

Opgave 1 Itaipu

1. De verbruikte elektrische energie kan worden omgerekend in Joules:

$$E = 9,3 \cdot 10^{10} \text{ kWh} (= 9,3 \cdot 10^{10} \cdot 3,6 \cdot 10^6) = 3,348 \cdot 10^{17} \text{ J}$$

De centrale draait (met de gegevens) gedurende één jaar. Het gemiddelde vermogen van de centrale kan dan berekend worden:

$$E = P \cdot t$$

$$3,348 \cdot 10^{17} = P \cdot (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) \rightarrow P = \frac{3,348 \cdot 10^{17}}{3,1536 \cdot 10^7} = 1,06 \cdot 10^{10} \text{ W}$$

Iedere generator heeft een vermogen van $7,0 \cdot 10^5 \text{ kW}$.

Het aantal benodigde generatoren is dan: $\frac{1,06 \cdot 10^{10}}{7,0 \cdot 10^8} (= 15,2) = 15$

2. In de gegeven situatie wordt er kinetische energie en zwaarte-energie van het water omgezet in elektrische energie.

De hoeveelheid water ($= 690 \text{ m}^3$) die per seconde door de generator stroomt, is bekend.

Met behulp van de dichtheid kan de massa van dit water berekend worden:

$$\rho = \frac{m}{V} \rightarrow m = \rho \cdot V$$

$$m = 0,998 \cdot 10^3 \cdot 690 = 6,89 \cdot 10^5 \text{ kg}$$

De kinetische energie en de zwaarte-energie van het water boven in de buis zijn nu te berekenen:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 6,89 \cdot 10^5 \cdot (8,0)^2 = 2,20 \cdot 10^7 \text{ J}$$

$$E_z = m \cdot g \cdot h$$

$$E_z = 6,89 \cdot 10^5 \cdot 9,81 \cdot 120 = 8,11 \cdot 10^8 \text{ J}$$

Per seconde wordt er in een generator $7,0 \cdot 10^5 \text{ kJ}$ aan elektrische energie geleverd. Het rendement is dan:

$$\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\% = \frac{E_e}{E_k + E_z} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{7,0 \cdot 10^8}{2,20 \cdot 10^7 + 8,11 \cdot 10^8} \cdot 100\% = 84\%$$

3. Er stroomt $6,2 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ water per seconde uit het stuwmeer. Dit vindt plaats gedurende een tijdsbestek van 12 uur. Het totale volume dat uit het stuwmeer gestroomd is, bedraagt:

$$V = 6,2 \cdot 10^4 \cdot (12 \cdot 60 \cdot 60) = 2,68 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Het volume kan berekend worden door het oppervlak van het meer te vermenigvuldigen met de diepte. Hierbij geldt dat $8,2 \cdot 10^5 \text{ km}^2 = 8,2 \cdot 10^{11} \text{ m}^2$. In dit geval leidt dit tot de vermindering van het waterniveau:

$$V = A \cdot h$$

$$2,68 \cdot 10^9 = 8,2 \cdot 10^{11} \cdot h \rightarrow h = \frac{2,68 \cdot 10^9}{8,2 \cdot 10^{11}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 3,3 \text{ mm}$$

4. Voordelen:

- energie-opwekking door waterkracht is een schone vorm van energie, er is geen sprake van milieuvuiling
- door gebruik te maken van waterkracht vindt er geen uitputting plaats van fossiele brandstoffen

Nadeel:

- een stuwmeer neemt erg veel ruimte in beslag

Opgave 2 Fiets met pedaalbekrachtiging

5. In de grafiek is af te lezen dat de verhouding tussen het motorvermogen en het vermogen

$$\text{van de fietser gelijk is aan } 1,00: \frac{P_{\text{motor}}}{P_{\text{fietser}}} = 1,00$$

$$\text{Dus moet gelden: } P_{\text{motor}} = P_{\text{fietser}}$$

6. Bij een snelheid van 16 km/uur geldt dat de verhouding tussen het motorvermogen en het vermogen van de fietser gelijk is aan 1,00. Dit betekent dat niet alleen het vermogen van de motor 28 W bedraagt, maar ook het vermogen dat de fietser zelf produceert. Het totale vermogen is dan:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{motor}} + P_{\text{fietser}} = 28 + 28 = 56 \text{ W}$$

De voorwaartse kracht op de fiets (deels geleverd door de motor en deels door de fietser zelf) kan dan berekend worden met de formule:

$$P = F \cdot v$$

$$56 = F \cdot \left(\frac{16}{3,6} \right) \rightarrow F = \frac{56}{4,44} = 12,6 \text{ N}$$

De fietser rijdt met een constante snelheid. Dit betekent dat (volgens de eerste wet van Newton) de resulterende kracht op de fietser gelijk is aan 0 N. Dus geldt:

$$F_w = F = 12,6 \text{ N} = 13 \text{ N}$$

7. De elektromotor zet elektrische energie om met een rendement van 54%. De nuttig gebruikte energie kan berekend worden:

$$\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} \cdot 100\%$$

$$54\% = \frac{E_{\text{nut}}}{0,32 \cdot 3,6 \cdot 10^6} \cdot 100\% \rightarrow E_{\text{nut}} = 0,54 \cdot 1,152 \cdot 10^6 = 6,22 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Bij een snelheid van 16 km/uur bedraagt het vermogen van de motor 28 W. De tijd die de fietser kan rijden met een volle accu kan dan berekend worden:

$$E_e = P \cdot t$$

$$6,22 \cdot 10^5 = 28 \cdot t \rightarrow t = \frac{6,22 \cdot 10^5}{28} = 2,22 \cdot 10^4 \text{ s}$$

Ook de afstand die de fietser aflegt in dit tijdsbestek kan berekend worden:

$$s = v \cdot t$$

$$s = 4,44 \cdot 2,22 \cdot 10^4 = 9,9 \cdot 10^4 \text{ m} = 99 \text{ km}$$

8. Als de hoeveelheid elektrische energie gegeven is en de tijd waarin deze energie bereikt wordt, kan het vermogen berekend worden:

$$E_e = P \cdot t$$

$$1,15 \cdot 10^6 = P \cdot (4,5 \cdot 60 \cdot 60) \rightarrow P = \frac{1,15 \cdot 10^6}{1,62 \cdot 10^4} = 71 \text{ W}$$

De stroomsterkte volgt uit het toepassen van de formule voor het vermogen:

$$P = U \cdot I$$

$$71 = 230 \cdot I \rightarrow I = \frac{71}{230} = 0,31 \text{ A}$$

9. Argument voor:

- de fiets produceert geen uitlaatgassen

Argument tegen:

- de accu in de fiets moet worden opgeladen en hiervoor is elektrische energie nodig; het opwekken van deze elektrische energie kan milieubelastend zijn

Opgave 3 Bewegen op de maan

10. Deze opgave is op twee manieren op te lossen: via de wet van behoud van energie of via de bewegingsvergelijkingen voor de eenparig versnelde beweging ($s(t) = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 + v(0) \cdot t$ voor de verplaatsing en $v(t) = a \cdot t + v(0)$ voor de snelheid). Hier wordt de wet van behoud van energie toegepast.

Op het moment dat de springer net loskomt van het maanoppervlak (punt A) bezit deze kinetische energie (de zwaarte-energie is dan gelijk aan 0 J omdat de hoogte gelijk is aan 0 m). In het hoogste punt (punt B) bezit de springer alleen zwaarte-energie (de snelheid is hier heel even 0 m/s en dus is ook de kinetische energie hier gelijk aan 0 J). Er geldt dus:

$$E_{k,A} = E_{z,B}$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_A^2 = m \cdot g \cdot h_B \quad (\text{de massa kan worden weg gedeeld in deze vergelijking})$$

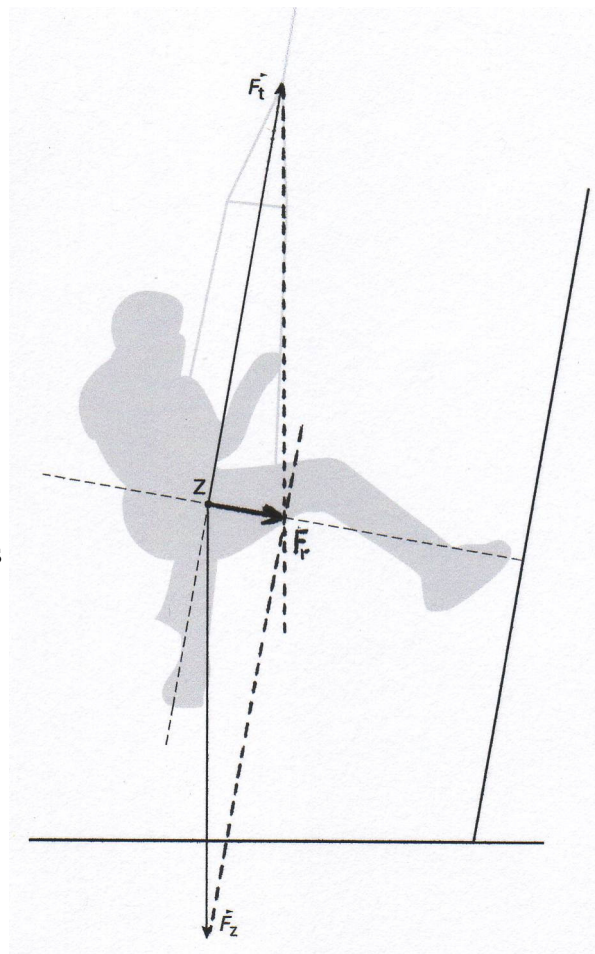
$$\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_B$$

$$\frac{1}{2} \cdot (3,0)^2 = 1,63 \cdot h_B \quad \rightarrow \quad h_B = \frac{4,5}{1,63} = 2,8 \text{ m}$$

11. Zie nevenstaande figuur.

De resulterende kracht van de zwaartekracht F_z en de kracht in het touw F_t kan bepaald worden via een parallellogramconstructie. De resulterende kracht F_r blijkt dan loodrecht op de schuine wand gericht te zijn. Aangezien deze wand het maanoppervlak voorstelt en de “zwaartekracht” altijd loodrecht op het maanoppervlak gericht is, klopt deze vergelijking.

Verder geldt dat de resulterende kracht F_r in de figuur ongeveer 6 keer zo klein als de zwaartekracht. De zwaartekracht op de maan is inderdaad 6 keer zo klein als de zwaartekracht op aarde. De zwaartekracht kan immers berekend worden met de formule $F_z = m \cdot g$, met $g_{aarde} = 9,81 \text{ m/s}^2$ en $g_{maan} = 1,63 \text{ m/s}^2$.



12. Het gaat hier om een horizontale worp. De formules voor de horizontale worp luiden:

$$- s_y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (\text{voor de verticale component van de beweging})$$

$$- s_x(t) = v_x \cdot t \quad (\text{voor de horizontale component van de beweging})$$

Met behulp van de eerste formule kan de tijd berekend worden die de knikker nodig heeft om over een afstand van 1,0 m te vallen:

$$s_y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

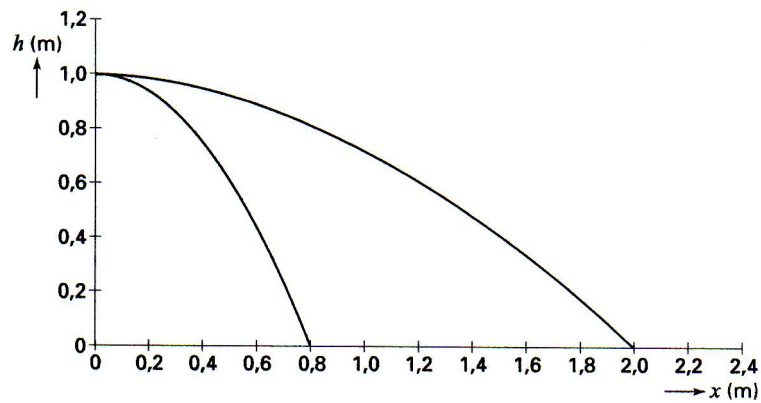
$$1,0 = \frac{1}{2} \cdot 1,63 \cdot t^2 \quad \rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{1,0}{0,815}} = 1,11 \text{ s}$$

Vervolgens kan met de tweede formule de, horizontaal afgelegde, afstand berekend worden:

$$s_x(t) = v_x \cdot t$$

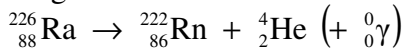
$$s_x(1,11) = 1,80 \cdot 1,11 = 2,0 \text{ m}$$

In onderstaande figuur is de baan van de knikker weergegeven.



Opgave 4 Rookmelder

13. Gegeven is dat Radium-226 een α - (en γ -)straler is.



14. Het oppervlak onder een (v,t) -diagram geeft de verplaatsing.

$$s = \frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot 1,5 \cdot 10^7 = 0,075 \text{ m}$$

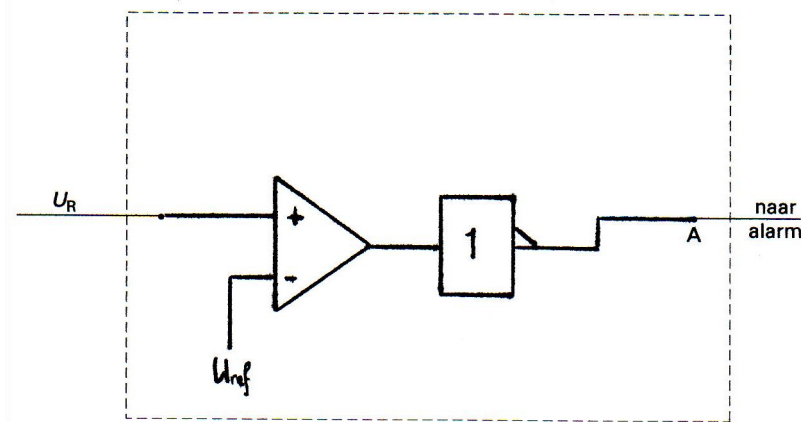
15. De spanning U ($= 5,0 \text{ V}$) en de weerstand R ($= 3,8 \cdot 10^{10} \Omega$) zijn gegeven. De stroomsterkte I kan berekend worden met behulp van de wet van Ohm:

$$U = I \cdot R$$

$$5,0 = I \cdot 3,8 \cdot 10^{10} \rightarrow I = \frac{5,0}{3,8 \cdot 10^{10}} = 1,3 \cdot 10^{-10} \text{ A}$$

16. De analoge spanning die over de weerstand staat en gebruikt wordt als sensorsignaal dient eerst te worden omgezet in een digitale spanning. Dit gebeurt met een comparator. Het signaal van de rookmelder moet klinken als er zich rook in de ionisatiekamer bevindt. De spanning over de weerstand is dan lager (lager dan de referentiespanning van de comparator) en dus is ook de uitgang van de comparator laag. Dit lage signaal dient, met behulp van een invertor, te worden omgezet in een hoog signaal om het alarm in werking te kunnen laten treden. Zie onderstaande figuur.

(Een toelichting is bij deze opgave overigens niet nodig.)



17. Radium-226 zendt naast α -straling ook γ -straling uit. Deze γ -straling dringt wel door het omhulsel van rookmelder heen.

Ook bestaat de mogelijkheid dat dochterkernen van Radium-226 (uit de vervalreeks van deze stof) β - en/of γ -straling uitzenden.

18. De halveringstijd van Radium-226 bedraagt 1600 jaar. Een tijdsbestek van één jaar is, in vergelijking met de halveringstijd, erg beperkt. Het is dus inderdaad juist dat de activiteit nauwelijks afneemt in dat jaar.

19. De activiteit bedraagt 10 Bq en de bestraling vindt plaats gedurende 1 jaar. Het aantal vrijgekomen α -deeltjes kan dan berekend worden:

$$N = 10 \cdot (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) = 3,15 \cdot 10^8$$

Ieder α -deeltje heeft een energie van $7,7 \cdot 10^{-13}$ J. De totaal, door het weefsel, geabsorbeerde energie is dan:

$$E = 3,15 \cdot 10^8 \cdot 7,7 \cdot 10^{-13} = 2,43 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Tot slot kan het dosisequivalent berekend worden:

$$H = Q \cdot \frac{E}{m}$$

$$H = 20 \cdot \frac{2,43 \cdot 10^{-4}}{0,005} = 0,97 \text{ Sv}$$

Opgave 5 Inschakelen van een lampje

20. Als de waarde van de vaste weerstand aanzienlijk zou zijn, zou deze weerstand teveel invloed hebben in de gegeven schakeling. De spanning over de weerstand zou dan te hoog worden, waardoor de spanning over het lampje te klein wordt (het lampje hoort op 6,0 V te branden en dit is ook wat de spanningsbron levert). Er is immers sprake van een serieschakeling van weerstand en lampje.

21. Als de spanning U en de weerstand R gegeven zijn, kan de stroomsterkte berekend worden met behulp van de wet van Ohm:

$$U = I \cdot R \quad \rightarrow \quad I = \frac{U}{R}$$

Aangezien de weerstandswaarde 2,0 Ω bedraagt, dient de volgende formule te worden ingevoerd in de computer:

$$I = \frac{U}{2,0}$$

22. De stroomsterkte op het tijdstip $t = 0$ s bedraagt: $I = 0,35$ A.

Aangezien er sprake is van een serieschakeling zal de stroomsterkte door de weerstand en het lampje gelijk zijn en zal de spanning (= 6,0 V) zich verdelen over deze twee componenten.

De spanning over de weerstand kan berekend worden met de wet van Ohm:

$$U = I \cdot R$$

$$U = 0,35 \cdot 2,0 = 0,70 \text{ V}$$

De spanning over het lampje bedraagt dan:

$$U_{bron} = U_R + U_{lampje} \quad \rightarrow \quad U_{lampje} = 6,0 - 0,70 = 5,3 \text{ V}$$

De weerstand van het lampje kan weer berekend worden met de wet van Ohm:

$$U = I \cdot R$$

$$5,3 = 0,35 \cdot R \quad \rightarrow \quad R = \frac{5,3}{0,35} = 15 \text{ } \Omega$$

23. Als er een stroom door de gloeidraad van het lampje loopt, zal de temperatuur van deze gloeidraad snel toenemen. De weerstand van de gloeidraad neemt hier door toe. Dit heeft tot gevolg dat de totale weerstand in de schakeling ook toeneemt en dat de stroomsterkte, volgens de wet van Ohm ($U = I \cdot R$), af zal nemen.

24. Als de stroomsterkte constant is geworden, bedraagt deze: $I = 0,080$ A

De spanning over de weerstand kan berekend worden met de wet van Ohm:

$$U = I \cdot R$$

$$U = 0,080 \cdot 2,0 = 0,16 \text{ V}$$

De spanning over het lampje bedraagt dan:

$$U_{bron} = U_R + U_{lampje} \quad \rightarrow \quad U_{lampje} = 6,0 - 0,16 = 5,84 \text{ V}$$

Het, door het lampje, opgenomen vermogen kan dan berekend worden aan de hand van de waarden voor de spanning en de stroomsterkte:

$$P = U \cdot I$$

$$P = 5,84 \cdot 0,080 = 0,47 \text{ W}$$