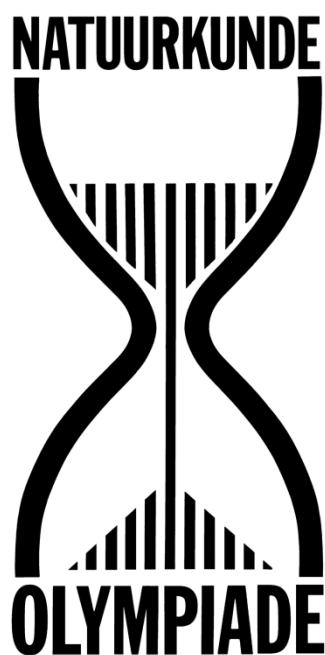


2^e ronde

Natuurkunde Olympiade

2023



19 april 2023

Toets 1

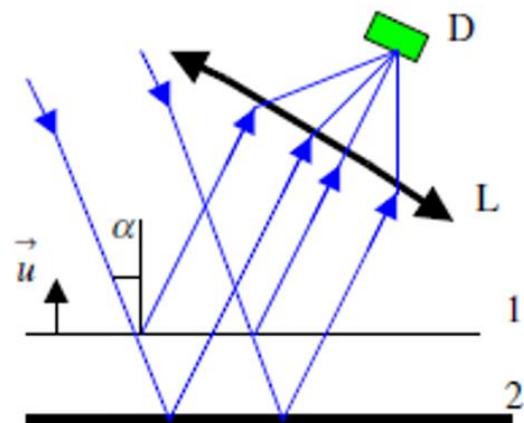
<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,6726 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2\text{kg}^{-2}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9,81 \text{ ms}^{-2}$
p_0	standaarddruk	$1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273,15 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,24141 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\text{mol}^{-1}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298 \text{ K}$ en $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3\text{mol}^{-1}$
0°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 Spiegel in optica (3,5 pt)

We hebben een evenwijdige bundel monochromatisch licht met een golflengte $\lambda = 500 \text{ nm}$. De bundel valt onder een hoek $\alpha = 30^\circ$ op twee vlakke spiegels 1 en 2. De bundel wordt door de halftransparante spiegel 1 deels weerkaatst en deels doorgelaten. Spiegel 2 weerkaatst de bundel ook, zie tekening hiernaast. Het gereflecteerde licht valt via de lens L op de detector D . Het signaal van de detector is evenredig met de intensiteit van de ontvangen bundel. Spiegel 1 beweegt nu omhoog met een snelheid $u = 0,010 \text{ cm/s}$.

- Bereken de frequentie van het signaal in de detector in deze situatie.



2 Elektrische zeepbel (3,5 pt)

Een zeepbel heeft een straal $r_1 = 8,0 \text{ cm}$ en een wanddikte $d = 3,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$. De zeepbel is elektrisch geladen en heeft aan zijn oppervlakte een potentiaal van $U_1 = 50 \text{ V}$. Plotseling klappt de zeepbel en valt naar beneden als een kogelvormige druppel met een straal r_2 .

- Bereken de grootte van de elektrische lading op het oppervlak van de zeepbel. Ga er daarbij vanuit dat de capaciteit van de zeepbel is gegeven door $C = 4\pi\epsilon_0 r_1$.
- Bereken de elektrische potentiaal ϕ op de druppel. Ga er daarbij vanuit dat alle lading van de zeepbel op de druppel zit en dat het zeepwater elektrisch geleidend is.



3 Geladen ballen aan een touwtje (3,5 pt)

Twee staven met een lengte $l = 1,0 \text{ m}$ en verwaarloosbare massa zitten draaibaar samen op één plek vast aan een plafond op $h = 3,0 \text{ m}$ boven de grond. Eerst bevestigen we een kleine metalen bal met massa m aan een staaf. De bal heeft een elektrische lading $Q = 2,8 \mu\text{C}$. We bevestigen een identieke bal met gelijke lading aan de andere staaf. De twee ballen stoten elkaar af. Op een gegeven moment hangen ze in evenwicht en is hun afstand tot de grond toegenomen met $\Delta h = 3,0 \text{ cm}$.

- Bereken de massa van een bal.

4 Bernoulli (3,5 pt)

Uit een kraantje met een uitstroomopening $R = 0,0050 \text{ m}$ stroomt water. De waterstroom is $Q_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Bij een straal $r < 0,0030 \text{ m}$ valt de continue straal uiteen in druppels.

- Op welke afstand h onder de uitstroomopening breekt de continue waterstroom in druppels? Ga er vanuit dat water een ideale vloeistof is.



5 Rondraaien (3,5 pt)

Leila (met massa m) heeft op een speelveldje een grote schijf ontdekt, die kan ronddraaien. De schijf is homogeen met straal R en massa $2m$ en kan zonder wrijving ronddraaien. Leila gaat op de rand staan en laat de schijf ronddraaien. Ze krijgt zo zelf een snelheid v ten opzichte van de grond. Ze staat dan stil op de ronddraaiende schijf.

- Bereken de hoeveelheid arbeid die Leila moet verrichten om in het midden van de schijf te komen. Leila kan je als puntmassa beschouwen.



6 Bosu (4 pt)

Een bosu is een halve bol (met een straal van 29 cm) van veerkrachtig materiaal, bedoeld voor evenwichtsoefeningen in de sportschool. Enno laat vanaf een hoogte $h = 1,3$ m boven de grond een balletje met massa $m = 10$ g op de bosu vallen. Het balletje raakt de bosu op $x_0 = 5,0$ cm van de symmetrie-as van de bosu en botst volkomen elastisch. De bosu verschuift bij het botsen niet.

- Bereken hoever van het middelpunt van de bosu het balletje de grond raakt.

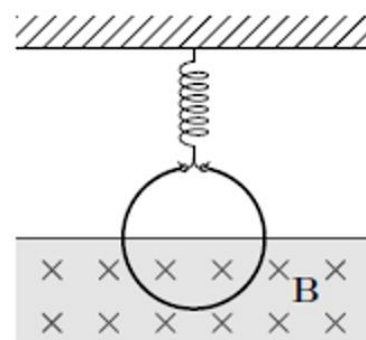


7 Inductie magneet (3,5 pt)

Een metalen ring met straal r en massa m hangt aan een veer met veerconstante k . De ring hangt met zijn onderste helft in een homogeen magnetisch veld met magnetische inductie B . Het veld staat loodrecht op de ring, zie figuur. De ring is aan de bovenkant open en daar kunnen we de spanning over de eindpunten meten.

We laten de ring nu oscilleren aan de veer met een amplitude r .

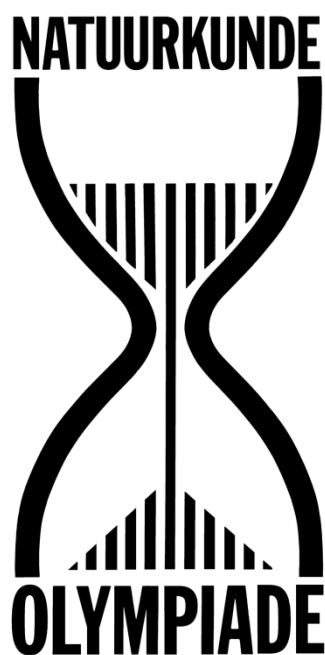
- Bereken de piekspanning, gemeten aan de eindpunten van de ring.



2^e ronde

Natuurkunde Olympiade

2023



19 april 2023

Toets 2

Enkele constanten en grootheden

<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°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

8 Lidar (3,5 pt)

Op een Iphone pro zit tegenwoordig een Lidar (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging), een afstandsmeter, gebaseerd op een laser.

Deze laser zendt korte lichtpulsen uit, meet de tijdsduur dat gereflecteerd licht weer opgevangen wordt en rekent dat om naar afstand.

Met de Lidar kunnen we de lichtsnelheid in water bepalen. Daartoe worden 3 metingen gedaan met de opstelling die hiernaast te zien is:

- 1 De afstand met Lidar tot de bodem van een lege pan: 40,0 cm
- 2 De afstand met Lidar tot de bodem in de pan met water erin: 41,9 cm
- 3 Op het water wordt een papiertje gelegd en opnieuw wordt de afstand gemeten, nu dus tot het papier: 34,0 cm

- Bereken de lichtsnelheid in water en de brekingsindex met behulp van de drie metingen.

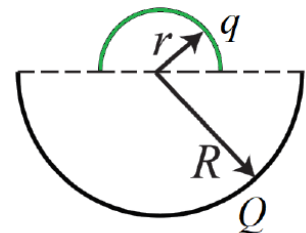


9 Statische halve bollen (3,5 pt)

Twee holle, gelijkmatig geladen halve bollen hebben respectievelijk ladingen Q en q en stralen R en r .

De middelpunten van de halve bollen vallen samen en ze zijn opgesteld als in de tekening.

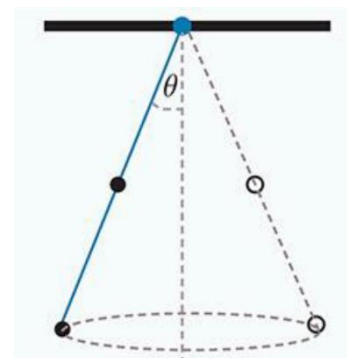
- Bereken de elektrische kracht tussen de halve bollen. (Hint: maak gebruik van symmetrie-overwegingen.)



10 Stijve slinger (4 pt)

Een dunne (massaloos beschouwde) staaf met lengte L is wrijvingsloos aan het plafond opgehangen en draait rond met een hoek θ en hoeksnelheid ω rond een verticale as. Twee gelijke massa's m zijn aan het einde en in het midden bevestigd. Zie de tekening hiernaast. De staaf oefent een kracht uit op de massa's.

- Bereken de hoek α tussen de horizontaal en de kracht die de staaf op de massa in het midden van de staaf uitoefent.



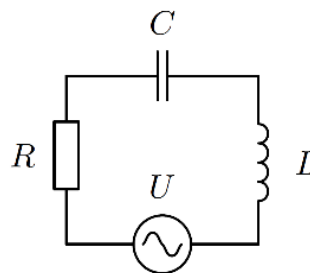
11 Watertank (3,5 pt)

Piet heeft een watertank voor droge perioden. Hij kan die vullen uit een waterreservoir op 37 m boven de watertank. Het valt hem op dat de waterstroom bij het waterniveau in de tank een factor 13 smaller in oppervlakedoorsnee is dan bij het verlaten van het waterreservoir.

- Bereken de snelheid v_0 van het water bij het verlaten van het waterreservoir.

12 RLC-circuit (3,5 pt)

We hebben het getoonde RLC-circuit met een $R = 1,00 \text{ k}\Omega$, $L = 10,0 \text{ mH}$ en $C = 4,70 \text{ }\mu\text{F}$. De spanning is 230 V , terwijl de frequentie kan variëren. De frequentie wordt zo ingesteld, dat de amplitude van de stroom maximaal is.



- Bereken het vermogen dat de schakeling dan gebruikt.

13 Atoommodel (3,5 pt)

In het Bohrmodel van een atoom draait een elektron in een cirkel met straal r rond een stilstaand proton. Zijn hoekmoment is gekwantiseerd en kan waarden $L = n\hbar$ hebben met n de orde van het elektron.

- Hoe groot is de straal r van de baan van het elektron in de 2^e orde?

14 Vallende boom (3,5 pt)

Een boom wordt gekapt. De takken worden er af gehaald, zodat voor het vallen een stam overblijft. We gaan hier uit van een boom met verwaarloosbare dikte, massa m en een hoogte h . De boom wordt net op de grond omgehakt, zo dat hij rond een vast punt bij de grond omvalt.

- Wat is de snelheid van de top van de boom vlak voor het moment dat deze de grond raakt?

