2e ronde Natuurkunde Olympiade 2025

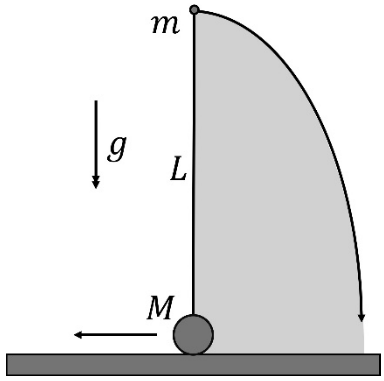
16 april 2025
Toets 1

symbool	*naam*	*waarde*
G	gravitatieconstante	$6{,}6726 \cdot 10^{-11}$ $\mathrm{Nm^2kg^{-2}}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9{,}81$ $\mathrm{ms^{-2}}$
p_0	standaarddruk	$1{,}01325 \cdot 10^{5}$ Pa
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273{,}15$ K en $p = p_0$)	$2{,}24141 \cdot 10^{-2}$ $\mathrm{m^3mol^{-1}}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298$ K en $p = p_0$)	$2{,}45 \cdot 10^{-2}$ $\mathrm{m^3mol^{-1}}$
0 °C	smeltpunt van ijs ($p = p_0$)	273,15 K
N_A	constante van Avogadro	$6{,}02214 \cdot 10^{23}$ $\mathrm{mol^{-1}}$
R	gasconstante	$8{,}3145$ $\mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$
k	constante van Boltzmann	$1{,}38066 \cdot 10^{-23}$ $\mathrm{JK^{-1}}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5{,}67051 \cdot 10^{-8}$ $\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$
k_W	constante van Wien	$2{,}8978 \cdot 10^{-3}$ mK
h	constante van Planck	$6{,}62607 \cdot 10^{-34}$ Js
c	lichtsnelheid	$2{,}99792458 \cdot 10^{8}$ $\mathrm{ms^{-1}}$ (per definitie)
ε_0	elektrische constante (permittiviteit van het vacuüm)	$8{,}85419 \cdot 10^{-12}$ $\mathrm{Fm^{-1}}$
$f = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	constante in de wet van Coulomb	$8{,}98755 \cdot 10^{9}$ $\mathrm{Nm^2C^{-2}}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1{,}25664 \cdot 10^{-6}$ $\mathrm{Hm^{-1}}$ (= $4\pi \cdot 10^{-7}$, per definitie)
e	elementair ladingskwantum	$1{,}6021765 \cdot 10^{-19}$ C
F	constante van Faraday	$9{,}64853 \cdot 10^{4}$ $\mathrm{C\,mol^{-1}}$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5{,}29177 \cdot 10^{-11}$ m
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1{,}0968 \cdot 10^{7}$ $\mathrm{m^{-1}}$

symbool	*naam*	*massa*		
		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 Een halter (5 pt)

Twee puntmassa's M en m zijn verbonden door een stijve, niet-rekbare staaf met lengte L en bevinden zich aanvankelijk in een verticale positie op een zeer glad horizontaal oppervlak, m boven M.



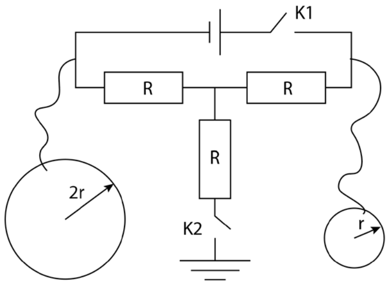
(a) Bereken de snelheid van massa m vlak voordat deze het horizontale oppervlak raakt.

(b) Bereken of beredeneer de trekkracht in de staaf op het moment dat de snelheid van massa M maximaal is.

(c) Bereken de oppervlakte ingesloten tussen het horizontale oppervlak en de baan van massa m vanaf zijn beginpositie tot het punt waar massa m het oppervlak raakt.

2 Geladen bollen (5 pt)

De elektrische schakeling in het schema bestaat uit identieke weerstanden met weerstand R en een spanningsbron met een constante spanning U_b. Twee geleidende metalen bollen met stralen r en $2r$ zijn met de schakeling verbonden via lange draden. De weerstand van de draden en de bollen kan worden verwaarloosd. De bollen bevinden zich ver van elkaar en van andere voorwerpen. Aanvankelijk zijn de bollen ongeladen en staan beide schakelaars open.



(a) Bereken de potentiaal van de bollen nadat evenwicht in de stroomkring is bereikt bij gesloten schakelaar K1. Neem aan dat de potentiaal op een punt oneindig ver van de bollen nul is.

(b) Schakelaar K2 aardt een van de contacten van de onderste weerstand, waardoor de potentiaal van dat contact gelijk wordt aan nul. Bereken de spanning over de onderste weerstand onmiddellijk na het sluiten van de schakelaar.

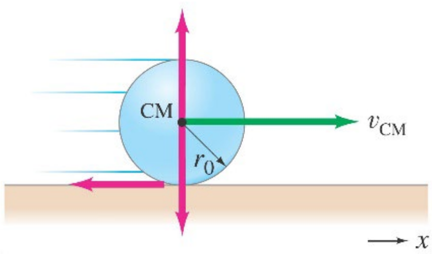
(c) Bepaal de potentiaal op de bollen nadat het evenwicht is hersteld na het sluiten van schakelaar K2.

(d) Bereken de warmte die in de onderste weerstand verloren gaat na het sluiten van schakelaar K2.

3 Bowlingbal (5 pt)

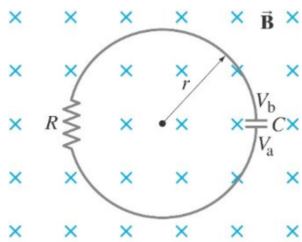
Een bowlingbal met massa M en straal r_0 wordt over een vlak oppervlak gegooid zodat de bal aanvankelijk ($t = 0$) glijdt met een lineaire snelheid v_0 maar niet draait. Terwijl de bal glijdt, begint deze te draaien en uiteindelijk rolt de bowlingbal zonder te slippen.

Hoe lang duurt het voordat de bowlingbal begint te rollen zonder te slippen? (De kinetische wrijvingscoëfficiënt is μ_k en het traagheidmoment va de bowlingbal is $I = \frac{2}{5}Mr_0^2$)



4 Circuit in magnetisch veld (5 pt)

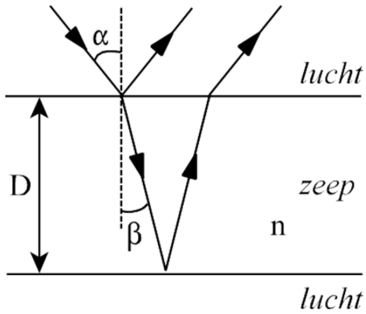
Een cirkelvormig circuit met straal r, dat een weerstand R en een condensator C bevat, bevindt zich met het vlak loodrecht op een ruimtelijk uniform magnetisch veld $\vec{B}$ dat de pagina in is gericht. Vanaf het tijdstip $t = 0$ wordt waargenomen dat het spanningsverschil over de condensatorplaten met de tijd toeneemt volgens $V_{ba} = V_0\left(1 - e^{2t/\tau}\right)$, waarbij V_0 en τ positieve constanten zijn.



(a) Bereken dB/dt, de snelheid waarmee de grootte van het magnetische veld met de tijd verandert.

(b) Wordt B groter of kleiner naarmate de tijd toeneemt? Beredeneer je antwoord.

5 Zeepbel (5 pt)



Als licht op een zeepbel valt, zijn er kleuren te zien. Dat is een gevolg van interferentie van licht dat aan de buitenkant van de zeepfilm van de bel weerkaatst wordt en van licht dat eerste gebroken wordt, vervolgens aan de binnenkant van de bel weerkaatst en dan via een tweede keer breking aan de buitenkant de bel verlaat. We bekijken een klein stukje van het zeepvlies, zodat we dit vlak mogen veronderstellen (zie tekening). De brekingsindex van de zeepoplossing is ongeveer gelijk aan die van water: $n = 1{,}4$. Bij de terugkaatsing aan de binnenkant van het zeepvlies ondervindt het licht een faseverschuiving van $1/2$. De zeepbel wordt beschenen met geel licht met een golflengte $\lambda = 580\ \mathrm{nm}$. Als het zeepvlies overal even dik is, ontstaat een regelmatig patroon van lichte en donkere concentrische ringen.

(a) Bereken de maximale dikte van het zeepvlies zodat men slechts één heldere vlek ziet.

Voor kleine hoeken α geldt bij benadering dat het faseverschil Φ gegeven wordt door:

$$\Phi = 2\frac{D}{\lambda}(1 - 0{,}5\alpha^2)$$

Iemand ziet twee naast elkaar gelegen ringen onder een hoek $\alpha_1 = 10{,}5^{\mathrm{o}}$ resp. $\alpha_2 = 11{,}0^{\mathrm{o}}$.

(b) Bereken de dikte D van het zeepvlies.

(c) Leidt de exacte uitdrukking af voor het faseverschil Φ tussen de twee uittredende lichtstralen als functie van de hoek α, de golflengte λ en de dikte D van het zeepvlies.

B1 Biljarten (2 pt)

Het is je bij biljarten, poolen of snooker wellicht al wel opgevallen dat als je twee ballen (met dezelfde massa) zonder effect met elkaar laat botsen, de ballen in een hoek van 90° uit elkaar gaan. Leg uit, beredeneer of leid af waarom dat zo is. (Neem dus aan dat de ballen even zwaar zijn, er zonder effect gespeeld wordt en de botsing volledig elastisch is.)

2e ronde
Natuurkunde Olympiade
2025

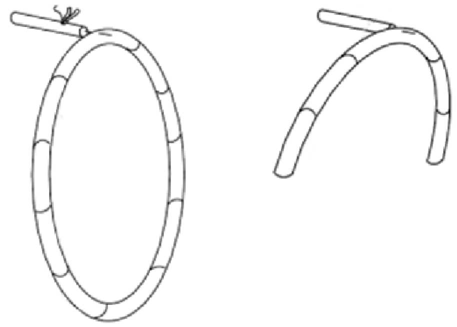
16 april 2025
Toets 2

symbool	*naam*	*waarde*
G	gravitatieconstante	$6{,}6726 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2kg^{-2}}$
g	valversnelling (gemiddeld in Nederland)	$9{,}81\ \mathrm{ms^{-2}}$
p_0	standaarddruk	$1{,}01325 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$
V_m	molair volume	
	• (ideaal gas bij $T = 273{,}15$ K en $p = p_0$)	$2{,}24141 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m^3mol^{-1}}$
	• (gasvormige stof bij $T = 298$ K en $p = p_0$)	$2{,}45 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m^3mol^{-1}}$
0 °C	smeltpunt van ijs ($p = p_0$)	273,15 K
N_A	constante van Avogadro	$6{,}02214 \cdot 10^{23}\ \mathrm{mol^{-1}}$
R	gasconstante	$8{,}3145\ \mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$
k	constante van Boltzmann	$1{,}38066 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{JK^{-1}}$
σ	constante van Stefan-Boltzmann	$5{,}67051 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}$
k_W	constante van Wien	$2{,}8978 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{mK}$
h	constante van Planck	$6{,}62607 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}$
c	lichtsnelheid	$2{,}99792458 \cdot 10^8\ \mathrm{ms^{-1}}$ (per definitie)
ε_0	elektrische constante (permittiviteit van het vacuüm)	$8{,}85419 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{Fm^{-1}}$
$f = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	constante in de wet van Coulomb	$8{,}98755 \cdot 10^9\ \mathrm{Nm^2C^{-2}}$
μ_0	magnetische permeabiliteit van vacuüm	$1{,}25664 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{Hm^{-1}}$ ($= 4\pi \cdot 10^{-7}$, per definitie)
e	elementair ladingskwantum	$1{,}6021765 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$
F	constante van Faraday	$9{,}64853 \cdot 10^4\ \mathrm{C\,mol^{-1}}$
a_0	atoomstraal H-atoom (volgens Bohr)	$5{,}29177 \cdot 10^{-11}\ \mathrm{m}$
R_H	rydbergconstante voor waterstof	$1{,}0968 \cdot 10^7\ \mathrm{m^{-1}}$

symbool	*naam*	*massa*		
		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

6 Hoepel (5 pt)

Een hoepel met massa m en straal R is wrijvingloos opgehangen aan een punt. De valversnelling is g.



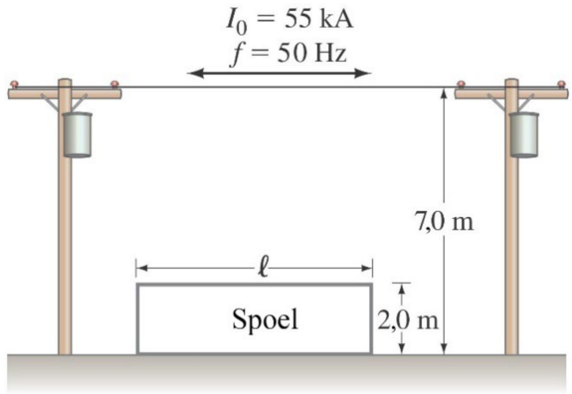
(a) Bereken de trillingstijd T van de hoepel (formule).

De hoepel wordt nu ingekort tot de helft.

(b) Bereken nu opnieuw de trillingstijd T van deze hoepelslinger.

7 Stoute boer (5 pt)

Een hoogspanningsleiding met een sinusoïdaal variërende stroom met frequentie $f = 50\ \mathrm{Hz}$ en piekwaarde $I_0 = 55\ \mathrm{kA}$ loopt op een hoogte van $7{,}0\ \mathrm{m}$ over het land van een boer. De boer plaatst een verticaal georiënteerde rechthoekige draadspoel van $2{,}0\ \mathrm{m}$ hoog met 10 windingen onder de hoogspanningslijn. De boer hoopt de geïnduceerde spanning in deze spoel te kunnen gebruiken om elektrische apparatuur van 230 V van stroom te voorzien, waarvoor een sinusoïdaal variërende spanning met frequentie $f = 50\ \mathrm{Hz}$ en piekwaarde $V_0 = 325\ \mathrm{V}$ nodig is.



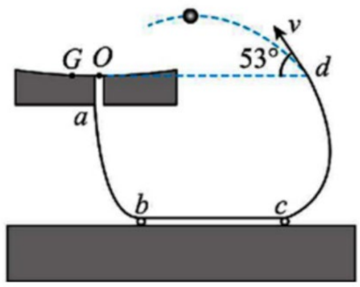
(a) Wat moet de lengte l van de spoel zijn?

(b) Zou dit onethisch zijn? Onderbouw je antwoord.

8 Perpetuum mobile (5 pt)

De figuur toont het schematische diagram van een ‘perpetuum mobile’ speelgoedmodel. De gladde bimetalen dunne rails $abcd$ vormen een baan met een railafstand van $l = 0{,}80\ \mathrm{cm}$ en segment bc is horizontaal.

Als een verborgen schakelaar wordt ingedrukt, wordt een stalen kogel met massa $m = 3{,}6$ g losgelaten op punt O, het centrale gat van een kurkplaat. De stalen kogel beweegt langs het spoor en wordt gelanceerd in punt d, waarbij hij omhoog vliegt onder een hoek van 53° met de horizontaal. De kogel landt dan bij punt G, dat dicht bij O ligt (het hoogteverschil kan genegeerd worden). De bal rolt wat heen en weer in de buurt van O voordat hij weer met een verwaarloosbare beginsnelheid uit het gat valt en de cyclus ‘oneindig’ herhaalt kan worden.



Verwaarloos de luchtweerstand en gebruik $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.

(a) Gegeven dat de diameter van de stalen bal $d = 1{,}0$ cm is, bereken de ondersteunende kracht F die door elke rail op de stalen bal wordt uitgeoefend wanneer deze langs bc rolt.

Behandel de stalen kogel als een puntmassa en bedenk dat de punten G en d zich op dezelfde hoogte bevinden, met een horizontale afstand $s = 15\ \mathrm{cm}$ ertussen. De maximale hoogte die de kogel bereikt nadat hij punt d heeft verlaten, noemen we h.

(b) Bereken, om het ‘perpetuum mobile’-effect te behouden, de arbeid W die de verborgen versneller per cyclus op de kogel uitoefent.

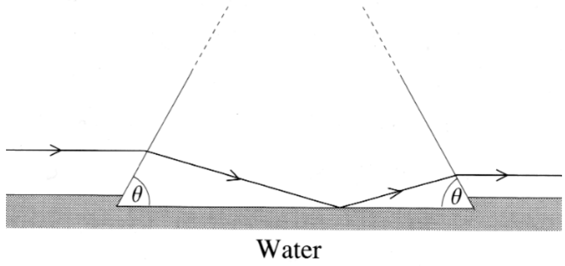
9 **Prisma in water (5 pt)**

Een prisma met twee gelijke zijden hangt met zijn basis in water. De hoek die de gelijke zijden met de basis maken is gelijk aan $\boldsymbol{\theta}$.

Een lichtstraal evenwijdig aan het wateroppervlak valt boven het water op het prisma en wordt intern aan het glas-water-oppervlak gereflecteerd en komt aan de andere kant van het prisma weer het prisma uit de lucht in.

Neem de brekingsindices van glas en water respectievelijk 3/2 en 4/3.

Toon aan dat $\boldsymbol{\theta}$ tenminste 25,9° moet zijn.



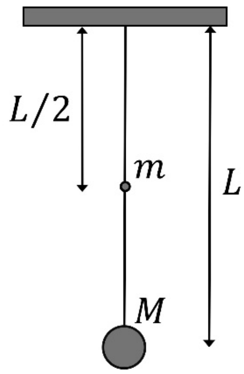
10 **Slingeren (5 pt)**

Aan een lange draad met lengte L, die aan het plafond bevestigd is, hangt een grote massa M. In het midden van de draad is een kleine massa m bevestigd. Neem aan dat de massa m veel kleiner is dan die van M.

(a) Leidt af dat als de kleine massa m een beetje uit zijn evenwichtsstand wordt getrokken en daarna losgelaten, deze harmonisch gaat trillen. Bereken tevens de trillingstijd. (Druk de trillingstijd T uit in de grootheden m, M, L en g.)

Nu verwisselt men m en M. Weer wordt de massa in het midden, in dit geval dus M, een beetje uit de evenwichtsstand getrokken.

(b) Beschrijf de beweging van de massa m, die nu onderaan hangt, zo nauwkeurig mogelijk.



B2 **Gloeilampontwerp (2 pt)**

Bij het ontwerp van gewone gloeilampen voor een bepaalde spanning streeft men er naar om de temperatuur van de wolfraamdraad voor alle types dezelfde te laten zijn. Dan moet ook het vermogen dat de draad per oppervlakte-eenheid uitzendt voor alle types dezelfde zijn. Dat betekent dat men het vermogen (het wattage) van een lamp bij de gegeven bedrijfsspanning bepaalt door te kiezen voor een bepaalde lengte L en diameter D van de cilindervormige wolfraamdraad.

Stel we hebben een gloeilamp van $25\ \mathrm{W}$ en een van $100\ \mathrm{W}$.

Leid af wat de verhouding is van lengtes L en de diameters D van de twee genoemde lampen.