

Hoofdstuk 5

Essential University Physics

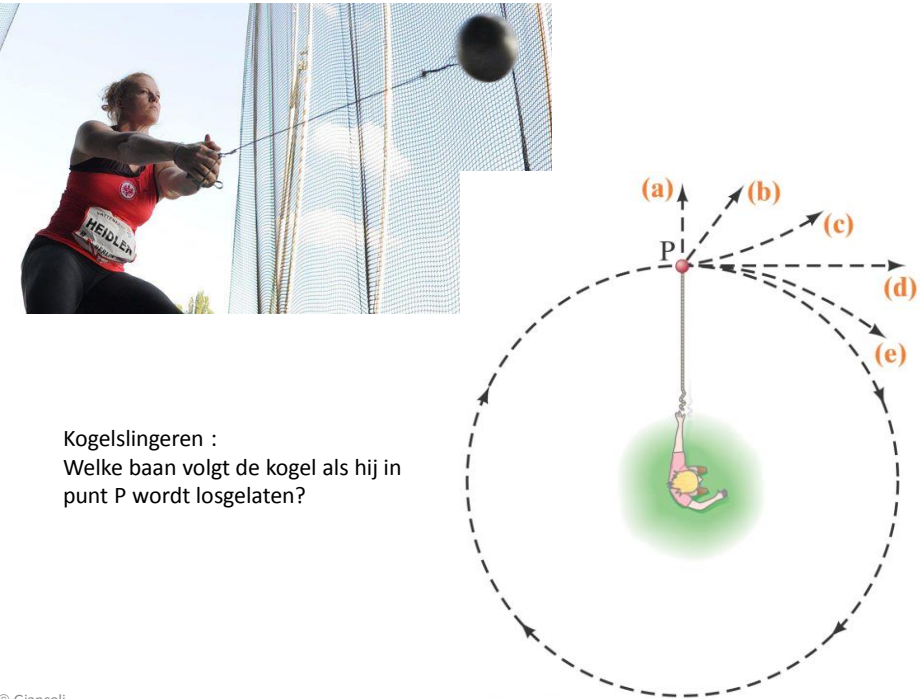
Richard Wolfson
2nd Edition

Toepassen Wetten van Newton

Using Newton's Laws

© Johan D'heer

1



Kogelslingeren :
Welke baan volgt de kogel als hij in
punt P wordt losgelaten?

© Giancoli

Copyright © 2008 Pearson Education, Inc.

2

5.1, 5.2 Hoe Toepassen?

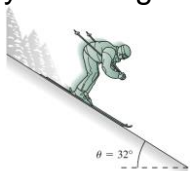
- Teken de fysische krachten die op het voorwerp werken.
- Zijn er meerdere voorwerpen, doe dit voor elk voorwerp.
- Noteer de tweede wet van Newton voor het (of elk) voorwerp.
- KIES een assenkruis en projecteer de vorige vgl(n.) op de assen.
- Dit geeft een stelsel scalaire vgl'n. waaruit men de onbekende grootheden kan halen.
- Hou hierbij ook rekening met de eerste en derde wet.

© Johan D'heer

3

Versnelling van de skiër? Kracht die de sneeuw uitoefent op de skiër? (vb 3)

- Physical diagram:



- Wet van Newton: $\vec{F}_{net} = \vec{n} + \vec{F}_g = m\vec{a}$

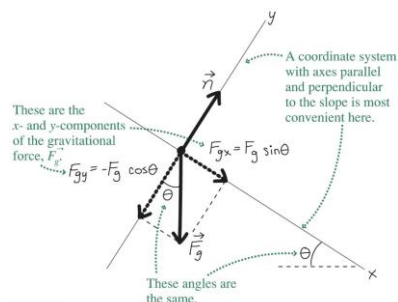
- In componenten:

- x-component: $mg \sin \theta = ma$
- y-component: $n - mg \cos \theta = 0$

- Oplossing (met $m = 65 \text{ kg}$ and $\theta = 32^\circ$)

- $a = g \sin \theta = (9.8 \text{ m/s}^2) \sin 32^\circ = 5.2 \text{ m/s}^2$
- $n = mg \cos \theta = (65 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2) \cos 32^\circ = 540 \text{ N}$

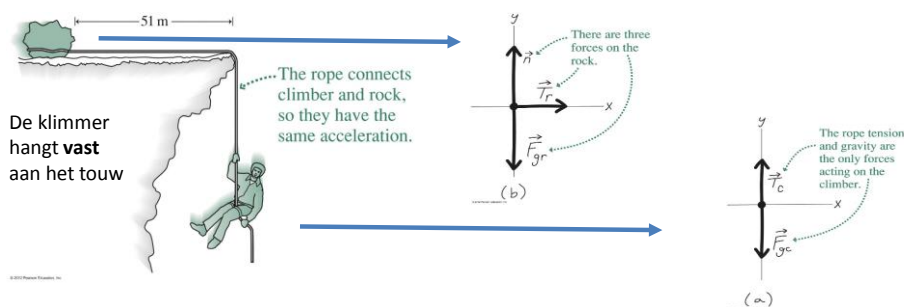
- Free-body diagram:



© Johan D'heer

4

Meerdere Voorwerpen (vb 4)



- Newton's law:

$$\text{climber: } \vec{T}_c + \vec{F}_{gc} = m_c \vec{a}_c$$

$$\text{rock: } \vec{T}_r + \vec{F}_{gr} + \vec{n} = m_r \vec{a}_r$$

- In components:

$$\text{climber, y: } T - m_c g = -m_c a$$

$$\text{rock, x: } T = m_r a$$

$$\text{rock, y: } n - m_r g = 0$$

Oplossing:

$$a = \frac{m_c g}{m_c + m_r}$$

Besluit : de totale massa ($m_c + m_r$) wordt versneld door de kracht $m_c g$

$$x = \frac{1}{2} a t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2x}{a}}$$

© Johan D'heer

met $a = |\vec{a}_c| = |\vec{a}_r|$

5

5.3 Cirkelvormige Beweging

- Er is zeker een centripetale versnelling, dus moet er een **centripetale kracht** (= kracht die zorgt voor een cirkelvormige beweging) zijn.
- Deze kracht is afkomstig van fysische krachtbronnen! (spankracht in touw; zwaartekracht...)
- De grootte van de **centripetale kracht** op een voorwerp met massa m in cirkelvormige beweging met straal r is

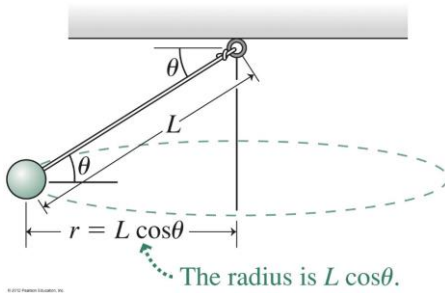
$$F = ma = \frac{mv^2}{r}$$

- De centripetale kracht wijst naar het middelpunt van de cirkel vermits de centripetale versnelling naar het middelpunt van de cirkel gericht is.

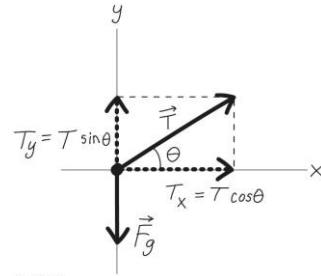
© Johan D'heer

6

De conische slinger (vb 5)



Free-body diagram:



- Wet van Newton: $\vec{T} + \vec{F}_g = m\vec{a}$
- Snelheid van de massa m:

- In componenten:

$$x: T \cos \theta = \frac{mv^2}{L \cos \theta}$$

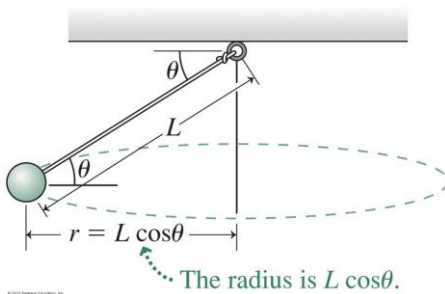
$$y: T \sin \theta - mg = 0$$

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{TL \cos^2 \theta}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{(mg / \sin \theta) L \cos^2 \theta}{m}} \\ &= \sqrt{\frac{gL \cos^2 \theta}{\sin \theta}} \end{aligned}$$

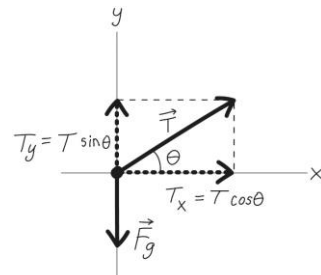
© Johan D'heer

7

De conische slinger (vb 5)



Free-body diagram:



$$\begin{aligned} v &= \sqrt{\frac{gL \cos^2 \theta}{\sin \theta}} \\ v^2 &= \frac{g(L \cos \theta) \cos \theta}{\sin \theta} \\ v^2 &= \frac{gr}{\tan \theta} \end{aligned}$$

Omwentelingsperiode

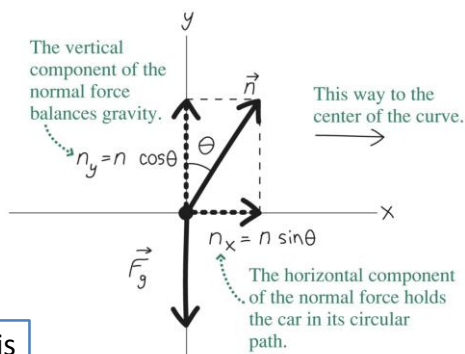
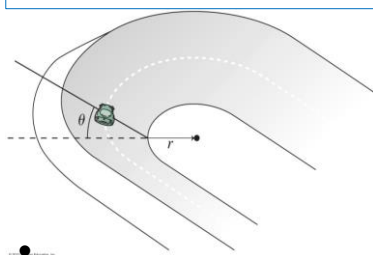
$$\text{Periode} = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi L \cos \theta \sqrt{\frac{\sin \theta}{gL \cos^2 \theta}}$$

$$\text{Periode} = 2\pi \sqrt{\frac{L \sin \theta}{g}}$$

© Johan D'heer

8

Hellende bocht (vb6)



Bepaal θ zó dat wrijving = 0 is

$$y : n \cos \theta - mg = 0 \Rightarrow n = \frac{mg}{\cos \theta}$$

$$x : \frac{mv^2}{r} = F_{cp} = n \sin \theta = \frac{mg \sin \theta}{\cos \theta} = mg \tan \theta$$

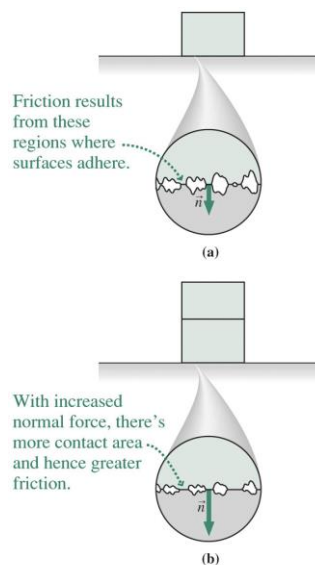
$$\text{Waaruit } \tan \theta = \frac{v^2}{gr}$$

Met $v = 25 \text{ m/s}$ (90 km/h) en $r = 200 \text{ m}$ wordt $\theta = \arctan(v^2/gr) = 18^\circ$

Opm : $\theta(\text{hellende bocht}) \neq \theta(\text{conische slinger})$: complement : $\theta(h) = 90^\circ - \theta(c)$

5.4 Wrijving

- **Wrijving** is een kracht die de relatieve beweging van twee oppervlakken in contact met elkaar tegenwerkt.
- Wrijving is onafhankelijk van de grootte van het contactoppervlak.
- Wrijvingsleer = tribologie.



- **Statische wrijving:**

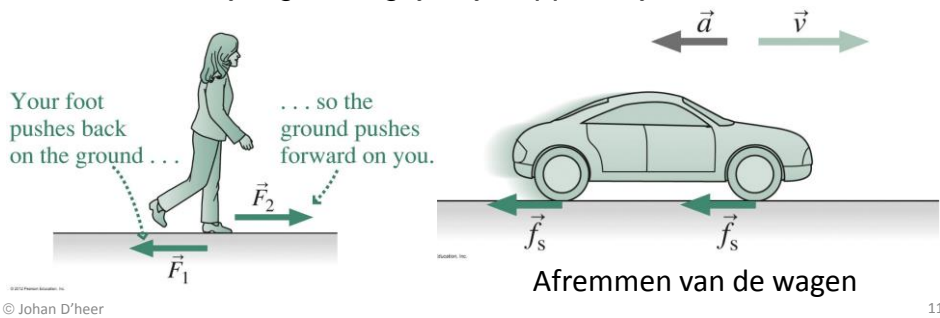
bij oppervlakken die niet bewegen t.o.v. elkaar.

De grootte is $f_s \leq \mu_s n$, met n de normaalkracht tussen de oppervlakken en μ_s de **statische wrijvingscoëfficiënt**.

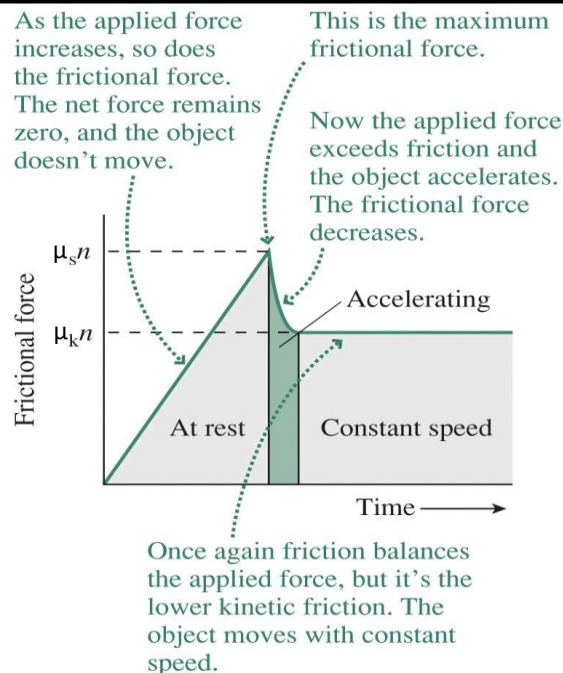
- **Kinetische wrijving:**

bij oppervlakken in beweging t.o.v. elkaar met constante 'speed'. De grootte is $f_k = \mu_k n$ en μ_k de **kinetische wrijvingscoëfficiënt**. Meestal is $\mu_k < \mu_s$

Wrijving belangrijk bij stappen, rijden, enz.:



11



Waarden van μ_k kunnen variëren tussen zowat 0.01 (glad en gesmeerd) en 1.5 (zeer ruwe opp.)

0.01 : gewrichten
0.01 : gesmeerde kogellagers

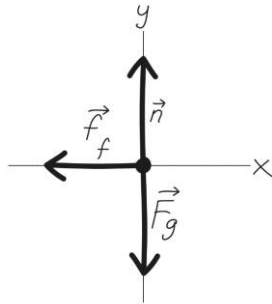
0.04 : ski op sneeuw
0.07 : metaal op metaal (gesmeerd)

0.5 : rubber op nat beton
0.8 : rubber op droog beton

μ_s is meestal groter dan μ_k

12

- Wrijvingskrachten zijn gewoon extra krachten die optreden.
- Voorgaande methoden toepasbaar.
- Ontbind de krachten in componenten volgens twee loodrecht op elkaar staande richtingen: evenwijdig met de normaalkracht en evenwijdig met de wrijvingskracht.
- Voorbeeld: (maximale) versnelling van een auto die remt?



• Wet van Newton: $\vec{F}_g + \vec{n} + \vec{f}_t = m\vec{a}$

• In componenten: x: $-\mu n = ma_x$

y: $-mg + n = 0$

• Oplossen naar a:

y-as geeft $n = mg$,

substitueren in de x-vgl : $a_x = -\frac{\mu n}{m} = -\mu g$

Minimale remafstand :

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \rightarrow \Delta x = \frac{-v_0^2}{2a_x} = \frac{v_0^2}{2\mu g} \quad (\text{met } v=0 \text{ (eindsnelheid)})$$

Remafstand onafhankelijk van de massa ? Cfr. Wikipedia

Weggebruikers

De maximale remkracht voor voertuigen op de weg wordt bepaald door de [wrijving](#) tussen [wieloppervlak](#) en [wegdek](#). Voor [personenauto's](#) met goede [rubberbanden](#) en een [antiblokkeersysteem](#) (ABS) op een schoon, vlak en ruw wegdek ligt de maximale remvertraging rond 10 m/s^2 . Voor [motorfietsen](#), [fietsen](#) en beladen [vrachtwagens](#) is de maximale remvertraging meestal aanmerkelijk kleiner omdat deze voertuigen bij een te hoge remvertraging instabiel en onbestuurbaar kunnen worden. Een getrainde motorrijder bereikt een remvertraging van $8 \text{ à } 9 \text{ m/s}^2$, een gemiddelde motorrijder haalt slechts een remvertraging van $6 \text{ à } 7 \text{ m/s}^2$. Zwaar beladen vrachtwagens kunnen niet te lang hard remmen omdat hierdoor het risico op een klapband of scharen toeneemt. Daarom wordt bij vrachtwagens vaak uitgegaan van een remvertraging van 4 m/s^2 . Op een nat, vuil, besneeuwd of slecht wegdek wordt de remvertraging verder beperkt omdat de maximale wrijving met de ondergrond afneemt.

Treinen

Voor [treinen](#) wordt de maximale remvertraging van rond de 1 m/s^2 deels bepaald door de geringere wrijving tussen metalen oppervlakken (wielen, [rails](#) en [remblokken](#)) en deels door de hogere massa. Bij een zelfde aanvangssnelheid is de remweg van een trein ongeveer een factor tien langer dan die van een auto. De remweg van een [stoptrein](#) die 90 km/h (25 m/s) rijdt heeft een lengte van ruim 313 meter . [Sneltreinen](#) rijden in Nederland met snelheden van $30 \text{ tot } 35 \text{ m/s}$ en hebben een minimale remweg van ruim een halve kilometer. [Hogesnelheidstreinen](#) rijden met snelheden in de orde van $60 \text{ tot } 100 \text{ m/s}$ waardoor hun minimale remweg een lengte bereikt in de orde van $2 \text{ tot meer dan } 5 \text{ km}$.

When a wheel skids, the force is kinetic friction.

The bottom of the rolling wheel is momentarily at rest, so the force is static friction.

$$\Delta x = \frac{-v_0^2}{2a_x} = \frac{v_0^2}{2\mu g}$$

© 2012 Pearson Education, Inc.

Statische of kinetische wrijvingscoëfficiënt? ($\mu_s \approx 0.9$; $\mu_k \approx 0.6$)

- Bij glijden : kinetische wrijvingscoëfficiënt
- Bij rollen (bv ABS remsysteem) : statische wrijvingscoëfficiënt
 - Bij rollen is het raakpunt van het wiel met het wegdek in rust!
 - $+v - v = 0$

© Johan D'heer

5.5 Sleepkrachten (drag)

- Voorwerpen die in vloeistoffen of gassen bewegen ondervinden wrijvingskrachten afkomstig van deze vloeistoffen of gassen: **sleepkrachten**.
- Sleepkrachten zijn afhankelijk van verschillende factoren: dichtheid van het fluïdum, viscositeit van het fluïdum, dwarsdoorsnede in de bewegingsrichting van het voorwerp, snelheid van het voorwerp t.o.v. het fluïdum, enz
- Sleepkrachten : **soms** $\sim v$ (bij kleine snelheden);
soms $\sim v^2$ (bij grotere snelheden);
soms $\sim \dots$ (afhankelijk van : zie hierboven)

Toepassingen:

- Voorwerpen die vallen, vallen na zekere tijd met constante snelheid. (zodra wrijvingskracht = zwaartekracht)
- Door de wrijving is de baan van een projectiel geen parabool en verkleint het bereik.