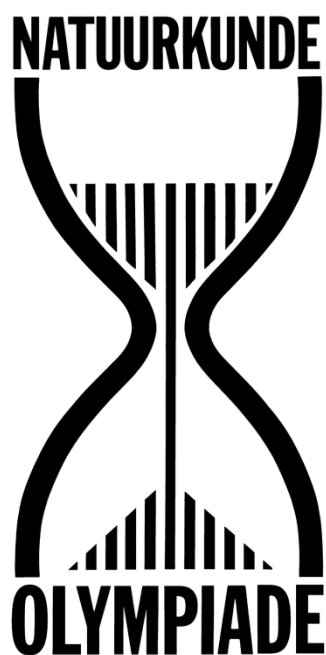


2^e ronde

Natuurkunde Olympiade

2024



24 april 2024

Toets 1



<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
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 $p = p_0$)	$2,24141 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\text{mol}^{-1}$
	• (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	$6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
R	gasconstante	$8,3145 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
k	constante van Boltzmann	$1,38066 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5,67051 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
k_W	constante van Wien	$2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$
h	constante van Planck	$6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
c	lichtsnelheid	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ (per definitie)
ϵ_0	elektrische constante (permittiviteit van het vacuüm)	$8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	constante in de wet van Coulomb	$8,98755 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$ ($= 4\pi \cdot 10^{-7}$, per definitie)
e	elementair ladingskwantum	$1,6021765 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
F	constante van Faraday	$9,64853 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,29177 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,0968 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>massa</i>		
		u	10^{-27} kg	MeV
u	atomaire massa-eenheid	1	1,66054	931,49
m_p	rustmassa proton	1,007276	1,67262	938,27
m_n	rustmassa neutron	1,008665	1,67493	939,56
m_e	rustmassa elektron	0,00054858	0,000910939	0,51

1 Bungeejumper (5 pt)

Pieter is 2,0 m lang en gaat bungeejumpen vanaf een platform op een hoogte $h = 25$ m boven een meer. Het elastiek is aan een kant aan zijn voet bevestigd en de andere kant aan het platform. Hij valt vanuit stilstand in verticale positie naar beneden. Het elastiek heeft een zodanige lengte en elastische eigenschappen dat zijn hoofd net het water van het meer raakt. Uiteindelijk hangt Pieter stil met zijn hoofd 8,0 m boven het water.

- (a) Bepaal de lengte van het koord als deze niet is uitgerekt.
- (b) Bepaal de maximale snelheid en versnelling tijdens de bungeejump.

2 Elektrisch geladen deeltjes in een dans om elkaar (5 pt)

Ergens in de ruimte, ver van alle hemellichamen, bevinden zich twee deeltjes; één met massa $m_1 = 6,0 \cdot 10^{-12}$ kg en lading $Q_1 = 2,43 \cdot 10^{-13}$ C, de ander met $m_2 = 1,2 \cdot 10^{-11}$ kg en $Q_2 = -2,43 \cdot 10^{-13}$ C. De twee deeltjes bewegen met constante snelheid en op zo'n manier dat de afstand ertussen ($d = 1,5$ cm) ook constant blijft.

- (a) Hoe is dit mogelijk?
- (b) Bepaal de snelheid van de deeltjes.

3 Een RCL circuit (5 pt)

Op een blackbox met twee aansluitingen worden wisselspanningen met verschillende hoekfrequenties aangesloten. Door ook de stroom te meten kunnen de impedanties bepaald worden. Hieronder staan de resultaten:

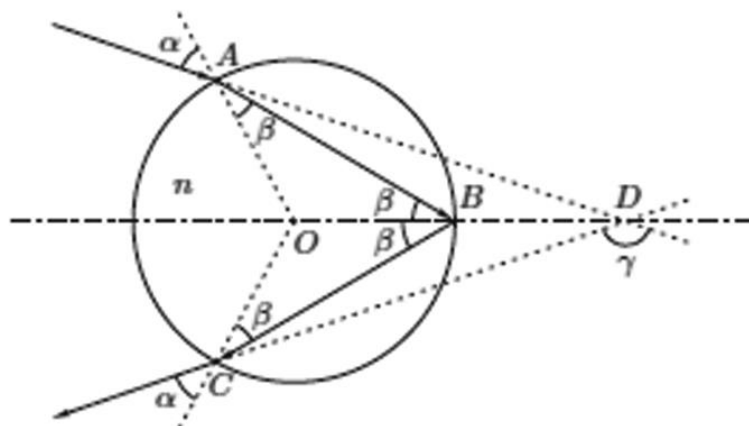
ω [s^{-1}]	20	200	250	300	325	350	400	1000	5000
Z [Ω]	782	53,2	34,0	25,4	25,2	27,2	34,9	145,5	792

Maak schets van $Z(\omega)$. Wat voor schakeling kan er in de blackbox zitten? (Neem hierbij aan dat het enkel om passieve componenten gaat: weerstand, spoel en condensator.)

4 Waterdruppel (5 pt)

Een lichtstraal valt van linksboven een bolvormige waterdruppel met brekingsindex n onder een hoek α in en verlaat deze zoals in afbeelding te zien is.

- (a) Druk de hoek van inval β aan het rechter grensvlak van de druppel uit in α en n .
- (b) Druk de afbuigingshoek γ (zie figuur) uit in α en n .
- (c) Druk die hoek van inval α uit in n waarvoor er de kleinste afbuiging is.



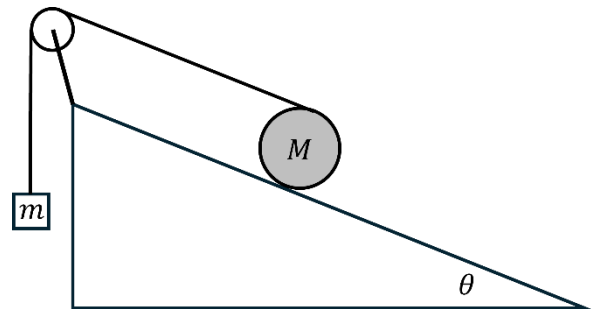
5 Ster (3 pt)

De radiotelescoop van een sterrenwacht staat aan de kust 2 m boven zeeniveau. De radiogolven worden van een opkomende ster boven een vlakke zee waargenomen. Naarmate de ster wat verder boven de horizon staat wordt het signaal sterker, tot het een maximum bereikt als de ster ten opzichte van de horizon een hoek van $1,5^\circ$ maakt. Dan wordt het signaal weer zwakker en zo vindt een serie van opeenvolgende maxima en minima plaats.

Bereken de golflengte van de radiostraling. De straal van de aarde is 6400 km.

6 Rollen en transleren (5 pt)

Op een helling is om een schijf met massa M en straal R een touw gewikkeld. Het touw is via een massaloze katrol verbonden met een massa m , waarbij het touw evenwijdig loopt aan de helling. De schijf rolt slipvrij over de helling. Verder geldt dat de beweging van het touw over de katrol wrijvingsloos is en de massa van het touw verwaarloosd kan worden. De versnelling van de zwaartekracht is g .



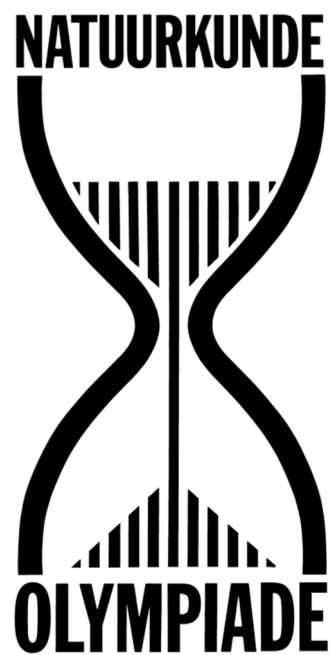
- Neem de figuur over en teken alle krachten werkzaam op de schijf en op de massa m . Welke krachten zijn aan elkaar gelijk en waarom?
- Uit het slipvrij rollen volgt een relatie tussen de versnelling a_m van massa m en de versnelling a_s en hoekversnelling α van de schijf. Geef deze relatie. (Deze relatie mag ook gegeven worden voor de snelheden).
- Bereken de versnelling van de massa m . Het traagheidsmoment van de schijf is $\frac{1}{2}MR^2$. (Vind je deze vraag lastig door de helling, neem dan aan dat de schijf over een horizontaal platform rolt).

B1 Aarde en zon (1 pt)

Stel dat het systeem van de aarde en de zon proportioneel wordt verkleind zodat de afstand tussen de aarde en de zon 1 m wordt. De afstand aarde-zon is nu $150 \cdot 10^9$ m.

Hoe lang duurt een jaar dan? Neem hierbij aan dat de dichtheid van de materie niet verandert.

2^e ronde Natuurkunde Olympiade 2024



24 april 2024
Toets 2

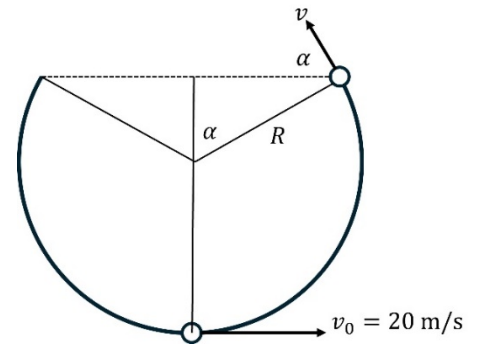


<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9,81 \text{ ms}^{-2}$
p_0	standaarddruk	$1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273,15 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,24141 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\text{mol}^{-1}$
	• (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	$6,02214 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
R	gasconstante	$8,3145 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$
k	constante van Boltzmann	$1,38066 \cdot 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5,67051 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
k_W	constante van Wien	$2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ mK}$
h	constante van Planck	$6,62607 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
c	lichtsnelheid	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ (per definitie)
ϵ_0	elektrische constante (permittiviteit van het vacuüm)	$8,85419 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$
$f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	constante in de wet van Coulomb	$8,98755 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1,25664 \cdot 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$ ($= 4\pi \cdot 10^{-7}$, per definitie)
e	elementair ladingskwantum	$1,6021765 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
F	constante van Faraday	$9,64853 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5,29177 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1,0968 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>massa</i>		
		u	10^{-27} kg	MeV
u	atomaire massa-eenheid	1	1,66054	931,49
m_p	rustmassa proton	1,007276	1,67262	938,27
m_n	rustmassa neutron	1,008665	1,67493	939,56
m_e	rustmassa elektron	0,00054858	0,000910939	0,51

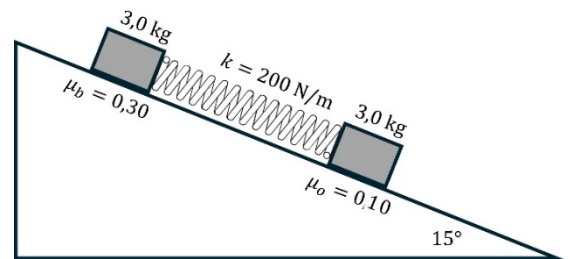
7 Verdwenen stuk cirkel (5 pt)

Een klein voorwerp heeft een beginsnelheid van $v_0 = 20 \text{ m/s}$ op het laagste punt van een verticale opgestelde cirkelbaan van straal $R = 8,16 \text{ m}$. Het voorwerp beweegt langs de cirkel. Hoe groot is het deel van de cirkel dat verwijderd kan worden zonder dat de beweging van het voorwerp in de cirkel verandert? (Verwaarloos wrijving en neem $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)



8 Schuivende blokken (5 pt)

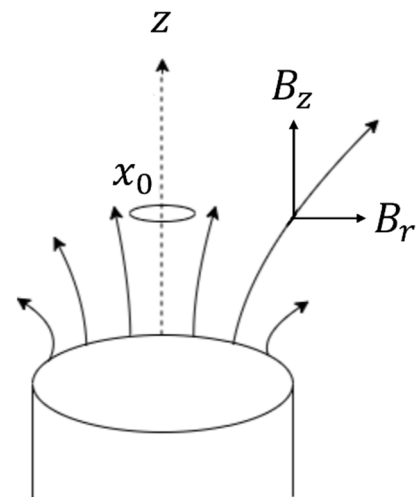
Twee blokken, die beiden $3,0 \text{ kg}$ wegen, zijn via een veer (met veerconstante $k = 200 \text{ N/m}$) verbonden. Ze worden op een hellend vlak (15°) geplaatst. De wrijvingscoëfficiënt tussen het bovenste blok en het vlak is $0,30$ terwijl die tussen het onderste blok en het vlak $0,10$ is. Na een bepaalde tijd schuiven de blokken met dezelfde versnelling. Neem voor het gemak $g = 10 \text{ m/s}^2$.



- Bepaal de versnelling van de blokken.
- Bepaal de uitrekking van de veer.

9 Supergeleidende ring in magneetveld (5 pt)

Een dunne ring met verwaarloosbare weerstand wordt boven een cilindrische staafmagneet gehouden die verticaal is georiënteerd. De as van de ring komt overeen met de as van de magneet. Het magnetische veld rondom de ring heeft een cilindrische symmetrie en de coördinaten van de magnetische inductie vector worden gegeven door de volgende vergelijkingen: $B_z = B_0(1 - \alpha z)$ en $B_r = B_0\beta r$ waarbij B_0, α, β constanten en z, r resp. de verticale en radiale coördinaten zijn. In eerste instantie loopt er door de ring geen stroom. De ring valt vervolgens naar beneden.



De initiële coördinaten van het midden van de ring zijn $z = 0, r = 0$. Verwaarloos de luchtweerstand en neem $B_0 = 0,01 \text{ T}, \alpha = 2\beta = 32 \text{ m}^{-1}, m_{ring} = 50 \text{ mg}, r_{ring} = 0,5 \text{ cm}, g = 9,8 \text{ m/s}^2$ en de inductie van de ring $L_{ring} = 1,3 \cdot 10^{-8} \text{ H}$

- Beredeneer of de magnetische flux binnen de ring constant blijft tijdens het vallen.
- Beschrijf de beweging van de ring. Druk de verticale coördinaat van de ring uit als een functie van de tijd.
- Druk de stroom in de ring uit als een functie van tijd. Wat is de maximale stroom?

10 Pottenbakker (3 pt)

Een pottenbakkerswiel draait rond een verticale as met een frequentie van $1,5$ omwentelingen per seconde. Het wiel kan worden beschouwd als een uniforme schijf met een massa $m = 5,0 \text{ kg}$ en een diameter $d = 0,4 \text{ m}$. De pottenbakker gooit een klomp klei ($m = 3,1 \text{ kg}$), ongeveer gevormd als een platte schijf met een straal $r = 8,0 \text{ cm}$ op het midden van het draaiende wiel.

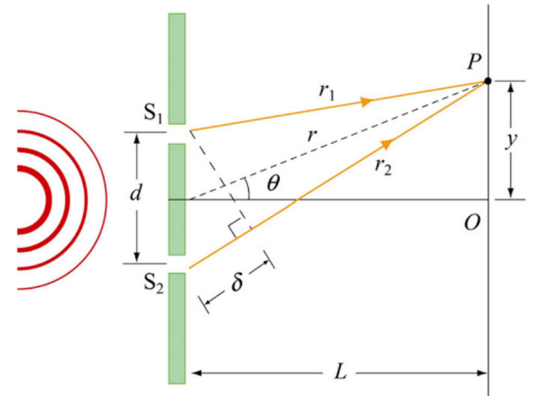
Wat is de frequentie van het wiel nadat de klei eraan vastplakt?

11 Dubbelspleet (5 pt)

Hiernaast zie je een dubbelspleet interferentie.

Neem $d = 0,100 \text{ mm}$, $L = 1,00 \text{ m}$, $\lambda = 500 \text{ nm}$.

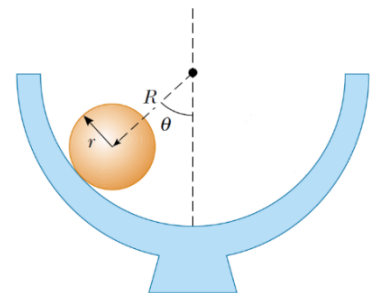
- (a) Wat is het faseverschil tussen de twee golven die aankomen bij punt P in het geval dat $\theta = 0,800^\circ$?
- (b) Wat is het faseverschil tussen de twee golven die aankomen bij punt P in het geval dat $y = 4,00 \text{ mm}$?
- (c) Als $\phi = 1/3 \text{ rad}$, hoe groot is θ ?
- (d) Als het weglengteverschil $\delta = \lambda/4$, hoe groot is θ dan?



12 Rollende cilinder (5 pt)

In een goot met kromtestraal R ligt een massieve cilinder met lengte l en straal r met zijn as parallel aan de as van de goot. Op $t = 0$ wordt de cilinder onder een hoek van θ_0 losgelaten zoals afgebeeld. Ten gevolge van de aanwezige wrijving begint de cilinder door de goot te rollen.

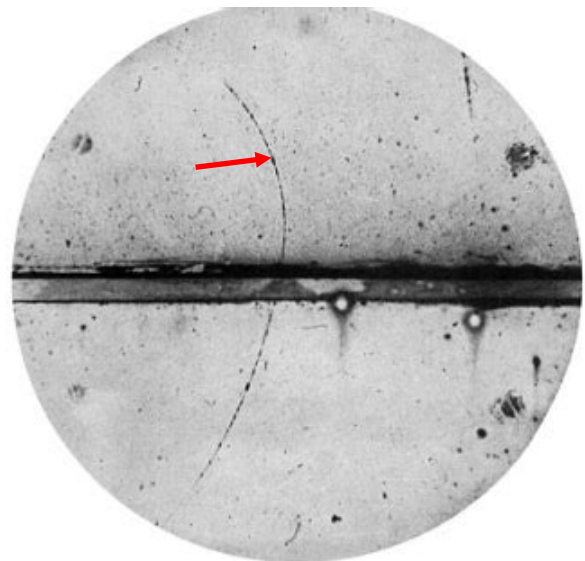
Bereken de trillingstijd van de periodieke beweging die ontstaat.



B2 Nevelvat (1 pt)

Een nevelvat (of Wilsonvat) kan de sporen van kleine deeltjes zichtbaar maken.

Afgebeeld in de figuur is zo'n spoor, aangegeven met de rode pijl. Kruis in de tabel op de bijlage aan welke uitspraak over de lading van het deeltje klopt voor de omschreven situaties.



BIJLAGE**Bij opgave B2, Toets 2****NAAM:**

	Deeltje is positief	Deeltje is negatief	Deeltje is neutraal	Er valt niets te zeggen over de lading
Deeltje reist: ↑ B: ⊗				
Deeltje reist: ↑ B: ⊙				
Deeltje reist: ↑ B: →				
Deeltje reist: ↓ B: ←				
Deeltje reist: ↓ B: ⊗				
Deeltje reist: ↓ B: ⊙				

- ↑ omhoog in het vlak van de figuur
- ↓ omlaag in het vlak van de figuur
- naar rechts in het vlak van de figuur
- ← naar links in het vlak van de figuur
- ⊗ het papier in
- ⊙ het papier uit