

Inhoud

De toets gaat over hoofdstukken 4 (trillingen) hoofdstuk 6 (energie) van Overal Natuurkunde. Ook moet je paragraaf 3.5 kennen (arbeid)

4.1 Eigenschappen van trillingen

Leerdoelen boek

je kan:

- trillingen herkennen en voorbeelden van trillingen geven
- uitleggen wat een trilling is
- de kenmerken van een trilling noemen
- van trillingen de amplitude en evenwichtsstand bepalen
- bij uitwijkingen aangeven wanneer ze positief of negatief zijn
- trillingstijden zo nauwkeurig mogelijk bepalen
- bij een gegeven trillingstijd de frequentie berekenen en andersom

Begrippen

- **periodieke beweging:** een beweging die zich steeds herhaalt
- **trilling:** een periodieke beweging met een evenwichtsstand
- **evenwichtsstand:** de plek waarin een voorwerp dat kan trillen stilstaat
- **uiterste standen:** het punt waarop de snelheid van het trillende voorwerp nul is
- **amplitude:** de afstand van de uiterste stand tot de evenwichtsstand
- **uitwijking:** de afstand tot de evenwichtsstand op een willekeurig moment in de trilling
- **gedempte trilling:** een trilling waarvan de amplitude over tijd afneemt door wrijving
- **trillingstijd/periode:** de tijdsduur van een volledige trilling
- **frequentie:** het aantal trillingen per seconde.

Grootheden en eenheden

Grootheid	Symbool	Eenheid	Afkorting
Amplitude	A	meter	m
Uitwijking	u	meter	m
Trillingstijd/periode	T	seconde	s
Frequentie	f	Hertz of per seconde	Hz of s ⁻¹

Formules

$$T = 1/f$$

$$f = 1/T$$

$$f = (\text{aantal trillingen}) / (\text{totale tijdsduur})$$

$$T = (\text{totale tijdsduur}) / (\text{aantal trillingen})$$

4.2: Trillingen in beeld

Leerdoelen boek

Je kan...

- uit een (u,t)-diagram trillingstijd, periode en amplitude aflezen
- aan een (u,t)-diagram herkennen of een trilling harmonisch is
- beelden van een oscilloscoop interpreteren
- uitleggen wat een ecg is

Begrippen

- **(u,t)-diagram** oftewel uitwijking-tijd diagram. Een grafiek met op de horizontale as de tijd (t) en op de verticale as de uitwijking (u).
- **harmonische trilling**: een trilling waarvan de grafiek in het (u,t)-diagram sinusvormig is.
- **oscilloscoop**: apparaat die een elektrische trilling zichtbaar maakt (maakt een (u,t)-diagram)
- **oscillogram**: plaatje dat een oscilloscoop maakt ((u,t)-diagram)
- **toongenerator**: maakt harmonische trillingen met regelbare frequentie en amplitude
- **sensor**: zet niet elektrische grootheid om naar elektrisch signaal
- **(elektro)cardiogram** oftewel **ecg**: (u,t)-diagram van de klopping van het hart

4.3: Resonantie en demping

Leerdoelen boek:

Je kan:

- verklaren waarom voorwerpen soms resoneren met gedwongen trillingen van buitenaf;
- in grafieken het verschijnsel demping herkennen;
- een voorbeeld geven van schadelijke resonantie en nuttige resonantie;
- aan de hand van de krachten die bij een trilling optreden, bepalen of een trilling harmonisch is;
- rekenen aan een massaveersysteem.

Begrippen

- De **eigenfrequentie** is de frequentie van de **eigen trilling** van een voorwerp. Dit is de frequentie waarmee een voorwerp van nature trilt.
- Elk voorwerp heeft een eigen eigenfrequentie. De eigenfrequentie hangt af van het materiaal en vorm van het voorwerp.
- Bij **demping** is er energieverlies door wrijving. De frequentie van de trilling blijft gelijk maar de amplitude neemt af.
- Bij **resonantie** trilt een voorwerp mee met een trilling van buiten. Hiervoor moet de frequentie van de gedwongen trilling van buiten ongeveer gelijk zijn aan de eigenfrequentie.
- Bij resonantie kan de amplitude enorm toenemen.
- voorbeeld van nuttige resonantie: muziekinstrumenten

- voorbeeld van schadelijke resonantie: erasmusbrug die meetrilde met wind, auto in paris-dakar race (zie opdracht 49)
- de **veerkracht** is de kracht waarmee een veer op uitrekking reageert
- de **veerconstante** bepaalt hoe groot de veerkracht bij een bepaalde uitrekking is.
- bij een trilling is de kracht die de trilling veroorzaakt gericht naar de evenwichtsstand
- bij een harmonische trilling is die kracht ook recht evenredig met de uitwijking
- een **massaveersysteem** is een spiraalveer met een gewichtje er aan.

Grootheden en eenheden

Grootheid	Symbol	Eenheid	Afkorting
Veerkracht	F_v	Newton	N
Veerconstante	C	Newton per meter	N/m
Massa	m	kilogram	kg

Formules

$$F_v = C \cdot u$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{c}}$$

4.4: Cirkelbewegingen

Leerdoelen boek:

Je kan:

- uit het toerental en de straal de baansnelheid berekenen;
- in verschillende situaties herkennen welke kracht zorgt voor de middelpuntzoekende kracht;
- op verschillende punten van een cirkelbaan de snelheid- en krachtvector tekenen;
- berekeningen uitvoeren met de formule voor middelpuntzoekende kracht bij een cirkelbeweging.

Begrippen

- Bij een **cirkelbeweging** beweegt een voorwerp in een cirkel.
- De snelheid van een voorwerp in een cirkelbaan noem je de **baansnelheid**.
- De **omlooptijd** is hoe lang het duurt voordat een voorwerp één rondje heeft gemaakt.
- De frequentie is het aantal rondjes dat het voorwerp per seconde (of andere tijdseenheid) maakt.
- Bij een **eenparige cirkelbeweging** is de baansnelheid constant. De meeste cirkelbewegingen in opdrachten zijn eenparig!
- **toerental** is een andere naam voor de frequentie van een cirkelbeweging, met vaak de eenheid omwenteling per minuut (60 omwentelingen per minuut = 1 Hz).

- Bij cirkelbeweging is er een **middelpuntzoekende** kracht, deze is altijd gericht naar het midden van de cirkel en staat loodrecht op de omtrek. De grootte van de middelpuntzoekende kracht is constant (bij eenparige cirkelbeweging).

Grootheden en eenheden

Grootheid	Symbool	Eenheid	Afkorting
Baansnelheid	v	meter per seconde	m/s
Straal (of radius)	r	meter	m
Omlooptijd	T	seconde	s
Middelpuntzoekende kracht	F_{mpz}	Newton	N

Formules

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

$$v = \frac{\text{cirkelomtrek}}{\text{tijdsduur}} = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi \cdot r \cdot f$$

Paragraaf 3.5

Arbeid is de hoeveelheid energie die een kracht verricht wanneer deze een voorwerp verplaatst. De eenheid van arbeid is dus Joule (want het is energie).

Wanneer er dus **geen verplaatsing** wordt er **geen arbeid verricht**.

Ook wordt er geen arbeid verricht wanneer de beweging **loodrecht** op de kracht staat.

Wanneer de kracht in **dezelfde richting** van de verplaatsing is, dan is de arbeid positief.

Wanneer de kracht in de **tegengestelde richting** van de verplaatsing is, dan is de arbeid negatief.

De werken van verschillende krachten mag je bij elkaar optellen. Wanneer de totale arbeid negatief is, dan neemt de snelheid af. Is de totale arbeid positief, dan is er versnelling.

De formule voor arbeid is:

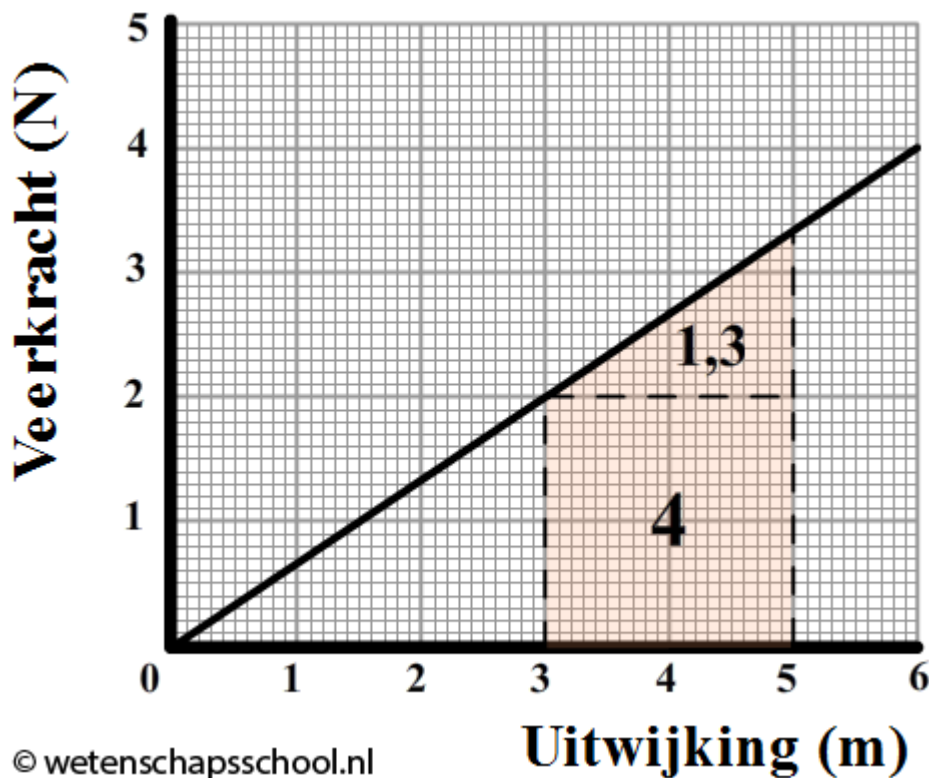
$$W = F \cdot s$$

met W de arbeid, F de kracht (in Newton) en s de afstand (in meter). Deze formule geldt alleen bij **constante** kracht.

Wanneer de kracht niet constant is, kan je de arbeid **bepalen** met een F,x diagram (dus op de x-as de as de verplaatsing, en op de y-as de kracht). De verrichte arbeid is de oppervlakte onder de grafiek.

voorbeeld:

Je ziet hieronder een diagram van de veerkracht als functie van de uitrekking (= verplaatsing). Je wil bepalen hoeveel arbeid de veerkracht verricht wanneer je hem uitrekt van 3 tot 5 meter.



De oppervlakte onder de grafiek (rood) is $4 \text{ N m} + 1,3 \text{ N m} = 5,3 \text{ Nm}$. Dit betekent dus dat de veerkracht $-5,3 \text{ J}$ arbeid verricht wanneer je de veer uitrekt van 3 m tot 5 m.

Let op, deze arbeid is negatief, want de richting van de verplaatsing is tegengesteld aan de richting van de kracht.

Paragraaf 6.1

- Je moet de volgende energiesoorten kunnen herkennen:
 - Elektrische energie
 - Warmte
 - Lichtenergie
 - Chemische energie
 - Mechanische energie
 - Bewegingsenergie (kinetische energie)
 - Zwaarte-energie (potentiele energie)
 - Veerenergie

Je moet weten wat **gebruikte energie**, **nuttige energie** en **ongewenste energie** is.

Paragraaf 6.2

Je moet de volgende energieën kunnen berekenen:

Zwaarte-energie:

$$E_z = m g h$$

Bewegingsenergie:

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

Hierbij is m de massa in kilogram, g de valversnelling (= 9,81 m/s², uit je hoofd leren!), h de hoogte in meter en v de snelheid in meter per seconde.

voorbeeldopgave die je moet kunnen doen:

Opgave

Een bal (1 kilogram) valt van 10 meter hoogte. Bereken de snelheid waarmee hij de grond raakt. Verwaarloos de wrijvingskracht.

Uitwerking

(bereken eerst de zwaarte-energie, bij het begin van de val. Die is gelijk aan de bewegingsenergie als de bal de grond raakt, want alle zwaarte-energie in het begin wordt omgezet naar bewegingsenergie op het eind. Reken dan de snelheid uit).

$$m = 1 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = 10 \text{ m}$$

Voor	Na
$E_z = mgh = 1 * 9,81 * 10 = 98,1 \text{ J}$ $E_k = 0 \text{ J}$	$E_z = 0 \text{ J}$ $E_k = \frac{1}{2} m v^2 = 98,1 \text{ J}$
totale energie 98,1 J	totale energie 98,1 J

$$E_k = 98,1 \text{ J} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} * 1 * v^2$$

$$v^2 = 98,1 / (\frac{1}{2}) = 196,2$$

$$\text{eindantwoord: } v = \sqrt{196,2} = 14 \text{ m/s}$$

Paragraaf 6.3

Deze paragraaf gaat over het behoud van energie.

Totale energie voor = totale energie na

Voor deze paragraaf moet je dus kunnen berekenen hoeveel energie er voor en na een energieomzetting, en in welke energievormen dat zijn. De totale energie voor en na moet gelijk zijn, hiermee kan je dus bijvoorbeeld de vrijgekomen warmte Q berekenen, ook al staat er geen formule voor Q in het boek. Voorbeeld:

Verder moet je het begrip arbeid kennen. De formul

Voorbeeld:

Een fietser (totale massa 80 kg) rolt zonder te trappen een heuvel af. De beginsnelheid is 2 m/s. De totale afstand die de fietser aflegt is 100 meter. Het hoogteverschil is 6 m. Onderaan heeft de fietser een snelheid van 8 m/s.

Bereken de gemiddelde wrijvingskracht tijdens de rit.

uitwerking

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = 17 \text{ m}$$

$$s = 100 \text{ m}$$

$$v = 2 \text{ m/s}$$

$$v = 8 \text{ m/s (eindsnelheid)}$$

Eerst berekenen we de vrijgekomen warmte Q door de energieën boven- en onderaan de heuvel te vergelijken. Daarna berekenen we de wrijvingskracht door de arbeid W van de wrijvingskracht gelijk te stellen aan de vrijgekomen warmte.

Voor	Na
$E_z = mgh = 80 \cdot 9,81 \cdot 6 = 4,70 \cdot 10^3 \text{ J}$ $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = 80/2 \cdot 2^2 = 1,60 \cdot 10^2 \text{ J}$ $Q = 0 \text{ J}$	$E_z = 0 \text{ J}$ $E_k = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} \cdot 80 \cdot 8^2 = 2,56 \cdot 10^3 \text{ J}$ $Q = ?$
totale energie = $4,86 \cdot 10^3 \text{ J}$	totale energie = $4,86 \cdot 10^3 \text{ J}$

$$\text{dus } Q = 4,86 \cdot 10^3 - 2,56 \cdot 10^3 = 2,30 \cdot 10^3 \text{ J}$$

De verrichte arbeid van de wrijvingskracht is gelijk aan min de vrijgekomen warmte, dus:

$$Q = W = F s$$

$$2,30 \cdot 10^3 = F \cdot 100$$

$$F = 230 \text{ N}$$

Paragraaf 6.4

Deze paragraaf gaat over chemische energie. Chemische energie is opgeslagen in brandstof, wanneer je deze brandstof verbrandt wordt de chemische energie omgezet naar andere energievormen.

Bijvoorbeeld, in een verbrandingsmotor van een auto wordt benzine verbrand om de auto in beweging te brengen. Hier wordt dus chemische energie omgezet naar bewegingsenergie en warmte.

De hoeveelheid chemische energie hangt af van de **hoeveelheid brandstof** (of de massa m of het volume V) en de **stookwaarde** C_v of C_m van de brandstof. Stookwaardes zijn te vinden in Binas 28B.

Voor vloeistoffen zoals benzine of gassen gebruik je het volume van de brandstof om de chemische energie die de brandstof bevat te berekenen:

$$E_{\text{chem}} = C_v V$$

Let op, in Binas staat de stookwaarde voor vloeistoffen in Joule per kubieke meter (J m^{-3}). Het volume wordt vaak gegeven in liter, dan moet je eerst omrekenen naar kubieke meter. 1 kubieke meter = 1000 liter.

Voor vaste stoffen, zoals steenkool, bereken je de chemische energie met de massa:

$$E_{\text{chem}} = C_m m$$

Paragraaf 6.5

Je moet weten dat het **vermogen (symbool P , eenheid Watt (W) = Joule per seconde (J s^{-1}))** de hoeveelheid energie (E) die een apparaat per seconde gebruikt. formule:

$$E = P \times t$$

ook: $W = E \times t$

Hierbij is E de energie (in Joule) en t de tijd (in seconden).

Niet alle energie die een apparaat verbruikt wordt omgezet naar een nuttige vorm van energie. De verhouding nuttige energie : verbruikte energie noem je het rendement (η). Het rendement is ook gelijk aan de verhouding nuttig vermogen : totaal vermogen

Formule voor rendement:

$$\eta = \frac{E_{\text{nut}}}{E_{\text{in}}} = \frac{P_{\text{nut}}}{P_{\text{in}}}$$

Rendement is altijd kleiner dan of gelijk aan 1,0 (100%).

Bij een beweging met **constante snelheid** bestaat er ook een verband tussen vermogen (P), snelheid (v, in meter per seconde) en kracht (F, in Newton):

$$P = F \times v$$

afleiding:

$$v = s / t$$

$$W = F \times s$$

$$P = W / t$$

$$F \times v = F \times s / t = W / t = P$$