



WALLENBERGS FYSIKPRIS

KVALIFICERINGSTÄVLING

28 januari 2021

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

LÖSNINGSFÖRSLAG KVALTÄVLINGEN 2021

Flervalsfrågor:

1. D
2. B
3. D
4. C
5. B
6. A
7. C
8. D
9. E
10. D

11

a) Vattnets hastighet när det lämnar röret ges av rörelsen i y-led och x-led: Vattnet följer en parabel med punkter i (0,0), (2, 1,6) och (4,0).

Rörelsen till högsta punkten: $2ah = v_y^2 - v_{0y}^2$ till högsta punkten: $v_{0y} = \sqrt{2 \cdot 9,82 \cdot 1,6} \text{ m/s} = 5,6 \text{ m/s}$

Tiden till högsta punkten: $t = \sqrt{\frac{2h}{a}}$ och tiden för rörelsen $t = 2\sqrt{2 \cdot 1,6/9,82} \text{ s} = 1,14 \text{ s}$ och

$$v_{0x} = \frac{s_x}{t} = \frac{4,0}{1,14} \text{ m/s} = 3,5 \text{ m/s}.$$

Hastigheten är alltså $v_0 = \sqrt{v_{0y}^2 + v_{0x}^2} = \text{m/s} = 6,61 \text{ m/s}$

b) Pumpen behöver ge flödet $f = vA$ per stråle, där A är tvärsnittsarean.

Det totala flödet är alltså: $f = 20 \cdot v_0 \pi r^2 = 20 \cdot 6,61 \cdot \pi \cdot 0,0125^2 \text{ m}^3/\text{s} = 0,065 \text{ m}^3/\text{s}$.

c) Pumpens energi omvandlas till rörelseenergi.

Massflödet ges av $\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \cdot f$ och effekten i strålarna blir

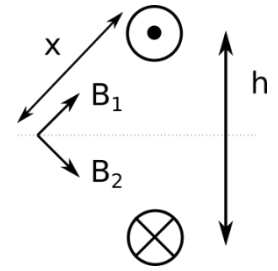
$$P = \frac{\rho f v^2}{2} = \frac{998 \cdot 0,065 \cdot 6,61^2}{2} \text{ W} = 1,4 \text{ kW}$$

Svar: Vattnets hastighet är 6,6 m/s; flödet är 65 l/s och pumpens nyttiga effekt 1,4 kW.

12

Strömmen i ledningen ges av $I = \frac{P}{U} = \frac{3260}{16} \text{ A} = 203,45 \text{ A}$.

Samma avstånd, x , ger samma magnetiska flödestäthet $B = k \cdot \frac{I}{x}$ med lika stora och motriktade vertikala komponenter och lika stor horisontella komponenter (B_x) i samma riktning.



Likformighet ger $\frac{B_x}{h/2} = \frac{B}{x}$ där $x = \sqrt{2} \cdot \frac{h}{2} = \frac{h}{\sqrt{2}}$

Den resulterande magnetiska flödestätheten blir:

$$B_{\text{res}} = 2B_x = 2 \cdot \frac{kI}{\frac{h}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}kI}{\frac{\sqrt{2}h}{2}} = \frac{2kI}{h} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \cdot 203,45}{5,5} \text{ T} = 15 \mu\text{T. (åt höger, d.v.s. riktat mot tåget)}$$

Svar: Den magnetiska flödestätheten blir $15 \mu\text{T}$ riktad mot tåget.

13

a) Sönderfallskonstanten för Sr-90: $\lambda_1 = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{28,74 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60^2} \text{ s}^{-1} = 0,7642 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}$

Antalet Sr-atomer som personen får i sig: $N_{\text{in}} = \frac{A}{\lambda} = \frac{50 \cdot 10^3}{0,7642 \cdot 10^{-9}} \text{ st} = 65,42 \cdot 10^{12} \text{ st.}$

I benvävnaden lagras då $N_0 = 0,25 \cdot N_{\text{in}} = 16,35 \cdot 10^{12} \text{ st.}$

Det "avges" sedan Sr-90 via sönderfall och via ämnesomsättningen motsvarande: $(\lambda_1 + \lambda_2)N$, så att antalet Sr-90 avtar enligt

$$N = N_0 e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}$$

där den biologiska sönderfallskonstanten, λ_2 , är

$$\lambda_2 = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{\ln(2)}{18 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60^2} \text{ s}^{-1} = 1,220 \cdot 10^{-9} \text{ s}^{-1}.$$

Efter 10 år = $0,315576 \cdot 10^9 \text{ s}$ finns det alltså

$$N = N_0 e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} = 16,35 \cdot 10^{12} e^{-(0,7642 + 1,222) \cdot 0,315567} = 8,74 \cdot 10^{12} \text{ st}$$

Svar: Det finns $8,74 \cdot 10^{12}$ st atomer i benvävnaden efter 10 år.

b) Aktiviteten av Sr-90 i kroppen ges av $A = \lambda_1 N$ så att det totala antalet atomer Sr-90 som sönderfaller i kroppen är

$$\Delta N = \int_0^{10} \lambda_1 N dt = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} (N(0) - N(10)) = \frac{0,7642}{1,984} 7,61 \cdot 10^{12} = 2,93 \cdot 10^{12} \text{ st.}$$

Vi antar att alla Y-90 som bildas i kroppen sönderfaller i kroppen, varmed de båda sönderfallen avger (totalt):

$$\Delta m = (89,907730 - 89,904699)u = 0,003031 u \text{ d.v.s. energin } 2,8 \text{ MeV}$$

$$60\% \text{ absorberas, varmed den absorberade dosen: } D = \frac{2,93 \cdot 10^{12} \cdot 0,6 \cdot 2,8 \cdot 10^6 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}}{80} \text{ Gy} = 0,01 \text{ Gy}$$

Svar: Den absorberade dosen är 10 mGy .

14

Då fingret täpper till toppen av sugröret är trycket i den luftfyllda delen av sugröret en atmosfär. p_0 . Vid detta ögonblick är vattenytans läge i röret vid $L/2$ så volymen av luften i röret är $AL/2$, där A är tvärsnittsarean av luftpelaren i röret.

Då röret lyfts upp ur vattnet är trycket i botten av vattenpelaren fortfarande p_0 så trycket i luftpelaren blir $p_1 = p_0 - \rho gh$. Volymen luft minskar till $V_1 = A(L - h)$

Boyles lag enligt $p_0 V_0 = p_1 V_1$
 ger $\frac{p_0 AL}{2} = (p_0 - \rho gh)A(L - h)$

Detta leder till följande ekvation: $h^2 - (L + p_0/(\rho g))h + p_0 L/(2\rho g) = 0$

Lösningformeln eller grafisk lösning ger lösningarna (med $L = 1,0$ m, $\rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,
 $g = 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ och $p_0 = 101,3$ kPa).

$h = 5,664 \pm 5,1885$ m. $h_1 = 10,8$ m (orimligt) och $h_2 = 0,4755$ m.

Vattenytans läge i röret ändras med $\frac{L}{2} - h = 0,0245$ m.

Svar: Vattenpelaren har höjden 0,48m, vilket är 2 cm lägre än tidigare.

15.

a) Rörelsemängden för en neutron med våglängden $\lambda = 0,10$ nm de Broglie's samband: $mv = h/\lambda$.

Rörelseenergin för neutronen blir då: $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{(h/\lambda)^2}{2m} = \frac{(6,626 \cdot 10^{-34})^2}{2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = 1,3 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,082 \text{ eV}$.

Svar: Neutronens rörelseenergi är 82 meV när de används i ESS.

b)

Före

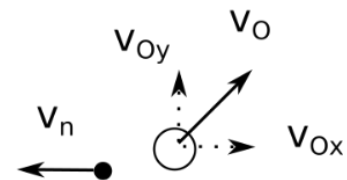
Efter

Skissen visar neutronen som fylld cirkel och syreatomen som öppen cirkel med hastigheter före och efter kollisionen.

Använd att massan för neutronen är 1 u och för syre 16 u.

Rörelsemängden (i y-led) bevaras: $1 \cdot v_{n0} = 16 \cdot v_{Oy}$ (1)

Rörelsemängden (i x-led) bevaras: $16 \cdot v_{Ox} = 1 \cdot v_n$ (2)



Rörelseenergin bevaras: $\frac{1 \cdot v_{n0}^2}{2} = \frac{16 \cdot (v_{Ox}^2 + v_{Oy}^2)}{2} + \frac{1 \cdot v_n^2}{2}$ (3)



(1) och (2) insatt i (3) ger $v_{n0}^2 = \frac{1}{16} (v_n^2 + v_n^2) + v_n^2$



$v_n^2 = \frac{1 - \frac{1}{16}}{1 + \frac{1}{16}} v_{n0}^2$ varmed andelen energi som neutronen har efter stöten är

$\frac{E_n}{E_{n0}} = \frac{v_n^2}{v_{n0}^2} = \frac{1 - \frac{1}{16}}{1 + \frac{1}{16}} = \frac{15}{17}$. Andelen avgiven energi är alltså $2/17 = 12\%$.

Svar: Neutronerna rör sig med energin 80 meV till ESS. Vid en stöt med syre vinkelrät mot inkommande riktning avges 12 % av energin.