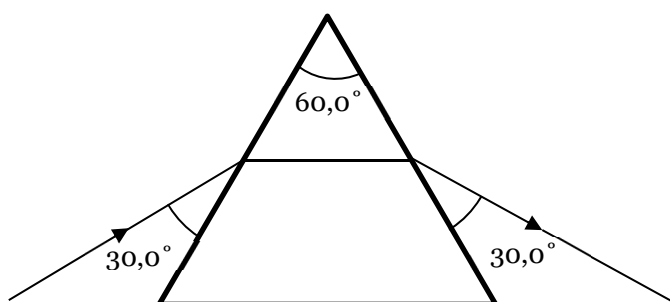


HF0025 Fysik II för basår TENB 2020-05-25

1. En 67 cm lång sträng är fastsatt i båda ändarna och sätts i vibration. Vid frekvensen 440 Hz får man en stående våg med två noder utöver ändpunkterna. Hur stor är våghastigheten i strängen? 2 p
2. En viss ljuskälla sänder ut strålning i våglängdsintervallet 320 nm – 490 nm. Nedan finns en tabell över några olika metallers utträdesarbeten. Vilken eller vilka av dessa metaller kan ge fotoelektrisk effekt med den nämnda ljuskällan? 2 p

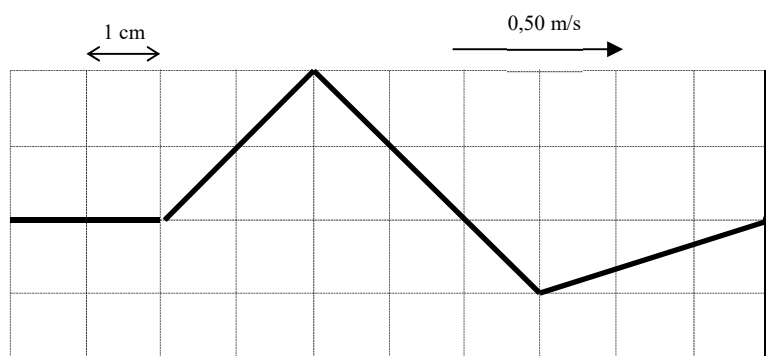
Metall	Natrium	Kalcium	Magnesium	Titan	Osmium
E_u (eV)	2,36	2,87	3,66	4,33	5,33

3. Den längsta ljusvåglängd som en viss atom kan absorbera i sitt grundtillstånd är 438 nm. Den längsta ljusvåglängd som kan jonisera denna atom i sitt grundtillstånd är 255 nm. Vilken är den längsta ljusvåglängd som kan jonisera atomen i dess första exciterade tillstånd? 2 p
4. En ljusstråle kommer från luft och passerar genom ett prisma enligt figuren. Vilket brytningsindex har materialet i prismet? 2 p



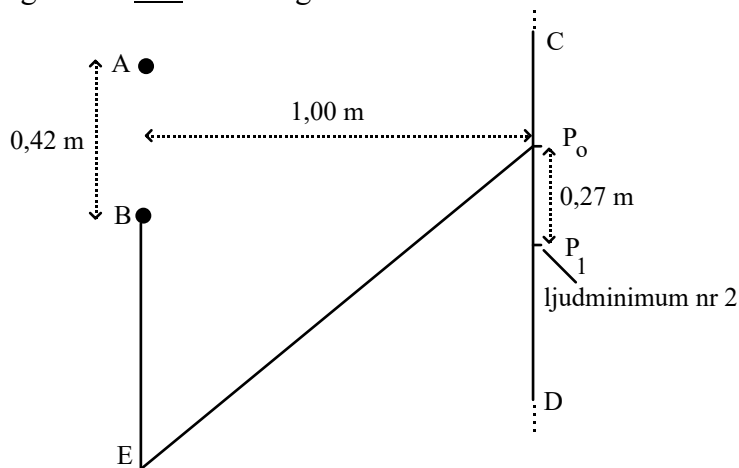
5. ^{18}F är en β^+ -strålare. Skriv reaktionsformeln och beräkna den utsända positronens maximala rörelseenergi. Svara med två värdesiffror. 2 p

6. En vågpuls rör sig på en sträng, som sitter fast i högra ändan. Strängens utseende vid tiden 0 visas i figuren. Rita strängens utseende vid tiden 60 ms. Visa tydligt hur du har konstruerat detta. 2 p



7. En vikt med massan 101 g hänger i en fjäder och utför vertikal harmonisk svängning med perioden 0,750 s. Vikten hänger löst i fjädern. Hur stor kan amplituden högst vara utan att vikten hoppar av fjädern? 2 p
8. En 0,75 m lång metalltråd har cirkulärt tvärsnitt med diametern 0,50 mm. Genom tråden går en ström, som utvecklar effekten 6,0 W. Tråden befinner sig i en omgivning med temperaturen $+22^{\circ}\text{C}$. Tråden antas stråla som en svart kropp. Strålningen från ändytorna kan försummas. Vilken temperatur får tråden vid jämvikt? 2 p
9. Vismutisotopen ^{209}Bi , som tidigare betraktades som stabil, har nyligen visats vara svagt radioaktiv. Från 1 kg ^{209}Bi kan man notera c:a 12 sönderfall per timma. Vad ger detta för värde på halveringstiden för ^{209}Bi ? 2 p
10. Beräkna de Broglie-våglängden för en elektron med hastigheten 225 Mm/s. 2 p

11. Två små högtalare A och B är parallellkopplade till samma tongenerator. De utsänder båda en ton med frekvensen 4,92 kHz. Avståndet mellan högtalarna är 0,42 m. Med en liten mikrofon registreras ljudintensiteten längs en linje CD, parallell med linjen AB och på avståndet 1,00 m från denna. Ett ljudmaximum registreras i en punkt P_0 som ligger lika långt från A som från B. Läget för ljudminimum nr 2, från P_0 räknat, uppsöks på linjen CD. Denna punkt betecknas P_1 . Avståndet till P_0 mäts till 0,27 m.
- a) Bestäm ljudhastigheten då försöket utfördes. 2 p
- b) Hur många ljudminima kan man totalt uppfånga då mikrofonen förs från P_0 till punkten E? E ligger på sträckan AB:s förlängning. 1 p
- Figuren är inte skalriktig.

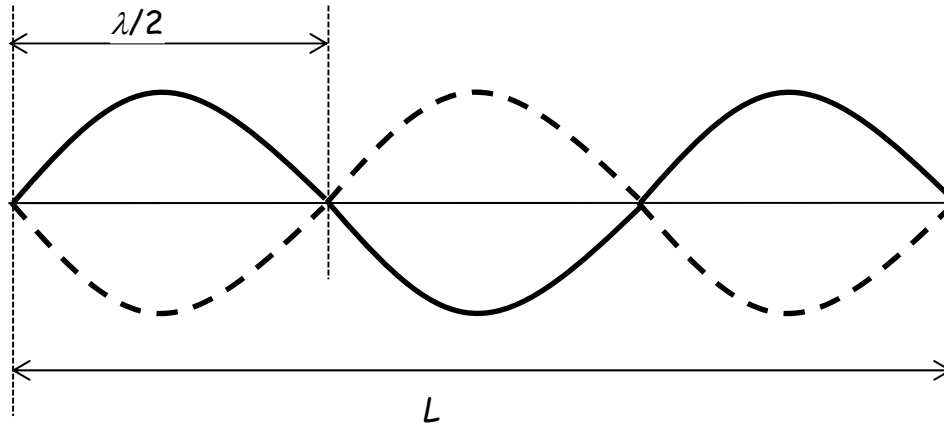


12. En alfapartikel med rörelseenergin 6,6 MeV träffar en kärna av ^9Be . Det sker en kärnreaktion, varvid en kärna av ^{12}C bildas och en neutron frigörs. Berylliumkärnan var i vila före reaktionen. Neutronen sänds ut i samma riktning som den inkommande alfapartikeln. Kolkärnan bildas i sitt grundtillstånd. Vilken hastighet får kolkärnan efter reaktionen? Räkna orelativistiskt. 3 p

Lösningar

1. Strängens längd $L = 3\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = \frac{2}{3}L = \frac{2}{3} \cdot 0,67 \text{ m} \approx 0,4467 \text{ m}$.

Våghastighet $v = f\lambda \approx 440 \cdot 0,4467 \text{ m/s} \approx 196,5 \text{ m/s}$.



Svar: 0,20 km/s

2. Använd fotoelektriska lagen $hf = E_u + E_k$. Eftersom E_k inte kan vara negativ, måste $E_u \leq hf_{\max}$. Den största frekvensen motsvarar den kortaste våglängden.

$\lambda = 320 \text{ nm}$ ger frekvensen $f = \frac{c}{\lambda} = \frac{299792458}{320 \cdot 10^{-9}} \text{ Hz} \approx 9,37 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Villkoret blir

$E_u \leq 6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 9,37 \cdot 10^{14} \text{ J} \approx 6,20 \cdot 10^{-14} \text{ J} \approx 3,87 \text{ eV}$.

Svar: Natrium, kalcium och magnesium.

3. Energiskillnaden mellan grundtillståndet E_1 och första exciterade tillståndet E_2 ges av

$$E_2 - E_1 = hf_{12} = \frac{hc}{\lambda_{12}}, \text{ där } \lambda_{12} = 438 \text{ nm}.$$

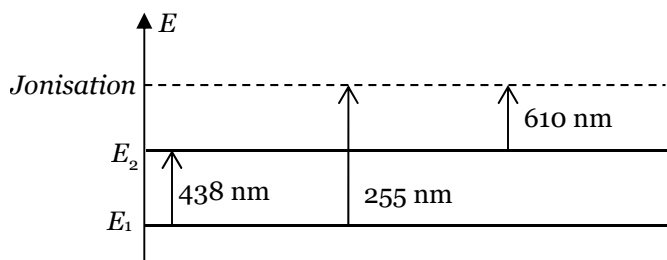
På samma sätt vid gränsvåglängden för jonisation från grundtillståndet

$$E_j - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{1j}}, \text{ där } \lambda_{1j} = 255 \text{ nm}.$$

Gränsvåglängden λ_{2j} för jonisation från E_2 kan då beräknas genom

$$\frac{hc}{\lambda_{2j}} = E_j - E_2 = (E_j - E_1) - (E_2 - E_1) = \frac{hc}{\lambda_{1j}} - \frac{hc}{\lambda_{12}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\lambda_{2j}} = \frac{1}{\lambda_{1j}} - \frac{1}{\lambda_{12}} = \left(\frac{1}{255} - \frac{1}{438} \right) \text{ nm}^{-1} \approx 0,0016385 \text{ nm}^{-1} \Rightarrow \lambda_{2j} \approx 610 \text{ nm}.$$



Svar: 610 nm.

4. Infallsvinkel $\alpha_1 = 90,0^\circ - 30,0^\circ = 60,0^\circ$.

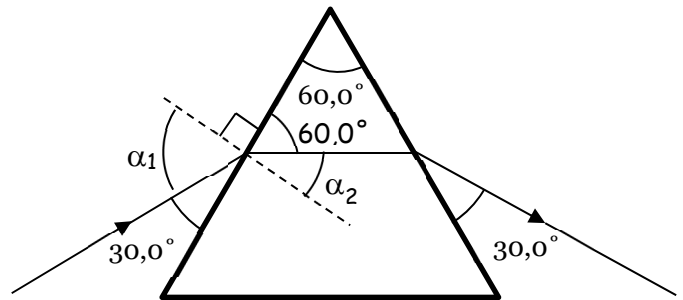
Brytningsvinkel $\alpha_2 = 90,0^\circ - 60,0^\circ = 30,0^\circ$. Brytningslagen ger

$$n_{\text{luft}} \sin \alpha_1 = n_{\text{glas}} \sin \alpha_2.$$

Med $n_{\text{luft}} = 1,00$ får man

$$n_{\text{glas}} = \frac{1,00 \cdot \sin 60,0^\circ}{\sin 30,0^\circ} \approx 1,73.$$

Svar: Glasets brytningsindex är 1,73.



5. Reaktionsformel ${}^{18}_9\text{F} \rightarrow {}^{18}_8\text{O} + e^+ + \nu$.

$$m_{\text{före}} = M_{\text{F}} - 9m_e$$

$$m_{\text{efter}} = M_{\text{O}} - 8m_e + m_e + 0 = M_{\text{O}} - 7m_e$$

$$\text{Masskillnad } \Delta m = m_{\text{före}} - m_{\text{efter}} = M_{\text{F}} - M_{\text{O}} - 2m_e$$

$$= (18,00094 - 17,99916 - 2 \cdot 0,00054858) \text{ u} = 6,8284 \cdot 10^{-4} \text{ u}.$$

Omräkningsfaktorn ger frigjord energi $E_f = 6,8284 \cdot 10^{-4} \cdot 931,494 \text{ MeV} \approx 0,6361 \text{ MeV}$.

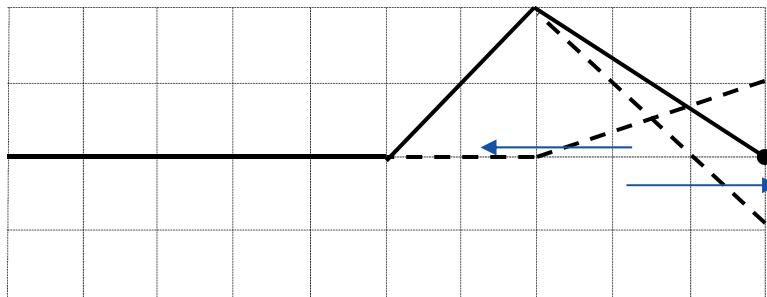
Alternativt $\Delta m = 6,8284 \cdot 10^{-4} \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 1,134 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$.

$$E_f = \Delta mc^2 \approx 1,13388 \cdot 10^{-30} \cdot 299792458^2 \text{ J} \approx 1,01908 \cdot 10^{-13} \text{ J} \approx 0,6361 \text{ MeV}.$$

Om ingen energi går till neutrino, kommer hela denna frigjorda energi att gå till positronen.

Svar: 0,64 MeV.

6. Efter tiden $t = 60 \text{ ms}$ har vågen rört sig sträckan $s = vt = 0,50 \cdot 0,060 \text{ m} = 0,030 \text{ m}$, dvs. 3 rutor. Vågen reflekteras med fasvändning i ändpunten.



7. Med positiv riktning nedåt blir resulterande kraften på vikten
 $F_R = mg - F_N$. Tillsammans med kraftekvationen $F_R = ma$ ger detta
 $F_N = mg - ma$.

Störst risk att vikten ska hoppa av råder när normalkraften är minst, alltså när accelerationen är maximal.

Vid harmonisk svängning gäller

$$y = A \sin(\omega t + \varphi) \Rightarrow v = \omega A \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi).$$

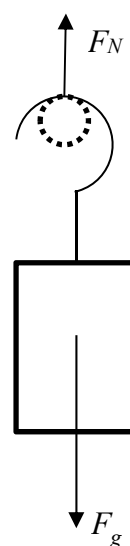
Här ser man att maximal acceleration $a_{\max} = \omega^2 A$ inträffar i övre vändläget. I detta läge blir normalkraften

$$F_N = m(g - \omega^2 A).$$

Här måste F_N vara positiv. Gränsfallet där $F_N = 0$ ges av $\omega^2 A = g \Rightarrow$

$$A = \frac{g}{\omega^2} = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9,82 \cdot 0,750^2}{4\pi^2} \approx 0,13992 \text{ m}.$$

Svar: Maximal amplitud 14,0 cm.



8. Stefans-Boltzmanns lag $M = \sigma T^4$ med $M = P/A$ ger $P = \sigma AT^4$, där A är den strålande ytan.
 Utstrålad effekt $P_{\text{ut}} = \sigma AT^4$, där T är trådens temperatur. Instrålad effekt från omgivningen $P_{\text{in}} = \sigma AT_0^4$, där T_0 är omgivningens temperatur, $T_0 = (273,15 + 22) \text{ K} = 295,15 \text{ K}$. Vid jämvikt gäller $P_{\text{ut}} = P_{\text{el}} + P_{\text{in}}$. Alltså $\sigma AT^4 = P_{\text{el}} + \sigma AT_0^4 \Rightarrow$

$$T = \sqrt[4]{T_0^4 + \frac{P_{\text{el}}}{\sigma A}} = \sqrt[4]{T_0^4 + \frac{P_{\text{el}}}{\pi d l \sigma}}, \text{ där } d \text{ är trådens diameter och } l \text{ dess längd}.$$

$$\text{Detta ger } T = \sqrt[4]{295,15^4 + \frac{6,0}{\pi \cdot 0,50 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 5,6705 \cdot 10^{-8}}} \text{ K} \approx 558,66 \text{ K}$$

Svar: Jämviktstemperaturen blir 560 K eller 290°C.

- 9 Aktivitet $A = \lambda N$.

$$\text{Antal kärnor } N = \frac{\text{Totala massan}}{\text{Atommassan}} = \frac{1,0 \text{ kg}}{208,9804 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}} \approx 2,882 \cdot 10^{24}.$$

$$\text{Detta ger sönderfallskonstanten } \lambda = \frac{A}{N} = \frac{12 / 3600}{2,882 \cdot 10^{24}} \approx 1,157 \cdot 10^{-27} \text{ s}^{-1}.$$

$$\text{Halveringstiden } T \text{ ges av } \lambda = \frac{\ln 2}{T} \Leftrightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 5,992 \cdot 10^{26} \text{ s} \approx 1,9 \cdot 10^{19} \text{ år}.$$

Svar: $1,9 \cdot 10^{19}$ år.

- 10 de Broglievåglängd $\lambda = \frac{h}{p}$. Relativistisk beräkning är nödvändig: $p = \frac{mv}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$

$$\text{Detta ger } \lambda = \frac{h\sqrt{1 - v^2/c^2}}{mv} = \frac{6,6261 \cdot 10^{-34}}{9,1094 \cdot 10^{-31} \cdot 225 \cdot 10^6} \sqrt{1 - \left(\frac{225 \cdot 10^6}{299792458}\right)^2} \text{ m}$$

$$\approx 2,1364 \cdot 10^{-12} \text{ m}.$$

Svar: 2,14 pm

- 11 a) Villkoret för att en nodlinje skall kunna uppstå är att vägskillnaden $\Delta s = \left(p + \frac{1}{2}\right)\lambda$,

där p är ett heltal. I punkten P_1 registreras ett ljudminimum av 2:a ordningen, vilket motsvarar $p = 1$. Detta ger

$$\Delta s = AP_1 - BP_1 = 3 \cdot \frac{\lambda}{2}$$

Sträckorna beräknas med Pythagoras sats:

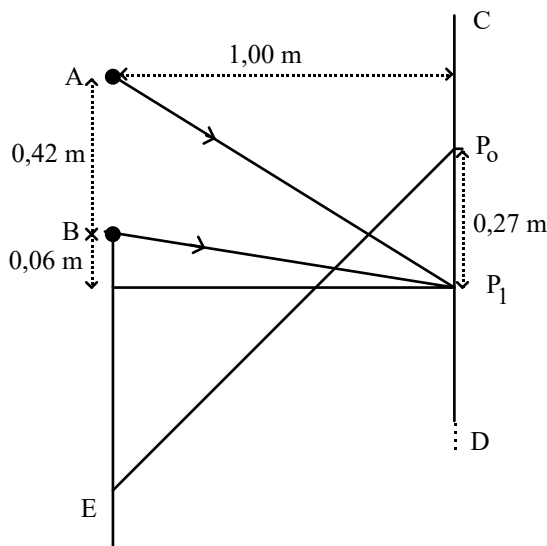
$$AP_1 = \sqrt{(0,42 + 0,06)^2 + 1,00^2} \text{ m} = 1,109 \text{ m}$$

$$BP_1 = \sqrt{0,06^2 + 1,00^2} \text{ m} = 1,002 \text{ m}$$

$$\Delta s = AP_1 - BP_1 = (1,109 - 1,002) \text{ m} = 0,107 \text{ m}$$

$$0,107 \text{ m} = 3 \cdot \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 0,0716 \text{ m}$$

$$\text{Ljudhastigheten } v = f \cdot \lambda = 4,92 \cdot 10^3 \cdot 0,0716 \text{ m/s} = 352 \text{ m/s}$$



- b) Vägskillnaden Δs växer från 0 i punkten P_0 till 0,42 m i punkten E. I formeln för ljudminimum gäller därför villkoret

$$0 \leq \left(p + \frac{1}{2}\right) \cdot 0,0716 \leq 0,42$$

$$0 \leq p + 0,5 \leq 5,9$$

$$-0,5 \leq p \leq 5,4$$

De möjliga värdena på p är heltalen mellan 0 och 5. Mikrofonen kommer alltså att registrera 6 ljudminima mellan punkterna P_0 och E.

Svar: a) 350 m/s b) 6 st

12. Alfapartikelns massa $m_\alpha = m_{\text{He}} - 2m_e = (4,002603 - 2 \cdot 0,00054858) \text{ u} \approx 4,001506 \text{ u} \approx 6,645 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

$$\text{Alfapartikelns hastighet } v_\alpha = \sqrt{\frac{2E_\alpha}{m_\alpha}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,6 \cdot 10^6 \cdot 1,60218 \cdot 10^{-19}}{6,645 \cdot 10^{-27}}} \text{ m/s} \approx 1,784 \cdot 10^7 \text{ m/s}.$$

Rörelsemängd före (och efter) reaktionen $p = m_\alpha v_\alpha = 6,645 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 1,784 \cdot 10^7 \text{ m/s} \approx 1,185 \cdot 10^{-19} \text{ kgm/s}$.

Sammanlagd massa före reaktionen

$$m_{\text{före}} = m_{\text{Be}} + m_{\text{He}} - 6m_e \approx (9,012182 + 4,002603) \text{ u} - 6m_e = 13,014785 \text{ u} - 6m_e$$

Sammanlagd massa efter reaktionen

$$m_{\text{efter}} = m_{\text{C}} + m_{\text{n}} - 6m_e \approx (12,000000 + 1,008665) \text{ u} - 6m_e = 13,008665 \text{ u} - 6m_e.$$

Massan *minskar* med $\Delta m = 0,006120 \text{ u}$, vilket ger en *ökning* av rörelseenergin med $\Delta E_k = \Delta mc^2 \approx 9,134 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.

Sammanlagd rörelseenergi efter reaktionen $E_k = 6,6 \text{ MeV} + 9,134 \cdot 10^{-13} \text{ J} \approx 1,971 \cdot 10^{-12} \text{ J}$

Klassisk räkning ger

$$E_k = \frac{m_n v_n^2}{2} + \frac{m_C v_C^2}{2}$$

$$p = m_n v_n + m_C v_C$$



Här är positiv riktning alfapartikelns rörelseriktning. Undre ekvationen ger

$$v_n = \frac{p - m_C v_C}{m_n}.$$

Insättning i övre ekvationen ger

$$\left(\frac{m_C^2}{m_n} + m_C \right) v_C^2 - \frac{2pm_C}{m_n} v_C + \frac{p^2}{m_n} - 2E_k = 0$$

$$2,569 \cdot 10^{-25} v_C^2 - 2,820 \cdot 10^{-18} v_C + 4,448 \cdot 10^{-12} = 0$$

Lösningar $v_C = (5,489 \pm 3,579) \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

$$v_{C1} = 9,068 \cdot 10^6 \text{ m/s ger } v_{n1} = \frac{1,185 \cdot 10^{-19} - 1,993 \cdot 10^{-26} \cdot 9,068 \cdot 10^6}{1,674 \cdot 10^{-27}} \approx -3,7 \cdot 10^7 \text{ m/s}$$

dvs. neutronen rör sig i motsatt riktning mot vad som sägs i uppgiften; oacceptabelt.

$$v_{C2} = 1,910 \cdot 10^6 \text{ m/s ger } v_{n2} \approx \frac{1,185 \cdot 10^{-19} - 1,993 \cdot 10^{-26} \cdot 1,910 \cdot 10^6}{1,674 \cdot 10^{-27}} \approx +4,8 \cdot 10^7 \text{ m/s ; rätt}$$

rörelseriktning för neutronen.

Svar: Kolkärnan får hastigheten 1,9 Mm/s i alfapartikelns rörelseriktning.

Kommentar: Neutronens höga fart skulle egentligen motivera relativistisk beräkning.

Rättningsmall

Omvandlingsfel t.ex. km/h till m/s; ton till kg	-1 p
Avrundningsfel, t.ex. $1,37 \approx 1,3$, $1,41 \approx 1,40$	-1 p/uppgift
Räknefel	-1 p
Fysikaliska fel	-2 p minst
Enhetsfel, t.ex. $F = 3,0 \text{ J}$	-1 p
För få värdesiffror i delberäkning	-1 p/uppgift
Omvandlingsfel i svaret vid frivilligt enhetsbyte: inget avdrag om rätt svar finns tidigare	
Felaktigt antal värdesiffror i svaret (+/- 1 OK)	-1 p/tentamen första gången
Odefinierade beteckningar (ej självklara)	-1 p
Ofullständiga lösningar/lösningar svåra att följa	-1 p minst
1. Fel antal halvvåglängder	-2 p
Figur eller likvärdig motivering av våglängden saknas	-1 p
2. Använder längsta våglängden	-2 p
Tror att utträdesarbetet måste vara <i>större</i> än gränsvärdet	-2 p
3.	
4.	
5. Glömmer eller gör fel med elektronmassorna	-1 p
Fel sorts neutrino	Inget avdrag
6. Fel värde på förflyttningen men räknar konsekvent	-1 p
Vänder den reflekterade pulsen fel	-2 p
7. Kraftfigur saknas	-1 p
Motiverar inte accelerationen	-1 p
8. Tar inte hänsyn till instrålningen	-1 p
Räknar inte om omgivningstemperaturen till K	-1 p
9. Drar bort elektronmassorna vid beräkning av antalet kärnor	-0 p
10. Räknar orelativistiskt	-2 p
11. b) Använder ljudhastigheten 340 m/s	-0 p
12. Räknar med rörelsemängden 0	-2 p
Tar ej hänsyn till E_α eller $E_{\Delta m}$	-2 p
Val av lösning saknas, fel eller bristfälligt motiverat	-1 p