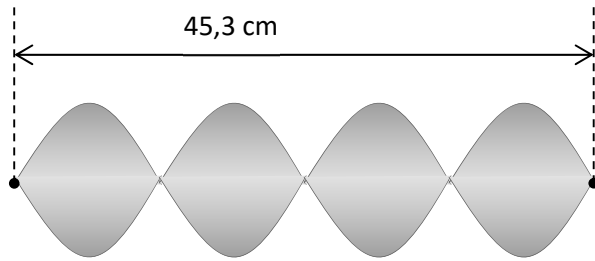
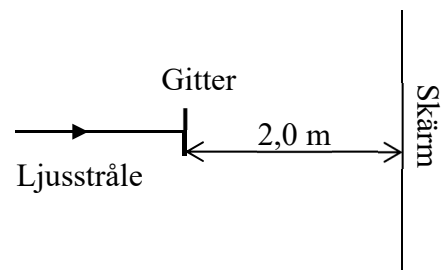


1. En stående våg har åstadkommit på en 45,3 cm lång sträng vid frekvensen 175 Hz. Strängens utseende visas i figuren. Beräkna vågens utbredningshastighet på strängen. 2 p



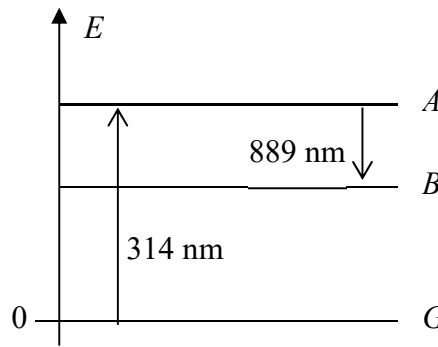
2. Om plutonium-239 utsätts för alfastrålning kan nukliden $^{242}_{96}\text{Cm}$ bildas. Ytterligare en partikel bildas i reaktionen. Ange reaktionsformeln! (Endast svar krävs.) 1 p
3. En viss pendel har vid små utslag svängningstiden 0,70601 s på en plats där tyngdaccelerationen är $9,80665 \text{ m/s}^2$. Pendeln transporteras sedan till en annan plats. Där uppmäts svängningstiden till 0,70559 s. Hur stor är tyngdaccelerationen på pendelns nya plats? 2 p

4. Laserljus av våglängden 490 nm skickas mot ett gitter med 750 spalter/mm. På en skärm 2,0 m bakom gittret ser man ett antal ljuspunkter.



- a) Hur långt från centralmaximat hamnar första ordningens ljusmaximum på skärmen? 2 p
- b) Hur många ljuspunkter ser man totalt på skärmen? (Skärmen är tillräckligt stor för att fånga upp alla ljuspunkterna.) 1 p

5. En viss atom exciteras från grundtillståndet G till en nivå A av fotoner med våglängden 314 nm . När atomen övergår från nivån A till en lägre nivå B , utsänds strålning av våglängden 889 nm . Vilka energier har nivåerna A och B om grundtillståndets energi sätts till 0 ? Svara i enheten eV !



2 p

6. Ett svart metallklot med radien $2,0\text{ cm}$ upphettas till $650\text{ }^{\circ}\text{C}$. Man vill bibehålla denna temperatur hos klotet under 15 minuter . Hur stor energi måste tillföras?

2 p

7. Den sällsynta nukliden $^{214}_{85}\text{At}$ sönderfaller genom att skicka ut en alfapartikel med energin $8,986\text{ MeV}$ utan gammastrålning. Beräkna atommassan för $^{214}_{85}\text{At}$. Bortse från dotterkärnans rekyl.

2 p

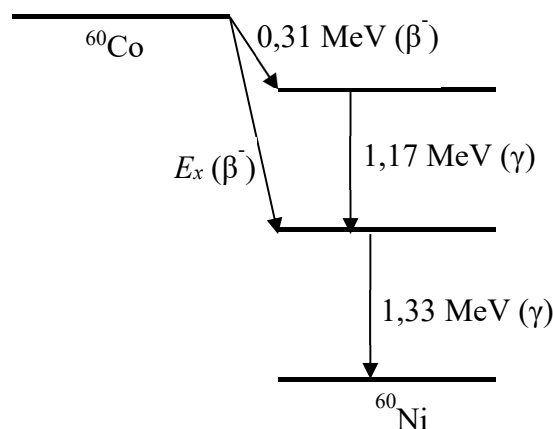
8. Man vill åstadkomma en protonstråle med deBroglievåglängden $1,00\text{ pm}$. Med vilken spänning ska protonerna då accelereras från vila?

2 p

9. a) En strålkälla med ^{60}Co ska ha aktiviteten $2,50\text{ GBq}$. Hur stor massa av ^{60}Co ska strålkällan innehålla?

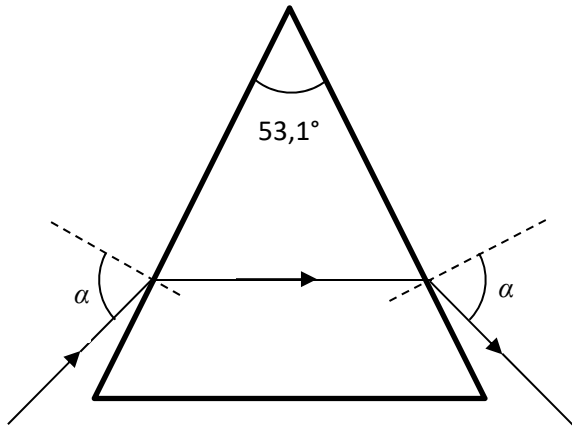
2 p

- b) Bilden visar sönderfallsschemat för ^{60}Co . Betasönderfallet kan ske till två olika energinivåer i ^{60}Ni . Beräkna energin (dvs. den totala frigjorda energin) i det betasönderfall som är markerat med E_x i bilden. Bortse från dotterkärnans rekyl.

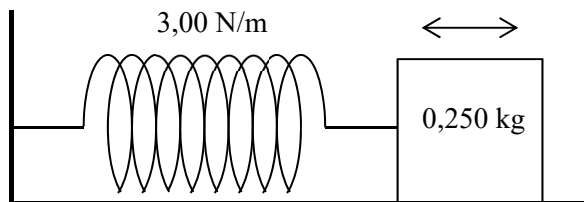


1 p

10. En ljusstråle skickas genom ett likbent prisma med toppvinkeln $53,1^\circ$ och brytningsindex 1,52. Bestäm infallsvinkeln α för att strålen ska gå symmetriskt genom prismet, dvs. så att brytningsvinkeln vid utgången också blir α . 2 p



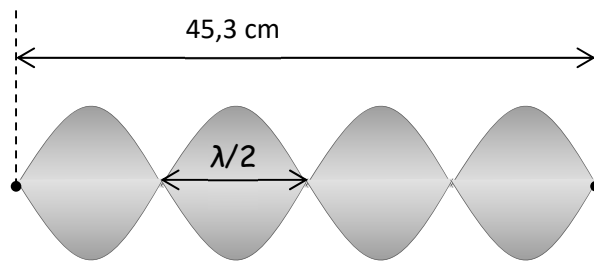
11. En tyngd med massan 0,250 kg sitter fast i en fjäder med fjäderkonstanten 3,00 N/m och utför horisontella svängningar med försumbar friktion. I ett visst ögonblick befinner sig tyngden 15,0 cm från jämviktsläget och har hastigheten 0,625 m/s i riktning bort från jämviktsläget.



- a) Beräkna tyngdens största avstånd från jämviktsläget. 1 p
 b) Beräkna hur lång tid det tar för vikten att nå största avståndet från jämviktsläget första gången efter den givna tidpunkten. 2 p
12. En neutral sigma-hyperon (Σ^0) sönderfaller till en lambda-hyperon (Λ) och en foton. Viloenergin är 1192,6 MeV för Σ^0 och 1115,7 MeV för Λ . Hur stor hastighet får lambda-hyperonen om sigma-hyperonen var i vila före sönderfallet? Svara i procent av ljushastigheten med tre värdesiffror. 2 p

Lösningar

1.



Strängens längd motsvarar 4 halva våglängder: $4 \cdot \frac{\lambda}{2} = 0,453 \text{ m} \Rightarrow \lambda = 0,2265 \text{ m}$.

Våghastighet $v = \lambda f = 175 \cdot 0,2265 \text{ m/s} = 39,6375 \text{ m/s}$.

Svar: Våghastigheten är 39,6 m/s

2. Före reaktionen har vi ${}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^4_2\text{He}$ dvs. sammanlagt masstal 243 och laddning $+96e$. Den bildade kärnan ${}^{242}_{96}\text{Cm}$ har masstal 242 och laddning $+96e$. För att masstal och laddning ska bevaras, måste den extra partikel som bildas ha masstal 1 och laddning 0, alltså en neutron.

Svar: ${}^{239}_{94}\text{Pu} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{242}_{96}\text{Cm} + {}^1_0n$.

3. Pendels svängningstid $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Längden l densamma i de två fallen. Då gäller

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g_2}}}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g_1}}} = \sqrt{\frac{g_1}{g_2}} \Rightarrow g_2 = g_1 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^2 = 9,80665 \cdot \left(\frac{0,70601}{0,70559} \right)^2 \text{ m/s}^2 \approx 9,8183 \text{ m/s}^2.$$

Svar: 9,8183 m/s².

4. a) Gitterkonstant $d = \frac{10^{-3} \text{ m}}{750} \approx 1,3333 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Gitterformeln $d \sin \alpha_p = p \lambda$ ger avböjningsvinkeln i 1:a ordningen

$$\sin \alpha_1 = \frac{1 \cdot \lambda}{d} = \frac{490 \cdot 10^{-9}}{1,3333 \cdot 10^{-6}} = 0,3675 \Rightarrow \alpha_1 = 21,56^\circ.$$

Avståndet $x_1 = 2,0 \tan 21,56^\circ \approx 0,7903 \text{ m}$.

Svar: Första ljusmaximat ligger 79 cm från centralmaximum.

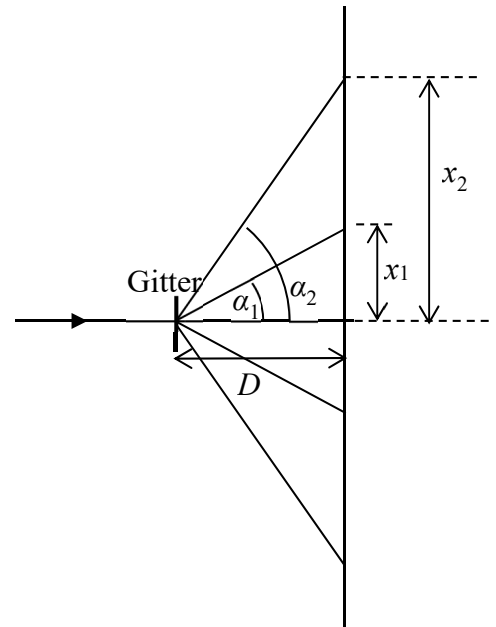
- b) Ur gitterformeln kan man lösa ut $p = \frac{d \sin \alpha_p}{\lambda}$.

Eftersom $\sin \alpha_p$ inte kan bli större än 1, gäller

$$p \leq \frac{d}{\lambda} = \frac{1,3333 \cdot 10^{-6}}{490 \cdot 10^{-9}} \approx 2,7.$$

Men p måste vara heltal och kan därför inte vara större än 2. Det blir sammanlagt 5 punkter: centralmaximum samt första och andra ordningens maximum på båda sidor om centralmaximum.

Svar: Det blir 5 punkter.



5. Den upptagna fotonens frekvens $f_1 = \frac{c}{\lambda_1}$ uppfyller sambandet

$\Delta E_1 = hf_1$, där $\Delta E_1 = E_A - E_G$. Detta ger

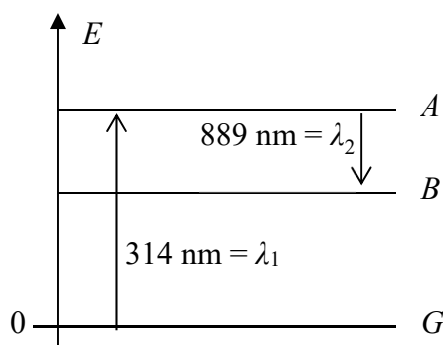
$$E_A = E_G + \frac{hc}{\lambda_1} = 0 + \frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 299792458}{314 \cdot 10^{-9}} \text{ J} = 6,3263 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 3,95 \text{ eV}.$$

Den utsända fotonens frekvens $f_2 = \frac{c}{\lambda_2}$ uppfyller sambandet

$\Delta E_2 = hf_2$, där $\Delta E_2 = E_A - E_B$. Detta ger

$$E_B = E_A - \frac{hc}{\lambda_2} = \left(6,3263 \cdot 10^{-19} - \frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 299792458}{889 \cdot 10^{-9}} \right) \text{ J} = 4,0918 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx 2,55 \text{ eV}.$$

Svar: $E_A = 3,95 \text{ eV}$, $E_B = 2,55 \text{ eV}$.



6. För att bibehålla klotets temperatur måste man tillföra lika stor energi som den energi som lämnar klotet via strålning. Stefan-Boltzmanns lag ger emittansen:

$$M_e = \sigma \cdot T^4 = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (650 + 273)^4 \text{ W/m}^2 =$$

$$= 41,2 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$$

Den utstrålade effekten P ges av $M_e = \frac{P}{A}$

$$\Rightarrow P = M_e \cdot A = M_e \cdot 4\pi \cdot r^2 = 41,2 \cdot 10^3 \cdot 4\pi \cdot 0,020^2 \text{ W} = 207 \text{ W}$$

Under 15 minuter utstrålas energin

$$E = P \cdot t = 207 \cdot 15 \cdot 60 \text{ J} = 1,86 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Det måste således tillföras 0,19 MJ.

Svar: 0,19 MJ

7. Reaktionsformel ${}^{214}_{85}\text{At} \rightarrow {}^{210}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\text{He}$.

Total massa före sönderfallet: $m_{\text{före}} = M_{\text{At}} - 85m_e$.

Total massa efter sönderfallet: $m_{\text{efter}} = M_{\text{Bi}} - 83m_e + M_{\text{He}} - 2m_e = M_{\text{Bi}} + M_{\text{He}} - 85m_e$.

Totala energins bevarande: $m_{\text{före}}c^2 = m_{\text{efter}}c^2 + E_k \Rightarrow$

$$M_{\text{At}} = M_{\text{Bi}} + M_{\text{He}} + E_k/c^2 = (209,9841 + 4,002603 + 8,986/931,494) \text{ u} = 213,9963 \text{ u}.$$

Svar: 213,9963 u.

8. deBroglievåglängd $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6,6261 \cdot 10^{-34}}{1,00 \cdot 10^{-12}} \text{ kgm/s} = 6,6261 \cdot 10^{-22} \text{ kgm/s}.$

Klassisk räkning ger $p = mv \Rightarrow v = \frac{p}{m} = \frac{6,6261 \cdot 10^{-22}}{1,6726 \cdot 10^{-27}} \text{ m/s} = 3,9616 \cdot 10^5 \text{ m/s}.$

Relativistisk beräkning krävs ej.

Vid acceleration med spänningen U minskar lägesenergin med eU medan rörelseenergin

ökar från 0 till $\frac{mv^2}{2}$. Bevarad total energi ger

$$\frac{mv^2}{2} = eU \Rightarrow U = \frac{mv^2}{2e} = \frac{1,6726 \cdot 10^{-27} \cdot (3,9616 \cdot 10^5)^2}{2 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}} \text{ V} = 819,19 \text{ V}.$$

Svar: 819 V

9. a) Sönderfallskonstant $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} = \frac{\ln 2}{5,27 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \text{ s}^{-1} = 4,1678 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$.

Antalet atomer N ges av $A = \lambda N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda} = \frac{2,50 \cdot 10^9}{4,1678 \cdot 10^{-9}} = 5,9983 \cdot 10^{17}$.

Atommassa $M = 59,9338 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 9,9522 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$.

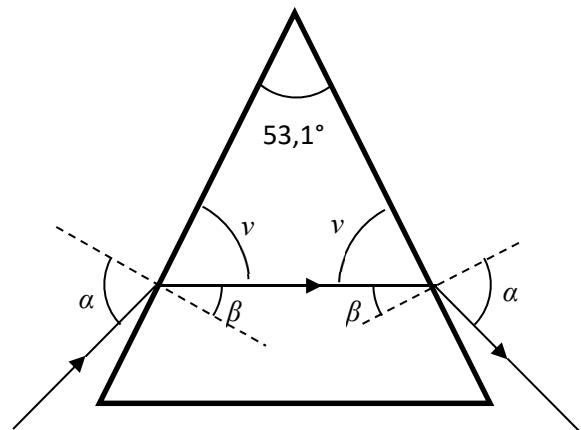
Massa $m = NM = 5,9983 \cdot 10^{17} \cdot 9,9522 \cdot 10^{-26} \text{ kg} = 5,9697 \cdot 10^{-8} \text{ kg}$.

Svar: 59,7 μg .

b) Betasönderfallet med okänd frigjord energi går till en nivå som ligger 1,17 MeV under den nivå dit det andra betasönderfallet med energin 0,31 MeV går. Den sökta energin blir därför $0,31 \text{ MeV} + 1,17 \text{ MeV} = 1,48 \text{ MeV}$

Svar: 1,48 MeV

10. Infallsvinkeln β vid utträdet ur prismet ska vara densamma som brytningsvinkeln vid inträdet i prismet.
 Basvinkeln v i den likbenta triangeln ges av $53,1^\circ + 2v = 180^\circ \Rightarrow v = 63,45^\circ$.
 Detta ger $\beta = 90^\circ - 63,45^\circ = 26,55^\circ$.
 Infallsvinkeln α ges av brytningslagen $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$
 $\Rightarrow 1 \cdot \sin \alpha = 1,52 \cdot \sin \beta$
 $\Rightarrow \alpha = \arcsin(1,52 \sin 26,55^\circ) \approx 42,80^\circ$.
Svar: 42,8°.



11. a) Elongationen y definieras som positiv vid den givna tidpunkten $t = t_0$.

Total energi $E = E_k + E_p$. Om man sätter nollpunkten för lägesenergin vid jämviktsläget,

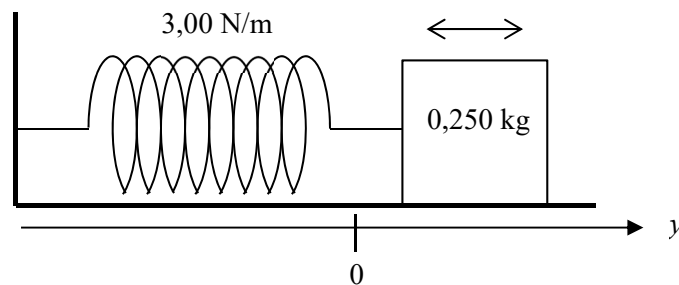
blir $E_p = \frac{ky^2}{2}$. Alltså gäller $\frac{mv^2}{2} + \frac{ky^2}{2} = E$, där E är konstant. Med insatta värden

$$E = \frac{0,250 \cdot 0,625^2}{2} + \frac{3,00 \cdot 0,150^2}{2} \approx 0,08258 \text{ J. Amplituden } A \text{ är den maximala}$$

elongationen. Den får vi genom att sätta v till 0:

$$\frac{kA^2}{2} = E \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2E}{k}} \approx \sqrt{\frac{2 \cdot 0,08258}{3,00}} \text{ m} \approx 0,23463 \text{ m.}$$

Svar: 23,5 cm



- b) Svängningens vinkelhastighet $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{3,00}{0,250}} \text{ s}^{-1} \approx 3,4641 \text{ s}^{-1}$. Den givna tidpunkten

t_0 ges av $y_0 = A \sin \omega t_0$, där $y_0 = 0,150 \text{ m}$. Man kan välja tidpunkten i den första svängningsperioden. Eftersom elongationen är positiv och ökar, ligger vinkeln ωt_0 i den första kvadranten. Detta innebär att den adekvata lösningen är

$$t_0 = \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{y_0}{A} = \frac{1}{3,4641} \arcsin \frac{0,15}{0,23463} \text{ s} \approx 0,20022 \text{ s}$$

Sökta tiden t_1 ges av $\sin \omega t_1 = 1$. Första positiva lösningen ges av $\omega t_1 = \pi \Rightarrow$

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2 \cdot 3,464} \text{ s} \approx 0,45345 \text{ s.}$$

Tidsintervallet $\Delta t = t_1 - t_0 \approx 0,25323 \text{ s}$.

Svar: Efter 253 ms

12. Energin bevaras: $m_{\Sigma^0} c^2 = \frac{m_{\Lambda} c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + E_{\gamma}$,

där v är lambda-hyperonens hastighet och E_{γ} står för fotonens energi.

Rörelsemängden bevaras. Eftersom totala rörelsemängden ska bli 0, måste lambda-hyperonen och fotonen skickas ut i motsatta riktningar med lika stora rörelsemängder.

Fotonen har rörelsemängden E_{γ}/c . Detta ger

$$\frac{E_{\gamma}}{c} = \frac{m_{\Lambda} v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Leftrightarrow E_{\gamma} = \frac{m_{\Lambda} v c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Insättning i energiekvationen ger

$$m_{\Sigma^0} c^2 = \frac{m_{\Lambda} c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + \frac{m_{\Lambda} v c}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_{\Lambda} c (c + v)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \text{ Kvadrering och förenkling ger}$$

$$m_{\Sigma^0}^2 (c^2 - v^2) = m_{\Lambda}^2 (c + v)^2 \Leftrightarrow m_{\Sigma^0}^2 (c + v)(c - v) = m_{\Lambda}^2 (c + v)^2 \Leftrightarrow m_{\Sigma^0}^2 (c - v) = m_{\Lambda}^2 (c + v) \\ \Leftrightarrow \frac{v}{c} = \frac{m_{\Sigma^0}^2 - m_{\Lambda}^2}{m_{\Sigma^0}^2 + m_{\Lambda}^2}.$$

Eftersom bara förhållande mellan massorna har betydelse, kan man ersätta massorna med viloenenergierna i MeV:

$$\frac{v}{c} = \frac{1192,6^2 - 1115,7^2}{1192,6^2 + 1115,7^2} \text{ m/s} \approx 0,06656.$$

Svar: Lambda-hyperonens hastighet blir 6,66 % av ljushastigheten.

Rättningsmall

Generella riktlinjer

Räknefel	-1p
Enhetsfel	-1p
Avrundade delresultat	-1p/tenta första gången
Felaktigt avrundat slutresultat, ± 1 ok	-1p/tenta andra gången
Ofullständiga lösningar/lösningar svåra att följa	minst -1p
Omvandlingsfel t.ex. km/h till m/s; ton till kg	-1p
Prefixfel i svaret	inget avdrag om rätt svar finns tidigare

Uppgiftsspecifika riktlinjer

1. Fel antal våglängder: -2 p
2. Svarar med "neutron" men ingen reaktionsformel: -1 p
3. Meningslöst svar pga otillräckligt antal värdesiffror i beräkningarna: -1 p
Ett eller flera algebraiska fel i lösningen: -1 p
4. Fel gitterkonstant: -1 p
5. -
6. Använder fel formel för arean: -1 p
7. Utelämnar elektronmassorna utan motivering: -1 p
8. Motiverar inte klassisk räkning: Inget avdrag
Fel massa ger relativistisk hastighet, räknar ändå klassiskt: -2 p
9. Använder kärnmassa istället för atommassa: -1 p
10. -
11. Motiverar ej valet av lösning till sinusekvationen: - 0 p
12. Räknar klassiskt på lambda-hyperonen, kommenterar svaret: -0 p
Ett eller flera algebraiska fel under ekvationslösningen om svaret blir $< c$: -1 p
Svar $\geq c$ utan kommentar: -2 p
Svarar med hastigheten i m/s: -0 p