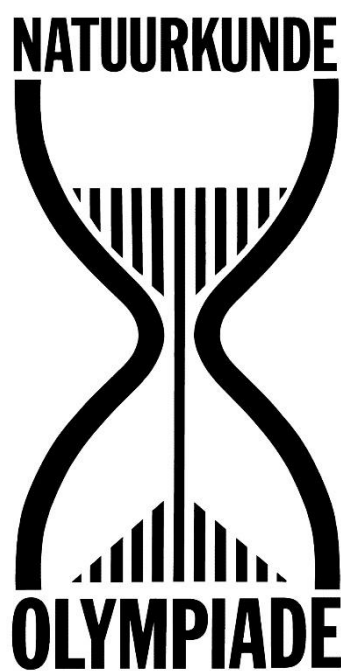


**TWEEDE RONDE
NATUURKUNDE OLYMPIADE
2018**

TOETS 1



18 APRIL 2018

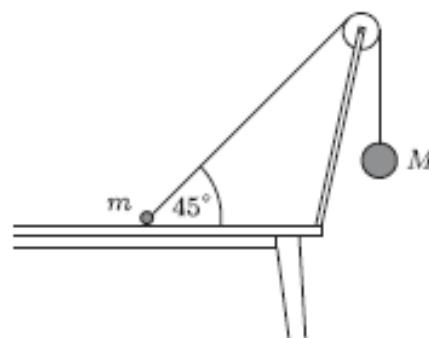
Enige constanten en dergelijke

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
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	molaire 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 $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
$0 \text{ }^\circ\text{C}$	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	$6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
c	lichtsnelheid	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ (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	$9,648\,533\,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = eN_A$
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 Bollen en katrol (5 pt)

Twee bollen met massa's m en M zitten aan elkaar vast met een massaloos koord dat over een katrol met verwaarloosbare massa is gespannen (zie de figuur). Ze worden beide vastgehouden en op een bepaald moment tegelijk los gelaten. Massa M is meer dan 1000 maal zo groot als massa m . Wrijving is overal te verwaarlozen.

Leg uit of de bol met massa m meteen van de tafel los komt of er eerst nog overheen schuift.



2 Slingeren (5 pt)

Een massa aan een massaloos koord met lengte L en een homogene lat met lengte l zijn beide opgehangen en worden vanuit horizontale stand losgelaten.

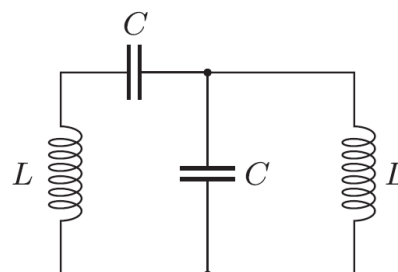


Wat is de verhouding l/L als blijkt dat beide slingers dezelfde periode hebben?

3 LC-circuit (5 pt)

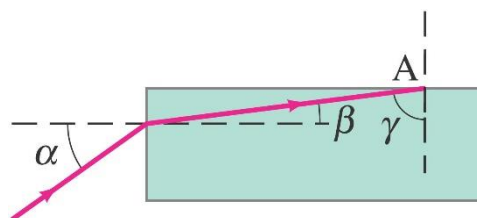
Een elektrische schakeling bestaat uit twee gelijke condensatoren met capaciteit C en twee gelijke spoelen met inductie L , die geschakeld zijn zoals hiernaast te zien is. Dit circuit heeft een eigen natuurlijke frequentie.

Bepaal deze natuurlijke frequentie.



4 Totale reflectie (5 pt)

Een lichtstraal is gericht op een glasfiber (dunne glasdraad) zoals in de figuur hiernaast te zien is. Vanaf een bepaalde brekingsindex van het glas is de reflectie bij punt A totaal, ongeacht de hoek α . Bereken de minimale brekingsindex van het glas, waarbij er in punt A altijd totale reflectie is. Neem aan dat de omgeving van de glasfiber lucht is.



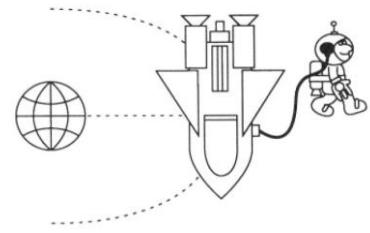
Z.O.Z.

5 Astronaut in gevaar? (5 pt)

Een astronaut met een massa van 110 kg maakt een ruimtewandeling. Het blijkt dat zijn jetpack met straalaandrijving weigert. Hij is alleen nog met een dunne draad van de communicatie met het ruimteschip verbonden. De draad heeft een lengte van 100 m en gaat al stuk als de kracht erop groter is dan 5,0 N.

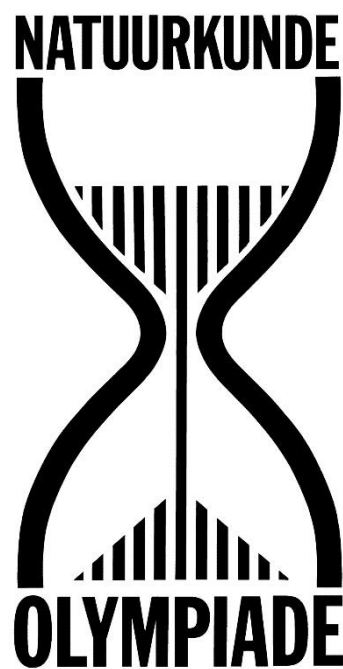
Neem aan dat de hoogte van de baan van het ruimteschip verwaarloosbaar is ten opzichte van de straal van de aarde ($R = 6400$ km) en dat de astronaut loodrecht verder van de aarde af is dan het ruimteschip.

Geef een beredeneerde schatting of de draad de astronaut al of niet bij het ruimteschip kan houden.



**TWEEDE RONDE
NATUURKUNDE OLYMPIADE
2018**

TOETS 2



18 APRIL 2018

<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)	$9,81 \text{ ms}^{-2}$
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 $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
$0 \text{ }^\circ\text{C}$	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	$9,64853365 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = eN_A$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,2917721092 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,096775834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

6 Katapult-bungee (5 pt)

Een katapult-bungee is een kermisattractie waarbij 2 personen, gezeten in een soort gondel, worden afgeschoten.

Dit afschieten gebeurt door de elastieken die aan de gondel bevestigd zijn uit te rekken terwijl de gondel aan de vloer van de attractie is verankerd. Nadat de elastieken helemaal gespannen zijn (ze gaan dan van de gondel naar het hoogste punt van de opstaande armen) wordt de verankering van de gondel losgemaakt, waardoor hij omhoog wordt geschoten.



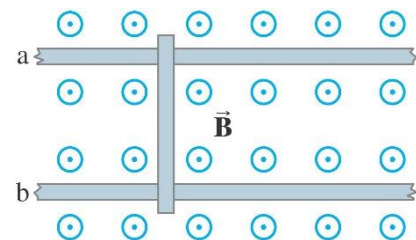
We kijken naar een katapult- bungee waarvan de elastieken in volledig uitgerekte toestand 28,0 m lang zijn, terwijl ze beide een hoek van 20° met de verticaal maken. In de start stand oefenen beide elastieken een kracht van 6,3 kN uit op de gondel, die een totale massa van 300 kg heeft (inclusief de 2 inzittenden). Als de gondel na het loskoppelen 13,0 meter is gestegen, is zijn snelheid maximaal geworden.

Stel de massa van de elastieken als verwaarloosbaar, verwaarloos (lucht-)wrijvingsinvloeden en doe alsof de door de elastieken geleverde kracht evenredig is met hun uitrekking, doe dus alsof ze aan de wet van Hooke voldoen).

Bereken de op een hoogte van 13,0 meter te bereiken maximale snelheid. Laat duidelijk zien hoe je te werk gaat.

7 Bewegende staaf (5 pt)

Een geleidende staaf (met massa m en weerstand R) ligt op twee parallelle, wrijvingsloze en supergeleidende rails. Deze liggen op een afstand l van elkaar. Er is een uniform magnetisch veld dat loodrecht op zowel de staaf als de rails staat. Zie ook het plaatje.



De staaf is op $t = 0$ in rust. Er wordt vervolgens een voeding aangesloten op de punten a en b .

Bereken de snelheid als functie van de tijd als:

- De voeding een constante stroom I levert.
- De voeding een constante spanning U_0 levert.
- Bereikt de staaf in beide gevallen een constante snelheid? Leg uit!

8 Ladingen langs een lijn (5 pt)

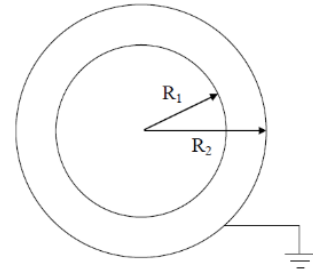
Het elektrisch veld van een zeer lange lijnladung met ladingsdichtheid λ wordt gegeven door:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \hat{r}$$

- Toon dit aan met behulp van de wet van Gauss.

Z.O.Z.

Twee zeer lange cilinders van metaalfolie met straal R_1 resp. R_2 zijn concentrisch opgesteld in vacuüm. De binnenste cilinder draagt een lading λ per meter. De buitenste cilinder is geaard.



- (b) Bepaal het veld in de gehele ruimte.
 (c) Bepaal het potentiaalverschil tussen beide cilinders uitgedrukt in de ladingsdichtheid λ .

De buitencilinder moet voldoende sterk zijn om niet te bezwijken onder de optredende krachten.

- (d) Bepaal de kracht die de binnenmantel per meter cilinderlengte uitoefent op de buitenmantel, uitgedrukt in de ladingsdichtheid λ .

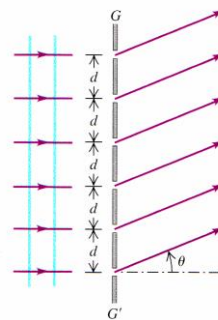
9 Licht door spleten (5 pt)

Een monochromatische lichtbron valt evenwijdig op een dunne spleet met een breedte van 0,25 mm. 2,0 m verder staat een scherm. Op dit scherm ontstaat een diffractiepatroon. Hiernaast staat dat patroon op ware grootte.



- (a) Bereken de golflengte van het gebruikte licht.

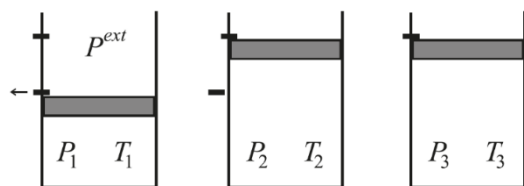
In een andere situatie komt monochromatisch licht op zes spleten met een afstand d van elkaar. Op een scherm op "grote" afstand x vindt men maxima en minima.



- (b) Als we ervan uitgaan dat d gelijk is aan 4λ , geef dan aan hoe ver de eerste orde maxima van elkaar afliggen op het scherm.

10 Ideaal gas (5 pt)

Een systeem van 1,0 mol ideaal gas bevindt zich in een cilinder met een zuiger. De specifieke warmte bij constant volume van het gas wordt gegeven door $C_V = (3/2)R$. Initieel is het gas in evenwicht bij een temperatuur en druk van $T_1 = 300$ K en $P_1 = 1,0 \cdot 10^5$ Pa.



Er worden achtereenvolgens twee processen uitgevoerd (zie de figuren):

- (1 \rightarrow 2) We halen een palletje weg waardoor het gas irreversibel expandeert tegen een constante buitendruk van $P_{\text{ext}} = 0,20 \cdot 10^5$ Pa. De expansie wordt door middel van een tweede palletje gestopt als het volume 2 maal zijn oorspronkelijke waarde heeft bereikt. Het gas vindt hierna een nieuw evenwicht bij temperatuur $T_2 = T_1 = 300$ K en een druk $P_2 = \frac{1}{2}P_1 = 0,50 \cdot 10^5$ Pa.
 (2 \rightarrow 3) Daarna koelen we het gas bij constant volume af van $T_2 = 300$ K naar $T_3 = 250$ K. Bereken de warmte Q die aan het systeem is toegevoerd, de arbeid W die op het systeem is uitgeoefend, en de energie toename ΔU van het systeem. Doe het bovenstaande beide processen apart en voor het complete proces (1 \rightarrow 3).