Uitwerkingen natuurkunde VWO-1999-I

Opgave 1 Kilowattuurmeter

3p **1.** Uit $P = V_{eff}I_{eff}$ volgt: $I_{eff} = 2{,}7 \cdot 10^3/225 = 12$ A.
Dan is $I_{max} = \sqrt{2} \cdot I_{eff} = \sqrt{2} \cdot 12 = 17$ A.

3p **2.** Het vermogen is 2,7 kW, dus is de energieomzetting per uur gelijk aan 2,7 kWh.
Per uur worden dus 600 * 2,7 = 1620 omwentelingen gemaakt.
De draaifrequentie is dan 1620/3600 = 0,45 omw/s.

alternatieve methode:
1 kWh = $3{,}6 \cdot 10^6$ J; het vermogen is $2{,}7 \cdot 10^3$ Js^{-1}.
Voor het omzetten van 1 kWh is een tijd nodig van
$t = 3{,}6 \cdot 10^6/2{,}7 \cdot 10^3 = 1{,}33 \cdot 10^3$ s
Per kWh maakt de schijf 600 omwentelingen, dus de draaifrequentie is: $600/1{,}33 \cdot 10^3 =$ 0,45 omw/s.

Opgave 2 Plutoniumsmokkel

3p **3.** Een GM-teller is de beste keuze want daarmee zie je meteen resultaat. Bovendien kun je de activiteit kwantitatief meten. Een badge moet eerst ontwikkeld worden, terwijl je er kwantitatief geen meting mee kunt doen.

4p **4.** *methode 1:*
$\Delta m = m$(Pu-239) - m(U-235) - m(He-4)
Er zijn voor en na het verval van een kern evenveel elektronen, dus
Δm = 239,05216u - 235,04393u - 4,002603u = 0,005627u
1 u ≙ 931,49 MeV (Binas), dus Δm komt overeen met
0,005627 * 931,49 = 5,2415 MeV =
= $5{,}2415 * 1{,}602 \cdot 10^{-13} = 8{,}40 \cdot 10^{-13}$ J

methode 2:
$U = \Delta mc^2$; $\Delta m = m$(Pu-239) - m(U-235) - m(He-4)
Er zijn voor en na het verval van een kern evenveel elektronen, dus
Δm = 239,05216u - 235,04393u - 4,002603u = 0,005627u
= $0{,}005627 * 1{,}66054 \cdot 10^{-27} = 9{,}344 \cdot 10^{-30}$ kg
$U = 9{,}344 \cdot 10^{-30} * (2{,}998 \cdot 10^8)^2 = 8{,}40 \cdot 10^{-13}$ J

4p **5.** De halveringstijd van Pu-239 is $2{,}4 \cdot 10^4$ jaar
$t_{½} = 2{,}4 \cdot 10^4 * 365 * 24 * 60 * 60 = 7{,}57 \cdot 10^{11}$ s

$$A = \lambda N = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} * N \quad \Rightarrow \quad N = \frac{A t_{1/2}}{\ln 2}$$

Er vervallen $1{,}4 \cdot 10^{10}$ kernen per seconde (= A), dus
er zijn aanwezig:
$N = 1{,}4 \cdot 10^{10} * 7{,}57 \cdot 10^{11} / \ln 2 = 1{,}53 \cdot 10^{22}$ kernen.
$m = 1{,}53 \cdot 10^{22} * 239{,}05 * 1{,}66054 \cdot 10^{-27} = 6{,}1 \cdot 10^{-3}$ kg = 6,1 g

4p **6.** De dosis is de geabsorbeerde stralingsenergie per kg.
Per seconde ontsnappen $(0{,}0070/100) * 1{,}4 \cdot 10^{10} = 98 \cdot 10^4$
γ-fotonen uit het potje.
In 1 uur zijn dat $3600 * 98 \cdot 10^4 = 3{,}53 \cdot 10^9$ γ-fotonen.
De stralingsenergie is $3{,}53 \cdot 10^9 * 0{,}030$ MeV $= 1{,}06 \cdot 10^8$ MeV
$= 1{,}06 \cdot 10^8 * 1{,}602 \cdot 10^{-13} = 1{,}696 \cdot 10^{-5}$ J.
Hiervan wordt 20% door de hand geabsorbeerd.
De stralingsdosis is dus:
$D_{hand} = U/m = (20/100) * 1{,}696 \cdot 10^{-5}/0{,}30 = 1{,}1 \cdot 10^{-5}$ Gy (of Jkg^{-1}).

Opgave 3 Schommelbeest 1999-I-3

4p **7.** Bij een harmonische trilling geldt:
$F(t) = -cu(t)$ en dus $a(t) = -c^{*}u(t)$
Bij grafiek B zijn de tekens niet tegengesteld.
Bij grafiek C zijn $u(t)$ en $a(t)$ niet rechtevenredig met elkaar, want de grafiek gaat niet door (0,0).
Grafiek D is geen rechte, dus daar zijn $u(t)$ en $a(t)$ ook niet rechtevenredig met elkaar.

3p **8.** Zie Binas tabel 25:
$u(t) = r\sin(2\pi ft)$ en $a(t) = -4\pi^2 f^2 r\sin(2\pi fr)$, dus
voor een harmonische trilling geldt $a(t) = -4\pi^2 f^2 \cdot u(t)$
De factor $-4\pi^2 f^2$ is de helling van grafiek A.
Die helling is: -2,0 (m/s^2)/5,0 · 10^{-2} (m) = -40 s^{-2}.

$$f^2 = \frac{-4{,}0}{-4\pi^2} = 1{,}0132 \Rightarrow f = 1{,}0\,\text{Hz}$$

Opgave 4 Minispectrometer

2p **9.** Op absorberend oppervlak 1 valt het licht van het hoofdmaximum en van alle hogere orde maxima aan de linkerzijde daarvan.
Op absorberend oppervlak 2 vallen alle tweede- en hogere orde maxima rechts van het hoofdmaximum.

4p **10.** $\lambda_v = d \sin \alpha_v$, dus $d = 400 \cdot 10^{-9}/\sin 16 = 1{,}45 \cdot 10^{-6}$ m.
$\sin \alpha_r = \lambda_r/d = 700 \cdot 10^{-9}/1{,}45 \cdot 10^{-6} = 0{,}4824$
Dan is $\alpha_r = 29°$

4p **11.** Zie antwoordmodel bij het correctievoorschrift en de bijlage bij de opgaven.
De invalshoek van de rode lichtstraal bij spiegel 2 bedraagt 75°. De daar onder een hoek van 75° weerkaatste rode straal bereikt spiegel 3 onder een invalshoek van 53,5°. Na weerkaatsing aan spiegel 3 onder een terugkaatsingshoek van 53,5°, bereikt de straal in de tekening op de bijlage het vlak van de sensoren op een afstand van 24,3 mm van de trefplaats van de violette straal. Dat is in werkelijkheid een afstand van 24,3/40 = 0,608 mm.
Per sensor is de breedte dus 0,608/19 = 0,032mm = 32 μm.
(Afhankelijk van de interpretatie kan hier ook gedeeld worden door 20.)

4p **12.** Zie antwoordmodel bij het correctievoorschrift.
De sensorspanning wordt groter dan 0 V zodra de ondergrens (I = 1,5 Wm^{-2}) van het bereik van de sensor wordt overschreden.
De maximale waarde van de sensorspanning is 5,0 V.
De lichtintensiteit waarbij de maximale sensorspanning van 5,0 V voor het eerst bereikt wordt, bedraagt
$I = 5{,}0 * 2{,}2 + 1{,}5 = 12{,}5\ W m^{-2}$.
In de tekst is gegeven dat de grafiek lineair is.

3p **13.** Voor stap 1 moeten meer-bits AD-omzetters worden gebruikt, of sensoren met een steilere karakteristiek.
Voor stap twee moeten smallere en daarom méér lichtsensoren en dus meer AD-omzetters worden gebruikt.
(De software zal daaraan aangepast moeten worden.)

4p **14.** De ondergrens van het bereik van een sensor is 1,5 Wm^{-2}.
Het maximale vermogen dat op één sensor kan vallen zonder gedetecteerd te worden is dus
$P_{max} = 1{,}5 * 0{,}070 \cdot 10^{-6} = 1{,}05 \cdot 10^{-7}\ W = 1{,}05 \cdot 10^{-7}\ Js^{-1}$
De golflengte is 415 nm. Dan is

$$U_{foton} = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6{,}626 \cdot 10^{-34} * 2{,}9979 \cdot 10^{8}}{415 \cdot 10^{-9}} = 4{,}79 \cdot 10^{-19}\ J$$

Per seconde kunnen er dus in het beschouwde gebied maxi-

maal op de sensor gevallen zijn:
$n = 1{,}05 \cdot 10^{-7}/4{,}79 \cdot 10^{-19} = 2{,}2 \cdot 10^{11}$ fotonen

---

Opgave 5 Gevoelige krachtmetingen

4p **15.** Uit $\rho = m/V$ volgt $V = m/\rho = 0{,}75/8{,}9 \cdot 10^3 = 8{,}427 \cdot 10^{-5}$ m^3.
Aangezien ook geldt $V = (4/3)\pi r^3$, is

$$r^3 = \frac{3}{4} \cdot \frac{8{,}427 \cdot 10^{-5}}{\pi} = 2{,}01 \cdot 10^{-5}\ m^3 \quad \Rightarrow \quad r = 2{,}7 \cdot 10^{-2}\ m = 2{,}7\ cm$$

2p **16.** Als de rechterarm van de balans omlaag is gekanteld, ligt Z links onder D. De zwaartekracht heeft dan een linksdraaiend en dus tegenwerkend moment.
Of: Als de rechterarm van de balans omlaag is gekanteld en het zwaartepunt zou boven D liggen, zou Z rechts boven D liggen. De zwaartekracht zou dan een rechtsdraaiend en dus meewerkend moment hebben.

4p **17.** Zie voor een tekening het antwoordmodel in het correctievoorschrift.
$F_z = (0{,}42 + 2 \cdot 0{,}75) * 9{,}81 = 18{,}84$ N.
De arm van F_z noemen we d.
Dan is: $F_z * d = 3{,}9 \cdot 10^{-7} * \cos 1{,}0$
$18{,}84 * d = 3{,}899 \cdot 10^{-7}$
$\Rightarrow$ $d = 3{,}899 \cdot 10^{-7}/18{,}84 = 2{,}070 \cdot 10^{-8}$ m
en ZD $= 2{,}070 \cdot 10^{-8}/\sin 1{,}0 = 1{,}186 \cdot 10^{-6}$ m $= 1{,}2$ µm

4p **18.**

$$F_{grav} = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \Rightarrow \quad G = \frac{F_{grav}\, r^2}{m_1 m_2}$$

· F_{grav} veroorzaakt een moment van
$0{,}17 * 3{,}9 \cdot 10^{-7} = 6{,}63 \cdot 10^{-8}$ Nm $= F_{grav} * d_2$
De arm van F_{grav} (d_2) is 0,34 m.
Dus $F_{grav} = 6{,}63 \cdot 10^{-8}/0{,}34 = 1{,}95 \cdot 10^{-7}$ N

· $$G = \frac{1{,}95 \cdot 10^{-7} * 0{,}20^2}{0{,}75 * 160} = 6{,}5 \cdot 10^{-11}\ Nm^2 kg^{-2}$$

3p **19.** · De hoek tussen de omhooggaande straal en de door het spiegelende deel van het juk teruggekaatste straal bedraagt $2 * 0{,}17° = 0{,}34°$
· $\tan 0{,}34 = 5{,}934 \cdot 10^{-3} = \Delta x/80$
$\Rightarrow$ $\Delta x = 80 * 5{,}934 \cdot 10^{-3} = 0{,}4747$ cm $= 4{,}7$ mm

5p **20.** · Aangezien $\Delta p = \Delta mv = F\Delta t$ is kracht de impulsverandering per seconde.

· De impuls per foton is te berekenen uit de gegeven formule: $p = h/\lambda$.
De impuls*verandering* per foton is $\Delta p_f = 2p$

· Voor de (totale) impulsverandering per seconde moet het aantal fotonen per seconde berekend worden. Daarvoor moet eerst de energie per foton berekend worden uit
$U_f = hc/\lambda$

· Het aantal fotonen per seconde is dan te berekenen uit
$N = P_{laser}/U_f$

· De kracht is dan te berekenen uit de totale impulsverandering per seconde: $F = N\Delta p_f = 2Np$

4p **21.**

$$F_{el} = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q_1\ Q_2}{r^2} \Rightarrow Q_1\ Q_2 = Q^2 = \frac{1{,}0 \cdot 10^{-8} * 0{,}20^2}{9{,}0 \cdot 10^9} = 4{,}444 \cdot 10$$

$Q = 2{,}108 \cdot 10^{-10}$ C ; $|q_e| = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C
Er springen dus over:
$(2{,}108 \cdot 10^{-10})/(1{,}602 \cdot 10^{-19}) = 1{,}3 \cdot 10^9$ elektronen

3p **22.** Behalve de gravitatiekracht heeft ook de coulombkracht in deze situatie een aantrekkende werking. De gebruikte waarde voor de gravitatiekracht is daardoor te groot. De berekende waarde voor de gravitatieconstante is dus te groot.

Opgave 6 Snijden met water

2p **23.** 27 ml water = 27 cm^3 water = $27 \cdot 10^{-6}$ m^3 water;
Het passerend volume water per seconde is Av, dus
$27 \cdot 10^{-6} = A * 850 \Rightarrow A = 3{,}2 \cdot 10^{-8}$ m^2 = 0,032 mm^2

3p **24.** Het waterverbruik is $27 \cdot 10^{-6}$ m^3 water per seconde.
De kinetische energie hiervan wordt berekend met
$U_{kin} = ½mv^2$
$m = \rho V = 998 * 27 \cdot 10^{-6} = 26{,}95 \cdot 10^{-3}$ kg
$U_{kin} = ½ * 26{,}95 \cdot 10^{-3} * 850^2 = 9{,}7 \cdot 10^3$ J = 9,7 kJ

3p **25.** $F\Delta t = m\Delta v$
$\Rightarrow F = (m/\Delta t) \cdot \Delta v = 26{,}95 \cdot 10^{-3} * (850 - 20) = 22$ N

4p **26.** · $27 \cdot 10^{-6}$ m^3 water verlaat per seconde de cilinder.
De doorsnede van de cilinder is 0,040 m^2.
De hoogteverandering van de zuiger is dan per seconde
$27 \cdot 10^{-6}/0{,}040 = 6{,}75 \cdot 10^{-4}$ m.

· De arbeid per seconde = F * (Δh per seconde).

De kracht van de perslucht op de zuiger is dus
$F = 10 \cdot 10^3/6{,}75 \cdot 10^{-4} = 14{,}8 \cdot 10^6$ N

· De druk van de lucht boven de zuiger is dan:
$p = F/A_z = 14{,}8 \cdot 10^6/0{,}040 = 3{,}7 \cdot 10^8$ Pa

Einde