

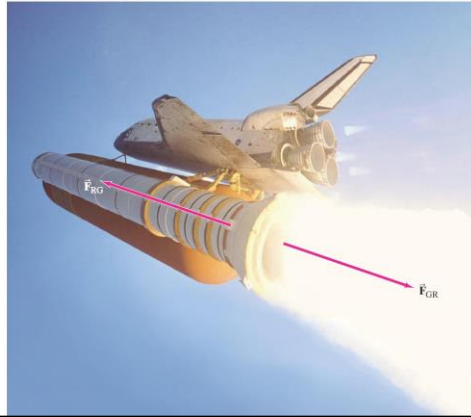
Hoofdstuk 4

Essential University Physics

Richard Wolfson 2nd Edition

Kracht en Beweging

Force and Motion



Giancoli

1

4.1 De Verkeerde Vraag

- **Aristoteles (384 – 322 BC):**

Om iets in beweging te houden zijn trek- of duwkrachten nodig.

- **Galileo:(1564 –1642):**

Voorwerpen bewegen of bewegen niet. Hiervoor zijn geen krachten nodig.

Krachten zorgen voor verandering van beweging.

- **Newton (1642 –1727):**

Drie wetten i.v.m. krachten.

4.2, 4.6 Eerste, Tweede en Derde Wet van Newton

Eerste wet van Newton: Een voorwerp dat met constante snelheid beweegt, blijft met deze constante snelheid bewegen en een voorwerp dat in rust is, blijft in rust, tot wanneer er op het voorwerp een netto-kracht verschillend van nul wordt uitgeoefend.

Tweede wet van Newton: Het tempo waarmee de impuls van een voorwerp verandert is gelijk aan de netto-kracht die werkt op het voorwerp:

$$\vec{F}_{\text{net}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Derde wet van Newton: Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan zal voorwerp B een even grote maar tegengestelde kracht uitoefenen op voorwerp A.

© Johan D'heer

3

- **Eerste wet:**
In het geval dat er geen netto-kracht werkt op het voorwerp gaat de beweging van het voorwerp niet veranderen, d.w.z.
 - Is het voorwerp in rust dan blijft het in rust.
 - Is het voorwerp in beweging, dan blijft het bewegen met constante snelheid.
 - Constante snelheid betekent bewegen in een rechte lijn met constante 'speed'.
- De eerste wet toont aan dat bewegen met constante snelheid geen oorzaak of verdere verklaring vergt.
- De eerste wet is eigenlijk een bijzonder geval van de tweede wet, nl. het geval dat er geen netto-kracht werkt op het voorwerp (zie verder).

© Johan D'heer

4

- De tweede wet zegt kwantitatief hoe krachten de “hoeveelheid van beweging” van een voorwerp veranderen.
 - Newton definieerde “hoeveelheid van beweging” (nu: **impuls**)(linear momentum) van een voorwerp, als het produkt van de massa en de snelheid van dit voorwerp:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

- De tweede wet geeft het verband tussen het tempo van de impulsverandering en de netto-kracht werkend op het voorwerp:

$$\vec{F}_{net} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

- Als de massa constant is, wordt de tweede wet:

$$\vec{F}_{net} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}$$

- De kracht nodig om een massa van 1 kg een versnelling van 1 m/s² te geven is per definitie 1 **newton** (N).

© Johan D'heer

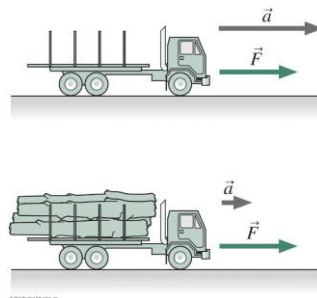
5

De versnelling die een voorwerp krijgt onder invloed van een kracht is:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

⇒ Hoe ‘massiever’ (meer massa) een voorwerp, hoe kleiner de snelheidsverandering.

- De massa m uit de tweede wet is dus een maat voor de **traagheid** (inertie) van een voorwerp, of hoeveel verzet een voorwerp zich tegen een snelheids-verandering.
- Massa is een eigenschap van een voorwerp.



© Johan D'heer

6

- LET OP:
In de tweede wet is sprake van een versnelling. Versnelling wordt gemeten t.o.v. een referentiestelsel.
- De wetten van Newton zijn slechts geldig in een zgn. newtoniaans of inertiaal stelsel. Dit is een assenkruis dat vasthangt aan de “vaste” sterren of met constant snelheid t.o.v. deze sterren beweegt.
- Roterende assenstelsels zijn GEEN inertiaalstelsels. Strikt genomen mag men dus de tweede wet van Newton niet gebruiken op aarde!
- Praktisch: fout verwaarloosbaar en dus wel gebruik maken van de tweede wet van Newton.

Conceptvraag

1. Je staat rechtop stil in een bewegende tram en plots val je naar voren als de tram plots stopt. Welke kracht doet je naar voren vallen?
2. Je zit op de achterbank van een rijdende auto. De auto slaat rechtsaf aan een kruispunt en je schuift naar links. Welke kracht doet je naar links schuiven?

Conceptvraag

Een voorwerp beweegt naar rechts en ondervindt een netto-kracht die naar rechts is gericht.

De grootte van de kracht neemt af met de tijd.

De 'speed' van het voorwerp:

- A) vermindert.
- B) neemt toe.
- C) blijft constant.

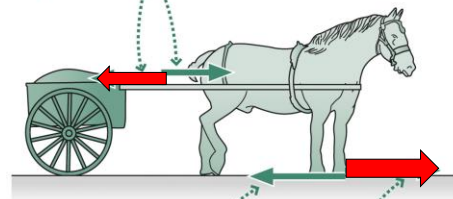
© Johan D'heer

9

Derde wet:
Krachten treden altijd op in paren.

- Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent B een even grote maar tegengestelde kracht uit op A.
- Verouderde formulering:
"Voor iedere actiekracht is er een even grote maar tegengestelde reactiekracht."
- **BELANGRIJK:**
De twee krachten werken op verschillende voorwerpen; ze heffen dus mekaar niet op.

These forces constitute an equal but opposite pair, but they don't act on the same object so they don't cancel.



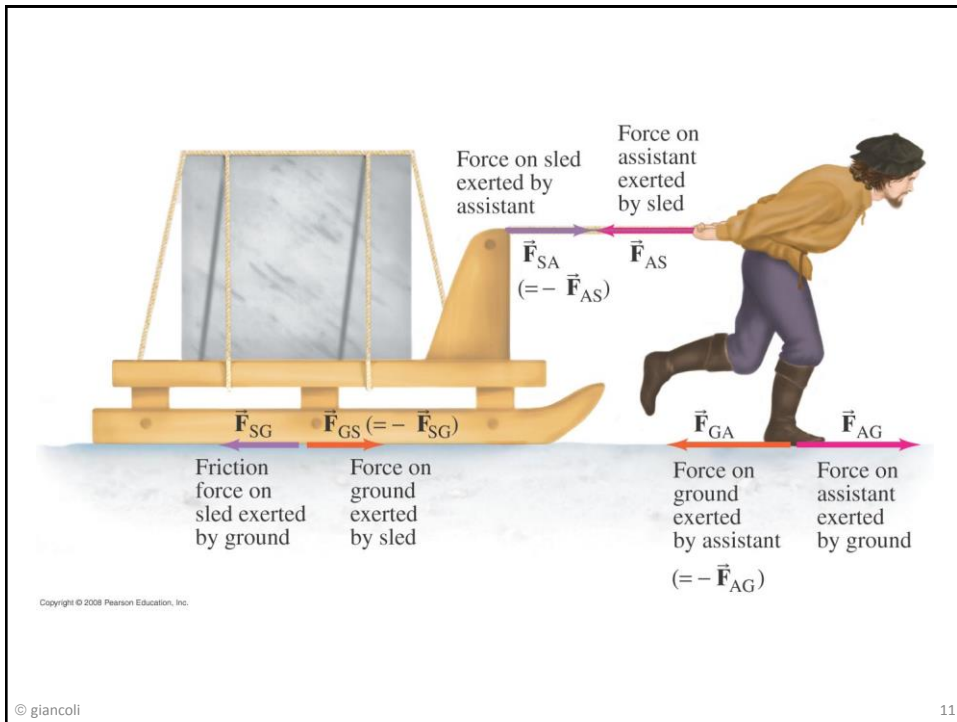
The force on the horse arises as a reaction to the horse pushing back on the road.

The forward force from the road is greater than the backward force from the cart so the net force is forward.

© 2012 Pearson Education, Inc.

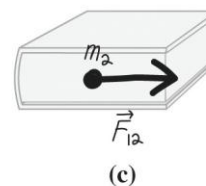
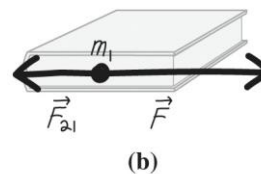
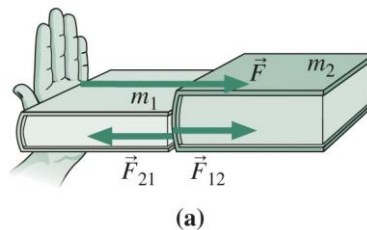
© Johan D'heer

10

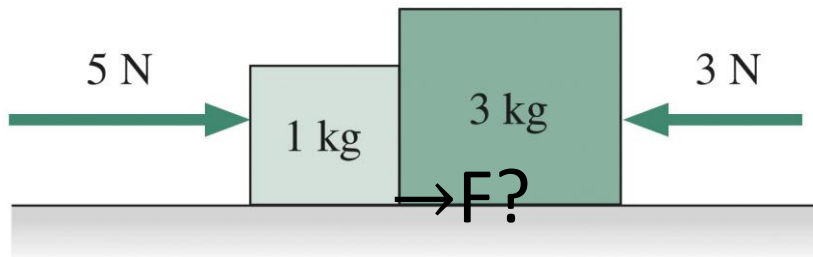


Voorbeeld:

- Duwkracht \vec{F} op massa m_1 .
- Derde wet: \vec{F}_{21} and \vec{F}_{12} .
- Op de twee boeken werken verschillende krachten.
- De krachten tussen de boeken onderling zijn *normaalkrachten*: ze staan loodrecht op de contactoppervlakken.



Hoe groot is de kracht $F?$ die blok 1 op blok 2 uitoefent? 3N, 5N, 4N ...?



© 2012 Pearson Education, Inc.

$$F_{\text{totaal}} = 5\text{ N} - 3\text{ N} = 2\text{ N} \Rightarrow a = 2\text{ N} / 4\text{ kg} = 0,5\text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow F_{2\text{totaal}} = 3\text{ kg} \times 0,5\text{ m/s}^2 = 1,5\text{ N} = F? - 3\text{ N}$$

$$\Rightarrow F? = 3\text{ N} + 1,5\text{ N} = 4,5\text{ N}$$

Controle : $F_{1\text{ totaal}} = \dots$

som krachten op $m_1 = ? = \text{massa} \times \text{versnelling (voor blok 1)}$

Conceptvraag

Een truck van 20 ton botst met een auto van 800 kg.
Tijdens de botsing:

- A) is de kracht op de truck lichtjes groter dan deze op de auto.
- B) is de kracht op de truck even groot als de kracht op de auto.
- C) is de kracht op de auto veel groter dan deze op de truck.
- D) hebben de auto en de truck dezelfde versnelling.

4.3 Fysische krachten

- Met krachten bedoelt men FYSISCHE KRACHTEN, dit zijn krachten die veroorzaakt worden of afkomstig zijn van een fysisch voorwerp.
- Voorbeelden:
 1. Trekkraft van een **touw**.
 2. Normaalkraft: kracht tussen twee **oppervlakken**.
 3. Wrijvingskrachten tussen twee **voorwerpen in contact met elkaar**, of tussen een **voorwerp en een fluïdum**.
 4. Zwaartekracht (aantrekkingskracht tussen **massa's**).
 5. Coulombkracht tussen **geladen deeltjes**.
 6. Kracht tussen twee **magneten**.
- Merk op:
 - 1, 2, 3 : contact krachten (met fysisch contact).
 - 4, 5, 6 : niet-contact krachten (zonder fysisch contact).**(voor deze laatste werd het begrip “krachtveld” ingevoerd)**

© Johan D'heer

15

4.4 Massa, Gewicht en Zwaartekracht

- **Gewicht is de zwaartekracht die werkt op een voorwerp:**

$$\vec{w} = m\vec{g}$$

- Massa hangt niet af van de aanwezigheid of grootte van de zwaartekracht.
- Gewicht hangt af van zwaartekracht en varieert dus met de plaats:
 - Gewicht is verschillend op verschillende planeten.
 - Nabij het aardoppervlak is \vec{g} naar beneden gericht en bedraagt de gemiddelde grootte $9,8 \text{ m/s}^2$ of $9,8 \text{ N/kg}$.
- De versnelling van een voorwerp tengevolge van de zwaartekracht is onafhankelijk van de massa, is dus voor alle voorwerpen gelijk.
- Let wel : bij een valbeweging kan ook de wrijvingskracht belangrijk worden en dan is $\vec{a} \neq \vec{g}$

© Johan D'heer

16

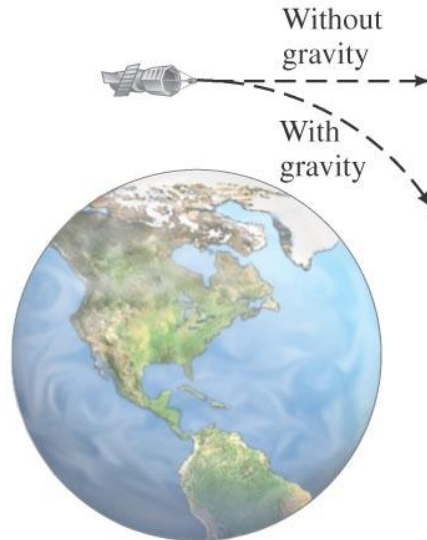
4.4 Massa, Gewicht en Zwaartekracht



Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

1. Op welke hoogte beweegt het ISS zich?
2. En een geostationaire satelliet?
3. Nettokracht op een astronaut in ISS (in rust tov ISS) :
 - a) nul (gewichtloos)
 - b) zelfde gewicht als op aarde
 - c) iets minder gewicht dan op aarde
 - d) ...

© Giancoli

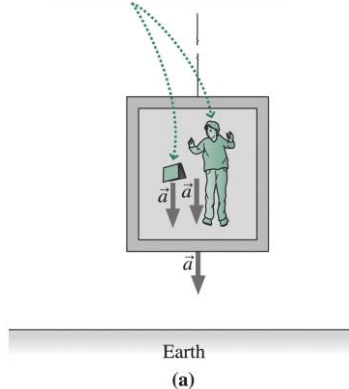


Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

17

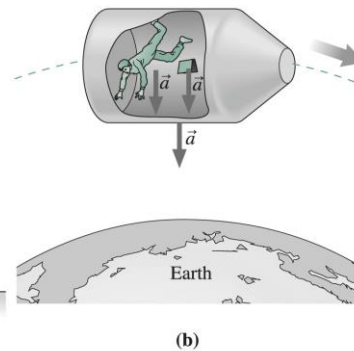
- Voorwerpen in **vrije val**—tengevolge van enkel zwaartekracht—zijn schijnbaar “gewichtloos” omdat ze dezelfde versnelde beweging uitvoeren. Hun onderlinge positie blijft dezelfde en daardoor lijkt het alsof de voorwerpen gewichtloos zijn.

In a freely falling elevator you and your book seem weightless because both fall with the same acceleration as the elevator.



© 2012 Pearson Education, Inc.

Like the elevator in (a), an orbiting spacecraft is falling toward Earth, and because its occupants also fall with the same acceleration, they experience apparent weightlessness.

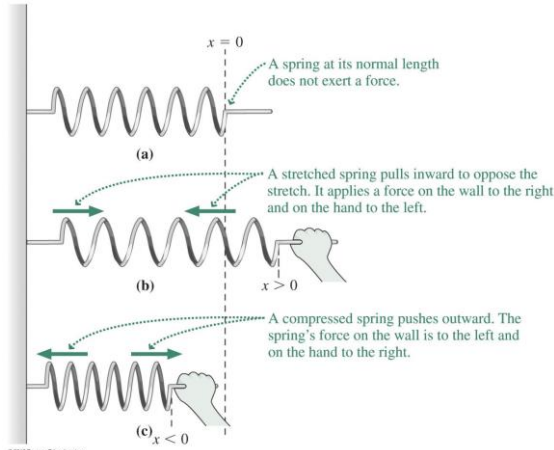


© 2012 Pearson Education, Inc.

18

4.6 Meten van Krachten - Veerkrachten

- Een uitgerekte of gecomprimeerde veer (spring) produceert een kracht evenredig met de uitwijking t.o.v. de evenwichtstoestand: $F_{\text{sp}} = -kx$. (wet van Hooke)
- De veerkracht is een terugroepende kracht (**restoring force**); zin is tegengesteld aan uitwijking.
- Krachtconstante k geeft de stijfheid van de veer.
- Veren kan men gebruiken om krachten te meten (*dynamometer, veerbalans*).



© Johan D'heer

19

Conceptvraag

Een vis van 16 N wordt gewogen met twee dynamometers die zelf een verwaarloosbaar gewicht hebben. Wat zal je aflezen op de dynamometers?



- A) De onderste meter geeft 16 N, de bovenste geeft nul.
- B) Iedere meter geeft 16 N.
- C) De bovenste meter geeft 16 N, de onderste geeft nul.
- D) Beide meters geven een verschillende waarde, maar de som is 16 N.
- E) Iedere meter geeft 8 N.

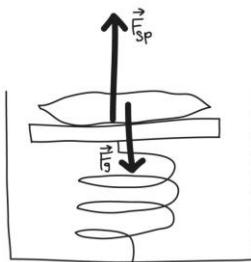
© Johan D'heer

20

Voorbeeld

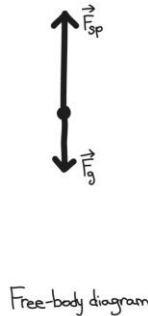
Een betonblok van 35 kg ligt in een helikopter op een veerbalans met een veerconstante $k = 3,4 \text{ kN/m}$. Hoever wordt de veer ingedrukt als

- De helikopter in rust is
- De helikopter versneld stijgt met versnelling $1,9\text{m/s}^2$
- De helikopter in vrije val is



Forces on the concrete

© 2012 Pearson Education, Inc.



Free-body diagram

y as verticaal naar boven

$$g = +9.8 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_{sp} + \vec{F}_g = m\vec{a}$$

$$F_{sp} = kx \quad \text{en} \quad F_g = -mg$$

met $x > 0$: de indrukking v/d veer

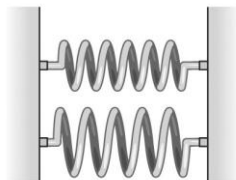
$$x = \frac{m(a_y + g)}{k}$$

$$* a_y = 0 \rightarrow x = 10\text{cm}$$

$$* a_y = +1.9\text{m/s}^2 \rightarrow x = 12\text{cm}$$

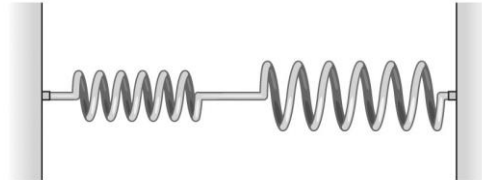
$$* a_y = -g \rightarrow x = 0\text{cm}$$

21



(a)

© 2012 Pearson Education, Inc.



(b)

- Twee veren in parallel : $x = x_1 = x_2$
 - $F_{tot} = -k_1x_1 - k_2x_2 = -(k_1 + k_2)x = -k_{par}x \Rightarrow k_{par} = k_1 + k_2$
- Twee veren in serie : $F = F_1 = F_2$
 - $x = x_1 + x_2 = -F_1/k_1 - F_2/k_2 = -F(1/k_1 + 1/k_2) = -F(1/k_{serie})$
 - $1/k_{serie} = 1/k_1 + 1/k_2 \Rightarrow k_{serie} = k_1k_2 / (k_1 + k_2)$
- Als $k_1 = k_2 = k$ dan is $k_{par} = 2k$ en $k_{serie} = k/2$