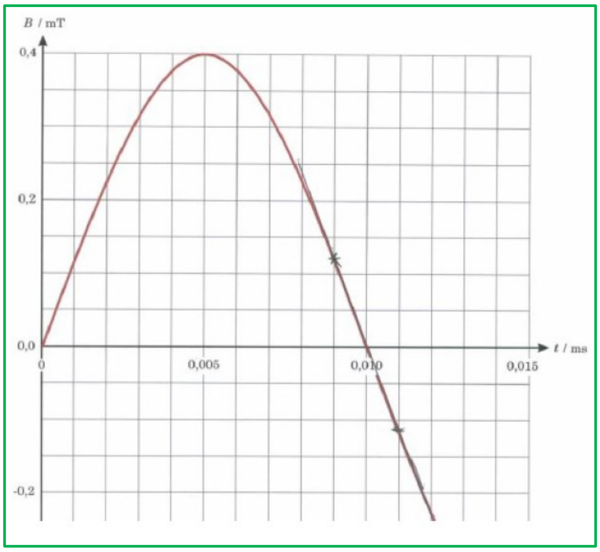
$$v = 25{,}35\ m/s$$

Normalkraften har altså en størrelse på 21,2 kN, tyngdekraften på 6,2 kN og farten bliver 25,35 m/s. Se desuden bilag 1.

6. Eltandbørste

Spørgsmål 6a (Middelscore: 9,4)
Næsten alle besvarer dette spørgsmål korrekt.
Nogle få har problemer med enhederne, fx læses præfikset m som 10^6.

Spørgsmål 6b (Middelscore: 3,4)
I den gode besvarelse anvendes induktionsloven, fx på formen $U_{ind} = -N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$, hvor $\frac{dB}{dt}$ bestemmes omhyggeligt ved at tegne en tangent på bilaget.
En del elever kender formlen $U_{ind} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$ eller versionen ovenfor, men mange har problemer med at forstå $\frac{d\Phi}{dt}$. Flere ser slet ikke at $\frac{d\Phi}{dt} = A \cdot \frac{dB}{dt}$, nogle beregner $\frac{dB}{dt}$ med alt for ringe nøjagtighed, mens andre kaster sig ud i at tælle tern og får et helt uacceptabelt resultat.
Endelig kan eleverne glemme antallet af vindinger eller behandle de ikke helt så kendte enheder forkert.
I det viste elevsvar bestemmes $\frac{dB}{dt}$ med rimelig nøjagtighed med inddragelse af bilaget, og der gives passende forklaring i øvrigt.



For at bestemme den inducerede spændingsforskel eller den elektromotoriske kraft, under opladning til tiden t=0.010ms, skal vi først finde ændringen i styrken af det magnetiske felt. Til dette kan vi benytte bilaget, tegne en tangent til grafen ved t=0.010ms og aflæse to punkter på tangenten. Jeg aflæser (0.009ms, 0.12mT) og (0.011ms, 0.12mT), nu kan vi derfor finde hældningen af tangenten.

$$\frac{-0.12mT - 0.12mT}{0.011ms - 0.009ms} = -120\frac{mT}{ms} = -120\frac{T}{s}$$

Dette tal kan vi nu bruge til at finde ændringen i den magnetiske flux. Da spolen er vandret og vi har styrken af magnetfeltet i lodret retning, er vinklen mellem normallen til spolens tværsnit og magnetfeltet 0°. Nedenfor er B styrken af det magnetiske felt, A er tværsnitsarealet, u er vinklen mellem normallen til spolens tværsnit og magnetfeltet og ϕ er den magnetiske flux.

$$\phi = n \cdot B \cdot A \cdot \cos(u) \Leftrightarrow$$
$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt}(n \cdot B \cdot A \cdot \cos(u)) \Leftrightarrow$$
$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{dB}{dt} \cdot n \cdot A \cdot \cos(u) \Rightarrow$$
$$\frac{d\phi}{dt} = -120\frac{T}{s} \cdot 82 \cdot 1.8 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot \cos(0^\circ) = -1.77\frac{T \cdot m^2}{s}$$

Herefter kan vi bruge Faradays induktionslov til at finde det inducerede spændingsfald, eller rettere den elektromotoriske kraft ε_{emk}.

$$\varepsilon_{emk} = -\frac{d\phi}{dt} \Rightarrow$$
$$\varepsilon_{emk} = -\left(-1.77\frac{T \cdot m^2}{s}\right) = 1.77V$$

Det inducerede spændingsfald eller rettere den elektromotoriske kraft er 1.77V.

7. MiniBooNE

Spørgsmål 7a (Middelscore: 7,8)

Man skal blot konstatere at der dannes to leptoner ud fra en hadron bestående af kvarker. Dermed sker det viste henfald ved det den svare vekselvirkning. Det er klart positivt, hvis der suppleres med yderligere argumenter, fx at henfaldet har en lang levetid eller som i elevsvaret nedenfor. Det er vigtigt at der gives en relevant forklaring. Svarer man blot, fx ”henfaldet sker ved svage vekselvirkning”, anses svaret for at være mangelfuldt.

$$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

Her er det den svage vekselvirkning der er involveret da kvarker bliver lavet om til leptoner (her antimyonen og myonneutrinoen), og det ikke kun er kvarkerne der bytter plads, som ved den stærke vekselvirkning eller der er fotoner indblandet som ved den elektromagnetiske vekselvirkning. Lige så snart reaktionen går på tværs af familier ligesom ved betahenfald er det den svage kernekraft, hvilket denne reaktion gør.

Spørgsmål 7b (Middelscore: 4,4)

Jeg slår masserne af alle partiklerne op i en databog.

K^+ meson har før henfaldet energien:

$$E = m \cdot c^2 = 493{,}7\,\frac{MeV}{c^2} \cdot c^2 = 493{,}7\ MeV$$

Denne energi er nu gået til de to nye partikler der har lige store men modsat rettede impulser på grund af impulsbevarelsen.

$$493{,}7\ MeV = \sqrt{m_\mu^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2} + \sqrt{m_{\bar{\nu}}^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2}$$

Vi antager at myonneutrinoens masse er 0, da dennes størrelse ikke kendes. Men den er i hvert fald så lille at den ikke gør den store forskel for resultatet.

$$493{,}7\ MeV = \sqrt{p^2 \cdot c^2} + \sqrt{\left(105{,}7\,\frac{MeV}{c^2}\right)^2 \cdot c^4 + p^2 \cdot c^2}$$

Jeg løser denne ligning i maple

$$493.7 = \sqrt{p^2 c^2} + \sqrt{\left(\frac{105.7}{c^2}\right)^2 c^4 + p^2 c^2}$$

$$493.7 = \sqrt{p^2 c^2} + \sqrt{11172.49 + p^2 c^2}$$

$$\xrightarrow{\text{solve for p}} \left[\left[p = \frac{235.5349402}{c}\right], \left[p = -\frac{235.5349402}{c}\right]\right]$$

Vi får altså et resultat der siger at antimyonens impuls har størrelsen $235{,}53\,\frac{MeV}{c}$

5. Generelle bemærkninger til eksaminandernes besvarelser

Eksaminandernes forklaring

Til et fyldestgørende svar på et spørgsmål hører en forklarende tekst, som gør rede for tankegangen bag løsningen, og herunder de relevante antagelser, som eksaminanden har gjort sig med den valgte model. I simple problemstillinger forventes det som et minimum, at man angiver en formel, hvor de indgående størrelser er identificeret, at tallene med enheder indsættes og facit beregnes med et passende antal cifre. De viste elevsvar i det foregående viser viser typisk gode eksempler på løsninger med passende forklaring

Brugen af CAS-værktøjer

Brugen af CAS-værktøjer stiger år for år, og mange elever er dygtige til at bruge værktøjerne på en god måde, fx til at håndtere enhederne. Det er dog fortsat vigtigt at undervise eleverne i den korrekte brug af CAS, fx når der skal gives forklaring i besvarelserne. Undervejs i en besvarelse må der gerne forekomme "CAS-sprog", men ikke som erstatning for gængs formulering af ligninger mv. Teksten skal være klart forståelig for en censor, som ikke kender CAS-værktøjets koder på forhånd. Facit skal angives i normalt fagligt sprog uden brug af [[…]], 10^3, E3, og *. Det er den enkelte elevs ansvar at kende sit CAS-værktøj. Det gælder også værdier for enheder, fx 1 ton der ofte tillægges værdien 907 kg og konstanten *g*, der i CAS-værktøjet ikke helt er det forventede 9,82 m/s^2. Også i besvarelser formuleret i et CAS-værktøj skal der tegnes figurer. Man må i undervisningen arbejde med dette og sikre, at eleverne har en plan for, hvordan figurer skal tegnes. Det kan indøves på computeren, men også fint ske som håndtegninger. I den kommende tid må det forventes, at et stigende antal elever eller hele hold afleverer rent elektroniske besvarelser. Her kan det blive relevant at aftale, hvordan håndtegnede figurer kan indscannes eller på anden måde finde vej til den elektroniske besvarelse.

I forbindelse med MAPLE beder censorerne om, at eleverne husker kommandoen "Expand All Sections" inden udskrift til printer eller pdf.

Som omtalt ovenfor, dukker der faldgruber op i forbindelse med brugen af computere og CAS-værktøjer. Generelt er der tendens til, at alt for mange elever i for høj grad sætter deres lid til computeren. Den udstrakte brug af SOLVE mv. fritager ikke eleverne for at beherske den nødvendige matematik. Eleverne skal kende betydning af at være omhyggelige med det matematiske og øve sig i at regne rigtigt.

6. Afsluttende bemærkninger

Der har i otte år været afholdt skriftlig prøve efter reformen og alle opgavesæt findes nu samlet på emu'ens *Materialeplatformen*: http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/. Der bruges uni-login.

Fysiklærerne på skolen opfordres til at samarbejde om opgavedimensionen i undervisningen. Erfaringerne fra den skriftlige prøve på A-niveau kan med fordel blive inddraget på faggruppens møder. En stor andel af eleverne har fysik-A på et løftehold fra B- til A-niveau, og grundlaget for elevernes evne til problemløsning til den afsluttende prøve må derfor lægges ved rimelige mængder opgaveregning 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.

Kim Bertelsen
Fagkonsulent i fysik, astronomi og geovidenskab
kim.bertelsen@stukuvm.dk