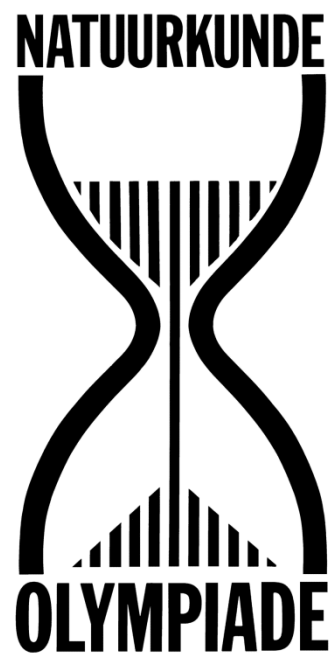
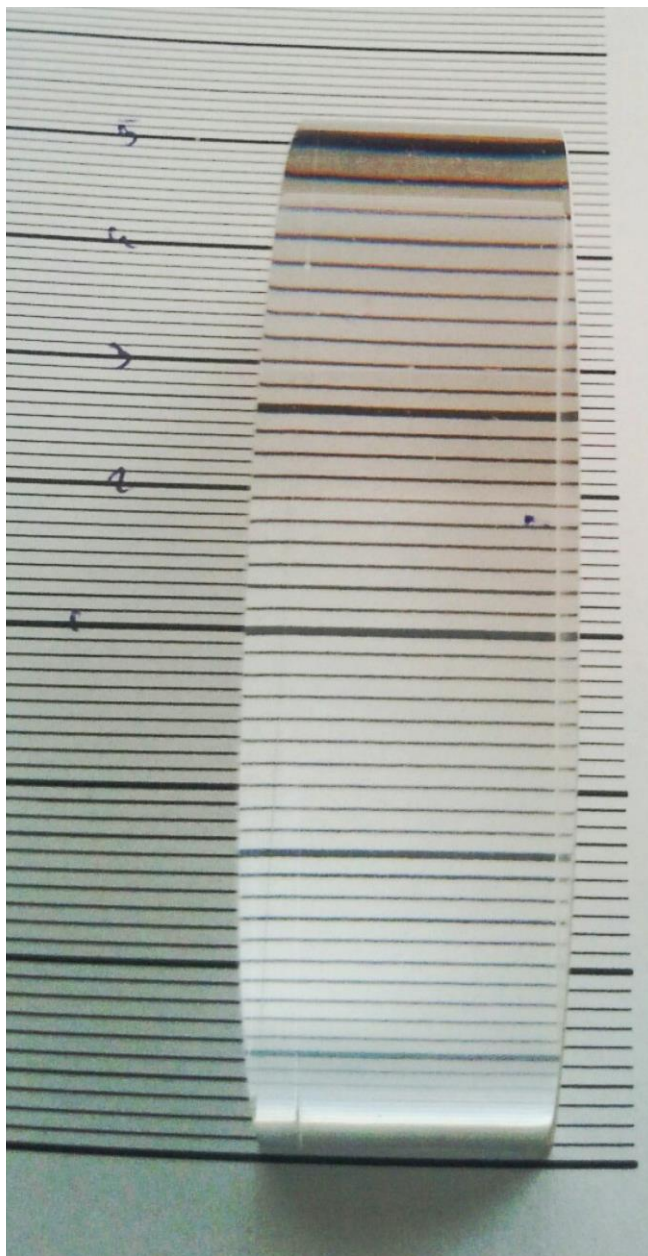


Eindronde Natuurkunde Olympiade 2016



theorietoets deel 1



symbool	naam	waarde
G	gravitatieconstante	$6,673\,84 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9,81 \text{ ms}^{-2}$
p_0	standaarddruk	$1,013\,25 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273,15 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,241\,396\,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
0°C	smeltpunt van ijs ($p = p_0$)	$273,15 \text{ K}$
N_A	constante van Avogadro	$6,022\,141\,29 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
R	gasconstante	$8,314\,462\,1 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
k_B	constante van Boltzmann	$1,380\,648\,8 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5,670\,373 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
k_W	constante van Wien	$2,897\,772\,1 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$
h	constante van Planck	$6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
c	lichtsnelheid	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (per definitie)
ϵ_0	elektrische permittiviteit van het vacuüm	$8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
f	constante in de wet van Coulomb	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,256\,64 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ (per definitie)
e	elementair ladingsquantum	$1,602\,176\,565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
F	constante van Faraday	$9,648\,533\,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = e N_A$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,291\,772\,109\,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

1 Volleybal (6pt)

Neem een dunne bolvormige bal gevuld met lucht als eenvoudig model voor een volleybal. Het materiaal van de bal is niet veerkrachtig en eenvoudig te vouwen en buigen. De overdruk in de bal is $\Delta p = 20 \text{ kPa}$, de straal van de bal is $R = 10 \text{ cm}$ en de massa $m = 400 \text{ g}$ (De massa van de lucht in de bal is te verwaarlozen). Je mag de afhankelijkheid van de overdruk in de bal door vervorming van de bal verwaarlozen.

- (1) De bal wordt tussen twee evenwijdige platen in elkaar gedrukt met een onderlinge afstand van $2R - 2h$ (waarbij nu geldt $h = 1 \text{ cm}$). Bereken de kracht tussen de bal en een van de platen.
- (2) De bal beweegt nu met een snelheid $v_0 = 2 \text{ m/s}$ en raakt een muur. Bereken de maximale grootte van de indeuking h .
- (1) Idem voor de tijd van de botsing τ .
- (2) Voor kleine overdruk kan de bal zelfs zijn bolvorm kwijtraken op plaatsen die niet met de wand in aanraking komen. Wat moet er gelden tussen de grootheden Δp , R , m en h , opdat het vervormen van de bolvorm te verwaarlozen is?

2 Cilinderlens (5pt)

Een lens gemaakt van een halve cilinder ligt op een vel papier met strepen die overal even ver uit elkaar liggen. Zie de foto op de pagina hiernaast.

- Bepaal de brekingsindex van het gebruikte glas.

3 Zon en bladeren (4pt)

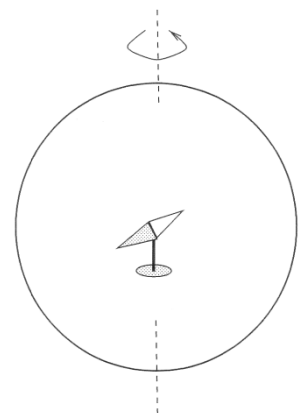
Een blad met een oppervlak $A = 40 \text{ cm}^2$ en een massa $m = 0,45 \text{ g}$ staat recht op de zon gericht op een heldere dag. Het blad straalt energie uit met een efficiëntie van 85%. De soortelijke warmte van het blad is $c = 0,800 \text{ kcal/kg} \cdot \text{K}$. De omgevingstemperatuur is 20°C en de zon schijnt met een intensiteit $I_z = 1000 \text{ W/m}^2$.

- (1) Geef een goede schatting van de snelheid waarmee de temperatuur van het blad aan het begin stijgt door de zon.
- (2) Bereken de temperatuur die het blad kan bereiken als hij de warmte alleen door straling zou verliezen.
- (1) Waardoor is de temperatuur van het blad niet zo hoog als in b. berekend?

4 Aardmagnetisch veld (5pt)

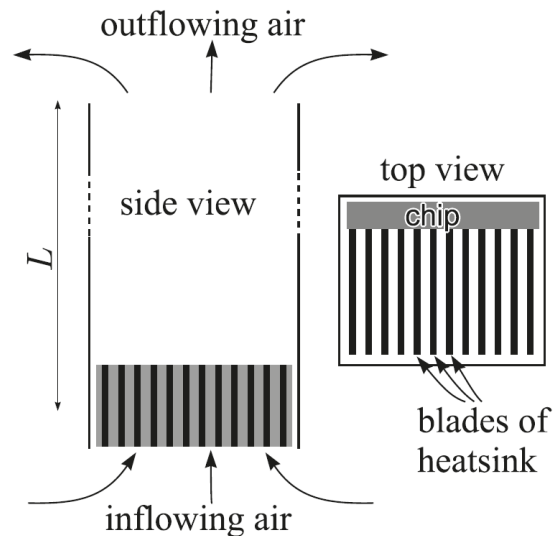
Een cirkelvormige metalen ring met een straal van $0,10 \text{ m}$ draait om een verticale as met constante hoeksnelheid. Een kleine magneetnaald die vrij om een verticale as kan bewegen staat in het midden van de ring. Als de ring stilstaat, wijst de naald in de richting van de horizontale component van het aardmagnetisch veld. Als de ring echter draait met een snelheid van 10 omwentelingen per seconde, heeft de naald een gemiddelde afwijking van 2° .

- Wat is de elektrische weerstand R van de ring?



5 Passieve luchtkoeling (6pt)

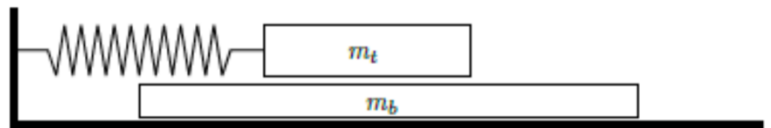
Een chip (warmteafgifte $P = 100 \text{ W}$) wordt passief gekoeld met behulp van een verticale pijp met een lengte van $L = 1 \text{ m}$ en een doorsnede van $S = 25 \text{ cm}^2$. Lucht ($p_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $T_0 = 293 \text{ K}$) stroomt over de warmtewisselaar en stroomt dan de pijp uit de kamer in. Ga ervan uit dat de lucht in de pijp goed gemixt wordt en geen wrijving in de pijp ondervindt. Beschouw de lucht als een ideaal gas met een adiabatische exponent $\gamma = 1,4$ en een molaire massa $\mu = 29 \text{ g/mol}$.



- (1) Geef een uitdrukking voor de soortelijke warmte bij constante druk c_p in termen van γ en R .
- (1) Bepaal de relatie tussen de dichtheid ρ en de temperatuur T van de lucht die uit de pijp stroomt.
- (2) Bepaal de relatie tussen de snelheid v van de lucht in de pijp en de dichtheid ρ van de lucht die uit de pijp stroomt.
- (1) Druk de warmteafgifte P uit in v, T, ρ
- (2) Wat is de temperatuur van de uitstromende lucht? (Je mag er van uitgaan dat $T - T_0 \ll T_0$)

6 Blokken en veren (4pt)

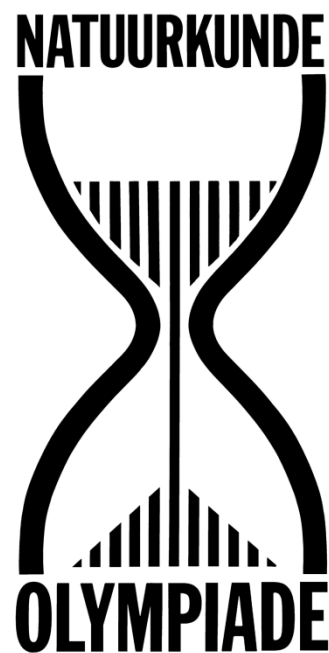
Een groot blok B met massa m_b ligt op een horizontaal wrijvingsloos oppervlak. Een tweede blok T met massa m_t ligt boven op blok B. De wrijvingscoëfficiënt tussen de twee blokken is μ (voor zowel statische als glijdende wrijving). Alle oppervlakken zijn horizontaal en alle bewegingen in één dimensie. Een veer met veerconstante k is alleen met de muur en het bovenste blok verbonden. De veer kan worden uitgerekt en ingedrukt en voldoet dan aan de wet van Hooke. Neem aan dat het bovenste blok niet van het onderste valt. Het bovenste blok T wordt nu over een afstand S vanuit de evenwichtstand verschoven en dan vanuit rust los gelaten.



Afhankelijk van de waarde van S kunnen er twee soorten bewegingen optreden. Een wrijvingsloze waarbij geen energie het systeem uit gaat en eentje waar wel door wrijving energie uit het systeem gaat.

- (1) Bepaal die waarde S_c van S die de grens van beide bewegingen bepaalt.
- (1) Ga nu ervan uit dat $S \gg S_c$. De amplitude van blok T ten opzichte van het oorspronkelijke evenwicht verandert nu in de tijd en de frequentie van de oscillaties noemen we ω_t . Bepaal de verandering in amplitude ΔS na een volledige oscillatie.
- (2) Wat is de maximale snelheid van het onderste blok tijdens de eerder genoemde volledige oscillatie?

Eindronde Natuurkunde Olympiade 2016



theorietoets deel 2

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,67384 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9,81 \text{ m s}^{-2}$
p_0	standaarddruk	$1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273,15 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,2413968 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
0°C	smeltpunt van ijs ($p = p_0$)	$273,15 \text{ K}$
N_A	constante van Avogadro	$6,02214129 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
R	gasconstante	$8,3144621 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
k_B	constante van Boltzmann	$1,3806488 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5,670373 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
k_W	constante van Wien	$2,8977721 \cdot 10^{-3} \text{ m K}$
h	constante van Planck	$6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
c	lichtsnelheid	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (per definitie)
ϵ_0	elektrische permittiviteit van het vacuüm	$8,854187817 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1}$
f	constante in de wet van Coulomb	$8,987551787 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1}$ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ (per definitie)
e	elementair ladingsquantum	$1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
F	constante van Faraday	$9,64853365 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = e N_A$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,2917721092 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,096775834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

7 Rondraaiend platform (4pt)

Iemand met een massa $m = 75 \text{ kg}$ staat in het midden van een ronddraaiend platform van een draaimolen met een straal $R = 3,0 \text{ m}$ en een traagheidsmoment $I_d = 920 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$. Het platform draait zonder wrijving met een hoeksnelheid $\omega_0 = 2,0 \text{ rad/s}$. De persoon loopt nu radiaal naar de rand van het platform.

- (2) Bereken de hoeksnelheid op het moment dat de persoon de rand bereikt.
- (2) Bereken de rotatie-energie van het systeem platform met persoon zowel voor als na de wandeling van de persoon

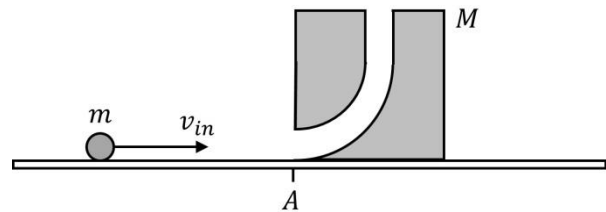
8 GPS (3pt)

GPS-satellieten bewegen met een snelheid van ongeveer $v = 4 \text{ km/s}$ rond de aarde.

- Toon aan dat een goede GPS-ontvanger voor tijdvertraging moet corrigeren als haar resultaten moeten kloppen met atoomklokken die een nauwkeurigheid hebben van 1 deel in 10^{13} .

9 Schieten (6pt)

Door een blok met massa M is een gat geboord. Dit gat is zo geboord dat een balletje met massa m horizontaal het blokje binnen kan gaan en het vervolgens verticaal kan verlaten, zie ook de figuur hieronder.



Het balletje en het blok staan beide op een wrijvingsloze tafel. Het balletje beweegt vanuit een startpositie met een beginsnelheid v_{in} in horizontale richting, het blok staat in eerste instantie stil bij punt A op de tafel.

Stel dat het balletje voldoende snelheid heeft om boven uit het blok te komen tot een hoogte veel hoger dan de afmetingen van het blok. Neem aan dat er nergens wrijvingsverliezen zijn.

Als het balletje vervolgens naar beneden gaat, zal het weer terugvallen in het gat aan de bovenkant van het blok en uiteindelijk met een snelheid v_{uit} het blok richting de startpositie verlaten.

- (1) Leg uit waarom het balletje, als het weer naar beneden valt, weer in het gat van blok terecht komt.
- (2) Leid een uitdrukking af voor de snelheid v_2 waarmee het balletje het blok aan de bovenkant verlaat. Druk v_2 uit in M , m en v_{in} .
- (1) Leid een uitdrukking af voor de snelheid v_{uit} waarmee het balletje het blok aan de zijkant verlaat. Druk v_{uit} uit in M , m en v_{in} .
- (2) Leid een uitdrukking af voor de totale tijd die het balletje onderweg is tussen de beide keren dat het punt A passeert. Druk de tijd uit in M , m en v_{in} . Verwaarloos hierbij de tijd dat het balletje in het blok is.

10 Magneten (4pt)

We doen het volgende experiment om de krachten tussen twee kleine magneten te onderzoeken.

Eén magneet wordt opgehangen aan een dunne draad met lengte $l = 1,0$ m. De andere magneet wordt langzaam dichtbij gebracht, waarbij gezorgd wordt dat de magneten in één lijn blijven liggen. Als de afstand d tussen de magneten gelijk is aan $d_1 = 4,0$ cm en de hangende magneet een afstand $x_1 = 1,0$ cm vanuit de oorspronkelijke stand is aangetrokken, is er geen stabiel evenwicht meer en knallen de magneten op elkaar.

- Ervan uitgaand dat de kracht op de magneten F_m afhangt van de afstand d volgens $F_m \propto d^{-n}$, bepaal dan de grootte van exponent n .

11 Ruimtesurfen (3pt)

De intensiteit van het zonlicht in de buurt van de Aarde is ongeveer 1000 W/m^2 .

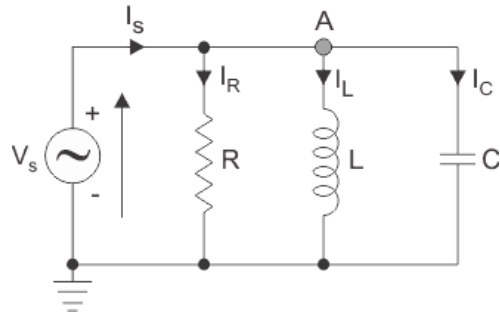
Een ruimteschip in de buurt van de Aarde heeft een spiegellend vierkant zeil van 1 km^2 .

- Geef een schatting van de stuwkracht (in Newton) op het ruimteschip ten gevolge van de fotonen van de zon op het zeil.

12 Een R, L en C parallel aan een wisselspanning (5pt)

Een weerstand met weerstand R , een condensator met capaciteit C en een spoel met inductie L staan parallel aan een wisselspanningsbron waarvoor geldt: met spanning $U = V_s \cos \omega t$.

- (2) Wat kun je zeggen over de fasen van de spanningen over en de stroomsterktes door de componenten? Leg uit en teken een fasediagram.
- (2) Bereken de vervangingsimpedantie van de schakeling.
- (1) Leg uit wat er voor de grootte van de totale stroomsterkte geldt bij resonantie (Resonantie is gedefinieerd als die frequentie waarbij spanning en stroom in fase zijn).



13 Olievlek (5pt)

Een ronde olievlék ligt op een glasplaat met een brekingsindex van $n_g = 1,51$. De olie heeft een brekingsindex $n_o = 1,47$. De dikte d van de olie als functie van de radiële positie r t.o.v. het midden van de vlek wordt gegeven door:

$$d = d_0(1 - r^2/r_0^2) \quad \text{met } (r \leq r_0)$$

waarbij $r_0 = 10,0$ mm en $d_0 = 2,00$ μm .

We bekijken de vlek recht van boven en belichten deze ook recht van boven met monochromatisch licht uit een Natrium lamp (golflengte $\lambda = 589,3$ nm).

- (3) Hoeveel heldere ringen zijn er zichtbaar in het interferentie patroon?
- (2) Wat is de straal van de grootste donkere ring in het interferentie patroon?

