Natuurkunde in het kort

Natuurkundeuitgelegd.nl | Erik van Munster

HAVO 2026

Overzicht Centraal Examen HAVO 2026

Algemeen (domein A)

☐ 1 Grootheden & eenheden
☐ 2 Werken met formules
☐ 3 Binas & rekenmachine
☐ 4 Significantie & meetonzekerheid
☐ 5 Schatting en orde van grootte
☐ 6 Grafieken & tabellen
☐ 7 Verbanden

Kracht & Beweging (domein C1)

☐ 8 Bewegingsdiagrammen
☐ 9 Eenparig & versneld
☐ 10 Raaklijn & oppervlak
☐ 11 Krachtvectoren & evenwicht
☐ 12 Krachtsoorten
☐ 13 Ontbinden
☐ 14 Wrijving
☐ 15 Wetten van Newton
☐ 16 Hefboomwet

Energie & Arbeid (domein C2)

☐ 17 Energiesoorten
☐ 18 Wet van behoud van energie
☐ 19 Arbeid
☐ 20 Vermogen
☐ 21 Rendement
☐ 22 Stookwaarde

Trillingen & Golven (domein B1)

☐ 23 Trillingen
☐ 24 Harmonische trilling
☐ 25 Resonantie & eigentrilling
☐ 26 Golven
☐ 27 Geluid
☐ 28 Staande golven

Ioniserende straling & Beeldvorming (domein B2)

☐ 29 Ioniserende straling
☐ 30 Halveringsdikte, röntgen & CAT
☐ 31 Atoomkernen
☐ 32 Radioactief verval
☐ 33 Activiteit & halvering
☐ 34 Schadelijkheid
☐ 35 Echografie & tracers

Elektrische Schakelingen (domein G1)

☐ 36 Stroom & elektrische lading
☐ 37 Spanningsbronnen en spanning
☐ 38 Wet van Ohm & weerstand
☐ 39 Serie- en parallelschakelingen
☐ 40 Soortelijke weerstand
☐ 41 Elektrisch vermogen
☐ 42 Bijzondere weerstanden
☐ 43 Huisinstallatie
☐ 44 Elektriciteitsproductie en -opslag

Stoffen & Materialen (domein D1)

☐ 45 Moleculen & fasen
☐ 46 Warmte & temperatuur
☐ 47 Warmtetransport
☐ 48 Stofeigenschappen
☐ 49 Debiet & stroming

Zonnestelsel & Heelal (domein E1)

☐ 50 Zonnestelsel
☐ 51 Maan en maanfasen
☐ 52 Planeet- en satellietbanen
☐ 53 Gravitatiekracht & valversnelling
☐ 54 Elektromagnetisch spectrum
☐ 55 Sterren & straling
☐ 56 Sterrenstelsels & oerknal

Uitwerkingen voorbeeldopgaven
Alfabetische index

SCAN ME

Datum PDF May 08 2026 16:38:16.
De meest recente versie is gratis te downloaden op
natuurkundeuitgelegd.nl/SamenvattingHAVO.pdf

1 Grootheden & eenheden

Iets wat gemeten kan worden en met een getal weergegeven kan worden heet een grootheid. Een grootheid wordt uitgedrukt in een eenheid. Dit is een afgesproken hoeveelheid. Zowel grootheden als eenheden worden afgekort met een symbool (een hoofdletter, kleine letter of griekse letter). In het Système International (SI) bestaan 7 basiseenheden of grondeenheden (BINAS tabel 3A):

- meter (m)
- kilogram (kg)
- seconde (s)
- ampère (A)
- kelvin (K)
- candela (cd)

- mol (mol)

Afgeleide eenheden (BINAS tabel 4) zijn samengesteld uit de basiseenheden. Met een formule kan herleid worden welke eenheid bij welke grootheid hoort. Sommige afgeleide eenheden hebben een aparte naam gekregen. $kg \cdot m \cdot s^{-2}$ wordt bijvoorbeeld Newton (N) genoemd. Ook in eenheden kunnen positieve of negatieve exponenten voorkomen bv $m \cdot s^{-2}$ (=meter per seconde kwadraat).

Eenheden worden soms vooraf gegaan door een voorvoegsel (milli, kilo, giga etc..).

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
GroothedenEenheden

Voorbeeld
De eenheid van energie is de Joule (J). Wat is de Joule uitgedrukt in basiseenheden?

> Uitwerkingen

2 Werken met formules

Een formule is een wiskundige uitdrukking die aangeeft hoe grootheden van elkaar afhangen. In BINAS tabel 35 staan alle formules voor het CE. Daarnaast worden er vaak in examenopgaven nieuwe formules geïntroduceerd die je bij die opgave nodig hebt.

Door het omschrijven kan een formule in zo'n vorm gezet worden dat elke grootheid die in de formule voorkomt kan worden uitgerekend. Bijvoorbeeld:

$E_z = m \cdot g \cdot h$

E_z = zwaarte-energie (J)
m = massa (kg)
g = 9,81 m/s^2 (op aarde)
h = hoogte (m)

Door de formule om te schrijven volgen de formules m = ..., E_z = ..., en g = ...

Formules kun je ook afleiden uit andere bestaande formules. Dit kan bv door

- Gelijkstellen van twee formules. Bijvoorbeeld: Voor een geladen deeltje in een magneetveld geldt dat de middelpuntzoekende kracht gelijk is aan de lorentzkracht:

  $F_{mpz} = F_L$

  $m \cdot v^2 / r = B \cdot q \cdot v$

- Vervangen van een symbool in een formule door een uitdrukking uit een andere formule. Bijvoorbeeld: Voor de golflengte bij een bepaalde frequentie en golfsnelheid geldt λ=v/f. Als we dit invullen in de formule voor een staande golf in een snaar vinden we een nieuwe formule

  $L = ½n \cdot \lambda$

  $L = ½n \cdot (v/f)$

Voorbeeld

Hieronder staat de formule voor trillingstijd bij een harmonische trilling. Schrijf de formule om naar de vorm C = ...

$T = 2\pi \cdot \sqrt{(m/C)}$

T = trillingstijd (s)
m = massa (kg)
C = veerconstante (N/m)

> Uitwerkingen

3 Binas & rekenmachine

Om het HAVO-examen natuurkunde te kunnen maken heb je (naast pen, potlood en geodriehoek) een rekenmachine en een Binas (of ScienceData) nodig.

De rekenmachine moet beschikking hebben over wetenschappelijke notatie, goniometische functies (sin, cos, tan) en logaritmen (log en ln). Een grafische rekenmachine is niet toegestaan bij natuurkunde.

Alleen de 6e editie van Binas is toegestaan. Om iets te kunnen opzoeken staat voorin een inhoudsopgave en achterin een alfabetische index. Voor natuurkunde zijn het roze (algemeen) en het blauwe (natuurkunde) gedeelte het belangrijkst. Ook alle formules die je moet kennen staan in Binas.

Voorbeeld

Zoek op in Binas:

a) De gravitatieconstante
b) De formule om de inhoud van een bol te berekenen.
c) De dichtheid van glas.
d) De geluidssnelheid in water bij kamertemperatuur.
e) Wat het voorvoegsel 'pico' (p) betekent.

> Uitwerkingen

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

Binas

4 Significantie & meetonzekerheid

Elke gegeven grootheid bevat afwijkingen of meetfouten:

- Meetonzekerheid zijn afwijkingen door beperkte nauwkeurigheid. Bij ALLE metingen en alle getallen uit een berekening hiermee is er meetonzekerheid (toevallige fouten)
- Systematische fouten zijn fouten door foute ijking of verkeerd gebruik.

Bij opgaven wordt (tenzij anders vermeld) ervan uitgegaan dat er alleen meetonzekerheid is. Er zijn 3 manieren om de onzekerheid in een getal weer te geven:

- Absoluut: 27 ± 2
- Procentueel: 340 ± 2%
- Zonder expliciete notatie: 345,6 (hiermee wordt bedoeld dat de waarde tussen 345,55 en 345,65 ligt)

Het aantal significante cijfers is het aantal cijfers in een getal waarbij de nullen links niet meetellen. Een eindantwoord wordt altijd afgerond op kleinste aantal significante cijfers van de gebruikte gegevens. Bij optellen en aftrekken geldt: Het resultaat wordt afgerond op het kleinste aantal cijfers achter de komma van de gebruikte gegevens (gegevens moeten in dezelfde eenheid en macht van 10 staan).

Wetenschappelijke notatie is een getal gevolgd door een macht van 10. Bijvoorbeeld: $2{,}34 \cdot 10^2$ s. Er worden zowel positieve ($10^3 = 1000$) als negatieve machten ($10^{-3} = 1/1000 = 0{,}001$) gebruikt. Invoeren in de rekenmachine kan met de [EXP] toets. In de standaardnotatie heeft het getal voor de macht van 10 één cijfer voor de komma ongelijk aan 0.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

- MeetonzekerheidSignificantie
- Afronden
- AfrondenOptellenAftrekken

Voorbeeld

Door een lampje loopt bij een spanning van 6,2 V een stroom van 17,8 mA. Je hebt met onderstaande berekening de weerstand van het lampje berekend. Hoe rond je je eindantwoord af?

$R = 6{,}2 / 17{,}8 \cdot 10^{-3} = 348{,}3146067\ \Omega$

> Uitwerkingen

5 Schatting en orde van grootte

Soms wordt in examenopgaven geen getal gegeven maar moet dit zelf worden geschat. Eindantwoord is dan ook niet exact maar een schatting waarbij meestal alleen orde van grootte moet kloppen.

Twee getallen heten van dezelfde orde van grootte als ze niet meer dan een factor 10 schelen. Twee getallen die in standaardnotatie met dezelfde macht van tien worden geschreven zijn van dezelfde orde van grootte. $7{,}0 \cdot 10^{-5}$ en $1{,}2 \cdot 10^{-5}$ zijn bv van dezelfde orde van grootte.

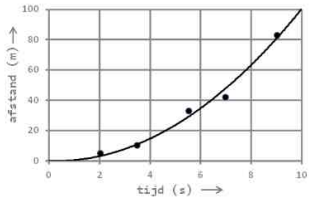
Voorbeeld

Hoeveel weegt een giraf? Maak een schatting waarbij je op een massa van de juiste orde van grootte uitkomt.

> Uitwerkingen

6 Grafieken & tabellen

t(s)	x(m)
2,0	5
3,5	10
5,5	33
7,0	42
9,0	83



Een tabel is een manier om getallen te ordenen om te zien hoe grootheden met elkaar samenhangen. Grootheid en de eenheid staan in de kop boven elke kolom. Bij meetresultaten staat in de linkerkolom de onafhankelijke variabele (de variabele die zelf gekozen wordt).

Een diagram is een grafische weergave met:

- Astitels met de grootheid en eenheid
- Een schaalverdeling. Meestal met 0 linksonder en regelmatig oplopende de getallen maar de as kan ook een scheurlijn hebben of logaritmisch zijn.
- Een roosterachtergrond (ruitjes) voor makkelijk aflezen.

In een diagram staan meetpunten en/of een grafiek. Een grafiek is een getrokken lijn die bij de meetpunten past. De grafiek hoeft niet precies door de meetpunten te lopen. Een diagram kan meerdere grafieken bevatten.

Interpoleren is bepalen van een waarde tussen twee meetpunten. Extrapoleren is het bepalen van een waarde die buiten de reeks meetpunten ligt.

Het hellingsgetal of de helling van een grafiek is de verhouding tussen de verandering van de grootheid op de y-as en de x-as op een punt ($\Delta y/\Delta x$). Hoe steiler de grafiek loopt hoe groter het hellingsgetal. Het hellingspercentage is het hellingsgetal uitgedrukt in een percentage (bv 40% i.p.v. 0,40).

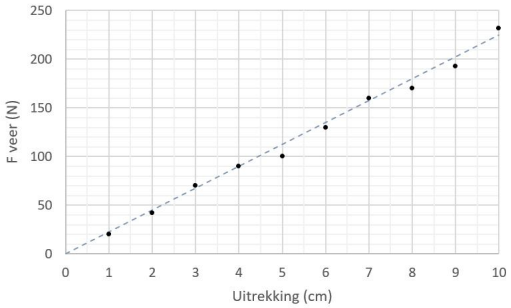
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ GrafiekenTabellen

Voorbeeld

Van een veer is bij verschillende uitrekkingen de kracht gemeten. Hiervoor geldt onderstaande formule. Bepaal zo nauwkeurig mogelijk uit de grafiek de waarde van de veerconstante C.

$F_v = C \cdot u$

F_v = veerkracht (N)
u = uitrekking (m)
C = veerconstante (Nm^{-1})



> Uitwerkingen

7 Verbanden

Een verband geeft aan hoe de ene grootheid van de andere grootheid afhangt. Twee grootheden, A en B, zijn recht evenredig als geldt: als A n keer zo groot wordt, wordt ook B n keer zo groot. De meest voorkomende verbanden:

Recht evenredig: $B = c \cdot A$
Omgekeerd evenredig: $B = c \cdot A^{-1}$
Kwadratisch: $B = c \cdot A^{2}$
Omgekeerd kwadratisch: $B = c \cdot A^{-2}$

B = grootheid op de y-as
A = grootheid op de x-as
c = constante

De constante wordt de evenredigheidsconstante genoemd. Verbanden kunnen herkend worden aan de hand van

- Vorm van de formule
- Vorm van de grafiek

Een grafiek van een recht evenredig verband is een rechte lijn door (0,0). De evenredigheidsconstante is gelijk aan het hellingsgetal van de grafiek. Met behulp van een coördinatentransformatie kunnen andere soorten verbanden omgezet worden in een recht evenredig verband. Als bijvoorbeeld een omgekeerd kwadratisch verband vermoed wordt, wordt een grafiek gemaakt met horizontaal ($1/A^2$) en verticaal B.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Verbanden
ToepassenVerbanden

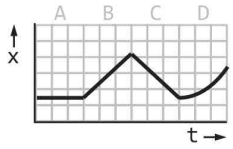
Voorbeeld
Hieronder staat de formule voor de grootte van de gravitatiekracht. Wat voor soort verband bestaat er tussen gravitatiekracht en afstand?

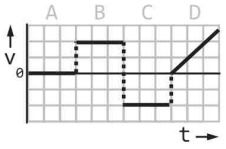
$F_g = G \cdot M \cdot m / r^2$

F_g = gravitatiekracht (N)
$G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}
M,m = massa's (kg)
r = afstand (m)

> Uitwerkingen

8 Bewegingsdiagrammen





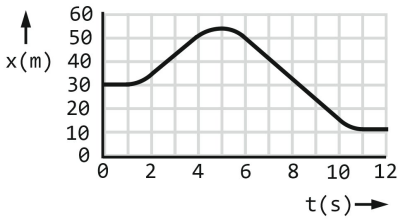
Beweging kan o.a. gemeten worden met (ultrasone) afstandssensor of een stroboscoop (lichtflitsen met vaste frequentie). In een x,t-diagram of plaatsdiagram staat verticaal positie (x) en horizontaal tijd (t). De verplaatsing (Δx) is het verschil in positie tussen twee tijdstippen. Afgelegde weg is de afstand die afgelegd is tussen deze twee posities.). De snelheid (v) kan afgeleid worden uit een x,t-diagram (zie fig. hierboven):

Horizontale lijn: v=0 (A)
Stijgende lijn: v = constant (B)
Dalende lijn: v = -constant (C)
Kromme lijn: v niet constant (D)

De steilheid (hellingsgetal) van de lijn is een maat voor de grootte van v. In een v,t-diagram of snelheidsdiagram staat verticaal snelheid (v) en horizontaal tijd (t). Een constante v is een horizontale lijn. Een schuine lijn duidt op een verandering van snelheid. (Omhoog = versnelling, omlaag = vertraging). De steilheid van de lijn (hellingsgetal) is een maat voor de grootte van van de versnelling (a).

Voorbeeld

Hieronder staat de x,t-grafiek van een auto. In de grafiek zijn een aantal periodes te zien waarop de beweging eenparig is. Bepaal op welk van deze periodes de snelheid het grootst is en bepaal de grootte van de snelheid.



> Uitwerkingen

9 Eenparig & versneld

Voor de gemiddelde snelheid tussen twee tijdstippen geldt:

$v_{gem} = \Delta x/\Delta t$

v_{gem} = gemiddelde snelheid (m/s)
Δx = verplaatsing (m)
Δt = tijdsduur (s)

Een eenparige beweging is een beweging waarbij v constant is. De berekende v_{gem} geldt dan voor elk tijdstip. Eenparige beweging is herkenbaar als een rechte (schuine) lijn in een x,t-diagram en een horizontale lijn in een v,t-diagram.

Bij een eenparige versnelde beweging neemt v met een constante hoeveelheid toe- of af. Hoeveel v per seconde veranderd heet de versnelling (a). Eenparige versnelde beweging is herkenbaar als een rechte (schuine) lijn in een v,t-diagram. Versnelling kan bepaald worden uit de steilheid (hellingsgetal) van een v,t-grafiek of met de formule:

$a = \Delta v / \Delta t$

a = versnelling (m/s^2)
Δv = snelheidsverandering (m/s)
Δt = tijdsduur (s)

Afgelegde weg kan bepaald worden door eerst $v_{gemiddelde}$ te berekenen uit de v_{begin} en v_{eind}. Vallen is (bij verwaarlozing van wrijving) een eenparig versnelde beweging met een valversnelling van g = -9,81 ms^{-2} (vrije val).

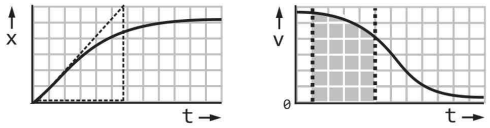
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- EenparigeBeweging
- VersneldeBeweging

Voorbeeld

Een auto versnelt vanuit stilstand eenparig met een versnelling van 1,9 ms^{-2}. Bereken de afstand die de auto na 5,0 s heeft afgelegd.

> Uitwerkingen

10 Raaklijn & oppervlak



Met een raaklijn kan het hellingsgetal bepaald worden van een krom lopende grafiek. Toepassingen zijn o.a het bepalen van v op een bepaalde t uit een x,t-diagram of het bepalen van a op een bepaalde t uit een v,t-diagram:

- Trek een rechte lijn met dezelfde helling als de grafiek. Trek deze door tot de rand van het diagram
- Maak een rechthoekige driehoek met de raaklijn als schuine zijde.
- Lees de lengtes van de horizontale en de vertikale zijden van de driehoek af (Δx, Δy)
- Bereken het hellingsgetal (Δy/Δx)

Met de oppervlaktemethode of hokjesmethode kan o.a. de afgelegde weg of de verplaatsing uit een v,t-diagram bepaald worden.

- Bepaal met x=v·t de afstand van één hokje van de roosterachtergrond van het diagram.
- Trek met een geodriehoek een verticale lijn tussen de tijdstippen waartussen je de verplaatsing wil weten
- Tel of schat het aantal hokjes in het oppervlak begrenst door de twee lijnen, de x-as en de grafiek.
- Vermenigvuldig het aantal met de afstand per hokje.

(Oppervlak ónder de x-as betekent een verplaatsing achteruit)

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

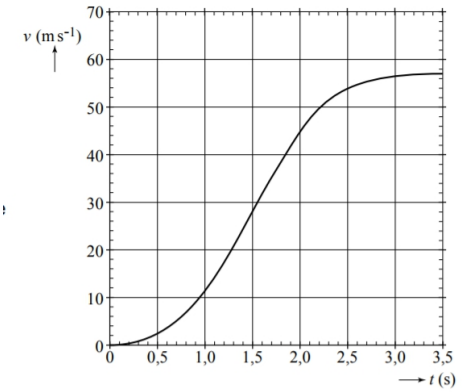
Raaklijnmethode

Hokjesmethode

Voorbeeld

uit: vwo 2010-1 opg. 1

In een achtbaan wordt na de start eerst een stuk horizontaal versneld. In de grafiek staat de horizontale snelheid tegen de tijd direct na de start. Bepaal uit de grafiek de maximale versnelling die de passagiers ondergaan.



> Uitwerkingen

11 Krachtvectoren & evenwicht

Kracht is iets wat ergens tegenaan duwt of aan trekt. Kracht is een vector, aangeduid met een pijl in een tekening en een streepje of pijltje boven het symbool met naast een grootte (eenheid N) ook een richting en een aangrijpingspunt. De grootte kan gemeten worden met een krachtmeter of veerunster. Bij het optellen moet rekening gehouden worden met de richting:

Zelfde richting: $F_1 + F_2$
Tegengesteld: $F_1 - F_2$
Loodrecht: $\sqrt{(F_1^2 + F_2^2)}$

In een tekening is de lengte van de pijl een maat voor de grootte van de kracht. Optellen kan met de kopstaartmethode of paralellogrammethode.

Resulterende kracht, ook wel nettokracht of somkracht genoemd, is de optelsom van alle krachten die op een voorwerp werken:

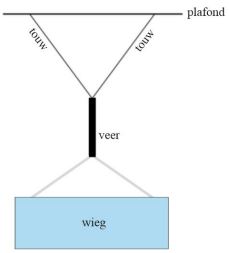
$F_{res} = \Sigma F_i$

F_{res} = somkracht (N)
$F_{1,2,3...}$ = deelkrachten (N)

Evenwicht is de situatie waarin $F_{res} = 0$ N.

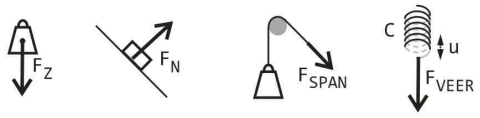
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Krachten

Voorbeeld
uit: havo 2016-2 opg. 2
Een wieg met een massa van 12,2 kg hangt via een veer aan twee touwen aan het plafond. Bepaal met een constructietekening de grootte van de spankracht in de touwen.



> Uitwerkingen

12 Krachtsoorten



Zwaartekracht is op aarde altijd recht naar beneden gericht en heeft als aangrijpingspunt het zwaartepunt van het voorwerp. Gewicht is de kracht die door een voorwerp op een ander voorwerp wordt uitgeoefent als gevolg van de zwaartekracht. Voor de grootte geldt

$F_z = m \cdot g$

F_z = zwaartekracht (N)
m = massa (kg)
g = 9,81 m/s^2 (op aarde)

Normaalkracht is de kracht die een oppervlak op een voorwerp uitoefent als reactie op de kracht die dat voorwerp op het oppervlak uitoefent. Normaalkracht staat altijd loodrecht op het oppervlak.

Spankracht is de kracht die in een strak gespannen touw heerst. Als het touw ergens aan vast zit wordt op dit voorwerp de spankracht die in het touw heerst uitgeoefent in de richting van het touw.

Veerkracht is de kracht die via een veer wordt uitgeoefent. Voor de grootte geldt

$F_v = C \cdot u$

F_v = veerkracht (N)
C = veerconstante (Nm^{-1})
u =uitrekking (m)

De veerconstante is de kracht die nodig is voor een uitrekking van 1 m en is een maat voor de stugheid van een veer.

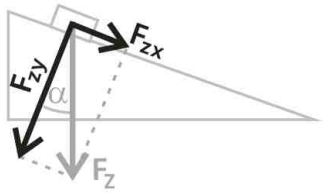
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ Krachtsoorten

Voorbeeld
Bereken de grootte van de kracht:

a) De zwaartekracht op een tas van 3,0 kg.
b) De normaalkracht op een boek van 125 g dat op tafel ligt.
c) De kracht die nodig is om een veer (C = 45 Nm^{-1}) 3,0 cm uit te rekken.
d) De spankracht in een strakgespannen touw waaraan tijdens een touwtrekwedstrijd aan beide kanten met een kracht van 800 N getrokken wordt.

> Uitwerkingen

13 Ontbinden



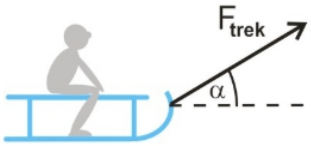
Ontbinden is een manier om een kracht in onderling loodrechte krachtcomponenten op te delen, meestal aangeduid met $F_{...x}$ en $F_{...y}$. Door één of meer krachten te ontbinden ontstaat er een stelsel van krachten dat alleen in twee onderling loodrechte richtingen werkt. Ontbinden gaat altijd aan de hand van een tekening waarin de te ontbinden kracht de schuine zijde vormt van een rechthoekige driehoek. Door het opmeten van de lengte kan de grootte van de componenten bepaald worden.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

- Ontbinden
- Helling
- Scheefgetrokkenslinger

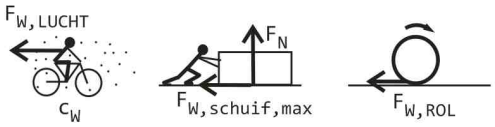
Voorbeeld

Een slee wordt met een kracht van 60 N voortgetrokken onder een hoek α (zie afbeelding hieronder). Bepaal door ontbinden de grootte van de horizontale en de verticale component van de kracht.



> Uitwerkingen

14 Wrijving



Wrijving is de verzamelnaam van krachten die beweging tegengaan als iets in beweging is of wordt gezet:

Luchtwrijving, of luchtweerstand is de wrijving die optreedt ten gevolge van botsingen met moleculen in de stof waarin de beweging plaatsvindt. De grootte hangt o.a. af van de vorm van het voorwerp en de snelheid.

Schuifwrijving treedt op als een voorwerp over een oppervlak geduwd wordt. Zolang het voorwerp stilstaat geldt $F_s = -F_{duw}$ en zijn de krachten in evenwicht. Als F_{duw} groter wordt dan een bepaald maximum ($F_{s,max}$) komt het voorwerp in beweging. Zolang het voorwerp beweegt blijft F_s gelijk aan $F_{s,max}$.

Rolwrijving is de wrijvingskracht die ontstaat als gevolg van het (minieme) indeuken van wielen en banden tijdens het rollen. Rolwrijving is constant en onafhankelijk van de snelheid.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Luchtwrijving
- Schuifwrijving

Voorbeeld

Een bal met een massa van 200 g valt vanaf een grote hoogte naar beneden. Na 2,0 s vallen wordt de valsnelheid van de bal constant. Bereken de grootte van de wrijvingskracht...

a) Meteen na het loslaten.
b) Na 2,0 s vallen.
c) Vlak voordat de bal de grond raakt.

> Uitwerkingen

15 Wetten van Newton

De wetten van Newton gaan over het verband tussen kracht en beweging.

De 1e wet van Newton zegt dat de resulterende kracht 0 N is op een voorwerp dat met constante snelheid beweegt of stilstaat. Snelheidsverandering is dus niet mogelijk zonder kracht (traagheid):

$F_{res}=0 \Leftrightarrow v=constant$

F_{res} = nettokracht (N)
v = snelheid (m/s)

De 2e wet van Newton geeft het verband tussen de resulterende kracht en de versnelling als gevolg van een resulterende kracht kracht:

$F_{res} = m \cdot a$

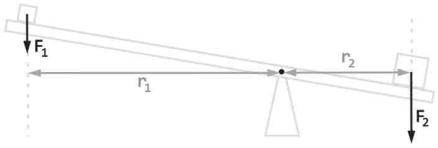
F_{res} = nettokracht (N)
m = massa (kg)
a = versnelling (m/s^2)

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ WettenvanNewton

Voorbeeld
Op een vallende steen met een massa van 300 g werkt een wrijvingskracht van 0,40 N. Bereken de versnelling van de steen.

> Uitwerkingen

16 Hefboomwet



Een voorwerp dat kan draaien rond een draaipunt is in evenwicht als de hefboomwet geldt

$F_{1,2}$ = kracht (N)
$r_{1,2}$ = arm (m)

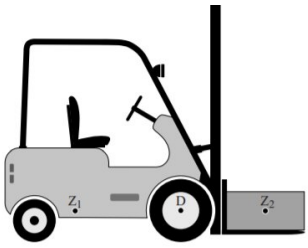
$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$

De afstanden r_1 en r_2 worden de armen van de kracht genoemd en zijn gelijk aan de afstanden van krachtlijn tot het draaipunt van de hefboom.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ Hefboomwet

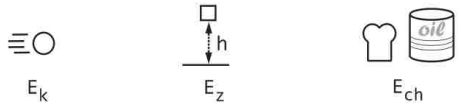
Voorbeeld
uit: havo 2018-2 opg. 2

Een heftruck met een massa van 3400 kg (zonder lading) wordt gebruikt om een pakket op te tillen. Het zwaartepunt van de heftruck bevindt zich 1,0 m achter de voorwielen. Het zwaartpunt van het pakket bevindt zich 80 cm vóór de voorwielen. Bereken de maximale massa die het pakket mag hebben zodanig dat de heftruck niet kantelt.



> Uitwerkingen

17 Energiesoorten



E_k E_z E_{ch}

Energie is het vermogen om arbeid te kunnen verrichten. Symbool: E, eenheid: Joule (J). Energie kan in verschillende vormen voorkomen.

Kinetische energie (E_k), ook wel bewegingsenergie genoemd, is de energie van bewegende voorwerpen:

$E_k = ½m \cdot v^2$

E_k = kinetische energie (J)
m = massa (kg)
v = snelheid (m/s)

Zwaarte-energie (E_z) is de energie die een massa heeft op een hoogte boven het aardoppervlak:

$E_z = m \cdot g \cdot h$

E_z = zwaarte-energie (J)
m = massa (kg)
g = 9,81 m/s^2 (op aarde)
h = hoogte (m)

Chemische energie (E_{ch}) is de energie in bv brandstoffen en voedsel. De energie komt vrij bij verbranding.

Ook warmte (symbool: Q) is een vorm van energie.

Opgeslagen energie die makkelijk omgezet kan worden in beweging, zoals bv zwaarte-energie, wordt ook wel potentiële energie genoemd.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Energie

Voorbeeld
Benoem in onderstaande gevallen om welke energiesoort het gaat en bereken de grootte van de energie:

a) Een massa van 2,0 kg wordt 3,0 m omhoog gehesen.
b) Een auto van 2300 kg rijdt met 90 km/h.

> Uitwerkingen

18 Wet van behoud van energie

De wet van behoud van energie zegt dat de totale energie in een gesloten systeem altijd gelijk blijft. Er kan nooit energie ontstaan of verdwijnen

$\Sigma E_{voor} = \Sigma E_{na}$

ΣE_{in} = totale beginenergie (J)
ΣE_{uit} = totale eindenergie (J)

Wél kunnen verschillende soorten energie in elkaar worden omgezet. Bv

- Vallen: $E_z \rightarrow E_k$
- Botsen: $E_k \rightarrow$ Warmte
- Bergop fietsen: $E_{ch} \rightarrow E_z$

Met een energiebalans (overzicht energiesoorten) van een proces kunnen energieën uitgerekend worden worden. In de praktijk wordt bij elke energieomzetting ook altijd warmte geproduceerd. Warmte is lastig om te zetten in een andere energiesoort en moet in de de praktijk als 'verloren' worden beschouwd.

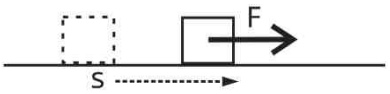
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ WetvanbehoudvanEnergie

Voorbeeld
Een kogel van 300 g valt vanaf een hoogte van 18 m naar beneden op de grond. Bereken de snelheid waarmee de kogel de grond raakt...

a) Als je geen rekening houdt met wrijving.
b) Als je wel rekening houdt met wrijving. Ga er hierbij vanuit dat er 7,0 J aan wrijvingswarmte ontstaat.

> Uitwerkingen

19 Arbeid



Arbeid is een maat voor hoeveel 'moeite' iets kost. Arbeid is zelf geen energiesoort maar voor het verrichten van een bepaalde arbeid is energie nodig gelijk aan de hoeveelheid arbeid. Arbeid wordt altijd verricht via een bepaalde kracht.

$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$

W = arbeid (Nm of J)
F = kracht (N)
s = afgelegde weg (m)
α = hoek tussen F en s

Als de kracht (F) en de verplaatsing (s) dezelfde richting hebben geldt W = F·s. Als de verplaatsing tegengesteld is aan de kracht, zoals bv bij wrijving, wordt W negatief. Dit betekent dat er geen energie nodig is maar vrijkomt. Bij wrijving is dit in de vorm van warmte.

Als de F niet constant is kan W bepaald worden door te rekenen met $F_{gemiddeld}$ of door het oppervlak onder een F,s-grafiek te bepalen.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Arbeid

Voorbeeld
Een auto met een massa van 3000 kg rijdt met een constante snelheid van 80 km/h en legt in half uur een afstand van 40 km af op een vlakke weg. De motor moet hierbij een constante voorwaartse kracht leveren van 1600 N. Bereken hoeveel arbeid er is verricht door...

a) De motor.
b) De zwaartekracht.
c) De wrijvingskracht.

> Uitwerkingen

20 Vermogen

Vermogen is de hoeveelheid energie die per seconde wordt omgezet of de arbeid die per seconde geleverd wordt.

$P = E/t$
$P = W/t$

P = vermogen (Js^{-1} of W)
E = energie (J)
W = arbeid (J)
t = tijd (s)

Voor een bewegend voorwerp geldt voor het vermogen dat geleverd wordt door de voorwaartse kracht

$P = F \cdot v$

P = vermogen (Js^{-1} of W)
F = kracht (N)
v = snelheid (ms^{-1})

De eenheid Watt (W) is hetzelfde als Js^{-1}.

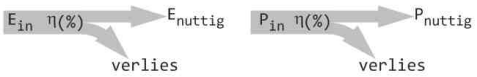
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Vermogen

Voorbeeld

Een hijskraan hijst een massa van 3200 kg op met een snelheid van 1,5 ms^{-1}. Bereken het vermogen dat de hijskraan hiervoor moet leveren.

> Uitwerkingen

21 Rendement



Bij het omzetten van de ene energiesoort in de andere wordt nooit alle energie omgezet in de bedoelde energiesoort. Dit wordt uitgedrukt in het begrip rendement

$\eta = E_{nuttig} / E_{in}$
$\eta = P_{nuttig} / P_{in}$

η = rendement
$E_{n.}$ = nuttig gebruikte energie (J)
E_{in} = verbruikte energie (J)
$P_{n.}$ = nuttig vermogen (W)
P_{in} = verbruikt vermogen (W)

Rendement wordt vaak uitgedrukt als percentage (%). De 'verloren' energie wordt meestal omgezet in warmte.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ Rendement

Voorbeeld
Een elektriciteitscentrale met een rendement van 31% levert gedurende een jaar een energie van 6,3 GJ . Bereken hoeveel energie de centrale hierbij heeft verbruikt.

> Uitwerkingen

22 Stookwaarde

Stookwaarde is energie die zit opgeslagen in brandstof per massa- of volumeeenheid. De energie komt vrij bij verbranding. Hierbij geldt

$E_{ch} = r_V \cdot V = r_m \cdot m$

E_{ch} = chemische energie (J)
r_V = stookwaarde in J/m^3
V = volume (m^3)
r_m = stookwaarde in J/kg
m = massa (kg)

r_V en r_m staan in BINAS tabel 28B.

Bij verwarming met een warmtepomp wordt de benodigde energie onttrokken aan de warmte van de buitenlucht.

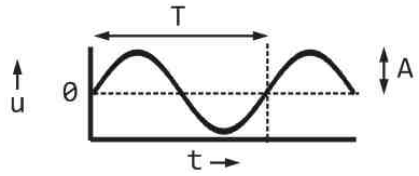
Voorbeeld

Een auto verbruikt tijdens een autorit 87 MJ aan energie. Bereken hoeveel liter benzine de auto heeft verbruikt tijdens deze rit.

> Uitwerkingen

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Stookwaarde

23 Trillingen



Een trilling is een periodieke beweging rond een evenwichtsstand. De uitwijking (u) is de positie ten opzichte van de evenwichtsstand. Tijdens een trilling verandert de uitwijking en is afwisselend positief en negatief. Amplitude (A) is de maximale uitwijking (heeft altijd een positieve waarde). De tijdsduur waarin de gehele beweging éénmaal doorlopen wordt heet de trillingstijd (T) of periode. Frequentie (f) is het aantal trilling in één seconde, eenheid Hertz (Hz). Er geldt

$f = 1/T$

f = frequentie (Hz)
T = trillingstijd (s)

Bij een gedempte trilling neemt de amplitude af in de loop van de tijd.

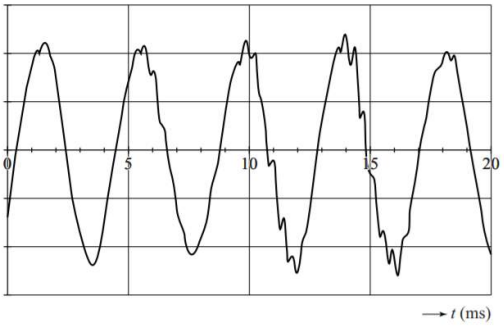
In een u,t-diagram is de beweging af te lezen. Voorbeelden: In een cardiogram (ECG) staan de elektrische spanningen die in het hart worden opgewekt weergegeven. In een seismogram worden kleine bewegingen van het aardoppervlak weergegeven. Een oscilloscoop is een apparaat dat elektrische spanning als functie van de tijd weergeeft. Met twee knoppen kunnen de tijdbasis (horizontaal) en de gevoeligheid (verticaal) ingesteld worden. Ook een computer kan als oscilloscoop gebruikt worden.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Trillingen
- Oscilloscoop

Voorbeeld

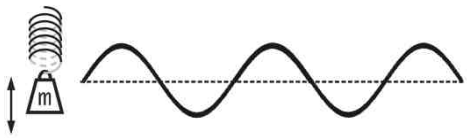
uit: vwo 2011-2 opg. 1

Met een geluidssensor is onderstaande meting gedaan aan geluid uit een fles. Wat is de frequentie van dit geluid?



> Uitwerkingen

24 Harmonische trilling



Een harmonische trilling heeft een sinusvormig (u,t)-diagram (zie boven). Voorbeeld van een harmonische trilling is een massa-veersysteem (een massa hangend aan een veer die op en neer kan trillen). Trillingstijd kan berekend worden met:

$T = 2\pi \cdot \sqrt{(m/C)}$

T = trillingstijd (s)
m = massa (kg)
C = veerconstante (N/m)

De veerconstante in deze formule is gelijk aan de hoeveelheid kracht die er nodig is om een veer één meter uit te rekken en geeft aan hoe stug of slap een veer is.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ HarmonischeTrillingSlingerMassaveer

Voorbeeld
uit: vwo 2011-2 opg. 2
Een speeltoestel in een speeltuin werkt als een massa-veersysteem met een veerconstante van $4{,}5 \cdot 10^3$ Nm^{-1}. Wanneer er kinderen op gaat zitten bedraagt de trillingstijd 0,77 s. Bereken de massa.

> Uitwerkingen

25 Resonantie & eigentrilling

Eigentrilling is de trilling die een systeem uitvoert zonder invloed van buitenaf (behalve een zetje). De frequentie heet de eigenfrequentie (f_{eigen}). Een beweging waarbij een systeem in trilling blijft door een kracht van buitenaf heet een gedwongen trilling. De frequentie waarmee dit gebeurt heet de aandrijffrequentie. Wat er gebeurt hangt af van $f_{aandrijf}$ en f_{eigen}:

$f_{aandrijf}$ = f_{eigen}:
Het systeem gaat meebewegen met een steeds groter wordende amplitude. Dit kan uiteindelijk zelfs uit de hand lopen. Dit wordt resonantie genoemd.

$f_{aandrijf}$ kleiner dan f_{eigen}:
Het systeem beweegt mee met $f_{aandrijf}$ en de amplitude wordt uiteindelijk $A_{aandrijf}$.

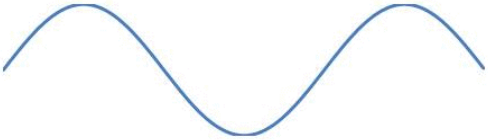
$f_{aandrijf}$groter dan f_{eigen}
Het systeem zal helemaal niet meebewegen maar stil blijven hangen.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ ResonantieEigentrilling

Voorbeeld
Een scooter rijdt met een snelheid van 15 km/h over een weg bestaande uit betonnen stelcon platen. Elke 2,0 m zit er een richel bij de overgang tussen de platen. De scooter heeft een totale massa van 120 kg en de vering heeft een totale veerconstante van $2{,}05 \cdot 10^4$ Nm^{-1}. Ga met een berekening na of er resonantie zal optreden.

> Uitwerkingen

26 Golven



Het zich voortplanten van een trilling leidt tot golfverschijnselen of golven. Een lopende golf is een trilling die zich met constante snelheid (v) voortplant in een bepaalde richting. Als, zoals hierboven, u⊥v heet de golf transversaal. Een voorbeeld hiervan is een golf die zich door een koord of snaar voortplant. Als u parallel aan v trilt heet de golf longitudinaal. Golflengte is de afstand van een punt tot het eerstvolgende punt in dezelfde gereduceerde fase. De snelheid waarmee een bepaalde fase van een golf zich beweegt heet de voortplantingsnelheid of golfsnelheid. Er geldt

$v = f \cdot \lambda$

v = golfsnelheid (m/s)
f = frequentie (Hz)
λ = golflengte (m)

Tussen twee punten in een golf ontstaat een faseverschil als er een verschil is in afstand tot de bron. Dit verschil in afstand heet het weglengteverschil (symbool Δx). Het faseverschil tussen twee punten in een golf kan berekend worden met

$\Delta\varphi = \Delta x / \lambda$

Δφ = faseverschil
Δx = weglengteverschil (m)
λ = golflengte (m)

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Golven
LongitudinaalTtransversaal

Voorbeeld
uit: vwo 2008-2 na12 opg. 1
Sonar is een techniek om aan de hand van weerkaatsing van geluidsgolven onder water voorwerpen te detecteren. Door het uitzenden van geluid met een frequentie van 2,0 kHz wordt geprobeerd om een school vissen te detecteren. Om ze te kunnen detecteren moet de golflengte kleiner zijn dan de gemiddelde grootte van de vissen. Bereken de golflengte van de geluidsgolven onder water. Neem aan dat de watertemperatuur 20°C is.

> Uitwerkingen

27 Geluid

Geluid is een longitudinale drukgolf die zich voortplant vanaf een geluidsbron. Als de beweging van de geluidsbron een harmonische trilling uitvoert heet de resulterende toon een zuivere toon. Een zuiver toon heeft één bepaalde frequentie en een sinusvormige golfvorm. Geluid heeft eenmedium nodig om zich in voort te planten. Dit kan een gas, vloeistof of vaste stof zijn. In normale situaties is het medium lucht bij kamertemperatuur en is de voortplantingssnelheid 343 ms^{-1} (BINAS tabel 15A). De voortplantingssnelheid is voor alle frequenties en amplitudes gelijk.

Alleen geluid met een frequentie tussen de 20 Hz en 20 kHz (onderste en bovenste gehoorgrens) is voor mensen hoorbaar.

Voorbeeld

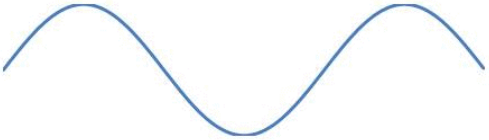
Geef voor elk van onderstaande situaties aan of het geluid hoorbaar zal zijn

a) Een toon van 25 kHz.
b) Een geluidsgolf met een golflengte van 5,0 cm in lucht (20 °C).
c) Een toon van 1500 Hz onder water.

> Uitwerkingen

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
GeluidToonhoogte

28 Staande golven



Een staande golf is een golf die zich niet in een bepaalde richting verplaatst. Alleen de amplitudevariëert langs de golf zoals in de afbeelding hierboven.

Plaatsen waar de amplitude maximaal is (buiken) en plaatsen waar de amplitude minimaal is (knopen) blijven hierbij onveranderd vandaar de naam 'staande golf'. Staande golven kunnen ontstaan in een begrenste omgeving waarin precies een héél aantal halve golven passen. In de staande golf hierboven passen er bv precies 3 halve golven. Met f = v/λ kan de bijbehorende frequentie worden berekend. In een snaar is de frequentie voor elke waarde van n anders. De frequentie bij n=1 wordt ook wel de grondtoon genoemd, n=2,3,4... worden harmonischen of boventonen genoemd.

Bij een staande golf in een buis zijn open uiteinden altijd buiken en gesloten uiteinden knopen.

- Voor een buis met twee open of twee gesloten uiteinde geldt hetzelfde als voor een snaar: in de buis past alleen een héél aantal halve golven.
- Bij buizen met één gesloten en één open uiteinde past er ¼λ, ¾λ, 1&frac14λ,... in de buis. Dit zorgt voor andere verhoudingen tussen de frequenties van de grondtoon en de boventonen.

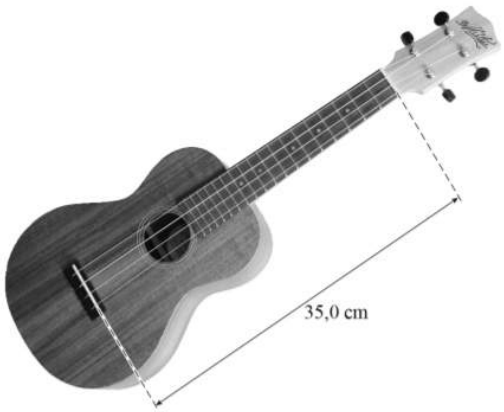
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

- SnarenStaandeGolven
- OpenBuis
- GeslotenBuis

Voorbeeld

Een ukelele is een snaarinstrument met 4 snaren (zie afbeelding hieronder). In de hoogste snaar is de golfsnelheid 308 ms^{-1}.

a) Bereken de grondtoonfrequentie van deze snaar.
b) Door de snaar tijdens het spelen bij de hals in te drukken kan de snaar korter gemaakt worden om een hogere toon te spelen. Bereken waar de snaar moet worden ingedrukt om een toon van 660 Hz te spelen.



> Uitwerkingen

29 Ioniserende straling

UV, röntgen-, en gammastraling (γ) zijn vormen van elektromagnetische straling waarbij de energie zó hoog dat de stof waar de straling doorheen gaat geïoniseerd wordt (ioniserende straling) . Hiervoor geldt

$E_f = h \cdot f = h \cdot c/\lambda$

E_{foton} = energie per foton (J)
$h = 6{,}6261 \cdot 10^{-34}$ Js
f = frequentie (Hz)
$c = 2{,}9979 \cdot 10^{8}$ ms^{-1}
λ = golflengte (m)

Naast elektromagnetische straling bestaan er ook deeltjes die ioniserend zijn. Deze deeltjes hebben massa en bewegen met een snelheid kleiner dan de lichtsnelheid.

- α-deeltjes zijn snel bewegende heliumkernen.
- β-deeltjes zijn snel bewegende elektronen (β^-).

Ioniserend vermogen is de mate waarin iets in staat is om stoffen waar het doorheen gaat te ioniseren. Dracht is de afstand die een α- of β- deeltje gemiddeld in een materiaal kan afleggen totdat het zijn ioniserende werking verliest. Bij röntgen- en γ-straling is het doordringend vermogen een maat voor hoe goed straling ergens doorheen komt. De belangrijkste eigenschappen:

- Röntgen-straling:
  groot doordr. verm. / klein ion.verm.
- γ-straling:
  extreem groot doordr.verm. / klein ion. verm.
- α-straling:
  extreem kleine dracht / groot ion.verm.
- β-straling:
  kleine dracht / vrij klein ion. verm.

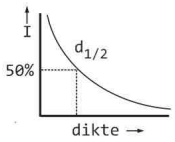
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- IoniserendeStraling
- DrachtIoniserendVermogen
- Detectiemethoden

Voorbeeld
Welke van de volgende deeltjes of soorten straling is ioniserend?

a) Radiostraling
b) Elektromagnetische straling met λ=3400 nm
c) Elektronen
d) α-straling

> Uitwerkingen

30 Halveringsdikte, röntgen & CAT



Als straling op een voorwerp valt kan deze (gedeeltelijk) worden

- doorgelaten (transmissie)
- geabsorbeerd (absorptie)
- teruggekaatst (reflectie)

De intensiteit van straling nadat het door een voorwerp heen is gevallen waarin het gedeeltelijk is geabsorbeerd hangt af van de dikte van het materiaal en de halveringsdikte ($d_{½}$) hierbij geldt

$$I = I_0 \cdot ½^{d/d_{½}}$$

I = intensiteit (W)
I_0 = opvallende intensiteit (W)
d = diepte (m)
$d_{½}$ = halveringsdikte (m)

Van het verschil van halveringsdikte tussen bot en zacht weefsel in het menselijk lichaam wordt gebruikt gemaakt bij röntgenfoto's. Bij een CAT of CT-scan worden meerdere röntgenfoto's vanuit verschillende hoeken gecombineerd tot één 3D-beeld.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Halveringsdikte
Ctscan

Voorbeeld
Bij het maken van een röntgenfoto met een stralingsenergie van 0,05 MeV moet de straling in het lichaam door 6,16 cm zacht weefsel heen. Hoeveel procent van de straling wordt hierbij geabsorbeerd?
> Uitwerkingen

31 Atoomkernen

Een atoom bestaat uit een elektronenschil met daarin een extreem kleine kern opgebouwd uit kerndeeltjes of nucleonen (protonen en neutronen). Het aantal kerndeeltjes wordt het massagetal (A) genoemd, eenheid u (atomaire massaeenheid). Het aantal protonen in de kern bepaalt de lading van de kern en wordt het ladingsgetal of atoomnummer (Z) genoemd. In een ongeladen (neutraal) atoom is het ladingsgetal gelijk aan het aantal elektronen. De notatie is

$^{A}_{Z}$ Symbool

Bijvoorbeeld: $^{110}_{42}Cd$ is een cadmiumkern met 110 kerndeeltjes waaronder 42 protonen en 68 neutronen. Vaak wordt dit ook korter geschreven als Cd-110.

Atomen met hetzelfde atoomnummer maar een verschillend massagetal worden isotopen genoemd.

Voorbeeld

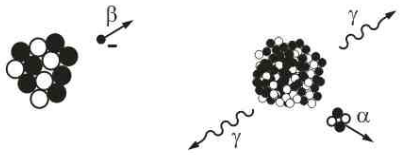
Noem voor elk van onderstaande atomen uit hoeveel protonen, neutronen en elektronen ze bestaan

a) Hg-203
b) Tin-113
c) $^{56}_{26}Fe^{2+}$

> Uitwerkingen

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
Atoomkernen

32 Radioactief verval



Sommige isotopen zijn radioactief en vervallen onder het uitzenden van deeltjes. De belangrijkste vervalsoorten (zie BINAS tabel 25):

α-verval: $^{214}_{84}Po \rightarrow {}^{210}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$

β-verval (β^-): $^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{8}O + {}^{0}_{-1}e$

β-verval (β^+): $^{22}_{11}Na \rightarrow {}^{22}_{10}Ne + {}^{0}_{+1}e$

γ-verval: $^{99m}_{43}Tc \rightarrow {}^{99}_{43}Tc + {}^{0}_{0}\gamma$

(Een β^+-deeltje heet ook wel positron). Als er meerdere vervalsoorten mogelijk zijn zal er één plaatsvinden. Uitzondering is γ-verval (tegelijk met andere vervalsoort). Als de isotoop die ontstaat radioactief is vervalt deze verder (vervalreeks).

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- RadioactiefVerval
- Vervalsoorten

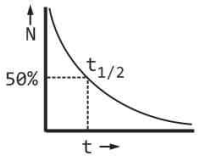
Voorbeeld

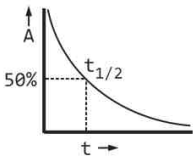
Geef de vervalvergelijkingen van de volgende isotopen:

a) Po-210
b) Pu-241
c) Fe-56

> Uitwerkingen

33 Activiteit & halvering





Het aantal radioactieve kernen in een materiaal (N) neemt af door verval. Activiteit is het aantal vervalreacties dat per seconde plaatsvindt (eenheid Bq) en kan bepaald worden met een raaklijn in een N,t-diagram. Met een Geiger-Müller-teller kan activiteit gemeten worden. Halveringstijd ($t_{½}$) is de tijd waarin de helft van het aantal kernen vervalt. Er geldt

$N(t) = N_0 \cdot ½^{t/t_{½}}$

N(t) = hoeveelheid kernen
N_0 = beginhoeveelheid
t = tijd (s)
$t_{½}$ = halveringstijd (s)

$A(t) = A_0 \cdot ½^{t/t_{½}}$

A(t) = activiteit (Bq)
A_0 = beginactiv. (Bq)
t = tijd (s)
$t_{½}$ = halveringstijd (s)

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Activiteit
- Halveringstijd

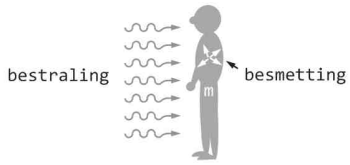
Voorbeeld

Je hebt een hoeveelheid van I-131 met een beginactiviteit van $4{,}4 \cdot 10^6$ Bq.

a) Hoe groot is de activiteit na 24 dagen?
b) Bereken hoeveel halveringstijden het duurt totdat de activiteit is afgenomen tot minder dan 1% van de beginactiviteit.

> Uitwerkingen

34 Schadelijkheid



Blootstelling aan ioniserende straling door bestraling of besmetting is altijd schadelijk. Schadelijkheid wordt uitgedrukt in het begrippen dosis en dosisequivalent. Deze hangen af van de geabsorbeerde stralingsenergie, de lichaamsmassa en (voor de dosisequivalent) de soort straling:

$D = E_{abs}/m$

D = dosis (Gy)
E_{abs} = geabsorbeerde energie (J)
m = massa (kg)

$H = w_R \cdot E_{abs}/m$

H = dosisequivalent (Sv)
w_R = weegfactor (α 20, β, γ 1)
E_{abs} = geabsorbeerde energie (J)
m = massa (kg)

(De schadelijkheid en de weegfactoren staan in Binas tabel 27D). Met een dosimeter wordt de stralingsbelasting gemeten. Deze bestaat uit natuurlijke achtergrondstraling die iedereen altijd oploopt (o.a. kosmische straling) en straling die opgelopen wordt bij de uitoefening van een beroep.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ SchadelijkheidDosisequivalent

Voorbeeld

Bij een behandeling van een tumor met een massa van 75 g wordt een hoeveelheid Po-209 met een activiteit van 34000 Bq in de tumor ingebracht. Bereken wanneer het Po-209 weer moet worden verwijderd om tot een blootstelling van 60 mSv te komen.

> Uitwerkingen

35 Echografie & tracers

Bij ultrasound of echoscopie worden reflecties van ultrasoon geluid gemeten. Hierbij worden plaatsen in het lichaam zichbaar met een grote overgang in geluidssnelheid, met name de grens tussen bot en zacht weefsel. De resolutie (het kleinste wat nog nét onderscheiden kan worden) wordt bepaald door de golflengte van het geluid in het lichaam.

Een tracer is een stof die in het lichaam gebracht wordt om te kijken waar in het lichaam deze stof zich ophoopt. Bij gammascintigrafie wordt met een gammacamera zichtbaar gemaakt uit welke plekken in het lichaam gammastraling afkomstig is nadat een patient een hoeveelheid van een radioactieve isotoop heeft gekregen.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ Echografie

Voorbeeld
Bij een echografisch onderzoek wordt ultrageluid met een frequentie van 5,0 MHz gebruikt. Op 3,5 cm gerekend vanaf de buikwand bevindt zich een stukje bot met een grootte van 0,50 cm.

a) Ga met een berekening na of dit stukje bot voor een waarneembare reflectie zorgt.
b) Bereken na hoeveeltijd de geluidspuls weer bij de transducer ontvangen wordt.

> Uitwerkingen

36 Stroom & elektrische lading

Elke stof is o.a. opgebouwd uit positief of negatief geladen deeltjes. Binnen een isolator kan lading zich niet verplaatsen. Binnen een geleider kan lading zich wél verplaatsen. Binnen een metaal zijn de ladingsdrager vrije elektronen die zich door het metaal kunnen bewegen. Stroomsterkte is de lading die per seconde ergens doorheen stroomt

$I = Q/t$

I = stroomsterkte (A)
Q = lading (C)
t = tijdsduur (s)

Stroom kan alleen blijven lopen in een gesloten stroomkring. Stroom wordt gemeten met een ampèremeter die in serie wordt aangesloten met datgene waardoor de stroomsterkte gemeten wordt.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
LadingStroom

Voorbeeld
Door een lampje loopt een stroom van 0,80 A.

a) Bereken hoeveel elektrische lading er in een uur tijd door het lampje is gelopen.
b) Bereken hoeveel elektronen dit zijn.

> Uitwerkingen

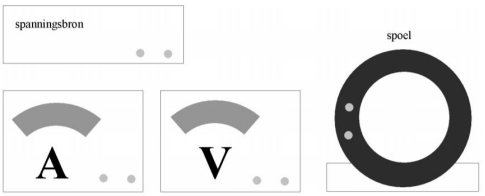
37 Spanningsbronnen en spanning

Iets beweegt zich altijd naar het punt waar de energie het laagst is. Ook om stroom te laten lopen moet er dus een energieverschil bestaan. In elektrische schakelingen zorgt een spanningsbron, zoals een batterij, accu of stopcontact (230 V) voor dit energieverschil waardoor stroom kan lopen. Spanning kan gezien worden als de 'kracht' waarmee lading van de ene plaats naar de andere plaats in een schakeling 'geduwd' wordt. Voor het in stand houden van een spanning is geen energie nodig. Pas als er als gevolg van de spanning stroom loopt verbruikt een spanningsbron energie. Spanning over een component kan gemeten worden door een voltmeter parallel aan te sluiten.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
SpanningEnergie

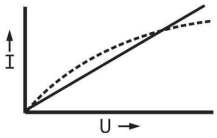
Voorbeeld
uit: vwo 2011-2 opg. 3

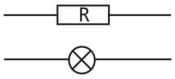
Henk en Nina willen de spanning over een spoel en de stroomsterkte door de spoel meten. Ze hebben hiervoor een gelijkspanningsbron, een stroommeter en een spanningsmeter. Hiermee bouwen ze een schakeling. Teken de verbindingssnoeren zodat de schakeling ontstaat die ze nodig hebben.



> Uitwerkingen

38 Wet van Ohm & weerstand





Weerstand is de eigenschap die zegt hoe goed iets in staat is om stroom tegen te houden. Binnen een schakeling én voor de schakeling als geheel geldt altijd de wet van Ohm:

$U = I \cdot R$

U = spanning (V)
I = stroomsterkte (A)
R = weerstand (Ω)

Bij een Ohmse weerstand is R constant en bestaat er een recht evenredig verband tussen U en I. Behalve weerstand wordt ook het begrip conductantie of geleidingsvermogen gebruikt om aan te geven hoe goed iets geleidt:

$G = 1/R$

G =geleidingsvermogen (S)
R = weerstand (Ω)

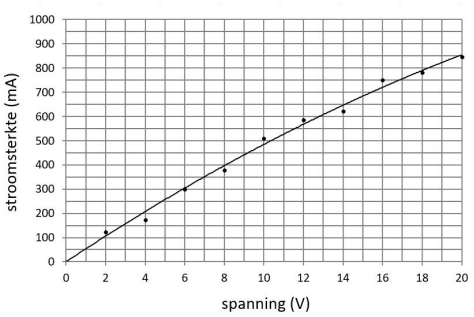
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

- Weerstanden
- WetvanOhm
- Geleidingsvermogen

Voorbeeld

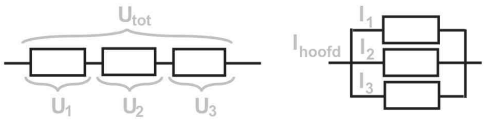
Tijdens een practicum wordt de stroom door een gloeilampje gemeten bij verschillende spanningen. Door de meetpunten is een vloeiende lijn getrokken die zo goed mogelijk bij de meetpunten past.

a) Hoe kun je aan de grafiek zien dat het lampje geen ohmse weerstand is?
b) Bepaal de weerstand bij 8,0 V.
c) Bepaal de weerstand bij 20 V.



> Uitwerkingen

39 Serie- en parallelschakelingen



In een serieschakeling geldt dat de stroom (I) door alle componenten gelijk is. De spanning over de componenten verdeelt zich. In een spanningsdeler wordt hiervan gebruik gemaakt door een lagere deelspanning af te tappen.

$U_{totaal,serie} = U_1 + U_2 + ...$

U_{totaal} = totaalspanning (V)
$U_{1,2,....}$ = deelspanningen (U)

In een parallelschakeling geldt dat de spanning (U) over alle componenten gelijk is. De stroom over de componenten verdeelt zich.

$I_{hoofd,parallel} = I_1 + I_2 + ...$

I_{tot} = hoofdstroom (A)
$I_{1,2,....}$ = deelstromen (A)

De vervangingsweerstand (R_v, heet ook wel totale weerstand, R_{tot}) in een serieschakeling is de som van de weerstanden. Voor de vervangingsweerstand van paralelle weerstanden geldt onderstaande formule

$1/R_V = 1/R_1+1/R_2+...$

$R_{1,2,3...}$ = weerstanden (Ω)
R_{tot} =vervangingsweerstand (Ω)

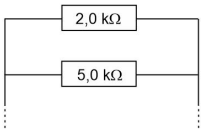
(R_v kan ook bepaald worden door $G_v = G_1 + G_2 + ...$).

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Serieschakelingen
- Parallelschakelingen
- Vervangingsweerstand

Voorbeeld

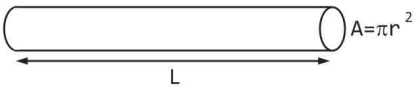
Een weerstanden van 2,0 kΩ en een weerstand van 5,0 kΩ staan parallel aan elkaar aangesloten binnen een schakeling. Door de weerstand van 2,0 kΩ loopt een stroom van 5,0 mA.

a) Bereken hoeveel stroom er door de weerstand van 5,0 kΩ loopt.



> Uitwerkingen

40 Soortelijke weerstand



De weerstand van een voorwerp kan berekend worden uit de soortelijke weerstand van het materiaal waarvan het voorwerp gemaakt is

$R = \rho \cdot L/A$

R = weerstand (Ω)
ρ = soortelijkeweerstand (Ωm)
L = lengte (m)
A = oppervlak (m^2)

Soortelijke weerstanden van stoffen staan in BINAS tabellen 8,9,10. Het oppervlak A in de formule is het oppervlak van de doorsnede. Bij een draad is dit cirkelvormig en geldt $A = \pi r^2$ met r de helft van de draaddikte.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
SoortelijkeWeerstandDraadweerstand

Voorbeeld
uit: vwo 2019-1 opg. 5
In een wasdroger wordt de lucht verwarmd door een verwarmingselement waar stroom door loopt. Dit verwarmingselement is gemaakt van 42 m koperdraad met een diameter van 0,20 mm. Bereken de weerstand van het verwarmingselement.
> Uitwerkingen

41 Elektrisch vermogen

Elektrisch vermogen is de hoeveelheid elektrische energie die per seconde omgezet wordt in een andere energiesoort (bv warmte of licht). Vermogen kan bepaald worden voor een bepaald component in een schakeling of voor de schakeling als geheel. Er geldt

$P = U \cdot I$

P = elektrisch vermogen (W)
U = spanning (V)
I = stroomsterkte (A)

$E = P \cdot t$

E = elektrische energie (J)
P = elektrisch vermogen (W)
t = tijdsduur (s)

Naast de Joule (J) wordt als eenheid voor elektrisch energie ook de kilowattuur (kWh) gebruikt. 1 kWh is equivalent aan het één uur lang verbruiken van een vermogen van 1 kilowatt.

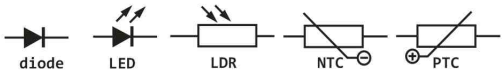
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
ElektrischVermogen

Voorbeeld
Een magnetron van 700 W wordt aangesloten op het stopcontact (230 V) en aangezet.

a) Bereken hoeveel stroom er gaat lopen
b) Bereken de weerstand van de magnetron.
c) Hoeveel kWh wordt er verbruikt als je de magnetron 15 minuten gebruikt?

> Uitwerkingen

42 Bijzondere weerstanden

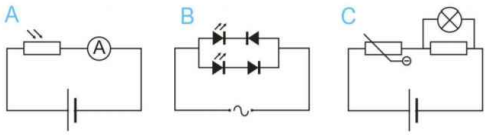


- Een diode is een component dat maar in één richting stroom doorlaat.
- Een LED is een diode die licht uitstraalt als er stroom doorheen loopt (Light Emitting Diode).
- Een LDR is een lichtgevoelige weerstand. Hoe meer licht er op valt hoe lager R.
- Een NTC is een temperatuurgevoelige weerstand waarbij de weerstand láger wordt als de temperatuur stijgt.
- Een PTC is een temperatuurgevoelige weerstand waarbij de weerstand hóger wordt als de temperatuur stijgt.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
BijzondereWeerstanden

Voorbeeld

Hieronder staan 3 schakelingen waarin gebruik wordt gemaakt van diodes, LED's , NTC en LDR. Leg van elke schakeling uit wat de schakeling doet.



> Uitwerkingen

43 Huisinstallatie

De elektrische installatie van huizen en kantoren werkt op 230 V waarbij + en - met 50 Hz wisselen (wisselspanning). Alle apparaten staan parallel aan elkaar aangesloten via het stopcontact waarbij het huis is onderverdeeld in groepen. Elke groep is beveiligd met een zekering die de stroom onderbreekt als ergens teveel stroom loopt (kortsluiting). Stopcontacten zijn verbonden met de meterkast via drie draden:

- Een fasedraad (bruin) waar spanning op staat.
- Een nuldraad (blauw) waar geen spanning op staat om samen met de fasedraad een gesloten stroomkring te vormen.
- Een aardleiding (geel/groen) verbonden met de buitenkant van elektrische apparaten als beveiliging.

De aardlekschakelaar vergelijkt continu de stroom door de fasedraad en de nuldraad. Als dit niet gelijk is is er een stroomlek en schakelt de aardlekschakelaar de stroom uit.

Een transformator wordt gebruikt om de 230 V van het stopcontact om te zetten naar een lagere spanning voor bv telefoonladers.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
▶ HuisinstallatieWisselstroom

Voorbeeld

Alle stopcontacten in een keuken zijn gezamelijk beveiligd met een zekering van 16 A. In de keuken staat een elektrische oven met een vermogen van 2500 W. Ga met een berekening na of je in de keuken een waterkoker (vermogen 1800 W) kunt gebruiken als de oven aan staat.

> Uitwerkingen

44 Elektriciteitsproductie en -opslag

In een elektriciteitscentrale wordt elektriciteit opgewekt die vervolgens via een netwerk van hoogspanningsleidingen verspreid wordt naar huizen en bedrijven. De benodigde energie komt uit verbranding van fossiele brandstoffen zoals aardgas en steenkool of door splijting van uranium (kernenergie). De vrijkomende warmte wordt gebruikt om stoom op te wekken die een turbine aandrijft waarna met een generator (een grote dynamo) elektriciteit wordt opgewekt. Ook met wind (windturbines), waterkracht en zonnestraling (zonnecellen) wordt elektriciteit opgewekt.

Elektrische energie kan worden opgeslagen in een batterij, accu of in de vorm van waterstof (waterstofcel of brandstofcel).

Voorbeeld

Leg kort uit wat de voordelen en nadelen zijn van ...

a) Gascentrales
b) Kerncentrales
c) Windmolens

> Uitwerkingen

45 Moleculen & fasen

Materie is opgebouwd uit moleculen. Moleculen klitten aan elkaar door vanderwaalskracht die ook zorgt voor de verschillende molecuulfasen of aggregatietoestanden: Bij lage temperatuur bewegen ze zo langzaam dat moleculen niet meer van hun plaats kunnen komen (vaste stof). Bij hogere T kunnen ze wel van hun plaats komen maar klitten nog wel aan elkaar (vloeistof). Bij nóg hogere T komen ze los van elkaar (gas). Smeltpunt en kookpunt verschilt per stof.

- vast → vloeibaar = smelten
- vloeibaar → vast = stollen
- vloeibaar → gas = verdampen
- gas → vloeibaar = condenseren
- vast → gas = sublimeren
- gas → vast = rijpen

Dichtheid is de massa per m^3. Bij de meeste stoffen neemt de dichtheid af bij toenemende T door uitzetting.

$\rho = m/V$

ρ = dichtheid (kg/m^3)
m = massa (kg)
V = volume (m^3)

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
MoleculenFasen
Dichtheid

Voorbeeld
In welke fase bevinden onderstaande stoffen zich?

a) Alcohol (ethanol) bij -10 °C.
b) IJzer bij 500 °C.
c) Lucht bij 120 K.

> Uitwerkingen

46 Warmte & temperatuur

Temperatuur is een maat voor de gemiddelde kinetische energie van moleculen. Bij het absolute nulpunt (0 Kelvin = -273 °Celsius) staan moleculen stil. Warmte (Q) is de energie die nodig is of vrijkomt bij een temperatuurverandering van een stof. Deze is afhankelijk van de soortelijke warmte van een stof:

$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

Q = warmte (J)
c = soortelijke warmte (J/(K·kg)
m = massa (kg)
ΔT = temperatuurverschil (K)

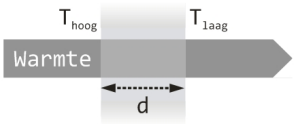
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Temperatuur
- Warmte
- SoortelijkeWarmte

Voorbeeld

Hoeveel energie is er nodig voor het aan de kook brengen van 0,50 L water van 20 °C?

> Uitwerkingen

47 Warmtetransport



Warmte kan toe- of afgevoerd worden via warmtestroming, warmtestraling of warmtegeleiding. Warmtetransport vindt altijd plaats van $T_{hoog} \rightarrow T_{laag}$. Warmtestroom (P) is de hoeveelheid energie die per seconde ergens naartoe of wegstroomt. Bij warmtegeleiding tussen twee gebieden gescheiden door een wand is de warmtestroom afhankelijk van

- Het temperatuurverschil (ΔT)
- Materiaal van de wand
- Oppervlak van de wand (A)
- De dikte van de wand (d)

Er geldt

$P = \lambda \cdot A \cdot \Delta T / d$

P = warmtestroom (J/s)
λ = warmtegeleidingscoëfficient (W/(K·m))
A = oppervlakte (m^2)
ΔT = temperatuurverschil (K)
d = dikte (m)

De warmtegeleidingscoëfficient is te vinden in BINAS tabel 28E. Voor isolatie is het belangrijk de warmtestroom zo klein mogelijk te houden. Dit gebeurt o.a. in een calorimeter (geïsoleerd bakje voor experimenten met warmte).

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Warmtetransport
- Warmtegeleiding
- Calorimeter

Voorbeeld

De binnenkant van een koelkast heeft een temperatuur van 4,0 °C. De koelkast is geisoleerd met een laag piepschuim van 2,0 cm dik. Het totale buitenoppervlak van de koelkast (deur, wanden, onder- en bovenkant) bedraagt 7,0 m^2. De warmtegeleidingscoefficient van piepschuim bedraagt 0,029 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$. De temperatuur in de keuken waar de koelkast staat is 20,0 °C. Bereken hoeveel warmte de koelkast per seconde naar buiten moet transporteren om de temperatuur in de koelkast constant te houden.

> Uitwerkingen

48 Stofeigenschappen

Stofeigenschappen hangen samen met de moleculaire structuur van een stof. De belangrijkste stofeigenschappen staan in Binas:

- Tabel 8: Metalen
- Tabel 9: Aliages (mengsels van metalen)
- Tabel 10A: Andere vaste stoffen
- Tabel 10B: Bouwmaterialen
- Tabel 11: Vloeistoffen
- Tabel 12: Gassen

In metalen kunnen elektronen (geleidingselektronen) zich vrij bewegen waardoor zowel elektriciteit en warmte goed doorgegeven kunnen worden. Metalen zijn hierdoor goede warmtegeleiders én goede elektrische geleiders.

De stofeigenschap dichtheid heeft te maken met de massa per molecuul of atoom, de atomaire massa (u) en hoe dicht moleculen of atomen in een stof op elkaar gepakt zitten.

Voorbeeld

Een blokje ijzer van 1,0 cm^3 weegt 7,8 gram. Bereken aan de hand van de atomaire massa van ijzer hoeveel ijzeratomen er aanwezig zijn in het blokje.

> Uitwerkingen

49 Debiet & stroming

Het volume dat per seconde ergens doorheen stroomt wordt debiet genoemd. Debiet is gedefinieerd als

$Q = \Delta V/\Delta t$

Q = debiet ($m^3 \cdot s^{-1}$)
ΔV = volume (m^3)
Δt = tijd (s)

Bij stroming in een buis hangt het debiet af van de doorsnede van de buis en de stroomsnelheid. Hierbij geldt

$Q = A \cdot v$

Q = debiet ($m^3 \cdot s^{-1}$)
A = doorsnede (m^2)
v = stroomsnelheid ($m \cdot s^{-1}$)

Bij vloeistoffen geldt dat het debiet in een gesloten buis zonder aftakkingen altijd gelijk blijft.

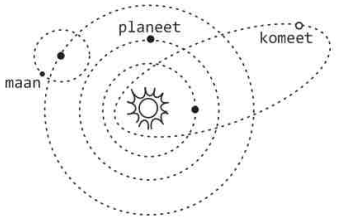
Voorbeeld

In een hoofdwaterleiding met een diameter van 30 cm stroomt water met een snelheid van 2,4 ms^{-1}.
Verderop in de buis zit een vernauwing waarbij de diameter van de buis halveert.

a) Bereken het debiet
b) Bereken de snelheid waarmee het water de buis verlaat.

> Uitwerkingen

50 Zonnestelsel



De zon en alles wat er omheen draait heet het zonnestelsel

Behalve planeten draaien er om de zon ook kometen in een extreem langgerekte baan. Eens in de zoveel tijd komt een komeet in de buurt van de zon zodat deze vanaf aarde zichtbaar is. Kometen bestaan uit ijs en gruis en in de buurt van de zon is vaak ook een komeetstaart zichtbaar.

Wanneer de aarde in botsing komt met een rostblok zal dit door de enorme snelheid verbranden door wrijving in de dampkring. Dit heet een meteoor (' vallende ster'). Een meteoriet is een niet-volledig verbrand stukje wat het aardoppervlak bereikt.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- Zonnestelsel
- KometenMeteoren

Voorbeeld

Geef aan om welke planeet het gaat...

a) Grootste planeet van het zonnestelsel.
b) Planeet die het dichtst bij de zon staat
c) De maantjes Phobos en Deimos draaien om...
d) Deze planeet heeft één maan.

> Uitwerkingen

51 Maan en maanfasen

Om de meeste planeten in ons zonnestelsel draaien manen. De aarde heeft één maan die in ± 28 dagen om de aarde draait. Omdat de maan telkens vanaf een andere kant door de zon beschenen wordt zijn er maanfasen: nieuwe maan, eerste kwartier, volle maan, laatste kwartlaatste kwartieraatste kwartier/inde: nieuwe maan, eerste kwartier, volle maan, laatste kwartier.

Voorbeeld

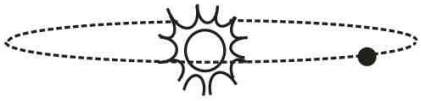
Tijdens welke maanfase is de achterkant van de maan helemaal verlicht?

> Uitwerkingen

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

▶ Maanfasen

52 Planeet- en satellietbanen



Planeten draaien in een (bij benadering) cirkelvormige baan om de zon. De baansnelheid is de grootte van de snelheid van een planeet. Er geldt

$v_{baan} = 2\pi \cdot r / T$

v_{baan} = baansnelheid (m/s)
r = straal (m)
T = omlooptijd (s)

Baanstraal (r) en omlooptijd van planeten (T) staan in BINAS tabel 31. Om een planeet een cirkelbaan te houden is een middelpuntzoekende kracht (Fmpz) nodig. Hiervoor geldt

$F_{mpz} = mv^2/r$

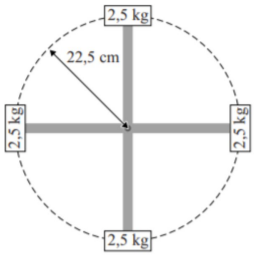
F_{mpz} = middelpuntzoekende kracht (N)
m = massa (kg)
v = baansnelheid (m/s)
r = straal (m)

Bovenstaande geldt ook voor banen van manen en satellieten. Een geostationaire baan is een baan om de aarde, recht boven de evenaar, waarbij de omlooptijd 24 uur is zodat de satelliet altijd op hetzelfde punt boven de aarde staat.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- MiddelpuntzoekendeKracht
- Planeetbanen
- Satellietbanen

Voorbeeld
uit: havo 2019-2 opg. 3

Tijdens het ontwerpen van wielen voor extreem hoge snelheden wordt een test gedaan waarbij een wiel gesimuleerd wordt door 4 massa's (zie afbeelding). Het is de bedoeling dat het wiel een snelheid van $1{,}2 \cdot 10^3$ km·h^{-1} aan kan. Bereken de spankracht die er op elk van de spaken komt te staan bij deze snelheid.



> Uitwerkingen

53 Gravitatiekracht & valversnelling

Gravitatiekracht is de kracht waarmee massa's elkaar aantrekken. Tussen twee massa (m en M) geldt

$F_g = G \cdot M \cdot m / r^2$

F_g = gravitatiekracht (N)
$G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}
M,m = massa's (kg)
r = afstand (m)

F_g werkt op beide massa's en is voor beide massa's even groot (maar tegengesteld qua richting). r in deze formule is de afstand tussen de zwaartepunten van de massa's.

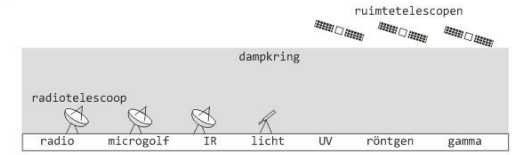
Gravitatiekracht zorgt voor de nodige F_{mpz} om de planeten in hun baan om de zon te houden en de maan in haar baan om de aarde. Op aarde zorgt het voor de valversnelling. Op andere planeten is de valversnelling anders doordat zowel de planeetmassa als de afstand van het oppervlak tot het middelpunt anders is.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
gravitatiewet

Voorbeeld
Twee loden bollen (A en B) bevinden zich op een afstand van 50 cm van elkaar (gerekend vanaf de middelpunten). De massa van bol A is 2,0 kg, die van bol B 7,5 kg. Bereken de gravitatiekracht waarmee de bollen elkaar aantrekken.

> Uitwerkingen

54 Elektromagnetisch spectrum



Het elektromagnetisch spectrum bestaat uit radio-, microgolf-, IR, licht, UV, röntgen-, en gammastraling. Alle soorten EM-straling worden gebruikt voor astronomische waarnemingen:

- Radiostraling wordt vanaf het aardoppervlak met radiotelescopen (antennes) gemeten.
- Microgolfstraling kan alleen vanaf zeer grote hoogte worden opgevangen.
- Infraroodstraling wordt slechts deels (sommige golflengtes) doorgelaten door de dampkring
- Een lichttelescoop (optische telescoop) kan alleen s'nachts gebruikt worden staat op hoge plaatsen om zo min mogelijk last te hebben van bewolking en storingen in de dampkring.
- UV, röntgen, gamma (en deels IR) wordt door de atmosfeer geabsorbeerd en wordt waargenomen door ruimtetelescopen.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

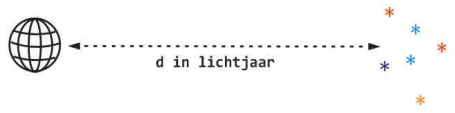
- elektromagnetischspectrum
- telescopen

Voorbeeld

Welke van deze stralingssoorten afkomstig uit het heelal kan vanaf het aardoppervlak worden waargenomen? Radio, microgolf, infrarood, zichtbaar licht, UV, röntgen, gamma.

> Uitwerkingen

55 Sterren & straling



De zon is één van de miljarden sterren in het heelal. Afstanden tot andere sterren zijn zo groot dat ze gemeten worden in lichtjaren. Dit is de afstand die licht aflegt in 1 jaar.

De diameter, helderheid en kleur van variëert van ster tot ster. Rode sterren zijn (relatief) het koelst, blauwe sterren het heetst. Door te kijken naar de golflengte waarbij een ster de meeste straling uitzendt kan de temperatuur van een ster bepaald worden. Hierbij geldt de wet van Wien

$\lambda_{max} = k_W/T$

λ_{max} = golflengte maximum (m)
$k_W = 2{,}8977721 \cdot 10^{-3}$ mK
T = temperatuur (K)

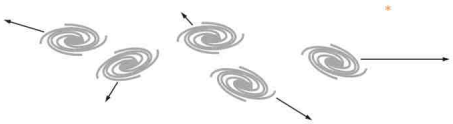
Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:
- wetvanwien
- Lichtjaar

Voorbeeld
Een ster heeft een oppervlaktetemperatuur van 7000 K.

a) Bereken bij welke golflengte de ster de meeste straling uitzendt.
b) Welke kleur heeft deze ster?

> Uitwerkingen

56 Sterrenstelsels & oerknal



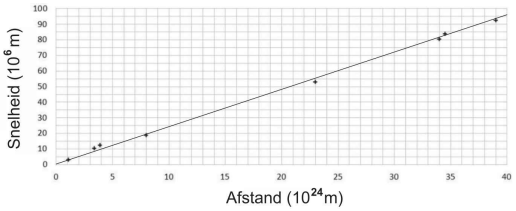
Sterren staan niet over het hele heelal verspreid maar staan bij elkaar in sterrenstelsels. Het sterrenstelsel waarin ons zonnestelsel zich bevindt heet de melkweg. Sterrenstelsels staan weer gegroepeerd in clusters. Op grote schaal gezien bewegen sterrenstelsels en clusters zich uit elkaar (uitdijend heelal). Dit is het resultaat van de oerknal (big bang) die ±14 miljard jaar geleden heeft plaatsgevonden en als het begin van het heelal gezien wordt.

Videolessen natuurkundeuitgelegd.nl over dit onderwerp:

- Sterrenstelsels
- Oerknal

Voorbeeld

Van een aantal sterrenstelsels staat in onderstaande grafiek de snelheid waarmee het sterrenstelsel van ons af beweegt uit tegen de afstand van het sterrenstelsel. Uit de lijn die door de punten is getrokken volgt dat een sterrenstelsel op een afstand van $40 \cdot 10^{24}$ m van ons af zou bewegen met een snelheid van $92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}. Bereken de leeftijd van het heelal die hier uit volgt. Geef je antwoord in jaren.



> Uitwerkingen

Uitwerking van voorbeeldopgaven

1 Grootheden & eenheden
In BINAS tabel 4 vinden we bij de eenheid van energie J = N·m. De N staat hier voor de Newton, de eenheid van kracht. In dezelfde tabel 4 vinden we dat N = kg m s^{-2}. Uitgeschreven wordt dit

[J] = [N·m]

[J] = [kg m s^{-2} ·m]

[J] = [kg m^2 s^{-2}]

2 Werken met formules
Om het wortelteken weg te krijgen kwadrateren we eerst beide kanten

$T^2 = 4\pi^2 \cdot m / C$

Om C onder de deelstreep en aan de linkerkant te krijgen vermenigvuldigen we beide kanten met C

$C \cdot T^2 = 4\pi^2 \cdot m$

Vervolgens delen we beide kanten door T^2

$C = 4\pi^2 \cdot m / T^2$

3 Binas & rekenmachine
a) De gravitatieconstante is een natuurconstante. Deze staan in tabel 7A. We vinden hier bovenin $G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$ Nm^2kg^{-2}.

b) In de index (achterin) staat dat de inhoud bij de wiskunde formules in tabel 36B staat. Hier staat dat de inhoud van een bol $(4/3)\cdot\pi\cdot r^3$ is.

c) Dichtheid is een stofeigenschap. De belangrijkste stofeigenschappen staan in tabellen 8,9,10,11,12. Glas staat bij de vaste stoffen (10A) en heeft een dichtheid tussen de $2{,}5 \cdot 10^3$ en $3{,}9 \cdot 10^3$ kg m^{-3}. (Let op de factor 10^3 die bovenaan de kolom staat!)

d) Geluidssnelheden staan in tabel 15. Bij water vinden we bij kamertemperatuur (293 K) een snelheid van 1484 ms^{-1}.

e) Voorvoegsels staan in tabel 2. Hier vinden we dat pico 10^{-12} betekent. Een picometer (pm) is dus 10^{-12} m.

4 Significantie & meetonzekerheid
6,2 V heeft 2 significante cijfers. 17,8 mA heeft 3 significante cijfers. Dit betekent dat we het eindantwoord moeten afronden op 2 significante cijfers (kleinste aantal signicante cijfers). Als we een getal groter dan 100 met 2 significante cijfers willen opschrijven kan dit alleen met wetenschappelijke notatie geschreven worden. Eindantwoord wordt $3{,}5 \cdot 10^2$ Ω.

5 Schatting en orde van grootte
In BINAS tabel 6A kun je lezen dat een (volwassen) edelhert een massa van 180 kg heeft. Een giraf is groter en in ieder geval veel langer. We schatten dat een giraf daardoor 4 keer zo grote massa heeft en komen dan op 720 kg. Wanneer we op internet zoeken vinden we massa's tussen de 400 kg en de 900 kg. Gemiddeld is dit 650 kg en onze schatting is dus van de juiste orde van grootte.

6 Grafieken & tabellen
Uit de formule volgt $C = F_v/u$. We rekenen C uit door een waarde van F_v en u in te vullen. Als we hiervoor een van de meetwaarde nemen wordt de uitkomst beïnvloed door meetonzekerheid. In de grafiek zien we namelijk dat de meetwaarden afwijken van de rechte lijn. De rechte lijn is een gemiddelde waarbij de meetfouten van de afzonderlijke metingen worden uitgemiddeld. We lezen dus niet de meetpunten maar de lijn af. Dit kan het nauwkeurigst bij grote waarde. We lezen af dat bij een uitrekking van 10 cm de kracht 225 N is. We vullen in in de formule

F_v = 225 N

u = 0,10 m

en vinden dan

C = 225 / 0,10

C = 2250 Nm^{-1}

Afgerond is dit $2{,}25 \cdot 10^3$ Nm^{-1}.

7 Verbanden
De formule heeft de vorm

F_g = constante / r^2

(De constante is $G \cdot m_1 \cdot m_2$). Tussen gravitatiekracht en afstand bestaat dus een omgekeerd kwadratisch verband.

8 Bewegingsdiagrammen
0 -1 s: Horizontale lijn dus de auto staat stil

1-2 s: Geen rechte lijn dus niet eenparig

2-4 s: Recht lijn dus de beweging is eenparig. De auto legt 15 m af in 2,0 s. Snelheid is daar dus 15 m/2,0 s = 7,5 m/s

4-6 s: Geen rechte lijn dus niet eenparig

6-10 s: Rechte lijn dus de beweging is eenparig. Auto legt -35 m af in 4 s. Snelheid is daar dus -35 m/4,0 s = -8,75 m/s. Grootte van de snelheid is dus afgerond 8,8 m/s (terug).

10-11 s: Geen recht lijn dus niet eenparig.

11-12 s: Horizontale lijn dus de auto staat stil.

Grootste eenparige snelheid die bereikt wordt is dus 8,8 m/s.

9 Eenparig & versneld
Een versnelling van 1,9 ms^{-2} betekent dat de snelheid per seconde toeneemt met 1,9 ms^{-1}. Na 5,0 s is de snelheid dus toegenomen tot 5,0·1,9 = 9,5 m/s. Er geldt dus

v_{begin} = 0 ms^{-1}
v_{eind} = 9,5 ms^{-1}

Omdat het een eenparig versnelde beweging is weet je dat de snelheid regelmatig is toegenomen en dat de gemiddelde snelheid het gemiddelde is van v_{begin} en v_{eind}. De gemiddelde snelheid is dus

v_{gem} = (9,5 + 0) / 2 = 4,75 ms^{-1}

Als je 5,0 s lang beweegt met gemiddeld 4,75 ms^{-1} leg je aan afstand af van

$s = v_{gem.} \cdot t$

s = 4,75·5,0 = 23,75 m

Afgerond is dit een afstand van 24 m.

10 Raaklijn & oppervlak
De maximale versnelling is het moment dat de v,t-grafiek op zijn steilst loopt. Dit is op t = 1,6 s. Wanneer we een raaklijn tekenen op dit punt met dezelfde helling als de grafiek vinden we

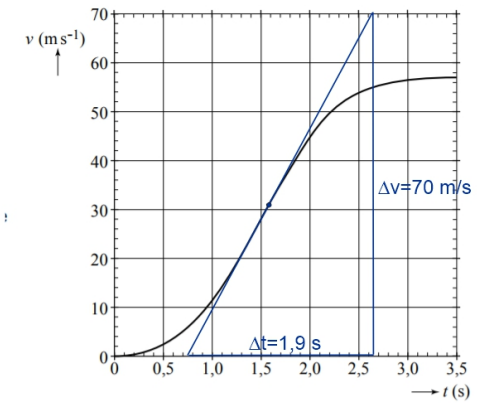
Δv = 70 ms^{-1}
Δt = 1,9 s

De versnelling vinden we dan met $a = \Delta v/\Delta t$

a = 70 / 1,9 = 36,842 ms^{-2}

Afgerond een versnelling van 37 ms^{-2}.

(Zowel het bepalen van het punt waar de helling het steilst is als het tekenen en aflezen van de raaklijn kan nooit heel erg precies. Er is in eindexamenopgave altijd een marge waarbinnen je antwoord moet liggen.)



11 Krachtvectoren & evenwicht

Op de wieg werkt een zwaartekracht F_z recht naar beneden. We tekenen dus eerst deze kracht naar beneden vanaf de wieg. De wieg en de veer hangen stil en zijn dus in evenwicht. Op de bovenkant van de veer moet dus een even grote kracht omhoog werken. Deze kracht is de resulterende kracht van de spankracht in de twee touwen. We tekenen dus deze twee spankrachten met een zodanige lengte dat wanneer je ze kop-staart achter elkaar zet je op deze lengte uitkomt. Wanneer je de lengte van deze pijl daarna opmeet vind je dat deze een lengte heeft die 1,6 keer zo klein is als F_z. Voor de grootte van de spankracht vinden we dan

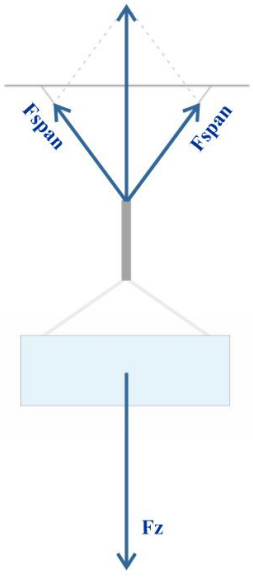
$F_{span} = F_z / 1,6$

$F_{span} = 12,2 \cdot 9,81 / 1,6$

$F_{span} = 74,8013$ N

Afgerond is de spankracht in ieder van de touwen dus 75 N.

(Bij dit soort opgaven is het moeilijk om het heel nauwkeurig te doen. Meestal is bij dit soort opgaven de marge vrij groot. Bij deze opgave is de marge 10 N. Je kunt hier zelf kiezen hoe lang je de pijl van F_z tekent. Door deze flink lang te tekenen wordt ook je antwoord nauwkeuriger.)



12 Krachtsoorten

a) Met de formule vinden we

$F_z = 3,0 \cdot 9,81 = 29,43$ N

Afgerond is dit 29 N

b) Het boek ligt stil op tafel. Dit betekent dat de normaalkracht even groot is als de zwaartekracht om deze te compenseren. De grootte van de normaalkracht is dus

$0,125 \cdot 9,81 = 1,2262$N

Afgerond is dit 1,2 N.

c) Met de formule voor veerkracht (F_v) vinden we

$F_v = 45 \cdot 0,030 = 1,35$ N

Afgerond is dit 1,4 N.

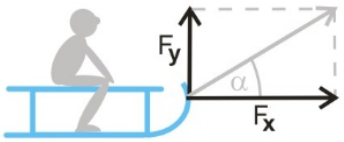
d) De spankracht is op elk punt in een strak gespannen touw gelijk en werkt beide kanten op. De spankracht is dus 800 N.

13 Ontbinden

Zie afbeelding hieronder. We tekenen eerst de horizontale en verticale component. De trekkracht van 60 N vormt de schuine zijde van een driehoek met een horizontale (F_x) en een verticale component (F_y). Door het opmeten van de lengte van de componenten en door om te rekenen aan de hand van de schaal vinden we dan de grootte van F_x en F_y. We vinden zo

$F_x = 52$ N
$F_y = 30$ N

(Het opmeten van lengtes kan nooit heel nauwkeurig. Bij het antwoord hoort altijd een marge. Je mag er bij deze vraag 5 N naast zitten)



14 Wrijving

a) Direct na het loslaten is de snelheid van de bal 0 ms^{-1} er werkt dan geen luchtwrijving op de bal. De totale wrijvingskracht is dus 0 N. b) Na 2,0 s vallen is de snelheid constant geworden. Dit betekent dat er krachtenevenwicht is en dat de wrijvingskracht even groot (maar tegegesteld) is aan de zwaartekracht. Deze is dus gelijk aan $0,200 \cdot 9,81 = 1,96$ N. Afgerond 1,96 N.
c) Vlak voordat de bal de grond raakt is de snelheid nog steeds hetzelfde als na 2,0 s. De wrijvingskracht is dus ook 1,96 N.

15 Wetten van Newton

Op de steen werkt een zwaartekracht van $0,300 \cdot 9,81 = 2,943$ N naar beneden en een wrijvingskracht van 0,40 N naar boven. Op de steen werkt dus een nettokracht (ΣF) naar beneden van

$2,943 - 0,40 = 2,543$ N

Uit de 2e wet van Newton volgt dan voor de versnelling

$a = \Sigma F / m$

$a = 2,543 / 0,300$

$a = 8{,}4767\ ms^{-2}$

Afgerond een versnelling van 8,5 ms^{-2}. Door de wrijvingskracht is de versnelling lager dan de standaard valversnelling op aarde (9,81 ms^{-2}).

16 Hefboomwet
Op het moment vlak voordat de heftruck zou kantelen geldt de hefboomwet. De draaikrachten linksom en rechtsom houden elkaar dan precies in evenwicht. Er geldt dan

$F_{z,truck} \cdot r_{z,truck} = F_{z,pakket} \cdot r_{z,pakket}$

Voor de zwaartekracht op het pakket volgt hieruit dan

$F_{z,pakket} = F_{z,truck} \cdot r_{truck}/r_{z,pakket}$

We vullen in

$F_{z,truck} = 3400 \cdot 9{,}81 = 33354$ N
$r_{truck} = 1{,}0$ m
$r_{z,pakket} = 0{,}80$ m

en vinden dan

$F_{z,pakket} = 33354 \cdot 1{,}0/0{,}80 = 41692{,}5$ N

Dit betekent dat het pakket een massa heeft van

$m = 41692{,}5\ N / 9{,}81 = 4250$ kg

Afgerond mag het pakket dus maximaal een massa van $4{,}3 \cdot 10^3$ kg hebben.

17 Energiesoorten
a) Als de massa zich 3,0 m boven de grond bevindt bezit deze zwaarte-energie ten opzichte van de grond. Invullen van de formule geeft

$E_z = 2{,}0 \cdot 9{,}81 \cdot 3{,}0 = 58{,}86$ J

Afgerond is dit een zwaarte-energie van 59 J gerekend ten opzichte van de grond.

b) Een bewegende massa bezit kinetische energie. 90 km/h is gelijk aan 25 ms^{-1}. Invullen van de formule geeft

$E_k = \frac{1}{2} \cdot 2300 \cdot (25)^2 = 7{,}188 \cdot 10^5$ J

Afgerond een kinetische energie van $7{,}2 \cdot 10^5$ J.

18 Wet van behoud van energie
a) Als er geen wrijving is wordt de zwaarte-energie die de kogel bezit t.o.v. de grond in zijn geheel omgezet in kinetische energie. We kunnen de twee energiesoorten dus aan elkaar gelijkstellen:

$E_k = E_z$

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

Hieruit volgt voor de snelheid

$v^2 = m \cdot g \cdot h / \frac{1}{2} m$

$v^2 = 2 \cdot g \cdot h$

$v = \sqrt{(2 \cdot g \cdot h)}$

(De snelheid is dus niet afhankelijk van de massa)

$v = \sqrt{(2 \cdot 9{,}81 \cdot 18)}$

$v = 18{,}793\ ms^{-1}$

Afgerond is dit een snelheid van 19 ms^{-1} (De snelheid bij vallen is dus niet afhankelijk van de massa als er geen wrijving is).

b) Als er wél wrijving is gaat een deel van de zwaarte-energie verloren aan warmte en is er dus minder kinetische energie. Er geldt dan

$E_k = E_z - E_{wrijving}$

$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h - 7{,}0$

Invullen geeft

$\frac{1}{2} \cdot 0{,}300 \cdot v^2 = 0{,}300 \cdot 9{,}81 \cdot 18 - 7{,}0$

$0{,}15 \cdot v^2 = 45{,}974$

$v = \sqrt{(45{,}974/0{,}15)}$

$v = 17{,}507\ ms^{-1}$

Afgerond is dit een snelheid van 18 ms^{-1}.

19 Arbeid
a) F_{motor} heeft dezelfde richting als de verplaatsing (s). We kunnen dus gewoon de formule invullen

$W = 1600 \cdot 40000 = 6{,}4 \cdot 10^7$ J

b) De zwaartekracht staat loodrecht op de bewegingsrichting. De hoek tussen F en s is dus 90°. Door de zwaartekracht is dus geen arbeid verricht (cos 90°=0): W = 0 J. (Hetzelfde geldt voor de normaalkracht. Ook deze staat loodrecht op s.)

c) De auto rijdt met constante snelheid. Dit betekent dat de resulterende kracht 0 is en dat de F_w even groot is als F_{motor} (maar tegengesteld van richting). F_w is tegengesteld aan de verplaatsing. De hoek tussen F en s is dus 180° en de verrichtte arbeid door F_w is dus negatief (cos 180° = -1). De arbeid wordt dus niet geleverd maar komt vrij (in de vorm van warmte). We vinden dan

$W = -1600 \cdot 40000 = -6{,}4 \cdot 10^7$ J

20 Vermogen
Vermogen betekent hoeveel energie er per seconde geleverd moet worden. Tijdens het hijsen neemt de hoogte van de massa toe met 1,5 m per seconde. De toename in zwaarte-energie per seconde is dan

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

$\Delta E_z = 3200 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}5$

$\Delta E_z = 47088$ J

Omdat dit de energietoename per seconde is is dit ook de energie die de hijskraan per seconde moet leveren. Afgerond is het vermogen dus $4{,}7 \cdot 10^4$ W.

(Er is hier óók sprake van bewegingsenergie (E_{kin}) maar omdat de snelheid constant is tijdens het hijsen is deze constant. Er hoeft geen arbeid verricht te worden om E_{kin} te laten toenemen als de kist eenmaal in beweging is.)

21 Rendement
De geleverde energie is in dit geval de nuttige energie. Uit de formule volgt voor de verbruikte energie

$E_{verbruikt} = E_{nuttig} / \eta$

$E_{verbruikt} = 6{,}3 \cdot 10^9 / 0{,}31$

$E_{verbruikt} = 2{,}0323 \cdot 10^{10}$ J

Afgerond is dit $2{,}0 \cdot 10^{10}$J.

22 Stookwaarde
De verbruikte energie is de chemische energie die in de benzine zit die verbruikt is tijdens de rit. De stookwaarde van benzine vinden we in Binas tabel 28B: $r_V = 33 \cdot 10^9$ Jm^{-3}. Uit de formule volgt

$V = E_{ch} / r_V$

$V = 87 \cdot 10^6 / 33 \cdot 10^9$

$V = 0{,}002636$ m^3

In één m^3 zit 1000 liter. Omgerekend en afgerond is het verbruik dus 2,6 L.

23 Trillingen
De eerste keer dat de trilling door de evenwichtstand gaat in de grafiek is op t = 0,3 ms. Op t = 19,1 ms zijn er hierna 4,5 perioden verstreken. Voor de trillingstijd vinden we dan dus

T = (19,1 - 0,3) / 4,5 = 4,17778 ms

De frequentie kunnen we vervolgens berekenen met f = 1/T

$f = 1 / 4{,}17778 \cdot 10^{-3} = 239{,}362$ Hz

Afgerond is dit $2{,}4 \cdot 10^2$ Hz.

24 Harmonische trilling
We gaan uit van bovenstaande formule voor de trillingstijd van een massa-veersysteem

$T = 2\pi \cdot \sqrt{(m/C)}$

Beide kanten kwadrateren geeft

$T^2 = 4\pi^2 \cdot m/C$

Beide kanten met C vermenigvuldigen geeft

$T^2 \cdot C = 4\pi^2 \cdot m$

Beide kanten delen door $4\pi^2$ geeft dan de formule voor m

$m = T^2 \cdot C / 4\pi^2$

Invullen van

T = 0,77 s
C = $4{,}5 \cdot 10^3$ Nm^{-1}

geeft

m = 67,5825 kg

Afgerond is dit een massa van 68 kg.

25 Resonantie & eigentrilling
Een snelheid van 15 km/h is gelijk aan 4,1667 ms^{-1}. Over een afstand van 2,0 m doet de scooter dan 2,0/4,1667 = 0,48 s. De scooter zal dus elke 0,48 s over een richel rijden.

De scooter gedraagt zich als een massa-veersysteem waarvoor geldt

$T = 2\pi \cdot \sqrt{(m/C)}$

T = trillingstijd (s)
m = massa (kg)
C = veerconstante (N/m)

Als we invullen

m = 120 kg
C = $2{,}05 \cdot 10^4$ Nm^{-1}

vinden we

T = 0,4807 s

Dit is afgerond gelijk aan de tijd waarin de richels voorbij komen. De aandrijffrequentie (de richels) is dus gelijk aan de eigenfrequentie (de scooter zelf). Er zal dus resonantie optreden.

26 Golven
In Binas tabel 15A vinden we dat de voortplantingssnelheid van geluid in water bij 20 °C (293 K) $1{,}484 \cdot 10^3$ ms^{-1} is. Uit de formule volgt dan

$\lambda = v/f$

$\lambda = 1{,}484 \cdot 10^3 / 2{,}0 \cdot 10^3$

$\lambda = 1{,}484 \cdot 10^3 / 2{,}0 \cdot 10^3 = 0{,}742$ m

Afgerond is dit een golflengte van 74 cm. Vissen die kleiner zijn zullen dus niet detecteerbaar zijn.

27 Geluid
a) De bovenste gehoorgrens is (voor een jong gezond persoon) 20 kHz. Een toon van 25 kHz is hoger dan dit en zal dus te hoog zijn om te horen.

b) De geluidsnelheid in lucht bij 293 K is 343 ms^{-1} (Binas tabel 15A). Voor de frequentie vinden we dan met $v=f \cdot \lambda$

f = 343/0,050 = 6860 Hz

Dit zal dus hoorbaar zijn.

c) Onder water zal de golflengte van deze toon anders zijn dan de golflengte in lucht omdat de voortplantingssnelheid anders is maar... bij het horen van geluid gaat het om de frequentie waarmee het trommelvlies in het oor aan het trillen gebracht wordt en niet om de golflengte. 1500 Hz is prima hoorbaar..

28 Staande golven
a) In de grondtoon past er precies één halve golflengte op de snaar. Er geldt dus ½λ = 35 cm dus de golflengte is 70 cm. Uit $v=f \cdot l\lambda$ volgt dan voor de frequentie

$f = v / \lambda$

f = 308 / 0,70

f = 440 Hz

Afgerond is dit een frequentie van $4{,}4 \cdot 10^2$ Hz.

b) We rekenen uit wat de golflengte moet zijn voor een toon van 660 Hz. Uit dezelfde formule volgt voor de golflengte

$\lambda = v/f$

$\lambda = 308 / 660$

$\lambda = 0{,}46667$ m

Het trillende gedeelde van de snaar heeft in de grondtoon een lengte van de helft van de golflengte dus moet de snaar een lengte hebben van ½·0,46667 = 0,23333 m. De snaar moet dus ingedrukt worden op een afstand van 35 - 23 = 12 cm gerekend vanaf de kop.

29 Ioniserende straling
a) Radiostraling heeft een veel te lage energie om atomen of moleculen te ioniseren en is dus niet ioniserend.

b) In tabel 19B zien we dat elektromagnetische straling met λ=3400 nm ($3{,}4 \cdot 10^{-6}$ m) infrarood is. Infrarood is niet ioniserend.

c) Elektronen zijn op zich niet ioniserend. β^--straling bestaat uit elektronen met een zeer hoge snelheid, is wél ioniserend maar dat komt door de zeer hoge snelheid (kinetische energie) van deze elektronen en niet door de elektronen zelf.

d> α-straling is ioniserend.

α-straling is ioniserend.

30 Halveringsdikte, röntgen & CAT
De halveringsdiktes voor zacht weefsel bij een stralingsenergie van 0,05 MeV vinden we in Binas tabel 28F: 3,08 cm. De dikte waar de straling doorheen gaat is 2 halveringsdiktes. Dit betekent dat de intensiteit van de straling twee keer gehalveerd wordt (100%→50%→25%). Er is dus nog maar 25% van de straling over en dat betekent dat er 75% geabsorbeerd is.

31 Atoomkernen
a) In Binas tabel 40a vinden we dat het atoomnummer van kwik (Hg) 80 is. Het atoomnummer is gelijk aan het aantal protonen in de kern en (bij een neutraal ongeladen atoom) ook gelijk aan het aantal elektronen rond de kern. Het massagetal is het aantal protonen + neutronen in de kern. In de kern zitten dus behalve protonen ook 203-80 = 123 neutronen. Dus:

80 protonen
123 neutronen
80 elektronen

b) In Binas tabel 40a vinden we dat het atoomnummer van Tin 50 is. Dus 50 protonen in de kern en 50 elektronen eromheen. In de kern zitten ook 113-50 = 63 neutronen. Dus

50 protonen
63 neutronen
50 elektronen

c) Atoomnummer is 26 dus 26 protonen in de kern maar het aantal elektronen is hier kleiner omdat het atoom elektrische geladen is (2+) er zitten dus geen 26 maar 24 elektronen in het atoom. Aantal neutronen in de kern is 56-26=30. Dus

26 protonen
30 neutronen
24 elektronen

32 Radioactief verval
a) $^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{0}\gamma$
b) $^{241}_{94}Pu \rightarrow {}^{238}_{92}U + {}^{4}_{2}\alpha$
$^{241}_{94}Pu \rightarrow {}^{241}_{95}Am + {}^{0}_{-1}\beta$
c) geen verval

33 Activiteit & halvering
a) In Binas tabel 25 vinden we dat de halveringstijd van I-131 8,0 dagen is. In 24 dagen is de activiteit dus 3 keer gehalveerd:

100%→50%→25%→12,5%

Er is dus nog 12,5% van de beginactiviteit over.

$4{,}4\cdot10^{6} \cdot 12{,}5\% = 5{,}5\cdot10^{5}$ Bq

b) Als we het rijtje hierboven afmaken vinden we

...12,5%→6,25%→3,125%→1,5625%→0,78125%

De activiteit moet dus 7 keer gehalveerd zijn om minder dan 1% van de beginactiviteit over te hebben. Dit duurt 7· 8,0 = 56 dagen.

34 Schadelijkheid
Po-209 is volgens Binas tabel 25 een α-straler. De energie per uitgezonden deeltje is 4,09 MeV. Dit is gelijk aan

$4{,}09\cdot10^{6} \cdot 1{,}602\cdot10^{-19} = 6{,}5522\cdot10^{-13}$ J

De activiteit is 34000 Bq. Dit betekent dat er 34000 deeltjes per seconde worden uitgezonden. In een seconde is de totale uitgezonden energie dus

$34000 \cdot 6{,}5522\cdot10^{-13} = 2{,}2277\cdot10^{-8}$ J

De totale energie die door de tumor geabsorbeerd moet worden volgt uit de formule voor dosisequivalent. Als we deze omschrijven vinden we

$E = m\cdot H / w_R$

Invullen van

m = 0,075 kg
$H = 60\cdot10^{-3}$ Sv
w_R = 20 (want Po-209 geeft α-straling)

geeft

$E = 2{,}25\cdot10^{-4}$ J

Het aantal seconden dat de bron in het tumor moet zitten om op deze energie te komen is dus

$t = 2{,}25\cdot10^{-4} / 2{,}2277\cdot10^{-8} = 1{,}01\cdot10^{4}$ s.

De bron moet dus na 2,8 uur weer worden verwijderd.

35 Echografie & tracers
a) Voor een reflectie moet er een overgang zijn in geluidssnelheid. In Binas tabel 15 vinden we dat de geluidsnelheid in zachte weefsels (huid, water, bloed etc) een stuk lager is dan in bot en dat er dus een reflectie kan plaatsvinden. Tweede voorwaarde is dat het stukje bot groter moet zijn dan de golflengte van het geluid. Voor de golflengte gaan we even uit van de gemiddelde geluidssnelheid in zachte weefsels van $1{,}6\cdot10^{3}$ m/s. We vinden dan met $\lambda = v/f$

$\lambda = 1{,}6\cdot10^{3} / 5{,}0\cdot10^{6} = 3{,}2\cdot10^{-4}$ m

Dit is 0,32 mm en dus veel kleiner de de grootte van het stukje bot.

b) De geluidsgolven reizen in de buik met een snelheid van gemiddeld $1{,}6\cdot10^{3}$ m/s. Het afleggen van een afstand van 3,5 cm duurt dan

$t = 3{,}5\cdot10^{-2} / 1{,}6\cdot10^{3} = 2{,}188\cdot10^{-5}$ s

De geluidgolf moet heen en weer terug. De totale tijdsduur tussen het uitzenden en weer terug ontvangen van de echo is dus twee keer deze tijdsduur. Afgerond 44 µs.

36 Stroom & elektrische lading
a) 0,80 A betekent 0,80 Coulomb per seconde. In een uur tijd is er door het lampje dus een totaal van

$3600 \cdot 0{,}80 =$ 2880 Coulomb

gelopen. Afgerond is dit een lading van $2{,}9\cdot10^{3}$ C.

b) De lading van één elektron is $1{,}602\cdot10^{-19}$ C (Binas tabel 7: elementair ladingskwantum). Het aantal elektronen in 2880 C is dus gelijk aan

$2880 / 1{,}602\cdot10^{-19} = 1{,}798\cdot10^{22}$

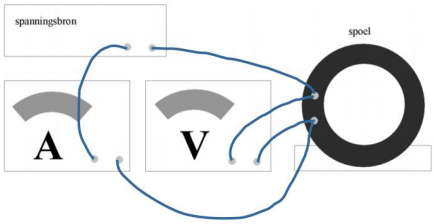
Afgerond zijn dit $1{,}8\cdot10^{22}$ elektronen.

37 Spanningsbronnen en spanning
Zie afbeelding: De stroom door de spoel meet je door ervoor te zorgen dat alle stroom die door de spoel loopt ook door de

stroommeter loopt. De stroommeter zet je dus in serie met de spoel.

Voor het meten van de spanning moet je het spanningverschil meten tussen de ene kant en de andere kant van de spoel. Je sluit de spanningsmeter dus aan op deze punten. De spanningsmeter komt daardoor parallel aan de spoel te staan.

(Er zijn meerdere manier om de snoeren zo aan te sluiten dat de stroommeter in serie en de spanningsmeter parallel staat. Dit is slechts een voorbeeld. Het kan ook anders.)



38 Wet van Ohm & weerstand
a) Bij een ohmse weerstand is R constant en bij alle spanningen hetzelfde. De U,I-grafiek is dan een rechte lijn door 0. Dit is hier niet zo. Bij hogere spanningen wijkt de grafiek af van een rechte lijn.

b) De weerstand reken je uit met de wet van Ohm:R = U/I

De U en de I die we invullen halen we uit de grafiek. Om de invloed van meetfouten zo klein mogelijk te maken lezen we hiervoor niet één van de meetpunten af maar de lijn. Bij een spanning van 8,0 V lezen we een stroom van 400 mA af. Voor de weerstand vinden we dan

R = 8,0 / 0,400 = 20 Ω

c) Bij 20 V lezen we 850 mA af.

R = 20 / 0,850 = 23,5294 Ω

Afgerond is dit een weerstand van 24 Ω. De weerstand is dus bij grotere spanning groter dan bij kleinere spanning.

39 Serie- en parallelschakelingen
Met de wet van Ohm kunnen we de spanning over de weerstand van 2,0 kΩ uitrekenen. We vinden dan

$U_{2,0\ k\Omega} = 5{,}0\cdot10^{-3} \cdot 2{,}0\cdot10^{3} = 10$ V

Dit betekent dat er over de weerstand van 5,0 kΩ óók een spanning van 10 V staat. De twee weerstanden staan namelijk parallel. Met de wet van Ohm vinden we dan de stroom

$I_{5,0\ k\Omega} = 10 / 5{,}0\cdot10^{3} = 2{,}0\cdot10^{-3}$ A

Afgerond is dit een stroom van 2,0 mA.

40 Soortelijke weerstand
Het oppervlak van de doorsnede van de draad (A) berekenen we met πr^2. We vinden dan

$A = \pi(½\cdot0{,}20\cdot10^{-3})^2$

$A = 3{,}1416\cdot10^{-8}$ m^2

Invullen van

$\rho = 17\cdot10^{-9}$ Ωm (Binas tabel 8)
L = 42 m
$A = 3{,}1416\cdot10^{-8}$ m^2

geeft

R = 22,727 Ω

Afgerond is dit een weerstand van 23 Ω

41 Elektrisch vermogen
a) Uit de formule volgt voor de stroomterkte I = P/U

I = 700 / 230

I = 3,04348 A

Afgerond is dit 3,04 A

b) Uit de wet van Ohm volgt voor de weerstand R = U/I

R = 230 / 3,04348

R = 75,571 Ω

Afgerond 75,6 Ω

c) Een kWh staat gelijk aan het één uur verbruiken van een vermogen van 1 kW. Hier gebruiken we ¼ uur lang een vermogen van 0,700 kW. Het verbruik is dus

¼ · 0,700 = 0,175 kWh.

42 Bijzondere weerstanden
a) In deze schakeling staat een LDR (Light Dependent Resistor) in serie met een stroommeter (zie BINAS tabel 16F). De weerstand van een LDR hangt af van hoeveel licht erop valt. Hoe meer licht hoe lager de weerstand. Als er veel licht op valt zal er dus meer stroom lopen en geeft de stroommeter een grotere uitslag. De stroommeter functioneert nu feitelijk als lichtmeter.

b) Deze schakeling bestaat uit twee onderling parallele takken. In elk hiervan zitten een LED (Light Emitting Diode) en een diode in serie. Zowel een LED als een diode laten stroom maar in één richting door (aangegeven door de richting van het pijltje in het symbool). Een LED straalt daarbij licht uit als er stroom door loopt. In de bovenste tak staan de LED en de diode in tegengestelde richting. Een stroom van links wordt tegengehouden door de diode, stroom van rechts wordt tegengehouden door de LED. Er zal dus nooit stroom kunnen lopen door de bovenste tak en de bovenste LED zal dus niet branden. In de onderste tak staan de LED en de diode in dezelfde richting. Hier kan een stroom naar rechts doorlopen. Stroom naar links wordt tegengehouden. De spanningsbron in deze schakeling geeft een wisselspanning. Dit betekent dat er afwisselend stroom naar de ene kant en stroom naar de andere kant zou lopen ware het niet dat er, door de LED en diodes, maar in één richting daadwerkelijk stroom kan lopen. De onderste LED zal dus maar de helft van de tijd aan zijn en dus knipperen in hetzelfde tempo als de wisselspanning. Als de frequentie van de wisselspanning hoog is zal dit knipperen te snel gaan om te zien. De onderste LED lijkt dan continu op half vermogen te branden.

c) In deze schakeling staan een NTC (Negatieve Temperatuurs Coefficient) en een Ohmse weerstand in serie. Parallel aan de Ohmse weerstand staat een lampje. Een NTC is een temperatuurgevoelige weerstand waarbij de weerstand afneemt naarmate de temperatuur toeneemt. De spanning van de spanningsbron verdeelt zich over de NTC en de weerstand+lampje. Hoe groter de weerstand hoe groter het aandeel van de spanning. Als de temperatuur toeneemt, en dus de weerstand van de NTC afneemt, neemt de weerstand+lampje een relatief groter deel van de totale weerstand voor zijn rekening. Bij stijgende temperatuur neemt de spanning over de Ohmse weerstand en het lampje dus toe en zal het lampje dus feller gaan branden.

43 Huisinstallatie

De zekering verbreekt het contact als er een stroom loopt van meer dan 16 A. Het totale vermogen dat er nog net gebruikt kan worden kunnen we berekenen met P = U·I.

P = 230 · 16 = 3680 W

Als de oven aanstaat is er dus nog maar 3680 - 2500 = 1180 W over. Als de waterkoker van 1800 W aangezet wordt wordt de stroom groter dan 16 A en zal de zekering de stroom onderbreken. De waterkoker kan dus niet tegelijk met de oven gebruikt worden.

44 Elektriciteitsproductie en -opslag
a) In een gascentrale wordt aardgas verbrandt. Hierbij komt CO_2 vrij wat slecht is voor het milieu (broeikaseffect). Voordeel van gascentrales is dat ze makkelijk aan- en uit te schakelen zijn afhankelijk van de elektriciteitsbehoefte en dat aardgas (momenteel) in voldoende mate beschikbaar is.

b) Kerncentrales kunnen met een extreem kleine hoeveelheid uranium veel energie opwekken. Nadeel is het radioactieve afval dat onstaat en het feit dat ze door de extreme veiligheidsmaatregelen duur zijn om te bouwen.

c) Windmolens hebben als voordeel dat ze geen brandstof verbruiken en zo zonder CO_2-uitstoot elektriciteit opwekken. Nadeel is de ruimte die ze innemen en de overlast die ze veroorzaken voor omwonenden.

45 Moleculen & fasen
a) In Binas tabel 11 vinden we dat het smeltpunt van ethanol 159 K is en het kookpunt 351 K. -10 °C is gelijk aan -10+273 = 263 K en dat ligt tussen het smeltpunt en het kookpunt in. Ethanol is dus vloeibaar bij deze temperatuur.

b) In Binas tabel 8 vinden we dat het smeltpunt van ijzer 1811 K is. 500 °C is gelijk aan 500+273 = 773 K en dat ligt onder het smeltpunt. IJzer is bij deze temperatuur nog niet gesmolten dus dus vast.

c) In Binas tabel 12 vinden we dat het kookpunt van lucht rond de 80 K ligt (lucht is geen zuivere stof maar een mengels). 120 K ligt hier nog boven dus lucht is bij 120 K nog gewoon gasvormig.

46 Warmte & temperatuur
Een liter water weegt bij een dichtheid van 0,998 kg m^{-3}(Binas tabel 11) 0,998 kg. De soortelijke warmte van water vinden we ook in Binas tabel 11: 4180 $Jkg^{-1}K^{-1}$. Het kookpunt van water is 100 °C. Om het vanaf 20 °C aan de kook te brengen moet de temperatuur dus 80 °C stijgen. We vullen in in de formule voor soortelijke warmte

c = 4180 J $kg^{-1}K^{-1}$
m = 0,50 · 0,998 kg
ΔT = 80 °C

en vinden dan

Q = 4180 · 0,5 · 0,998 · 80

Q = 166866 J

Afgerond is dit een energie van $1,7 \cdot 10^5$ J.

47 Warmtetransport
Een constante temperatuur betekent dat er warmte-evenwicht in de koelkast is. Dit betekent dat er evenveel warmte de koelkast in komt als er uit gaat. De warmte die de koelkast in komt berekenen we met de formule voor warmtestroom door geleiding. We vullen in

λ = 0,029 $Wm^{-1}K^{-1}$
A = 7,0 m^2
ΔT = 16,0 °C
d = 0,020 m

We vinden dan

P_{in} = 162,4 W

Omdat er warmte-evenwicht is geldt $P_{uit} = P_{in}$. Afgerond vinden we dan $P_{uit} = 1,6 \cdot 10^2$ W.

48 Stofeigenschappen
De atomaire massa van ijzer vinden we in Binas tabel 99: 55,85 u. Voor het omrekenen naar kg kijken we in Binas tabel 7. Hier vinden we dat 1 u = $1,66054 \cdot 10^{-27}$ kg. De massa van één ijzeratoom is dus

$55,85 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 9,27412 \cdot 10^{-26}$ kg

Het aantal ijzeratomen in het blokje is de massa van het blokje gedeeld door de massa van een ijzeratoom. We vinden dan

$0,078 / 9,27412 \cdot 10^{-26} = 8,4105 \cdot 10^{23}$

Afgerond bevat het blokje dus $8,4 \cdot 10^{23}$ ijzeratomen.

49 Debiet & stroming
a) Het oppervlak van de doorsnede van de buis berekenen we met $A = \pi r^2$ met r de halve diameter. We vinden dan $A = \pi \cdot 0,15^2 = 0,070686$ m^2. Voor het debiet (Q) vinden we dan met Q = A·v

$Q = 0,070686 \cdot 2,4 = 0,1696$ m^3/s

Afgerond is dit een debiet van 0,17 m^3/s.

b) Het debiet in de buis is voor en na de vernauwing blijft gelijk alleen de doorsnede en de doorstroomsnelheid veranderen. Voor het oppervlak van de doorsnede vinden we nu $A = \pi \cdot 0,075^2 = 0,017671$ m^2. Voor de snelheid vinden we nu met v = Q/A

$v = 0,1696/0,017671 = 9,5973$ ms^{-1}

Afgerond een snelheid van 9,6 ms^{-1}.

50 Zonnestelsel
Alle gegevens van planeten in het zonnenstelsel staan in Binas tabel 31. Alles wat hier in wit staat aangegeven is een planeet.

a) De straal van de planeet zelf staat in de 8e kolom. Hier is te zien dat Jupiter de grootste straal heeft ($69,91 \cdot 10^6$ m).

b) De baanstraal (4e kolom) is de straal van de baan die de planeet om de zon beschrijft. Omdat de zon in het midden staat is is baanstraal ook de afstand tot de zon. Mercurius is de planeet met de kleinste baanstraal en staat dus het dichtst bij deze zon. (De baanstralen van de manen in tabel 31 zijn veel kleiner maar dit is de afstand tot de planeet waar ze om draaien en niet de afstand tot de zon).

c) In tabel 31 staan de maantjes Phobos en Deimos onder de planeet Mars.

d) De aarde is de enige planeet met maar één maan (laatste kolom).

51 Maan en maanfasen
Omdat de zon vanaf één kant op de maan schijnt is de maan is altijd voor de helft verlicht en voor de andere helft donker. Op het moment dat de achterkant verlicht is is de kant waar we naar kijken donker. Dit heet nieuwe maan.

52 Planeet- en satellietbanen
De snelheid is de snelheid van de buitenkant van het wiel en dus gelijk aan de baansnelheid van de massa. De middelpuntzoekende kracht berekenen we met

$F_{mpz} = m \cdot v^2/r$

We vullen in

m = 2,5 kg
v = 333,33 ms^{-1} (1200 km/h)
r = 0,225 m

en vinden dan

$F_{mpz} = 1{,}2345 \cdot 10^{6}$ N

Afgerond is dit een middelpuntzoekende kracht van $1{,}2 \cdot 10^{6}$ N.

53 Gravitatiekracht & valversnelling
We vullen in in de formule

$G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$ (Binas tabel 7)
$m_1 = 2{,}0$ kg
$m_2 = 7{,}5$ kg
r = 0,50 m

en vinden dan

$F_g = 6{,}67384 \cdot 10^{-11} \cdot 2{,}0 \cdot 7{,}5 / (0{,}50)^2$

$F_g = 4{,}0043 \cdot 10^{-9}$ N

Afgerond is dit een gravitatiekracht van $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N. Deze kracht werkt op beide bollen. Bol A wordt met $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N door bol B aangetrokken en bol B wordt met $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N door bol A aangetrokken.

54 Elektromagnetisch spectrum
In Binas tabel 30E is te zien welke straling door de dampkring wordt geabsorbeerd. Radiostraling met λ tussen de 10 cm en 10m wordt niet geabsorbeerd en kan dus vanaf het aardoppervlak worden waargenomen. Zichtbaar licht en een deel van infrarood met λ microgolfstraling (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het ste (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft microgolfstraling (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

t = s/v

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ m (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het

sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

t = s/v

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}

geeft@ α-straling is ioniserend.

30 Halveringsdikte, röntgen & CAT
De halveringsdiktes voor zacht weefsel bij een stralingsenergie van 0,05 MeV vinden we in Binas tabel 28F: 3,08 cm. De dikte waar de straling doorheen gaat is 2 halveringsdiktes. Dit betekent dat de intensiteit van de straling twee keer gehalveerd wordt (100%→50%→25%). Er is dus nog maar 25% van de straling over en dat betekent dat er 75% geabsorbeerd is.

31 Atoomkernen
a) In Binas tabel 40a vinden we dat het atoomnummer van kwik (Hg) 80 is. Het atoomnummer is gelijk aan het aantal protonen in de kern en (bij een neutraal ongeladen atoom) ook gelijk aan het aantal elektronen rond de kern. Het massagetal is het aantal protonen + neutronen in de kern. In de kern zitten dus behalve protonen ook 203-80 = 123 neutronen. Dus:

80 protonen
123 neutronen
80 elektronen

b) In Binas tabel 40a vinden we dat het atoomnummer van Tin 50 is. Dus 50 protonen in de kern en 50 elektronen eromheen. In de kern zitten ook 113-50 = 63 neutronen. Dus

50 protonen
63 neutronen
50 elektronen

c) Atoomnummer is 26 dus 26 protonen in de kern maar het aantal elektronen is hier kleiner omdat het atoom elektrische geladen is (2+) er zitten dus geen 26 maar 24 elektronen in het atoom. Aantal neutronen in de kern is 56-26=30. Dus

26 protonen
30 neutronen
24 elektronen

32 Radioactief verval
a) $^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}\alpha + {}^{0}_{0}\gamma$
b) $^{241}_{94}Pu \rightarrow {}^{238}_{92}U + {}^{4}_{2}\alpha$
$^{241}_{94}Pu \rightarrow {}^{241}_{95}Am + {}^{0}_{-1}\beta$
c) geen verval

33 Activiteit & halvering
a) In Binas tabel 25 vinden we dat de halveringstijd van I-131 8,0 dagen is. In 24 dagen is de activiteit dus 3 keer gehalveerd:

100%→50%→25%→12,5%

Er is dus nog 12,5% van de beginactiviteit over.

$4{,}4 \cdot 10^{6} \cdot 12{,}5\% = 5{,}5 \cdot 10^{5}$ Bq

b) Als we het rijtje hierboven afmaken vinden we

...12,5%→6,25%→3,125%→1,5625%→0,78125%

De activiteit moet dus 7 keer gehalveerd zijn om minder dan 1% van de beginactiviteit over te hebben. Dit duurt 7· 8,0 = 56 dagen.

34 Schadelijkheid
Po-209 is volgens Binas tabel 25 een α-straler. De energie per uitgezonden deeltje is 4,09 MeV. Dit is gelijk aan

$4{,}09 \cdot 10^{6} \cdot 1{,}602 \cdot 10^{-19} = 6{,}5522 \cdot 10^{-13}$ J

De activiteit is 34000 Bq. Dit betekent dat er 34000 deeltjes per seconde worden uitgezonden. In een seconde is de totale uitgezonden energie dus

$34000 \cdot 6{,}5522 \cdot 10^{-13} = 2{,}2277 \cdot 10^{-8}$ J

De totale energie die door de tumor geabsorbeerd moet worden volgt uit de formule voor dosisequivalent. Als we deze omschrijven vinden we

$E = m \cdot H / w_R$

Invullen van

m = 0,075 kg
$H = 60 \cdot 10^{-3}$ Sv
$w_R = 20$ (want Po-209 geeft α-straling)

geeft

$E = 2{,}25 \cdot 10^{-4}$ J

Het aantal seconden dat de bron in het tumor moet zitten om op deze energie te komen is dus

$t = 2{,}25 \cdot 10^{-4} / 2{,}2277 \cdot 10^{-8} = 1{,}01 \cdot 10^{4}$ s.

De bron moet dus na 2,8 uur weer worden verwijderd.

35 Echografie & tracers
a) Voor een reflectie moet er een overgang zijn in geluidssnelheid. In Binas tabel 15 vinden we dat de geluidsnelheid in zachte weefsels (huid, water, bloed etc) een stuk lager is dan in bot en dat er dus een reflectie kan plaatsvinden. Tweede voorwaarde is dat het stukje bot groter moet zijn dan de golflengte van het geluid. Voor de golflengte gaan we even uit van de gemiddelde geluidssnelheid in zachte weefsels van $1{,}6 \cdot 10^{3}$ m/s. We vinden dan met $\lambda = v/f$

$\lambda = 1{,}6 \cdot 10^{3} / 5{,}0 \cdot 10^{6} = 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ m

Dit is 0,32 mm en dus veel kleiner de de grootte van het stukje bot.

b) De geluidsgolven reizen in de buik met een snelheid van gemiddeld $1{,}6 \cdot 10^{3}$ m/s. Het afleggen van een afstand van 3,5 cm duurt dan

$t = 3{,}5 \cdot 10^{-2} / 1{,}6 \cdot 10^{3} = 2{,}188 \cdot 10^{-5}$ s

De geluidgolf moet heen en weer terug. De totale tijdsduur tussen het uitzenden en weer terug ontvangen van de echo is dus twee keer deze tijdsduur. Afgerond 44 µs.

36 Stroom & elektrische lading
a) 0,80 A betekent 0,80 Coulomb per seconde. In een uur tijd is er door het lampje dus een totaal van

$3600 \cdot 0{,}80 = 2880$ Coulomb

gelopen. Afgerond is dit een lading van $2{,}9 \cdot 10^{3}$ C.

b) De lading van één elektron is $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C (Binas tabel 7: elementair ladingskwantum). Het aantal elektronen in 2880 C is dus gelijk aan

$2880 / 1{,}602 \cdot 10^{-19} = 1{,}798 \cdot 10^{22}$

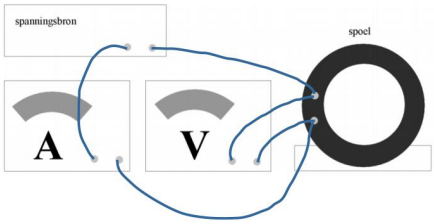
Afgerond zijn dit $1{,}8 \cdot 10^{22}$ elektronen.

37 Spanningsbronnen en spanning
Zie afbeelding: De stroom door de spoel meet je door ervoor te zorgen dat alle stroom die door de spoel loopt ook door de

stroommeter loopt. De stroommeter zet je dus in serie met de spoel.

Voor het meten van de spanning moet je het spanningverschil meten tussen de ene kant en de andere kant van de spoel. Je sluit de spanningsmeter dus aan op deze punten. De spanningsmeter komt daardoor parallel aan de spoel te staan.

(Er zijn meerdere manier om de snoeren zo aan te sluiten dat de stroommeter in serie en de spanningsmeter parallel staat. Dit is slechts een voorbeeld. Het kan ook anders.)



38 Wet van Ohm & weerstand
a) Bij een ohmse weerstand is R constant en bij alle spanningen hetzelfde. De U,I-grafiek is dan een rechte lijn door 0. Dit is hier niet zo. Bij hogere spanningen wijkt de grafiek af van een rechte lijn.

b) De weerstand reken je uit met de wet van Ohm:R = U/I

De U en de I die we invullen halen we uit de grafiek. Om de invloed van meetfouten zo klein mogelijk te maken lezen we hiervoor niet één van de meetpunten af maar de lijn. Bij een spanning van 8,0 V lezen we een stroom van 400 mA af. Voor de weerstand vinden we dan

R = 8,0 / 0,400 = 20 Ω

c) Bij 20 V lezen we 850 mA af.

R = 20 / 0,850 = 23,5294 Ω

Afgerond is dit een weerstand van 24 Ω. De weerstand is dus bij grotere spanning groter dan bij kleinere spanning.

39 Serie- en parallelschakelingen
Met de wet van Ohm kunnen we de spanning over de weerstand van 2,0 kΩ uitrekenen. We vinden dan

$U_{2,0\ k\Omega} = 5{,}0\cdot10^{-3} \cdot 2{,}0\cdot10^{3} = 10$ V

Dit betekent dat er over de weerstand van 5,0 kΩ óók een spanning van 10 V staat. De twee weerstanden staan namelijk parallel. Met de wet van Ohm vinden we dan de stroom

$I_{5,0\ k\Omega} = 10 / 5{,}0\cdot10^{3} = 2{,}0\cdot10^{-3}$ A

Afgerond is dit een stroom van 2,0 mA.

40 Soortelijke weerstand
Het oppervlak van de doorsnede van de draad (A) berekenen we met πr^2. We vinden dan

$A = \pi(½\cdot0{,}20\cdot10^{-3})^2$

$A = 3{,}1416\cdot10^{-8}$ m^2

Invullen van

$\rho = 17\cdot10^{-9}$ Ωm (Binas tabel 8)
L = 42 m
$A = 3{,}1416\cdot10^{-8}$ m^2

geeft

R = 22,727 Ω

Afgerond is dit een weerstand van 23 Ω

41 Elektrisch vermogen
a) Uit de formule volgt voor de stroomterkte I = P/U

I = 700 / 230

I = 3,04348 A

Afgerond is dit 3,04 A

b) Uit de wet van Ohm volgt voor de weerstand R = U/I

R = 230 / 3,04348

R = 75,571 Ω

Afgerond 75,6 Ω

c) Een kWh staat gelijk aan het één uur verbruiken van een vermogen van 1 kW. Hier gebruiken we ¼ uur lang een vermogen van 0,700 kW. Het verbruik is dus

¼ · 0,700 = 0,175 kWh.

42 Bijzondere weerstanden
a) In deze schakeling staat een LDR (Light Dependent Resistor) in serie met een stroommeter (zie BINAS tabel 16F). De weerstand van een LDR hangt af van hoeveel licht erop valt. Hoe meer licht hoe lager de weerstand. Als er veel licht op valt zal er dus meer stroom lopen en geeft de stroommeter een grotere uitslag. De stroommeter functioneert nu feitelijk als lichtmeter.

b) Deze schakeling bestaat uit twee onderling parallele takken. In elk hiervan zitten een LED (Light Emitting Diode) en een diode in serie. Zowel een LED als een diode laten stroom maar in één richting door (aangegeven door de richting van het pijltje in het symbool). Een LED straalt daarbij licht uit als er stroom door loopt. In de bovenste tak staan de LED en de diode in tegengestelde richting. Een stroom van links wordt tegengehouden door de diode, stroom van rechts wordt tegengehouden door de LED. Er zal dus nooit stroom kunnen lopen door de bovenste tak en de bovenste LED zal dus niet branden. In de onderste tak staan de LED en de diode in dezelfde richting. Hier kan een stroom naar rechts doorlopen. Stroom naar links wordt tegengehouden. De spanningsbron in deze schakeling geeft een wisselspanning. Dit betekent dat er afwisselend stroom naar de ene kant en stroom naar de andere kant zou lopen ware het niet dat er, door de LED en diodes, maar in één richting daadwerkelijk stroom kan lopen. De onderste LED zal dus maar de helft van de tijd aan zijn en dus knipperen in hetzelfde tempo als de wisselspanning. Als de frequentie van de wisselspanning hoog is zal dit knipperen te snel gaan om te zien. De onderste LED lijkt dan continu op half vermogen te branden.

c) In deze schakeling staan een NTC (Negatieve Temperatuurs Coefficient) en een Ohmse weerstand in serie. Parallel aan de Ohmse weerstand staat een lampje. Een NTC is een temperatuurgevoelige weerstand waarbij de weerstand afneemt naarmate de temperatuur toeneemt. De spanning van de spanningsbron verdeelt zich over de NTC en de weerstand+lampje. Hoe groter de weerstand hoe groter het aandeel van de spanning. Als de temperatuur toeneemt, en dus de weerstand van de NTC afneemt, neemt de weerstand+lampje een relatief groter deel van de totale weerstand voor zijn rekening. Bij stijgende temperatuur neemt de spanning over de Ohmse weerstand en het lampje dus toe en zal het lampje dus feller gaan branden.

43 Huisinstallatie

De zekering verbreekt het contact als er een stroom loopt van meer dan 16 A. Het totale vermogen dat er nog net gebruikt kan worden kunnen we berekenen met P = U·I.

P = 230 · 16 = 3680 W

Als de oven aanstaat is er dus nog maar 3680 - 2500 = 1180 W over. Als de waterkoker van 1800 W aangezet wordt wordt de stroom groter dan 16 A en zal de zekering de stroom onderbreken. De waterkoker kan dus niet tegelijk met de oven gebruikt worden.

44 Elektriciteitsproductie en -opslag
a) In een gascentrale wordt aardgas verbrandt. Hierbij komt CO_2 vrij wat slecht is voor het milieu (broeikaseffect). Voordeel van gascentrales is dat ze makkelijk aan- en uit te schakelen zijn afhankelijk van de elektriciteitsbehoefte en dat aardgas (momenteel) in voldoende mate beschikbaar is.

b) Kerncentrales kunnen met een extreem kleine hoeveelheid uranium veel energie opwekken. Nadeel is het radioactieve afval dat onstaat en het feit dat ze door de extreme veiligheidsmaatregelen duur zijn om te bouwen.

c) Windmolens hebben als voordeel dat ze geen brandstof verbruiken en zo zonder CO_2-uitstoot elektriciteit opwekken. Nadeel is de ruimte die ze innemen en de overlast die ze veroorzaken voor omwonenden.

45 Moleculen & fasen
a) In Binas tabel 11 vinden we dat het smeltpunt van ethanol 159 K is en het kookpunt 351 K. -10 °C is gelijk aan -10+273 = 263 K en dat ligt tussen het smeltpunt en het kookpunt in. Ethanol is dus vloeibaar bij deze temperatuur.

b) In Binas tabel 8 vinden we dat het smeltpunt van ijzer 1811 K is. 500 °C is gelijk aan 500+273 = 773 K en dat ligt onder het smeltpunt. IJzer is bij deze temperatuur nog niet gesmolten dus dus vast.

c) In Binas tabel 12 vinden we dat het kookpunt van lucht rond de 80 K ligt (lucht is geen zuivere stof maar een mengels). 120 K ligt hier nog boven dus lucht is bij 120 K nog gewoon gasvormig.

46 Warmte & temperatuur
Een liter water weegt bij een dichtheid van 0,998 kg m^{-3}(Binas tabel 11) 0,998 kg. De soortelijke warmte van water vinden we ook in Binas tabel 11: 4180 $Jkg^{-1}K^{-1}$. Het kookpunt van water is 100 °C. Om het vanaf 20 °C aan de kook te brengen moet de temperatuur dus 80 °C stijgen. We vullen in in de formule voor soortelijke warmte

c = 4180 J $kg^{-1}K^{-1}$
m = 0,50 · 0,998 kg
ΔT = 80 °C

en vinden dan

Q = 4180 · 0,5 · 0,998 · 80

Q = 166866 J

Afgerond is dit een energie van $1,7 \cdot 10^5$ J.

47 Warmtetransport
Een constante temperatuur betekent dat er warmte-evenwicht in de koelkast is. Dit betekent dat er evenveel warmte de koelkast in komt als er uit gaat. De warmte die de koelkast in komt berekenen we met de formule voor warmtestroom door geleiding. We vullen in

λ = 0,029 $Wm^{-1}K^{-1}$
A = 7,0 m^2
ΔT = 16,0 °C
d = 0,020 m

We vinden dan

P_{in} = 162,4 W

Omdat er warmte-evenwicht is geldt $P_{uit} = P_{in}$. Afgerond vinden we dan $P_{uit} = 1,6 \cdot 10^2$ W.

48 Stofeigenschappen
De atomaire massa van ijzer vinden we in Binas tabel 99: 55,85 u. Voor het omrekenen naar kg kijken we in Binas tabel 7. Hier vinden we dat 1 u = $1,66054 \cdot 10^{-27}$ kg. De massa van één ijzeratoom is dus

$55,85 \cdot 1,66054 \cdot 10^{-27} = 9,27412 \cdot 10^{-26}$ kg

Het aantal ijzeratomen in het blokje is de massa van het blokje gedeeld door de massa van een ijzeratoom. We vinden dan

$0,078 / 9,27412 \cdot 10^{-26} = 8,4105 \cdot 10^{23}$

Afgerond bevat het blokje dus $8,4 \cdot 10^{23}$ ijzeratomen.

49 Debiet & stroming
a) Het oppervlak van de doorsnede van de buis berekenen we met $A = \pi r^2$ met r de halve diameter. We vinden dan $A = \pi \cdot 0,15^2 = 0,070686$ m^2. Voor het debiet (Q) vinden we dan met Q = A·v

$Q = 0,070686 \cdot 2,4 = 0,1696$ m^3/s

Afgerond is dit een debiet van 0,17 m^3/s.

b) Het debiet in de buis is voor en na de vernauwing blijft gelijk alleen de doorsnede en de doorstroomsnelheid veranderen. Voor het oppervlak van de doorsnede vinden we nu $A = \pi \cdot 0,075^2 = 0,017671$ m^2. Voor de snelheid vinden we nu met v = Q/A

$v = 0,1696/0,017671 = 9,5973$ ms^{-1}

Afgerond een snelheid van 9,6 ms^{-1}.

50 Zonnestelsel
Alle gegevens van planeten in het zonnenstelsel staan in Binas tabel 31. Alles wat hier in wit staat aangegeven is een planeet.

a) De straal van de planeet zelf staat in de 8e kolom. Hier is te zien dat Jupiter de grootste straal heeft ($69,91 \cdot 10^6$ m).

b) De baanstraal (4e kolom) is de straal van de baan die de planeet om de zon beschrijft. Omdat de zon in het midden staat is is baanstraal ook de afstand tot de zon. Mercurius is de planeet met de kleinste baanstraal en staat dus het dichtst bij deze zon. (De baanstralen van de manen in tabel 31 zijn veel kleiner maar dit is de afstand tot de planeet waar ze om draaien en niet de afstand tot de zon).

c) In tabel 31 staan de maantjes Phobos en Deimos onder de planeet Mars.

d) De aarde is de enige planeet met maar één maan (laatste kolom).

51 Maan en maanfasen
Omdat de zon vanaf één kant op de maan schijnt is de maan is altijd voor de helft verlicht en voor de andere helft donker. Op het moment dat de achterkant verlicht is is de kant waar we naar kijken donker. Dit heet nieuwe maan.

52 Planeet- en satellietbanen
De snelheid is de snelheid van de buitenkant van het wiel en dus gelijk aan de baansnelheid van de massa. De middelpuntzoekende kracht berekenen we met

$F_{mpz} = m \cdot v^2/r$

We vullen in

m = 2,5 kg
v = 333,33 ms^{-1} (1200 km/h)
r = 0,225 m

en vinden dan

$F_{mpz} = 1{,}2345 \cdot 10^{6}$ N

Afgerond is dit een middelpuntzoekende kracht van $1{,}2 \cdot 10^{6}$ N.

53 Gravitatiekracht & valversnelling
We vullen in in de formule

$G = 6{,}67384 \cdot 10^{-11}$ (Binas tabel 7)
m_1 = 2,0 kg
m_2 = 7,5 kg
r = 0,50 m

en vinden dan

$F_g = 6{,}67384 \cdot 10^{-11} \cdot 2{,}0 \cdot 7{,}5 / (0{,}50)^2$

$F_g = 4{,}0043 \cdot 10^{-9}$ N

Afgerond is dit een gravitatiekracht van $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N. Deze kracht werkt op beide bollen. Bol A wordt met $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N door bol B aangetrokken en bol B wordt met $4{,}0 \cdot 10^{-9}$ N door bol A aangetrokken.

54 Elektromagnetisch spectrum
In Binas tabel 30E is te zien welke straling door de dampkring wordt geabsorbeerd. Radiostraling met λ tussen de 10 cm en 10m wordt niet geabsorbeerd en kan dus vanaf het aardoppervlak worden waargenomen. Zichtbaar licht en een deel van infrarood met λ microgolfstraling (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

t = s/v

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}

geeft

t = 4,3478 (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

t = s/v

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}

geeft

$t = 4{,}34783 \cdot 10^{17}$ s

microgolfstraling (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
T = 7000 K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

t = s/v

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}

geeft

$t = 4{,}34783 \cdot 10^{17}$ s

Als we dit omrekenen naar jaren is dit

$t = 4{,}34783 \cdot 10^{17} / (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) = 13{,}7869 \cdot 10^{9}$ jaar

Afgero (λ rond de cm) komt deels nog door de dampkring heen.

Andere soorten straling worden door de dampkring geabsorbeerd en kunnen dus niet vanaf het aardoppervlak worden waargenomen.

55 Sterren & straling
a) We vullen in in de wet van Wien

$k_W = 2{,}89777 \cdot 10^{-3}$ mK
$T = 7000$ K

en vinden dan

$\lambda_{max} = 4{,}1397 \cdot 10^{7}$ m

Dit is omgerekend en afgerond een golflengte van 414,0 nm.

b) In Binas tabel 19A vinden we dat 414,0 nm violet licht is. De uitgezonden straling is een Planckromme die veel breder is en zich naar beide kanten uitstrekt. Daardoor zijn er ook andere kleuren licht die uitgezonden worden. De ster zal hierdoor niet violet zijn maar blauwachtig wit.

56 Sterrenstelsels & oerknal
Wanneer je aanneemt dat de snelheid constant is kun je de formule voor eenparige beweging gebruikt om terug te rekenen hoe lang het sterrenstelsel er over heeft gedaan om deze afstand te bereiken. Uit v=s/t volgt

$t = s/v$

Invullen van $s = 40 \cdot 10^{24}$ m
$v = 92 \cdot 10^{6}$ ms^{-1}

geeft

$t = 4{,}34783 \cdot 10^{17}$ s

Als we dit omrekenen naar jaren is dit

$t = 4{,}34783 \cdot 10^{17} / (365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60) = 13{,}7869 \cdot 10^{9}$ jaar

Afgerond 14 miljard jaar.

Alfabetische index

α-verval 32
β-verval 32
γ-verval 32
1e wet van newton 15
2e wet van newton 15
aangrijpingspunt 11
aardgas 44
aardleiding 43
aardlekschakelaar 43
absolute nulpunt 46
absorptie 30
accu 44
achtergrondstraling 34
activiteit 33
afgelegde weg 8
afgeleide eenheden 1
afleiden 2
afstandssensor 8
afwijkingen 4
aggregatietoestanden 45
ampèremeter 36
amplitude 23
arbeid 19
armen 16
atomaire massa 48
atomaire massaeenheid 31
baansnelheid 52
basiseenheden 1
batterij 44
besmetting 34
bestraling 34
big bang 56
binas 3
bot 30
boventonen 28
brandstofcel 44
buis 28
calorimeter 47
cardiogram 23
cat 30
celsius 46
chemische energie 17
clusters 56
coördinatentransformatie 7
condenseren 45
conductantie 38
ct-scan 30
debiet 49
diagram 6
dichtheid 45
diode 42
doordringend vermogen 29
dosimeter 34
dosis 34
dosisequivalent 34
draaipunt 16
dracht 29
ecg 23
echoscopie 35
eenheid 1
eenparige beweging 9
eenparige versnelde beweging 9
eerste kwartier 51
eerste kwartier 51
eigenfrequentie 25
eigentrilling 25
elektriciteitscentrale 44
elektrisch vermogen 41
elektromagnetisch spectrum 54
elektronenschil 31
energie 17
energiebalans 18
evenaar 52
evenredig 7
evenredigheidsconstante 7
evenwicht 11
evenwichtsstand 23
extrapoleren 6
fasedraad 43
fmpz 52
formule 2
fossiele brandstoffen 44
frequentie 23
gammascintigrafie 35
gas 45
gedempte trilling 23
gedwongen trilling 25
gehoorgrens 27
geiger-müller-teller 33
geleider 36
geleidingselektronen 48
geleidingsvermogen 38
geluid 27
gemiddelde snelheid 9
generator 44
geostationaire baan 52
gesloten uiteinde 28
gewicht 12
golflengte 26
golfsnelheid 26
golven 26
grafiek 6
gravitatiekracht 53
grondeenheden 1
grondtoon 28
grootheid 1
halveringsdikte 30
halveringstijd 33
harmonische trilling 24
harmonischen 28
hefboomwet 16
hellingsgetal 6
hellingspercentage 6
hokjesmethode 10
hoogspanningsleidingen 44
infraroodstraling 54
interpoleren 6
ioniserend vermogen 29
ioniserende straling 29
isolator 36
isotopen 31
kelvin 46
kerndeeltjes 31
kernenergie 44
kilowattuur 41
kinetische energie 17
komeetstaart 50
kometen 50
kookpunt 45
kopstaartmethode 11
kortsluiting 43
kosmische straling 34
kracht 11
krachtcomponenten 13
krachtlijn 16
krachtmeter 11
kwadratisch 7
kwh 41
laatste kwart 51
laatste kwartier 51
ladingsgetal 31
ldr 42
led 42
lichaamsmassa 34
lichtjaren 55
lichttelescoop 54
longitudinaal 26
lopende golf 26
luchtwrijving 14
maanfasen 51
manen 51
massa-veersysteem 24
massagetal 31
medium 27
meetfouten 4
meetonzekerheid 4
melkweg 56
metalen 48
meteoor 50
meterkast 43
meteroriet 50
microgolfstraling 54
middelpuntzoekende kracht 52
moleculen 45
molecuulfasen 45
nettokracht 11
neutronen 31
nieuwe maan 51
nieuwe maan 51
normaalkracht 12
ntc 42
nucleonen 31
nuldraad 43
oerknal 56
ohmse weerstand 38
omgekeerd evenredig 7
omgekeerd kwadratisch 7
omschrijven 2
onafhankelijke variabele 6
ontbinden 13
oppervlaktemethode 10
optellen en aftrekken 4
optische telescoop 54
orde van grootte 5
oscilloscoop 23
paralellogrammethode 11
parallelschakeling 39
periode 23
plaatsdiagram 8
positron 32
potentiële energie 17
protonen 31
ptc 42
röntgenfoto's 30
raaklijn 10
radioactief 32
radiostraling 54
radiotelescopen 54
reflectie 30
rekenmachine 3
rendement 21
resolutie 35
resonantie 25
resulterende kracht 11
rijpen 45
rolwrijving 14
ruimtetelescopen 54
satellieten 52
scheurlijn 6
schuifwrijving 14
sciencedata 3
seismogram 23
serieschakeling 39
significante cijfers 4
sinusvormig 24
smelten 45
smeltpunt 45
snelheidsdiagram 8
somkracht 11

soortelijke warmte 46
soortelijke weerstand 40
spankracht 12
spanningsbron 37
spanningsdeler 39
staande golf 28
standaardnotatie 4
steenkool 44
sterren 55
sterren 55
sterrenstelsels 56
stofeigenschappen 48
stollen 45
stookwaarde 22
stopcontact 43
stroboscoop 8
stroomsterkte 36
stugheid 12
sublimeren 45
symbool 1
système international 1
systematische fouten 4
tabel 6
temperatuur 46
tijdbasis 23
toevallige fouten 4
totale weerstand 39
traagheid 15
tracer 35
transformator 43
transmissie 30
transversaal 26
trilling 23
trillingstijd 23
turbine 44
u,t-diagram 23
uitdijend heelal 56
uitwijking 23
uitzetting 45
ultrasoon geluid 35
ultrasound 35
v,t-diagram 8
vallen 9
vallende ster 50
valversnelling 9
vanderwaalskracht 45
vaste stof 45
vector 11
veerconstante 12
veerkracht 12
veerunster 11
verband 7
verdampen 45
vermogen 20
verplaatsing 8
versnelling 9
vervalreeks 32
vervalsoorten 32
vervangingsweerstand 39
vloeistof 45
volle maan 51
volle maan 51
voltmeter 37
voortplantingsnelheid 26
voorvoegsel 1
vrije elektronen 36
vrije val 9
warmte 46
warmtegeleiding 47
warmtegeleidingscoëfficient 47
warmtepomp 22
warmtestraling 47
warmtestroming 47
warmtestroom 47
waterkracht 44
waterstofcel 44
weegfactoren 34
weerstand 38
weglengteverschil 26
wet van behoud van energie 18
wet van ohm 38
wet van wien 55
wetenschappelijke notatie 4
wetten van newton 15
windturbines 44
wisselspanning 43
wrijving 14
x,t-diagram 8
zacht weefsel 30
zekering 43
zonnecellen 44
zonnestelsel 50
zuivere toon 27
zwaarte-energie 17
zwaartekracht 12
zwaartepunt 12