
Opgave 1

- a Nee. Er is geen verplaatsing, je verricht geen arbeid 'op de auto'.
- b Ja. De auto verplaatst zich dus nu verricht je wel arbeid op de auto.
- c Ja. Het is nu de wrijvingskracht die arbeid verricht.
- d Ja. De zwaartekracht verricht arbeid op de auto.
- e Nee. Hoe zwaar de balk ook is, hoeveel energie je dat lichamenlijk ook kost: 'op de balk' wordt geen arbeid verricht.
- f Ja. Je verplaatst een balk en dus verricht je arbeid.
- g Ja. Het is nu de zwaartekracht die arbeid op de balk verricht.

Opgave 2

$$W = F \cdot s \rightarrow W = 35 \text{ N} \times 1,6 \text{ m} = \mathbf{56 \text{ J}}$$

Opgave 3

$$W = F \cdot s \rightarrow 40 \text{ J} = F \times 0,50 \text{ m} \rightarrow F = \mathbf{80 \text{ N}}$$

Opgave 4

- a Het gewicht dat hij moet tillen is ten minste gelijk aan de zwaartekracht: $F_z = m \cdot g$
 $F_z = 15,0 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{147 \text{ N}}$
- b $W = F \cdot s \rightarrow W = 147 \text{ N} \times 1,50 \text{ m} \rightarrow W = \mathbf{221 \text{ J}}$

Opgave 5

Motor

Gegeven: $W = 1500 \text{ J}$, $t = 60 \text{ s}$

Gevraagd: P

Oplossing: $P = W / t \rightarrow P = 1500 \text{ J} / 60\text{s} = \mathbf{25 \text{ W}}$

Opgave 6

Motor

Gegeven: $P = 750 \text{ W}$, $t = 30 \text{ s}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = P \cdot t \rightarrow W = 750 \text{ W} \times 30 \text{ s} = 2,25 \cdot 10^4 \text{ J} \rightarrow \mathbf{23 \text{ kJ}}$

Opgave 7

Motor

Gegeven: $P = 250 \text{ W}$, $W = 3200 \text{ J}$

Gevraagd: t

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Natuurkunde voor het MBO, Deel 2 ISBN 9789491764431, 1^e druk, Uitgeverij Syntax Media
Hoofdstuk 3 Arbeid en energie. bladzijde 2

Oplossing: $W = P \cdot t \rightarrow 3200 \text{ J} = 250 \text{ W} \times t \text{ s} \quad t = \mathbf{12,8 \text{ s}}$

Opgave 8

Energiecentrale

$\rightarrow 500 \cdot 10^6 \text{ W} \times 60 \text{ s} = \mathbf{3,00 \cdot 10^{10} \text{ J (30,0 GJ)}}$

Opgave 9

Gewichtheffer tilt ...

Gegeven: $m = 120 \text{ kg}$, $t = 1,4 \text{ s}$, $h = 2,2 \text{ m}$

Gevraagd: a) W b) P

Oplossing: a $F = m \cdot g \rightarrow F = 120 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,18 \cdot 10^3 \text{ N}$

$W = F \cdot s \rightarrow 1,18 \cdot 10^3 \text{ N} \times 2,2 \text{ m} = \mathbf{2,6 \cdot 10^3 \text{ J}}$

b $P = W / t \rightarrow P = 2,59 \cdot 10^3 \text{ J} / 1,4 \text{ s} = \mathbf{1,8 \cdot 10^3 \text{ W (1,8 kW)}}$

Opgave 10

Motor

Gegeven: $P = 500 \text{ W}$, $m = 60,0 \text{ kg}$, $s = 0,60 \text{ m}$

Gevraagd: a) W b) t

Oplossing: a $W = F \cdot s \rightarrow 60 \times 9,81 \times 0,80 = \mathbf{471 \text{ J}}$

b $P = W / t \rightarrow 500 = 471 / t \rightarrow t = 471 \text{ J} / 500 \text{ W} = \mathbf{0,942 \text{ s}}$

Opgave 11

Waterkrachtcentrale

Gegeven: $P = 50 \text{ MW}$, $t = 1,0 \text{ uur}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = P \cdot t \rightarrow 50 \cdot 10^6 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = \mathbf{1,8 \cdot 10^{11} \text{ J}}$

Opgave 12

Ledlamp

Gegeven: $P = 5,0 \text{ W}$, $t = 5,0 \text{ uur}$

Gevraagd: a) W b) kosten (€)

Oplossing: a $W = P \cdot t \rightarrow 5,0 \times 5 = \mathbf{25 \text{ Wh (0,025 kWh, } 9,0 \cdot 10^4 \text{ J)}}$

b kosten: $0,025 \text{ kWh} \times 0,20 \text{ €/kWh} = \text{€ } 0,005 \rightarrow \mathbf{0,50 \text{ cent}}$

Opgave 13

Kookplaat

Gegeven: $P = 1,200 \text{ kW}$, $t = 9,0 \text{ uur}$, $0,20 \text{ cent/kWh}$

Gevraagd: kosten

Oplossing: $W = P \cdot t \rightarrow W = 1,200 \text{ kW} \times 9 \text{ h} = 10,8 \text{ kWh}$
kosten: $10,8 \times 0,20 = \text{€ } 2,16$

Opgave 14

Elektrische energie omzetten naar ...

- a chemische energie, dat gebeurt in een oplaadbare batterij of accu.
- b geluid: in een luidspreker, 'oortjes' ed.
- c stralingsenergie: alle vormen van elektrische verlichting maar ook: infraroodlamp, Röntgenbuis ed.
- d magnetische energie: elektromagneet, relais.
- e warmte: elektrische verwarming, straalkachel.

Opgave 15

- a Chemische energie wordt omgezet in warmte bij verbranding. Er zijn daarnaast heel veel andere *exotherme* chemische reacties.
- b Stralingsenergie wordt omgezet in chemische energie bij de fotosynthese:
 $6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Opgave 16

Nou ja: een accu in een auto die rijdt, heeft kinetische én chemische energie.
Elke energiedrager kan natuurlijk kinetische energie hebben als hij in beweging is.

Opgave 17

Vogel

$m = 2,0 \text{ kg}$, $v = 4,8 \text{ m/s}$ Gevraagd: E_{kin}

Opl.: $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 2,0 \times 4,8^2 = \text{23 J}$

Opgave 18

Tennisbal

Gegeven: $m = 500 \text{ g}$, $E_{\text{kin}} = 26 \text{ J}$ Gevraagd: v

Oplossing:

$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 0,500 \times v^2 = 26 \text{ J} \rightarrow v = \text{10 m/s}$

Opgave 19

Auto

Gegeven: $v = 50$ km/uur, $E_{\text{kin}} = 6,2 \cdot 10^4$ J Gevraagd: m

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow 6,2 \cdot 10^4 \text{ J} = \frac{1}{2} \times m \times 13,9^2 = 26 \text{ J} \rightarrow m = 6,2 \cdot 10^4 / 96,5 = \mathbf{6,4 \cdot 10^2 \text{ kg}}$$

Opgave 20

Vliegtuig

Gegeven: $v = 400$ km/uur, $m = 15 \cdot 10^3$ kg Gevraagd: E_{kin}

Oplossing:

400 km/uur is: $400 / 3,6 = 111$ m/s.

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \times 15 \cdot 10^3 \times 111^2 = \mathbf{9,3 \cdot 10^7 \text{ J}}$$

Opgave 21

Potentiële energie?

- a Kinetische energie: **nee**. Energie zit in de beweging in een krachtveld.
- b Gravitatie-energie: **ja**. De energie hangt af van de plaats in het zwaartekrachtveld.
- c Elektrische energie: **ja**. Het zijn elektromagnetische krachten van geladen deeltjes in een elektrisch krachtveld die de energie bepalen.
- d Warmte. **Nee**. Warmte-energie hangt af van de snelheid van molecuulbeweging.
- e Stralingsenergie. **Nee**. Bij stralingsenergie is het de frequentie (aantal golfjes per seconde) die de energie bepaalt.
- f Kernenergie. **Ja**. Bij kernenergie zijn het de krachten in de kern die de energie leveren.

Steeds als er krachten zijn die arbeid kunnen leveren is er sprake van potentiële energie.

Opgave 22

- a Krachtvelden: zwaartekracht, elektrische veldkracht, magnetische veldkracht, kernkrachten.

Voor deze b-vraag moet je eigenlijk wat verder zijn in de natuurkunde. Maar misschien heb je toch antwoorden gevonden. Bijvoorbeeld:

- b De zwaartekracht werkt op massa in het zwaartekrachtveld.
De elektrische veldkracht werkt op geladen deeltjes in het krachtveld (ionen, elektronen, protonen).
De magnetische veldkracht werkt op alle deeltjes met magnetische eigenschappen, dus ijzer maar ook elektronen en kerndeeltjes.
De kernkrachten werken op kerndeeltjes: protonen en neutronen.
-

Opgave 23

Bal in zwaartekrachtveld

Gegeven: $m = 250 \text{ g}$, $h = 60 \text{ cm}$

Gevraagd: E_{pot}

Oplossing:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow E_{\text{pot}} = 0,250 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,60 \text{ m} = \mathbf{1,5 \text{ J}}$$

Opgave 24

Bij de berekening van de potentiële energie in het zwaartekracht veld mag je het nul-niveau zelf kiezen. Het gaat om de verschillen. Een handig nul-niveau is natuurlijk de begane grond. De auto staat op de grond, kan niet verder naar beneden en heeft dan een potentiële energie van: **0 J**.

Opgave 25

Bal in zwaartekrachtveld

Gegeven: $m = 60 \text{ g}$, $\Delta h = 15 \text{ cm}$ stijging

Gevraagd: ΔE_{pot}

De potentiële energie neemt toe want de bal beweegt tegen de veldkracht F_z in.

$$\Delta E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow \Delta E_{\text{pot}} = 0,060 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,15 \text{ m} = \mathbf{8,8 \text{ J}}$$

Opgave 26

Gegeven: $9,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ water valt per seconde uit stuwmeer 80 m omlaag.

Gevraagd: a) ΔE_{pot} ($E_{\text{pot}, 2} - E_{\text{pot}, 1}$) b) P

Oplossing: a $9,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ water is $9,0 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \times 998 \text{ kg/m}^3 = 8,98 \cdot 10^6 \text{ kg}$

$$E_{\text{pot}, 1} = m \cdot g \cdot h_1 = 8,98 \cdot 10^6 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 80 \text{ m} = 7,0 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$E_{\text{pot}, 2} = m \cdot g \cdot h_2 = 8,98 \cdot 10^6 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0 \text{ m} = 0 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{pot}} = E_{\text{pot}, 2} - E_{\text{pot}, 1} = 0 \text{ J} - 7,0 \cdot 10^9 \text{ J} = \mathbf{-7,0 \cdot 10^9 \text{ J}}$$

$$\text{b} \quad P = W / t \rightarrow 7,0 \cdot 10^9 \text{ J} / 1 \text{ s} = \mathbf{7,0 \cdot 10^9 \text{ W} (7,0 \text{ GW})}$$

Opgave 27

Lift stijgt van 15,0 m naar 21,0 m

Gegeven: $m = 240 \text{ kg}$, $h_1 = 15,0 \text{ m}$, $h_2 = 21,0 \text{ m}$

Gevraagd: a) ΔE_{pot} ($E_{\text{pot}, 2} - E_{\text{pot}, 1}$) b) W

Oplossing: a

$$E_{\text{pot}, 1} = m \cdot g \cdot h_1 = 240 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 15,0 \text{ m} = 3,53 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$E_{\text{pot}, 2} = m \cdot g \cdot h_2 = 240 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 21,0 \text{ m} = 4,94 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$\Delta E_{\text{pot}} = E_{\text{pot}, 2} - E_{\text{pot}, 1} = 4,94 \cdot 10^4 \text{ J} - 3,53 \cdot 10^4 \text{ J} = \mathbf{1,41 \cdot 10^4 \text{ J}}$$

b $W_{\text{op}} = \Delta E_{\text{pot}}$

Arbeid nodig is dus: **$1,41 \cdot 10^4 \text{ J}$**

Arbeid verricht tegen de zwaartekracht in, dus arbeid door de zwaartekracht: $-1,41 \cdot 10^4 \text{ J}$

Opgave 28

Staartklok

Gegeven: $m = 2,5 \text{ kg}$, $h = 0,80 \text{ m}$, $t = 24 \text{ uur}$

Gevraagd: a) ΔE_{pot} b) $t \text{ (s)}$ c) P

Oplossing: a) $\Delta E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot \Delta h = 2,5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,80 \text{ m} = 19,6 \text{ J} \rightarrow \mathbf{20 \text{ J}}$

b) $t = 24 \text{ uur} \times 3600 \text{ s/uur} = \mathbf{86400 \text{ s}}$

c) $19,6 \text{ J} / 86400 \text{ s} = \mathbf{2,3 \cdot 10^{-4} \text{ W}}$

Opgave 29

Bal

Gegeven: $m = 0,400 \text{ kg}$, $h = 20 \text{ m}$

Gevraagd: a) E_{pot} b) E_{kin} c) v

Oplossing: a) $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 0,400 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 20 \text{ m} = \mathbf{78 \text{ J}}$

b) E_{kin} is als de bal de grond raakt even groot als ΔE_{pot} : $\mathbf{78 \text{ J}}$

c) $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 0,400 \times v^2 = 78,5 \text{ J} \rightarrow \mathbf{v = 20 \text{ m/s}}$

We verwaarlozen hier (en in de volgende uitwerkingen) de wrijving die de bal met de lucht ondervindt.

Opgave 30

Weer een bal

Gegeven: $m = 0,750 \text{ kg}$, $v_{\text{omhoog}} = 12 \text{ m/s}$

Gevraagd: a) E_{kin} b) $E_{\text{pot, hoogste punt}}$ c) h

Oplossing: a) $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 0,750 \times 12^2 = \mathbf{54 \text{ J}}$

b) Behoud van energie: $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot, hoogste punt}} = \mathbf{54 \text{ J}}$

c) $E_{\text{pot, hoogste punt}} = m \cdot g \cdot h$

$$54 \text{ J} = 0,750 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times h \text{ m} \rightarrow \mathbf{h = 7,3 \text{ m}}$$

Opgave 31

Steen

Gegeven: $m = 2,50 \text{ kg}$, $h = 15 \text{ m}$

Gevraagd: v (als de steen op de grond komt)

Oplossing: Behoud van energie: $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot, hoogste punt}}$

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow 2,50 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 15 \text{ m} = 368 \text{ J}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 2,50 \times v^2 = 368 \text{ J} \rightarrow v = \mathbf{17 \text{ m/s}}$$

Opgave 32

Kogel

Gegeven: $m = 12 \text{ kg}$, $v_{\text{omhoog}} = 34 \text{ m/s}$

Gevraagd: h (in het hoogste punt)

Oplossing: Behoud van energie: $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot, hoogste punt}}$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 2,50 \times 34^2 = 1,45 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow 2,50 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times h \text{ m} = 1,45 \cdot 10^3 \text{ J} \rightarrow h = \mathbf{59 \text{ m}}$$

Opgave 33

Vuurpijl

Gegeven: $m = 0,150 \text{ kg}$, h (in het hoogste punt) = 200m

Gevraagd: v_{omhoog}

Oplossing: Behoud van energie: $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot, hoogste punt}}$

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow 0,150 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 200 \text{ m} = 294 \text{ J}$$

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 0,150 \times v^2 = 294 \text{ J} \rightarrow v = \mathbf{63 \text{ m/s}}$$

Opgave 34

Bal, valt van een toren op de grond.

Gegeven: $m = 0,500 \text{ kg}$, $h = 12,0 \text{ m}$

Gevraagd: a) E_{pot} b) t (val) c) v (grond) d) E_{kin} e) a en d vergelijken

Oplossing: a) $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow 0,500 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 12,0 \text{ m} = \mathbf{58,9 \text{ J}}$

b) Eenparig versnelde beweging, dus: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$
 $12,0 = \frac{1}{2} \times 9,81 \times t^2 \rightarrow t = \mathbf{1,56 \text{ s}}$

c) Eenparig versnelde beweging, dus: $v_t = g \cdot t$
 $v_t = 9,81 \times 1,56 = \mathbf{15,3 \text{ m/s}}$

d) $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 0,500 \times 15,3^2 = \mathbf{58,9 \text{ J}}$

e) De kinetische energie die we berekenen met de wet van behoud van energie is gelijk aan de kinetische energie die we berekenen met de bewegingsvergelijking.

De overeenkomst is alleen zo mooi als je met niet afgeronde uitkomsten verder rekent.

Opgave 35

Auto, trekt op vanuit stilstand.

Gegeven: $m = 1200 \text{ kg}$, $t = 10 \text{ s}$, $v_{10\text{s}} = 30 \text{ m/s}$

Gevraagd: a) W b) $P_{\text{gemiddeld}}$

Oplossing: a $W = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 1200 \times 30^2 = \mathbf{5,4 \cdot 10^5 \text{ J}}$

b $P = W / t \rightarrow 5,40 \cdot 10^5 \text{ J} / 10 \text{ s} = \mathbf{5,4 \cdot 10^4 \text{ W}}$ (54 kW)

Opgave 36

Energiekosten beeldscherm per jaar.

Gegeven: $P = 100 \text{ Watt}$, $t = 4 \text{ uur}$, prijs: 0,20 euro/kWh

Oplossing: 100 Watt is 0,100 kW

$W = P \cdot t \rightarrow 0,100 \text{ kW} \times 4 \text{ h} = 0,400 \text{ kWh per dag}$

$0,400 \times 0,20 = 0,08 \text{ euro per dag}$

Een jaar heeft 365 dagen dus: $365 \times 0,08 = \mathbf{29,20 \text{ €}}$

Opgave 37

Waterpomp, pompt water omhoog.

Gegeven: $P = 240 \text{ W}$, $h = 6,0 \text{ m}$

Gevraagd: $V_{\text{water, per uur}}$

Oplossing: De arbeid die in een uur verricht wordt is gelijk aan de toename van de potentiële energie. De gezochte grootte is de hoeveelheid water dus: m .
De verrichte arbeid berekenen we met $W = P \cdot t$ vervolgens m met $W = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$.

$W = P \cdot t \rightarrow 240 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 8,64 \cdot 10^5 \text{ J}$

$W = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = m \times 9,81 \times 6,0$

$m \times 9,81 \times 6,0 = 8,64 \cdot 10^5 \text{ J} \rightarrow m = 1,47 \cdot 10^4 \text{ kg water} \rightarrow V = m / \rho$

$V = 1,47 \cdot 10^4 \text{ kg} / 998 \text{ kg/m}^3 = 14,7 \text{ m}^3 \rightarrow \mathbf{15 \cdot 10^3 \text{ L}}$

Opgave 38

Waterpomp, pompt water omhoog.

Gegeven: $h = 4,0 \text{ m}$, $V = 1500 \text{ L per uur}$

Gevraagd: P

Oplossing: $W = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ en $P = W / t$

1500 L water is $1,500 \times 998 = 1497 \text{ kg}$

$W = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \rightarrow W = 1497 \times 9,81 \times 4,0 = 5,87 \cdot 10^4 \text{ J}$

$P = W / t \rightarrow P = 5,87 \cdot 10^4 \text{ J} / 3600 \text{ s} = \mathbf{16 \text{ W}}$

Opgave 39

Auto met *constante snelheid*

Gegeven: $v = 50$ km/uur, $P = 80$ kW

Gevraagd: a) s (in 1 s) b) W in 1 s c) F_{motor} d) F_w

Oplossing:

a $v = 50$ km/uur $\rightarrow v = 50000 \text{ m} / 3600 \text{ s} = 13,9 \text{ m/s} \rightarrow s_{1\text{s}} = \mathbf{14 \text{ m}}$

b $W = P \cdot t \rightarrow W = 80 \text{ kW} \times 1 \text{ s} = \mathbf{80 \text{ kJ}}$

c F berekenen we uit: $W = F \cdot s \rightarrow 80 \cdot 10^3 \text{ J} = F \times 13,9 \text{ m} \rightarrow F = \mathbf{5,8 \cdot 10^3 \text{ N}}$

d Constante snelheid, geen versnelling dus: $\Sigma F = 0 \rightarrow F_{\text{motor}} + F_w = 0$

$F_w = -F_{\text{motor}} \rightarrow F_w = \mathbf{-5,8 \cdot 10^3 \text{ N}}$

Opgave 40

Scooter

Gegeven: $v = 30$ km/uur, $P = 800$ W

Gevraagd: W in 1 min

Oplossing: $W = P \cdot t \rightarrow W = 800 \text{ W} \times 60 \text{ s} = \mathbf{4,8 \cdot 10^4 \text{ J}}$

Opgave 41

Bal, wordt recht omhoog gegooid.

Gegeven: $m = 400$ g, $h = 28,0$ m

Gevraagd: $W_{F_z, 28 \text{ m}}$

Oplossing: $W = F_z \cdot s \cdot \cos(180^\circ) \rightarrow 0,400 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 28,0 \text{ m} \times -1 = \mathbf{-110 \text{ J}}$

Opgave 42

Veer

Gegeven: $k = 20$ N/m, $\Delta l =$ resp. 1,0 cm, 2,0 cm, 3,0 cm, 6 cm.

Gevraagd: a) F in verschillende situaties b) W

Oplossing:

a $F = k \cdot \Delta l \rightarrow F = 20 \text{ N/m} \times 0,01 \text{ m} = \mathbf{0,20 \text{ N}}$

$F = 20 \text{ N/m} \times 0,02 \text{ m} = \mathbf{0,40 \text{ N}}$

$F = 20 \text{ N/m} \times 0,03 \text{ m} = \mathbf{0,60 \text{ N}}$

b Gemiddelde uitrekking $(0 + 0,06) / 2 = 0,030$ cm dus gemiddelde kracht: $\mathbf{0,6 \text{ N}}$

c $W = F \cdot s \rightarrow W = 0,60 \text{ N} \times 0,06 \text{ m} = \mathbf{0,036 \text{ J}}$

Opgave 43

Auto trekt op.

Gegeven: $m = 1000 \text{ kg}$, $t = 10 \text{ s}$, $v_{10} = 90 \text{ km/uur}$

Gevraagd: W_{motor}

Oplossing:

$$v_{10} = 90 / 3,6 = 25 \text{ m/s}$$

$$W_{\text{motor}} = F \cdot s$$

Onze formule heeft twee onbekenden: F en s . Maar deze kunnen we berekenen met:

$$F = m \cdot a \text{ en } s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

Dan hebben we nog wel de versnelling a nodig:

$$a = v / t \rightarrow a = 25 \text{ m/s} / 10 \text{ s} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \cdot a \rightarrow F = 1000 \text{ kg} \times 2,5 \text{ m/s}^2 = 2,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \rightarrow s = \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 10^2 \rightarrow s = 125 \text{ m}$$

$$W_{\text{motor}} = F \cdot s \rightarrow W_{\text{motor}} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ N} \times 125 \text{ m} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ J}$$

Opgave 44

Niagara-watervallen

Gegeven: $8,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ water per uur, $h = 50 \text{ m}$

Gevraagd: P

Oplossing: $8,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per uur is $8,5 \cdot 10^6 / 3600 = 2,4 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$
 $2,4 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ water is $2,4 \cdot 10^6 \text{ kg}$

$$W = m \cdot g \cdot h \rightarrow W = 2,4 \cdot 10^6 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 50 \text{ m} = 1,2 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$P = W / t \rightarrow 1,2 \cdot 10^9 \text{ J} / 1 \text{ s} = 1,2 \cdot 10^9 \text{ W}$$

Opgave 45

Gegeven: $F = 20 \text{ N}$, $\alpha = 30^\circ$, $s = 14 \text{ m}$

Gevraagd: W

$$\text{Oplossing: } W = F \cdot s \cdot \cos(30^\circ) \rightarrow W = 20 \times 14 \times 0,866 = 2,4 \cdot 10^2 \text{ J}$$

Opgave 46

Gegeven: $F = 40 \text{ N}$, $\alpha = 40^\circ$, $s = 100 \text{ m}$

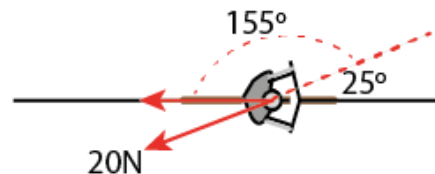
Gevraagd: W

Oplossing: $W = F \cdot s \cdot \cos(40^\circ) \rightarrow W = 40 \times 100 \times 0,766 = 3,1 \cdot 10^3 \text{ J}$

Opgave 47

Gegeven: $F = 20 \text{ N}$, $\alpha = 25^\circ$, $s = 30 \text{ m}$

Gevraagd: W



Oplossing: $W = F \cdot s \cdot \cos(155^\circ) \rightarrow$
 $W = 20 \times 30 \times -0,906 = -5,4 \cdot 10^2 \text{ J}$

Opgave 48

Bergbeklimmer

Gegeven: $m = 80 \text{ kg}$, $h = 4810 \text{ m}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = F \cdot s \cdot \cos(0^\circ) \rightarrow W = 80 \times 9,81 \times 4810 = 3,77 \cdot 10^6 \text{ J}$

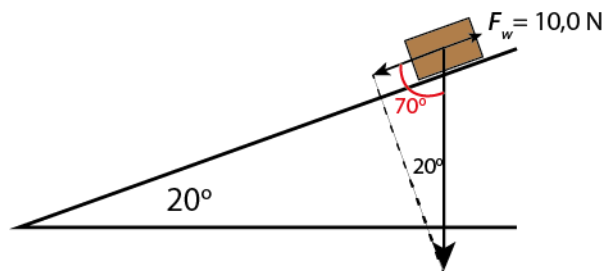
Opgave 49

Voorwerp op schuin vlak

Gegeven: $m = 5,0 \text{ kg}$, helling: 20° ,
 $s = 8,00 \text{ m}$, $F_w = 10,0 \text{ N}$

Gevraagd:

- a) $W_{\text{zwaartekracht}}$ b) $W_{\text{wrijvingskracht}}$
 c) W_{totaal} d) R e) W_R



Oplossing:

a $W = F_z \cdot s \cdot \cos(70^\circ) \rightarrow W = 5,0 \times 9,81 \times 8,0 \times 0,342 = 134 \text{ J}$

b $W = F_{\text{wrijving}} \cdot s \cdot \cos(180^\circ) \rightarrow W = 10 \times 8,0 \times -1 = -80,0 \text{ J}$

c $W_{\text{totaal}} = 134 \text{ J} - 80,0 \text{ J} = 54 \text{ J}$

d $R = F_z \cdot \cos(70^\circ) - F_w \rightarrow 16,8 \text{ N} - 10,0 \text{ N} = 6,8 \text{ N}$

e $W_R = 6,8 \text{ N} \times 8,0 \text{ m} = 54 \text{ J}$

Opgave 50

Omhoog geschoten kogel.

Gegeven: $v = 50 \text{ m/s}$, $m = 2,00 \text{ kg}$, $h_{\text{top}} = 100 \text{ m}$

Gevraagd: a) E_{kin} als $h = 0 \text{ m}$ b) W_{F_z} omhoog c) W_{wrijving} omhoog d) $F_{\text{wrijving, gem}}$

Oplossing:

a $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 2,00 \times 50^2 = \mathbf{2,5 \cdot 10^3 \text{ J}}$

b De zwaartekracht is omlaag gericht is dus negatief ten opzichte van de beweging.

De arbeid die dan wordt verricht op de kogel is: $-F_z \cdot s$

Je kan ook stellen: $W_{F_z} = F_z \cdot s \cos(180^\circ) \rightarrow -F_z \cdot s$, met $F_z = m \cdot g$ en $s = h$ vinden we:

$$W_{F_z \text{ omhoog}} = -m \cdot g \cdot h \rightarrow -2,00 \times 9,81 \times 100 = \mathbf{-1,96 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

c $E_{\text{kin}} = E_{\text{pot}} + W_{\text{wrijving}}$

$$2,5 \cdot 10^3 \text{ J} = 1,96 \cdot 10^3 \text{ J} + W_{\text{wrijving}}$$

E_{pot} is toegenomen met $1,96 \cdot 10^3 \text{ J}$ maar door de wrijving is aan warmte verloren:

$$W_{\text{wrijving}} = 1,96 \cdot 10^3 \text{ J} - 2,5 \cdot 10^3 \text{ J} = \mathbf{-540 \text{ J}}$$

d De gemiddelde wrijvingskracht is blijktbaar: $-540 = F_{\text{wrijving, gem}} \times 100$

$$F_{\text{wrijving, gem}} = \mathbf{-5,4 \text{ N}}$$

Opgave 51

Stilstaand voorwerp krijgt snelheid.

Gegeven: $v_0 = 0 \text{ m/s}$, $v_t = 11 \text{ m/s}$, $m = 245 \text{ g}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = \Delta E_{\text{kin}}$

$$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin},2} - E_{\text{kin},1} \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \times 0,245 \times 11^2 - \frac{1}{2} \times 0,245 \times 0^2 = \mathbf{14,8 \text{ J}}$$

Opgave 52

Voorwerp wordt afgeremd.

Gegeven: $v_1 = 12 \text{ m/s}$, $v_2 = 0 \text{ m/s}$, $m = 4,2 \text{ kg}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = \Delta E_{\text{kin}}$

$$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin},2} - E_{\text{kin},1} \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \times 4,2 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 4,2 \times 12^2 = -302 \text{ J}$$

$$\rightarrow \mathbf{-0,30 \text{ kJ}}$$

Opgave 53

Voorwerp krijgt meer snelheid.

Gegeven: $v_1 = 3,0 \text{ m/s}$, $v_2 = 7,0 \text{ m/s}$, $m = 40 \text{ kg}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = \Delta E_{\text{kin}}$

$$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin},2} - E_{\text{kin},1} \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \times 40 \times 7,0^2 - \frac{1}{2} \times 40 \times 3,0^2 =$$
$$980 - 180 = 8,0 \cdot 10^2 \text{ J} \rightarrow \mathbf{0,80 \text{ kJ}}$$

Opgave 54

Voorwerp wordt afgeremd.

Gegeven: $v_1 = 9,0 \text{ m/s}$, $v_2 = 6,0 \text{ m/s}$, $m = 4,0 \text{ kg}$

Gevraagd: W

Oplossing: $W = \Delta E_{\text{kin}}$

$$\Delta E_{\text{kin}} = E_{\text{kin},2} - E_{\text{kin},1} \rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \times 4,0 \times 6,0^2 - \frac{1}{2} \times 4,0 \times 9,0^2 =$$
$$72 - 162 = \mathbf{-90 \text{ J}}$$

Opgave 55

Fietser krijgt een duwtje in de rug.

Gegeven: $v_1 = 8,0 \text{ m/s}$, $m = 105 \text{ kg}$, $F_{\text{duw}} = 80 \text{ N}$, $s = 12 \text{ m}$

Gevraagd: v_2

Oplossing: $W = F \cdot s \rightarrow W = 80 \text{ N} \times 12 \text{ m} = 9,6 \cdot 10^2 \text{ J}$

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

Arbeid uitgeoefend op de fietser is positief:

$$9,6 \cdot 10^2 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 105 \times v_2^2 - \frac{1}{2} \times 105 \times 8,0^2 =$$
$$9,6 \cdot 10^2 = 52,5 \times v_2^2 - 3,36 \cdot 10^3 \rightarrow v_2^2 = 82,3 \rightarrow v_2 = \mathbf{9,1 \text{ m/s}}$$

Opgave 56

Auto remt af.

Gegeven: $v_1 = 77 \text{ km/h} \rightarrow 21,4 \text{ m/s}$, $m = 840 \text{ kg}$, $F_{\text{rem}} = -4000 \text{ N}$, $s = 35 \text{ m}$

Gevraagd: v_2

Oplossing: $W = F \cdot s \rightarrow W = -4000 \text{ N} \times 35 \text{ m} = -1,4 \cdot 10^5 \text{ J}$

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$$

Arbeid uitgeoefend op de auto is negatief:

$$-1,4 \cdot 10^5 = \frac{1}{2} \times 840 \times v_2^2 - \frac{1}{2} \times 840 \times 21,4^2 =$$
$$-1,4 \cdot 10^5 = 420 \times v_2^2 - 1,92 \cdot 10^5 \rightarrow 420 \times v_2^2 = 5,23 \cdot 10^4 \rightarrow v_2 = \mathbf{11 \text{ m/s}}$$

Opgave 57

Speerwerper

Gegeven: $v_1 = 0 \text{ m/s}$, $m = 0,90 \text{ kg}$, $s = 0,50 \text{ m}$, $F = 360 \text{ N}$

Gevraagd: a) W b) v_2

Oplossing:

a $W = \mathbf{F \cdot s} \rightarrow W = 360 \text{ N} \times 0,50 \text{ m} = \mathbf{180 \text{ J}}$

b $W = \Delta E_{\text{kin}}$ en $\Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$

$$180 \text{ J} = \frac{1}{2} \times 0,90 \times v_2^2 - \frac{1}{2} \times 0,90 \times 0^2 \rightarrow v_2^2 = 400 \rightarrow v_2 = \mathbf{20 \text{ m/s}}$$

Opgave 58

Kogel wegschieten.

Gegeven: $v = 85 \text{ m/s}$, $m = 0,030 \text{ kg}$,

Gevraagd: W

Oplossing:

$$W = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 0,030 \times 85^2 = 108 \text{ J} \rightarrow \mathbf{0,11 \text{ kJ}}$$

Opgave 59

Flipperkast kogel wegschieten.

Gegeven: $F = 7,2 \text{ N}$, $m = 0,020 \text{ kg}$, $s = 0,050 \text{ m}$

Gevraagd: v

Oplossing:

$$W = \mathbf{F \cdot s} \rightarrow W = 7,2 \text{ N} \times 0,050 \text{ m} = 0,36 \text{ J}$$

$$W = E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \rightarrow 0,36 = \frac{1}{2} \times 0,020 \times v^2 \rightarrow v^2 = 36 \rightarrow v = \mathbf{6,0 \text{ m/s}}$$

Opgave 60

Auto rolt uit en komt tot stilstand.

Gegeven: $v_1 = 60 \text{ km/h} \rightarrow 16,7 \text{ m/s}$, $m = 1160 \text{ kg}$, $F_{\text{wrijving}} = 810 \text{ N}$, $s = 35 \text{ m}$

Gevraagd: s

Oplossing:

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 1160 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 1160 \times 16,7^2 = -1,61 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$W = \mathbf{F \cdot s} \rightarrow W = -810 \times s$$

$$810 \times s = 1,61 \cdot 10^5 \text{ J} \rightarrow s = \mathbf{20 \text{ m}}$$

Opgave 61

Kist schuift over de grond en komt tot stilstand.

Gegeven: $v_1 = 3,6 \text{ m/s}$, $m = 12,5 \text{ kg}$, $s = 4,0 \text{ m}$

Gevraagd: F_{wrijving}

Oplossing:

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 12,5 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 12,5 \times 3,6^2 = -81 \text{ J}$$

$$W = F_{\text{wrijving}} \cdot s \cdot \cos(180^\circ) \rightarrow W = F_{\text{wrijving}} \times 4,0 \times -1 = -81 \rightarrow F_{\text{wrijving}} = -81 / -4,0 = \mathbf{20 \text{ N}}$$

Opgave 62

Auto trekt op vanuit stilstand.

Gegeven: $v_{0s} = 0 \text{ km/h}$, $v_{10s} = 80 \text{ km/h} \rightarrow 22,2 \text{ m/s}$, $t = 10 \text{ s}$, $m = 1200 \text{ kg}$

Gevraagd: P

Oplissing:

$$W = \Delta E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \rightarrow \frac{1}{2} \times 1200 \times 22,2^2 - \frac{1}{2} \times 1200 \times 0^2 = 2,96 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$P = W / t \rightarrow 2,96 \cdot 10^5 \text{ J} / 10 \text{ s} = 2,96 \cdot 10^4 \text{ W} \rightarrow \mathbf{30 \text{ kW}}$$

Opgave 63

Bal 20,0 m omhoog gooien.

Gegeven: $m = 0,100 \text{ kg}$, $h = 20,0 \text{ m}$

Gevraagd: a) v_0 b) en als $m = 0,300 \text{ kg}$?

Oplissing: *situatie A is op de grond, situatie B is op 20 m hoogte*

$$E_{\text{kin}, A} + E_{\text{pot}, A} = E_{\text{kin}, B} + E_{\text{pot}, B} \rightarrow E_{\text{pot}, A} = 0, E_{\text{kin}, B} = 0$$

$$E_{\text{kin}, A} + 0 = 0 + E_{\text{pot}, B}$$

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

Wegdelen van m : $\frac{1}{2} \cdot v_A^2 = g \cdot h_B$

$$\frac{1}{2} \times v_0^2 = 9,81 \times 20,0 \rightarrow v_0^2 = 3920, \text{ dus } v_0 = \mathbf{19,8 \text{ m/s}}$$

Opgave 64

Vliegtuig verliest een wiel.

Gegeven: $h_1 = 50,0 \text{ m}$, $v_1 = 360 \text{ km/uur} \rightarrow 100 \text{ m/s}$, $h_2 = 0 \text{ m}$

Gevraagd: v_2

situatie 1 is op 50,0 m hoogte, situatie 2 is op de grond.

$$E_{\text{kin}, 1} + E_{\text{pot}, 1} = E_{\text{kin}, 2} + E_{\text{pot}, 2} \rightarrow E_{\text{pot}, 2} = 0$$

$$E_{\text{kin}, 1} + E_{\text{pot}, 1} = E_{\text{kin}, 2} + 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Wegdelen van m : $\frac{1}{2} \cdot v_1^2 + g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2$

$$\frac{1}{2} \cdot 100^2 + 9,81 \times 50,0 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 1,098 \cdot 10^4 \rightarrow v_2 = \mathbf{105 \text{ m/s}}$$

Opgave 65

Zwemster rent van duikplank.

Gegeven: $m = 50 \text{ kg}$, $h_1 = 4,0 \text{ m}$, $v_1 = 6,0 \text{ m/s}$, $h_2 = 0 \text{ m}$

Gevraagd: v_2

Oplossing:

$$E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + E_{\text{pot},2} \rightarrow E_{\text{pot},2} = 0$$

$$E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Wegdelen van m : $\frac{1}{2} \cdot v_1^2 + g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2$

$$\frac{1}{2} \cdot 6,0^2 + 9,81 \times 4,0 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 114 \rightarrow v_2 = 10,7 \text{ m/s} \rightarrow \mathbf{11 \text{ m/s}}$$

Opgave 66

Boomblad.

Gegeven: $m = 0,0040 \text{ kg}$, $h_1 = 5,0 \text{ m}$, $v_1 = 0 \text{ m/s}$, $h_2 = 0 \text{ m}$, $v_2 = 0,50 \text{ m/s}$

Gevraagd: Klopt de wet van behoud van mechanische energie hier?

Oplossing:

$$E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + E_{\text{pot},2} \rightarrow E_{\text{pot},2} = 0, E_{\text{kin},1} = 0$$

$$E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2}$$

$$g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \rightarrow 9,81 \times 5,0 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \rightarrow v_2^2 = 98,1 \rightarrow v_2 = 9,9 \text{ m/s}$$

Volgens de wet van behoud van mechanische energie is de eindsnelheid van het blad 9,9 m/s. Volgens de opgave komt het blad met 0,50 m/s beneden.

Het verschil komt natuurlijk doordat het blad niet valt maar dwarrelt. De meeste energie 'verdwijnt' door de wrijving met lucht.

Opgave 67

Een schip wordt gedoopt met champagne.

Gegeven: $m = 2,4 \text{ kg}$, $v_1 = 0 \text{ m/s}$, touw 10 m maakt hoek met verticaal: $\alpha = 30^\circ$

Gevraagd: a) h (AB) b) v_2

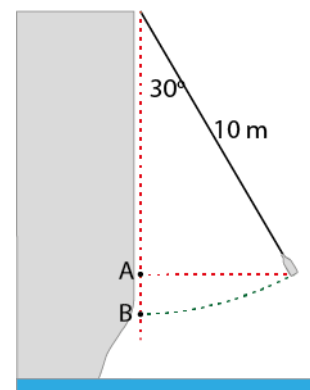
Oplossing:

a) Berekening hoogte AB

In de rechthoekige driehoek met de schuine zijde van 10 m, is de lange rechthoekszijde (van de top tot A) gelijk aan:

$$10 \times \cos(30^\circ) = 8,66 \text{ m.}$$

$$AB \text{ is dan: } 10 \text{ m} - 8,66 \text{ m} = 1,34 \text{ m} \rightarrow \mathbf{1,3 \text{ m}}$$



b Berekening v_2

$$E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + E_{\text{pot},2} \quad \rightarrow \quad E_{\text{kin},1} = 0, E_{\text{pot},2} = 0$$

$$E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2}$$

m kunnen we weer wegdelen:

$$g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \quad \rightarrow \quad 9,81 \times 1,34 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \quad \rightarrow \quad v_2^2 = 26,3 \quad \rightarrow \quad v_2 = \mathbf{5,1 \text{ m/s}}$$

Opgave 68

Trillende veer

- De kinetische energie is maximaal in de evenwichtsstand. Dat wil zeggen: precies tussen de hoogste en laagste uitwijking in.
- De kinetische energie is minimaal in de uiterste stand hoog en de uiterste stand laag, daar draait de aangehangen massa van richting en staat de massa dus even stil.
- De potentiële energie is maximaal in elke uiterste stand.
- De potentiële energie is minimaal in de evenwichtsstand.

Opgave 69

Acrobaat springt op wip en lanceert een meisje dat op de andere uiteinde van de wip staat.

Gegeven: $m_{\text{acrobaat}} = 80 \text{ kg}$, $h_{\text{acrobaat}} = 3,0 \text{ m}$, $m_{\text{meisje}} = 50 \text{ kg}$

Gevraagd: a) v_{acrobaat} b) v_{meisje} c) h_{meisje}

Oplossing

- a De acrobaat zet zijn potentiële energie om in kinetische:

$$g \cdot h_1 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \quad \rightarrow \quad 9,81 \times 3,0 = \frac{1}{2} \cdot v_2^2 \quad \rightarrow \quad v_2^2 = 58,9 \quad \rightarrow \quad v_2 = \mathbf{7,7 \text{ m/s}}$$

- b De kinetische energie wordt overgebracht op het meisje:

$$\frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 7,7^2 = \frac{1}{2} \cdot 50 \cdot v_{\text{meisje}}^2 \quad \rightarrow \quad v_{\text{meisje}}^2 = 9,48 \cdot 10 \quad \rightarrow \quad v_{\text{meisje}} = \mathbf{9,7 \text{ m/s}}$$

- c $E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}}$, $\rightarrow 9,81 \times h = \frac{1}{2} \times 50 \times 9,7^2$, $\rightarrow h = \mathbf{4,8 \text{ m}}$

Dit alles als er geen wrijvingsverliezen zouden zijn.

Opgave 70

Achtbaan

Gegeven: $m = 300 \text{ kg}$, $h = 40,0 \text{ m}$, $v_{\text{laagste punt}} = 35 \text{ m/s}$

Gevraagd: v in het hoogste punt

Oplissing:

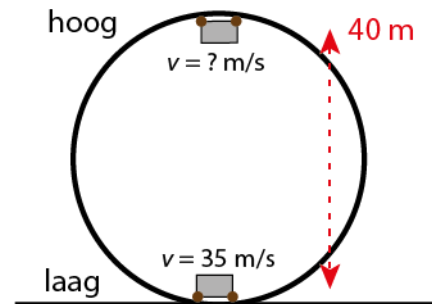
$$E_{\text{kin, laag}} + E_{\text{pot, laag}} = E_{\text{kin, hoog}} + E_{\text{pot, hoog}} \rightarrow E_{\text{pot, laag}} = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{laag}}^2 + 0 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{hoog}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\text{hoog}}$$

m kunnen we weer wegdelen:

$$\frac{1}{2} \cdot v_{\text{laag}}^2 = \frac{1}{2} \cdot v_{\text{hoog}}^2 + g \cdot h_{\text{hoog}} \rightarrow \frac{1}{2} \times 35^2 = \frac{1}{2} \times v_{\text{hoog}}^2 + 9,81 \times 40$$

$$v_{\text{hoog}}^2 = 440 \rightarrow v_{\text{hoog}} = \mathbf{21 \text{ m/s}}$$



Opgave 71

- Ionbinding*: door elektronenoverdracht ontstaan ionen, deze ionen blijven bijeen in een kristalrooster door de onderlinge aantrekking van + en -.
- Covalente binding*: koppeling van twee atomen door een gemeenschappelijk elektronenpaar, de negatief geladen elektronen zitten tussen twee (positieve) atoomkernen.
- Polaire binding*: covalente binding waarbij het bindend elektronenpaar is verschoven naar het meer elektronegatieve atoom.

Opgave 72

- H_2 zuiver covalente binding
- KCl ionbinding
- Fe metaalbinding

Opgave 73

Positieve en negatieve ionen vormen samen een sterk kristalrooster. Bij NaCl , KBr , AgCl ed. houdt ieder positief ion 6 negatieve ionen vast en ieder negatief ion houdt 6 positieve vast. Er is daardoor veel energie nodig (een hoge temperatuur) om het zout te smelten.

Stoffen met een covalente binding (H_2 , Cl_2 , N_2O enz.) vormen moleculen. Deze moleculen hebben zwakke onderlinge aantrekkingskrachten en smelten en verdampen daardoor al bij lage temperaturen.

Opgave 74

Metaalionen vormen een kristalrooster van positieve ionen. De valentie-elektronen zijn verspreid in het rooster aanwezig en geven bindende krachten op de positieve ionen in alle

richtingen.

Opgave 75

Een *elektrische dipool* is een voorwerp met een positieve kop en een negatieve staart. Dat kan een antenne zijn, maar bij moleculen bestaat dat dus ook: In moleculen met een *polaire binding* is het bindend elektronenpaar verschoven naar het meer elektronegatieve atoom.

Opgave 76

Een *waterstofbinding* (H-brug) is een zwakke binding tussen twee moleculen waarbij een H-atoom, aan O, N of F in het ene molecuul, een binding aangaat met een vrij elektronenpaar van O, N of F het andere molecuul.

Opgave 77

In ijs hebben de watermoleculen elk vier bindingen door middel van waterstofbruggen met vier andere moleculen. De structuur die dan ontstaat neemt iets meer ruimte in dan de wanordelijk gemengde moleculen.

Dit is een bijzondere eigenschap, hierdoor drijft ijs op water en vriest oppervlaktewater nooit volledig tot aan de bodem dicht.

Opgave 78

Gegeven: $T = 303,15 \text{ K}$, $R = 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{ mol)}$, $M_{\text{N}_2} = 0,028 \text{ kg/mol}$

Gevraagd: v_m

Oplossing:

$$v_m = \sqrt{3 \frac{R \cdot T}{M}} \rightarrow v_m = \sqrt{3 \times \frac{8,31 \times 303}{0,028}} = 519 \text{ m/s}$$

Opgave 79

Watermoleculen

Gegeven: $v_m = 680 \text{ m/s}$, $R = 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{ mol)}$, $M_{\text{H}_2\text{O}} = 0,018 \text{ kg/mol}$

Gevraagd: T

Oplossing:

$$v_m = \sqrt{3 \frac{R \cdot T}{M}} \rightarrow 680 = \sqrt{3 \times \frac{8,31 \times T}{0,018}} \rightarrow \text{kwadrateren: } 4,62 \cdot 10^5 = 1,385 \cdot 10^3 \times T$$

$$T = 334 \text{ K}$$

Opgave 80

Verhouding molecuulsnelheden waterstof en zuurstof.

Uitwerkingen van de opgaven uit:

Natuurkunde voor het MBO, Deel 2 ISBN 9789491764431, 1^e druk, Uitgeverij Syntax Media
Hoofdstuk 3 Arbeid en energie. bladzijde 20

$$\frac{v_{H_2}}{v_{O_2}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{32}}} = \sqrt{\frac{32}{2}} = \sqrt{16} = 4 \quad \text{Dat wil zeggen: } v_{H_2} : v_{O_2} = \mathbf{4 : 1}$$

Waterstofmoleculen hebben een 4 x zo hoge snelheid als zuurstofmoleculen.
Omgekeerd evenredig met de wortel uit de verhouding van de molaire massa's.

Opgave 81

Een stofdeeltje in water

Gegeven: $T = 323 \text{ K}$ $R = 8,31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$, $m_{\text{deeltje}} = 1,0$

Gevraagd: v_m

Oplossing:

$$m_{\text{deeltje}} = 1,0 \mu\text{g} = 1,0 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

$$v_m = \sqrt{3 \frac{R \cdot T}{m \cdot N_A}} \rightarrow v_m = \sqrt{3 \times \frac{8,31 \times 323}{1,0 \cdot 10^{-9} \times 6,02 \cdot 10^{23}}} = \rightarrow \mathbf{3,7 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}}$$