

Tentamen Mechanica voor scheikundigen
Docent: H.J. Bulten
Vrijdag 24 oktober 2008, C147, 8:45-10:45

Bij dit tentamen mag gebruik worden gemaakt van BINAS, zelfgemaakt formuleblad en grafische rekenmachine.

Dit tentamen bevat 5 opgaven. Tussen haakjes is de geschatte tijd per deelopgave (in minuten) aangegeven; deze tijd correspondeert met het aantal punten dat te behalen is voor de opgave.

Opgave 1) (6+6+6+6)

Volgens een populaire (maar waarschijnlijk incorrecte) legende heeft Galileo aangetoond dat de valversnelling onafhankelijk is van de massa van het voorwerp door een houten bol en een kanonskogel van de toren van Pisa te laten vallen. De toren van Pisa is ongeveer 55 meter hoog.

- Bereken, onder aanname dat de luchtweerstand te verwaarlozen is, hoe veel tijd er zit tussen loslaten van een voorwerp op 55 meter hoogte en de landing op de grond. Neem voor de valversnelling g aan dat $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.
- Stel dat Galileo de kanonskogel 0.1 s later los laat dan de houten bol. Wat is de hoogte van de kanonskogel op het moment dat de houten bol de grond raakt?

De luchtweerstand is echter aanwezig en oefent een kracht uit op een vast lichaam die kan worden beschreven met de formule

$$\vec{F}_{wr,lucht} = -\frac{1}{2} \rho_l C_d A v^2 \hat{v},$$

waarbij $\rho_l = 1.3 \text{ kg/m}^3$ de dichtheid van de lucht is, A het frontale oppervlak van het voorwerp representeert en v de snelheid van het voorwerp ten opzichte van het medium (de lucht) beschrijft. C_d is een dimensieloze constante die af hangt van de vorm van het voorwerp; voor een bol kunnen we $C_d = 0.1$ nemen. Neem aan dat de kanonskogel en de houten bol beiden de vorm hebben van een bol met een straal van 50 mm. De kanonskogel heeft een massa van 5 kg, de houten bol een massa van 0.4 kg.

- Bereken voor de houten bol en de kanonskogel de *terminal velocity* (de snelheid waarbij grootte van de wrijvingskracht uitgeoefend door de lucht gelijk is aan de zwaartekracht op het voorwerp).

Om na te gaan of de luchtweerstand inderdaad een verwaarloosbare invloed zou hebben op Galileo's experiment kunnen we een eenvoudige schatting maken. We nemen aan dat de wrijvingskracht mag worden benaderd door een gemiddelde, constante waarde van v^2 te nemen, waarvoor we kiezen

$$v_{gem}^2 = gh.$$

- Onder deze aanname van constante wrijvingskracht en de aanname dat Galileo de kanonskogel en de houten bal precies tegelijk los laat, wat is dan de hoogte van de houten bol op het moment dat de kanonskogel 55 meter omlaag gevallen is?

Opgave 2) (6)

Het vervoer van de NS bedroeg in 2006 15.9 miljard reizigerskilometers. Het elektriciteitsverbruik bedroeg 1480 GWh (GigaWatt uur). De meeste elektriciteit wordt in Nederland geproduceerd door verbranding van fossiele brandstoffen. Om de milieubelasting van de trein te vergelijken met die van de auto maken we de volgende berekening:

- Bereken de afstand in reizigerskilometers die afgelegd kan worden door het verbranden van 1 liter benzine voor de trein onder de aanname dat een elektriciteitscentrale een efficiency heeft van 38 procent en dat bij de verbranding van 1 liter benzine ongeveer 34 MJ aan chemische energie wordt omgezet in warmte.

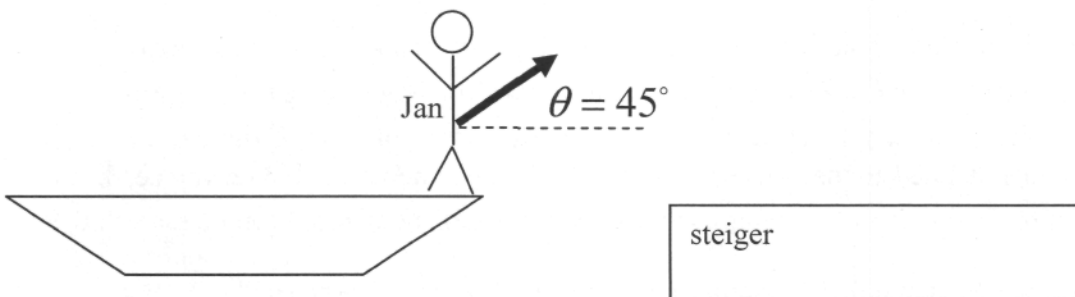
Voor de auto ligt dit het benzineverbruik (bij een gemiddelde bezettingsgraad van 1.5 persoon per auto) ongeveer op 17 reizigerskilometers per liter.

Opgave 3) (5+10+5+5)

Een boot met een massa van 200 kg en een lengte van 4 meter ligt stil in stilstaand water met de voorkant op 50 cm afstand van de steiger. Het zwaartepunt van de boot ligt in het midden van de boot. Jan, die een massa heeft van 75 kg, bevindt zich achteraan de boot (op 4.5 m afstand van de steiger). Om uit te stappen loopt Jan naar de voorkant.

- Als Jan voor aangekomen is, op welke afstand bevindt hij zich dan van de steiger? Neem aan, dat de boot wrijvingsloos door het water kan glijden.

De steiger bevindt zich op gelijke hoogte als het dek van de boot. Jan springt vanuit stilstand onder een hoek van 45 graden met de normaal van de boot af in de richting van de steiger. (zie figuur)



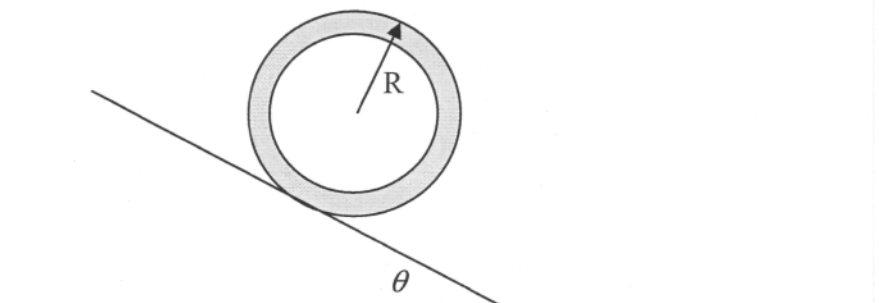
- Welke stoot moet Jan op de boot overbrengen om net de steiger te kunnen bereiken?

Neem aan, dat de boot wrijvingsloos horizontaal kan bewegen, maar dat de normaalkracht in verticale richting gelijk is aan de uitgeoefende verticale kracht.

- Welke snelheid verkrijgt de boot na deze sprong van Jan?
- Hoe ver vanaf de steiger bevindt de boot zich op het moment dat Jan op de steiger landt?

Opgave 4) (6+5+15)

Een pijp met massa M en buitenstraal R heeft een gegeven traagheidsmoment ten opzichte van de centrale as van $I = 0.8MR^2$. De pijp beweegt over een helling die een hoek θ maakt met de normaal (zie figuur).



- Maak een vrijlichaamsdiagram waarin de externe krachten die op de pijp werken staan aangegeven.
- Bereken het koppel dat de externe krachten uitoefenen ten opzichte van de centrale as van de pijp (in termen van M, R, θ en de wrijvingskracht F_{wr}).
- Hoe groot moet statische wrijvingscoëfficiënt tussen pijp en helling minimaal zijn zodat de pijp omlaag rolt zonder slippen?

Opgave 5) (6+3+6)

Tijdens het centrifugeren maakt een wasmachinetrommel 1600 omwentelingen per minuut. De was wordt tegen de binnenwand van de trommel aangedrukt. Neem aan, dat de trommel cilindervormig is met een binnenstraal van 25 cm.

- Geef de versnelling die de was op de binnenwand van de trommel ondervindt.

Neem aan, dat de natte was een massa heeft van 5 kg en dat de was plat tegen de binnenwand wordt aangedrukt.

- Hoe groot is de kinetische energie die de natte was bereikt bij 1600 toeren per minuut?

Het traagheidsmoment van de trommel is $I_{trommel} = 1.10 \text{ kgm}^2$. De trommel versnelt van stilstand tot 1600 toeren per minuut in 5 seconden tijd.

- Bereken het benodigde vermogen om de trommel plus natte was in 5 seconden te versnellen van stilstand tot 1600 toeren per minuut.