

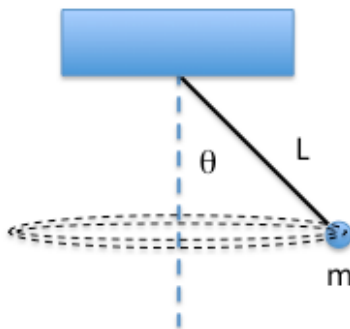
Tentamen Fysica en Medische Fysica I, code 430060

Datum: Donderdag 24 maart 2011, 15:15-18:15 uur in M607, M639, M655

Docent: prof. dr. K.S.E. Eikema, tweede beoordelaar dr. T.J. Ketel

- * De 5 open vragen leveren elk 1 punt op, gelijk verdeeld over de onderdelen.
- * De 5 multiple-choice vragen leveren elk 0.5 punt op.
- * Alleen gewone rekenmachines zijn toegestaan. DUS GEEN GRAFISCHE.
- * Geen boek, geen Binas, maar er is wel een formuleblad aan het eind van dit tentamen.

SUCCES!

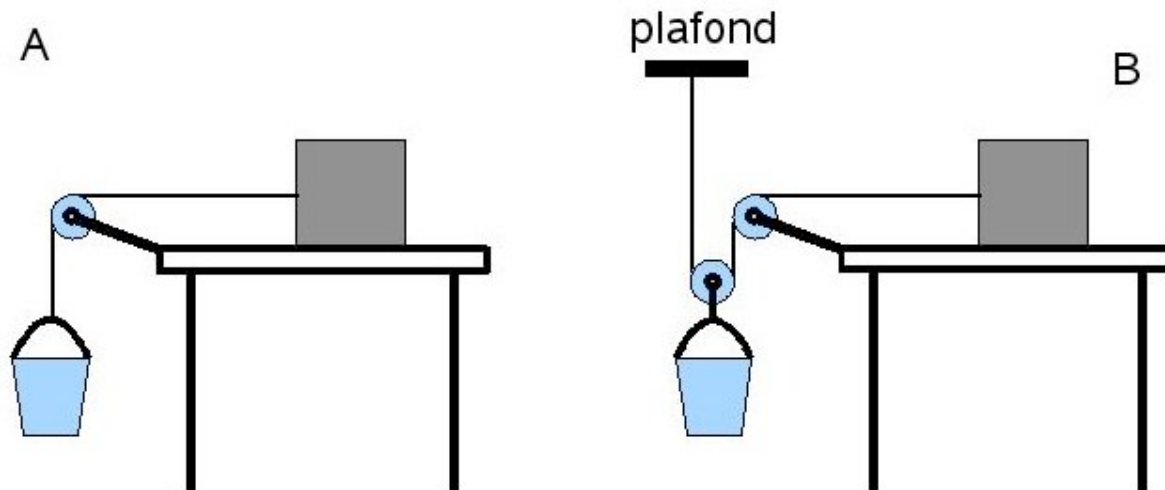


1. Een kogel met massa $m=0.5$ kg draait aan een touw met een lengte $L=1$ m rond zodat het touw een hoek $\theta=45$ graden maakt met de verticaal (zie plaatje).
- In welke richting staat de versnelling van de kogel, en waardoor wordt die veroorzaakt?
 - Bereken de snelheid v van de massa m .
 - Na verloop van tijd neemt door wrijving met de lucht de snelheid af totdat de kogel stil naar beneden hangt (door de zwaartekracht). Hoeveel energie heeft de kogel in totaal verloren in vergelijking met de situatie bij b)?

Antwoorden:

- De versnelling staat naar het centrum gericht van de cirkelbaan van de kogel, en wordt veroorzaakt door de horizontale component van de spankracht F_t .
- Evenwicht, dus som van krachten 0. Voor y : $F_t \cos(\theta) - mg = 0$. Dus $F_t = mg / \cos(\theta)$
 x -richting $F_t \sin(\theta) = m v^2 / r$ met r =straal van doorlopen cirkel, gelijk aan $r = L \sin(\theta)$., dus $v = \sqrt{(L g \sin^2(\theta) / \cos(\theta))}$. Na invullen $v=2.63$ m/s.
- Twee componenten: kinetische energie en potentiële energie: $E_{kin} = mv^2/2 = 1.73J$, en het verschil in potentiële energie is $mg(L - L \cos(\theta)) = 0.5*9.8*(1-0.707) = 1.44J$, dus totaal energieverval van $1.73J+1.44J = 3.17J$.

2. Op een tafel staat een blok van 28 kg. Een lege emmer van 1 kg hangt aan een touw, dat over een wrijvingsloze katrol verbonden is aan het blok (figuur A). De statische wrijvingscoëfficiënt tussen de tafel en het blok is $\mu_s = 0.45$, terwijl de kinetische wrijvingscoëfficiënt $\mu_k = 0.32$ is. Nu wordt er langzaam steeds meer zand in de emmer gedaan totdat het blok begint te bewegen.



- Bereken hoeveel zand in de emmer nodig is om het blok net in beweging te krijgen bij figuur A.
- Bereken vervolgens de versnelling die de emmer dan krijgt, bij figuur A
- Stel dat de emmer via een extra enkelvoudige katrol verbonden zit met het blok en de muur zoals in figuur B. Bereken in dit geval ook de benodigde hoeveelheid zand.

Antwoorden

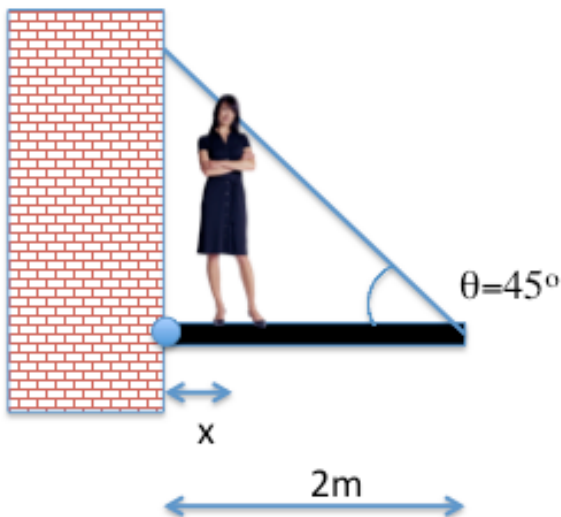
Vraag a: als het blok stilstaat is er statische frictie. F_T =tension in koord, m_1 =massa blok, m_2 =massa emmer+m_zand, F_N = normaalkracht op blok door tafel. Dan som van krachten $F = m a = 0$ (vlak voor hij begint te schuiven), x (langs tafeloppp): $F_T - \mu_s F_N = 0$, y (vertikaal blok): $F_N - m_1 g = 0$, y (vertikaal voor emmer): $m_2 g - F_T = 0$, gecombineerd: $m_2 g = \mu_s m_1 g$, dus $m_{zand} = \mu_s m_1 - m_2 = 11.6 \text{ kg}$

Vraag b: als het systeem begint te bewegen dan vullen we de dynamische frictie coëff. μ_k in. Dus x (langs tafeloppp): $F_{T2} - \mu_k F_N = m_1 a$, y (vert. blok): $F_N - m_1 g = 0$, y (emmer): $m_2 g - F_{T2} = (m_2 + m_{zand})a$, gecombineerd: $(m_2 - \mu_k m)g = (m_1 + m_2)a$, dus $a = 0.879 \text{ m/s}^2$

Vraag c: (de kracht $m_2 * g$ wordt gelijk verdeeld over het plafond en het blok. Dus is 2x zo veel massa nodig. In totaal $2 * m_2 - \text{massa}_{emmer} = 2 * 12.6 - 1 = 24.2 \text{ kg}$.

3. Een horizontale loopplank van $m=20 \text{ kg}$ en 2 m lengte (zie plaatje hieronder) is aan de ene kant met een scharnier verbonden met de muur, en aan de andere kant met een touw onder $\theta=45$ graden. Verwaarloos het gewicht van het touw. Er staat een persoon van $M=60 \text{ kg}$ op de plank op $x=0.5 \text{ m}$ van het scharnierpunt. Het touw is gewichtloos, en kan maximaal een belasting aan van $F_{Tmax} = 500 \text{ N}$ voordat het breekt.

- Neem de tekening schematisch over op je tentamenblad, en teken alle krachten **op de loopplank**.
- Bereken tot welke positie x de persoon kan gaan zodat het touw net niet breekt.



Antwoorden:

a) vier krachten: zwaartekracht mg in het middelpunt van de plank zelf, Mg naar beneden van de persoon, de spankracht F_T van het touw (met een horizontale en verticale component), en net zo voor de kracht F_M van de muur op de plank aan de linkerkant.

b) Eerste start: som van krachten moet 0 zijn in x en y richting. Horizontaal (x): $F_{Mx} - F_{Tx} = 0$. Verticaal $F_{My} + F_{Ty} - Mg - mg = 0$. Ook is $F_{Ty}/F_{Tx} = \tan(45 \text{ graden}) = 1$. Ten tweede: som van krachtmomenten moet 0 zijn. Rond het scharnier (met clockwise= $+$): $xMg + 1 \text{ meter} * mg - 2 \text{ meter} * F_{Ty} = 0$. Dan is $F_{Ty} = (xMg + mg)/2$. Omdat $F_T = \sqrt{2} * F_{Ty}$, krijgen we $F_T = (xMg + mg)/\sqrt{2}$. Dus $x = (F_{Tmax} \sqrt{2} - mg) / (Mg)$. Voor $F_{Tmax} = 500 \text{ N}$ krijgen we $x = 0.87 \text{ m}$.

4. Een bowlingbal heeft een massa m , een straal R en een traagheidsmoment $I = \frac{2}{5} m R^2$.

De bal wordt met een snelheid v_0 en zonder draaiing langs een horizontale kegelbaan geworpen. De kinetische wrijvingscoëfficiënt tussen de bal en de baan is μ_K . De bal slipt eerst voorwaarts en begint te draaien. Na een tijdje Δt rolt hij zonder wrijving.

- Is de impuls van het massamiddelpunt veranderd? Zo ja, waardoor dan, en geef de formule ervoor.
- Is het impulsmoment van de bal t.o.v. het massamiddelpunt veranderd? Zo ja, waardoor dan, en geef de formule ervoor.
- Welk gedeelte van zijn voorwaartse snelheid heeft de bal verloren als hij stopt met slippen en gewoon doorgaat met rollen? Leid de formule af voor de snelheidsverandering.
- Stel dat de oorspronkelijke snelheid van de bowlingbal $v_0 = 5 \text{ m/s}$ is, en de snelheid na het slippen (als de bal gewoon doorrolt) gelijk is aan 3.6 m/s . De massa van de bowlingbal is 10 kg , en de straal $R = 0.1 \text{ m}$. Bereken dan de hoeveel energie die in warmte omgezet is door de wrijving tijdens het slippen.

Antwoorden:

a) Ja. Een constante wrijvingskracht $F_w = \mu_K mg$ is aanwezig tijdens het slippen. De verandering van de impuls is $\Delta p = -F_w \Delta t$.

b) Ja. Op de bal werkt een constant krachtmoment $\tau = F_w R$ tijdens het slippen. Daardoor gaat de bal draaien. Omdat de bal eerst niet draaide wordt het impulsmoment $L = \tau \Delta t$.

c) Als de bal wrijvingsvrij rolt is het impulsmoment van de bal $L = I \omega$, met $\omega = v/R$. Invullen geeft voor de snelheid:

$$v = \omega R = LR/I = \tau \Delta t R / I = F_w R \Delta t R / I = F_w \Delta t R^2 / (2/5 m R^2) = F_w \Delta t / (2/5 m).$$

De impuls van de bal is na Δt : $p = m v = m v_0 + \Delta p = m v_0 - F_w \Delta t = m v_0 - 2/5 m v$.

De snelheid is dan: $v = v_0 / (1 + 2/5) = 5/7 v_0$.

De bal heeft 2/7 van zijn beginsnelheid verloren.

d) De oorspronkelijke energie is $m v_0^2 / 2 = 125 \text{ J}$. Na het slippen is 5/7 van de snelheid over ($= 3.57 \text{ m/s} = 3.6 \text{ m/s}$) en dus $E_{\text{kin}} = 0.5 * m (5v_0/7)^2 = 63.8 \text{ J}$, maar de bal roteert ook, met $E_{\text{rot}} = 0.5 * I \omega^2$. Nu is $\omega = v/r = 3.57 \text{ m/s} / 0.1 \text{ m} = 35.7 \text{ rad/s}$, en $E_{\text{rot}} = 0.5 * I * \omega^2 = 0.5 * 0.0357 \text{ kg/m}^2 * (35.7 \text{ rad/s})^2 = 22.7 \text{ J}$. Totaal bij rollen: $E_{\text{tot}} = 63.8 \text{ J} + 22.7 \text{ J} = 86.5 \text{ J}$.

Verschil met 125J is verloren gegaan als warmte, dus $125 \text{ J} - 86.5 \text{ J} = 38.4 \text{ J}$

5. Twee golven lopen langs een touw met uitwijkingen loodrecht (langs y) op de voorplantingsrichting (langs x) van $D_1 = (0,20 \text{ m}) \sin(2,0 x + 4,0 t)$ en $D_2 = (-0,10 \text{ m}) \sin(2,0 x - 4,0 t)$. In deze formules zijn x en y in m, en t is s.

- Geef de amplitudo's A_1 en A_2 van beide golven.
- Geef de snelheid v_1 en v_2 van beide golven (de grootte van de snelheid en de richting: naar links (negative x-as) of rechts (positive x-as)).
- Geef de golflengtes λ_1 en λ_2 van beide golven.
- Geef de frequenties f_1 en f_2 van beide golven
- Vormen deze twee lopende golven samen een staande golf?

Antwoorden:

a) $A_1 = 0.2 \text{ m}$, $A_2 = 0.1 \text{ m}$

b) snelheid $v = \lambda * f$, of $v = \omega/k$. Dus $v_1 = 2 \text{ m/s}$ (naar links), en $v_2 = 2 \text{ m/s}$ (naar rechts).

c) kijk naar argument $\sin(ax + bt)$. Volledige oscillatie (= golflengte) als $ax = 2 * \pi$. Dus $\lambda = 2 \pi / a$: Voor D_1 krijgen we $\lambda = 2 \pi / 2 = \pi$, en hetzelfde voor D_2 .

d) in de formule is het getal voor de tijd t gelijk aan omega. Omdat $f = \omega / (2\pi)$ krijgen we dus voor beide golven $f = 4 / (2 \pi) = 0.64 \text{ Hz}$ (het teken doet er niet toe).

e) nee, want de amplitudo's zijn niet gelijk!

Vanaf hier volgen nog 5 multiple-choice vragen, waar telkens maar 1 antwoord goed is. Zet dit antwoord bij de antwoorden op de open vragen (bijvoorbeeld 11=C), en niet op dit blad.

6. Een fietser rijdt met constante snelheid en maakt een bocht naar rechts. Door welke kracht gaat de fietser de bocht om, en in welke richting staat die kracht?

- Door de kracht van de banden op de grond, naar links gericht.
- Door de kracht van de banden op de grond, naar rechts gericht
- Door de wrijvingskracht van de grond op de banden, naar links gericht
- Door de wrijvingskracht van de grond op de banden, naar rechts gericht

Antwoord: **d**

7. Een houten schijf is opgehangen in het massa-middelpunt met een spijker, en de schijf kan om deze spijker ronddraaien zonder wrijving. De schijf staat stil, maar vanaf de zijkant wordt er een kogel in de schijf geschoten (en de kogel blijft in de schijf zitten), zodanig dat de schijf

gaat draaien. Wat is waar, voor het systeem van de kogel en de schijf samen, tijdens de botsing?

- a. De kinetische energie, impuls en impulsmoment zijn allen behouden.
- b. Alleen kinetische energie en impuls zijn behouden.
- c. Alleen kinetische energie en impulsmoment zijn behouden.
- d. Alleen impuls en impulsmoment zijn behouden.
- e. Alleen impulsmoment is behouden.

Antwoord: **e**, want omdat de kogel blijft steken is het een in-elastische botsing. Tijdens de botsing zal de spijker een kracht uitoefenen op de schijf zodat impuls niet behouden is. Omdat de schijf wrijvingsloos kan draaien is er geen krachtmoment, dus impulsmoment is als enige behouden.

8. Om lawaai door vliegtuigen te reduceren worden huizen vlak bij Schiphol geïsoleerd, zodanig dat de geluidsniveau in huis met 15 dB afneemt. Hoe groot is de reductie in geluidsintensiteit in dit geval?

- a. Een factor 1.5
- b. Een factor 3.2
- c. Een factor 15
- d. Een factor 32
- e. Een factor 64

Antwoord: **d**, een factor 32, want $\text{geluid_niveau in dB} = 10 \log(I/I_0)$. Dus $10^{(-15/10)} = I/I_0 = 1/31.6$

9. Een massa $m=4$ kg is aan een veer met veerconstante $k=56$ N/m bevestigd, en wordt aangedreven met een frequentie f . Er is vrijwel geen demping. Bij welke frequentie f zal de massa met de grootste amplitude gaan oscilleren?

- a. $f=0.3$ Hz
- b. $f=0.6$ Hz
- c. $f=1.87$ Hz
- d. $f=3.5$ Hz
- e. $f=22$ Hz

Antwoord: **b**: bij resonantie is de frequentie de eigenfrequentie van het systeem. Volgens het formuleblad is voor een harmonische oscillator $T=2\pi\sqrt{m/k}$. Invullen geeft 1.68 sec, dus $f=1/T=0.6$ Hz

10. Een orgelpijp is dicht aan de ene kant, en open aan de andere. De laagste toon die de pijp kan voortbrengen is 400 Hz. Wat is de frequentie van de eerst volgende boventoon?

- a. 600 Hz
- b. 800 Hz
- c. 1000 Hz
- d. 1200 Hz
- e. 1500 Hz

Antwoord: **d**: lengte van pijp is L , grondtoon : $L=\lambda_0/4$. Eerstvolgende toon als $L=\lambda_1/2 + \lambda_1/4 = 3\lambda_1/4$. Dus $\lambda_0/\lambda_3 = 3$. Omdat $\lambda = v / f$, is $f_1/f_0 = \lambda_0/\lambda_1$, dus $f_1 = 3*f_0 = 1200$ Hz

Formules:

- 1) Versnelling van de zwaartekracht, $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$
- 2) Algemene gravitatiewet, $\mathbf{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{\mathbf{r}}_{21}$ (6-2)
- 3) Kracht en potentiële energie, $F = -\frac{dU}{dx}$ (8-7)
- 4) 2^e wet van Newton, $\Sigma \mathbf{F}_{ext} = \frac{d\Sigma \mathbf{p}_i}{dt} = M \mathbf{a}_{CM}$ met $M = \Sigma m_i$ (9-6)
- 5) Tangentiële versnelling, $a_{tan} = R\alpha$ (10-5)
- 6) Radiële versnelling, $a_R = \omega^2 R$ (10-6)
- 7) Traagheidsmoment, $I = \Sigma m_i R_i^2$ (10-13)
- 8) 2^e wet van Newton voor rotatie, $\Sigma \boldsymbol{\tau} = I\boldsymbol{\alpha}$ (10-20)
- 9) Impulsmoment van een lichaam om een vaste as, $L = I\omega$ (10-19)
- 10) Arbeid verricht door een krachtmoment, $W = \int_a^b \boldsymbol{\tau} \cdot d\boldsymbol{\theta}$ (10-22)
- 11) Vermogen, $P = \frac{dW}{dt} = \boldsymbol{\tau} \cdot \boldsymbol{\omega}$ (10-23)
- 12) Evenwichtsconditie, $\Sigma \mathbf{F} = 0$ (12-1)
- 13) Wet van Hooke met veerconstante k , $F = -kx$ (12-3)
- 14) Elasticiteitsmodulus (Young's modulus), $E = \frac{F}{A} \frac{L_0}{\Delta L}$ (12-4)
- 15) Glijdingsmodulus, $G = \frac{F}{A} \frac{L_0}{\Delta L}$ (12-6)
- 16) Compressiemodulus, $B = -\Delta P \frac{V_0}{\Delta V}$ (12-7)
- 17) Periode van een harmonische oscillator, $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ (14-7)
- 18) Periode van een slinger bij kleine hoeken, $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ (14-12)
- 19) Algemene bewegingsvergelijking voor gedwongen oscillator,

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \cos \omega t$$
 (14-21)
- 20) Golfvergelijking, $\frac{\partial^2 D}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 D}{\partial t^2}$ (15-16)

Zie volgende blad voor formules 21-23

21) Brekingswet, $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$ (15-19)

22) Drukvolven, $\Delta P_M = 2\pi\rho v D_M f$ (16-5)

23) Doppler, $f' = \frac{f}{1 \pm \frac{v_s}{v}}$ & $f' = f(1 \pm \frac{v_o}{v})$ (16-9 and 16-10)