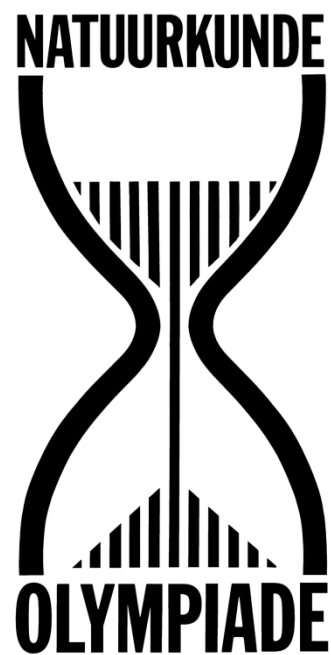


2^e ronde
Natuurkunde Olympiade
2022



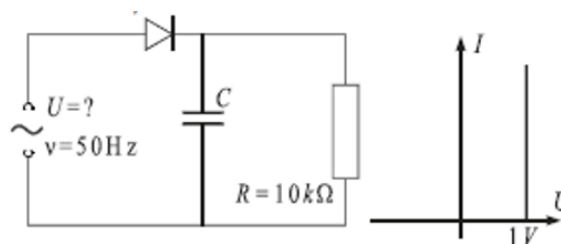
20 april 2022
Toets 1

<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	$8,987551787 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
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	$1,096775834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

1 Gelijkrichter (6 punten)

Een gelijkrichter maakt van de wisselspanning van een spanningsbron een gelijkspanning. In de schakeling hiernaast wordt dat door een diode en een condensator gerealiseerd.

Over de condensator wordt de 'belasting' aangesloten. In dit geval een weerstand. Door de weerstand van $R = 10 \text{ k}\Omega$ loopt een gelijkstroom van 2 mA . Het (geïdealiseerde) U, I -diagram van de diode staat ook in de figuur.



De relatieve variatie van de stroom over de weerstand mag niet meer bedragen dan $\Delta I/I < 1\%$.

- Bereken het (gemiddelde) vermogensverlies over de diode in dit circuit.
- Bereken de amplitude van de wisselspanning ($f = 50 \text{ Hz}$), die nodig is voor de goede werking van de schakeling.
- Bereken de benodigde capaciteit van de condensator.
- Bereken het gemiddeld vermogensverlies over de diode tijdens de eerste periode van de AC-spanningsbron, direct na het aanzetten van de spanningsbron.

2 Schieten met ballen (5 punten)

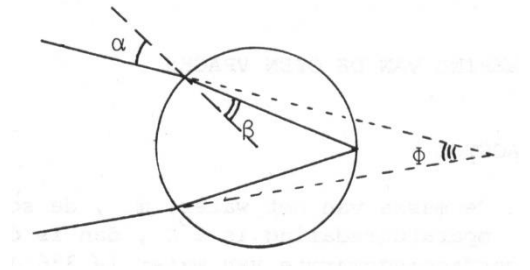
Een grote bal met massa m_1 en diameter d wordt op een hoogte h van de grond gehouden (het middelpunt van de bal ligt dan op een hoogte $h + d/2$). Een kleine bal met massa m_2 wordt bovenop de grote bal geplaatst. We laten de ballen los en ze vallen.

- Bereken tot welke hoogte de kleine bal komt na de botsing van de grote bal met de grond. We nemen aan dat de botsingen volkomen elastisch zijn en dat $m_1 \gg m_2$.
We gaan op deze manier een 'satelliet' omhoog schieten. We nemen N volkomen elastische ballen met massa's $m_1 \gg m_2 \gg m_3 \gg \dots$. De eerste bal met m_1 is de onderste, de volgende ballen worden daarop geplaatst met m_N de bovenste, die de satelliet moet worden. Deze bal moet daarvoor een snelheid bereiken van $7,8 \text{ km/s}$. De onderste bal wordt op een hoogte $h = 1 \text{ m}$ van de grond gehouden.
- Wat moet de massa m_1 van de laagste bal zijn en wat het aantal ballen N als $m_i/m_{i+1} = 10$ en de massa van de satelliet $m_N = 10 \text{ kg}$ moet zijn?

3 Lichtstraal in een druppel (5 punten)

Een lichtstraal valt op een cirkelvormige schijf en volgt een weg zoals staat aangegeven in de tekening. De schijf heeft een brekingsindex n t.o.v. de omringende lucht.

- Geef door middel van een berekening aan onder welke voorwaarde(n) de hoek Φ maximaal wordt.



4 Licht door spleten (4 punten)

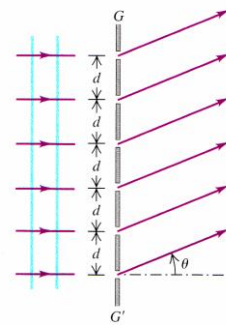
Een monochromatische lichtbron valt evenwijdig op een dunne spleet met een breedte van 0,25 mm. 2,0 m verder staat een scherm. Op dit scherm ontstaat een diffractiepatroon. Hiernaast staat dat patroon op ware grootte.

- (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.



5 Magnetten (5 punten)

We onderzoeken de krachten tussen twee kleine magneten.

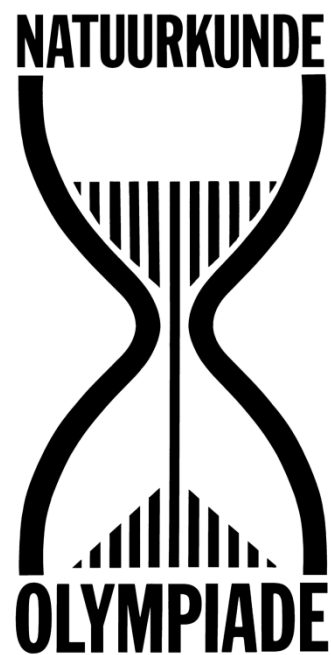
Eén staafmagneet hangen we horizontaal aan een draad met een lengte $l = 1$ m.

De andere magneet wordt langzaam horizontaal naar de hangende magneet toe bewogen.

Op het moment dat de afstand tussen de magneten gelijk is aan $d_1 = 4$ cm en dat de hangende magneet een afstand van $x_1 = 1$ cm van zijn oorspronkelijke positie is verschoven, is het evenwicht verstoord en plakken de magneten aan elkaar.

- Als we ervan uitgaan dat de aantrekkende kracht F_m tussen de magneten van de afstand d afhangt volgens de relatie $F_m \propto d^{-n}$, bepaal dan de grootte van de exponent n .

2^e ronde
Natuurkunde Olympiade
2022



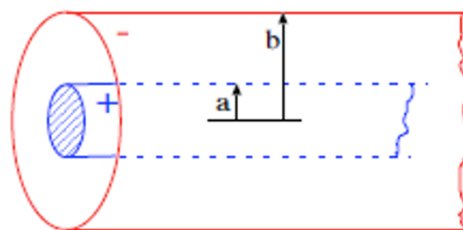
20 april 2022
Toets 2

<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)	$9,81 \text{ m s}^{-2}$
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 $p = p_0$)	$2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
$0 \text{ }^\circ\text{C}$	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	$2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (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	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
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	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

6 Coaxkabel (4 punten)

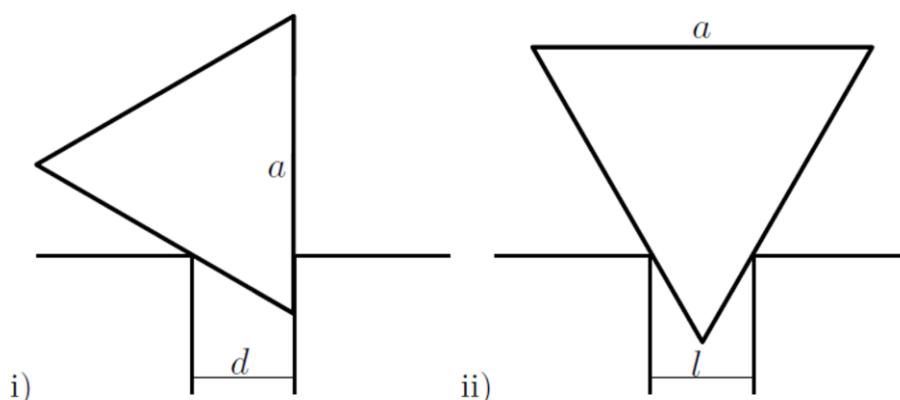
Een coaxkabel met lengte L bestaat uit twee concentrische cilinders (zie figuur).

De binnencilinder (straal a) is massief, de buitencilinder (straal b) is hol. Beide cilinders zijn uniform geladen. De totale lading op de binnencilinder is $+Q$ en op de buitencilinder is $-Q$.



- Bereken het elektrisch veld in de binnencilinder, tussen de twee cilinders en buiten de buitenste cilinder.
- Bereken de elektrostatische energie van het systeem.
- Bereken het potentiaalverschil tussen een punt op de as van de binnencilinder en een punt op de buitencilinder. Waarom hangt het antwoord niet af van het gekozen punt op de buitencilinder?

7 Een stabiel prisma (5 punten)



Een rechthoekig gelijkzijdig prisma heeft zijden met lengte a .

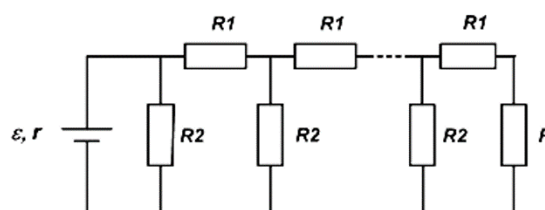
Het prisma wordt geplaatst in een horizontale spleet tussen twee tafels, op zo'n manier dat één van de zijden verticaal is (figuur i)). We gaan ervan uit dat er geen wrijving is tussen het prisma en de tafels en dat het prisma gemaakt is van homogeen materiaal. De zijden van de spleet zijn parallel verticaal.

- Geef de kleinste afstand d tussen de spleten waarbij het prisma niet omvalt.
We plaatsen het prisma nu in de spleet zo, dat een van de zijden horizontaal is (figuur ii)) en maken de afstand l steeds kleiner.
- Wat is nu de kleinste afstand l voordat de stand van het prisma instabiel wordt?

8 Weerstanden (5 punten)

De spanningbron heeft een inwendige weerstand van $r = 3,0 \Omega$ en een bronspanning van $\epsilon = 10 \text{ V}$. Voor de weerstanden geldt: $R = 17 \Omega$, $R_1 = 1,0 \Omega$ en $R_2 = 6,0 \Omega$.

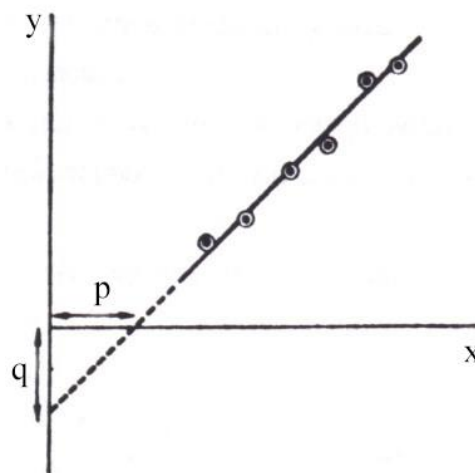
Het stuk met de weerstanden R_1 en R_2 wordt totaal 17 keer herhaald.



- Bepaal de stroomsterkte I door de weerstand R .

9 2X Lens (4 punten)

Met een bolle lens wordt een reëel voorwerp afgebeeld op een scherm. Voor 6 verschillende voorwerpsafstanden (v) wordt de bijbehorende beeldafstand (b) gemeten. Met behulp van deze 6 meetparen wordt een grafiek gemaakt waarbij de uitgezette grootheden een rechte lijn opleveren. Zie de grafiek hiernaast.



- (a) Leg uit welke grootheden de waarden x en y langs de assen voorstellen en geef een uitdrukking voor zowel de helling van de grafiek, de afstand p als q in de afgebeelde grafiek.

Twee dunne lenzen met brandpuntsafstand F_1 en F_2 worden vlak achter elkaar gezet.

- (b) Leid een uitdrukking af voor de totale brandpuntsafstand van beide lenzen (uitgedrukt in F_1 en F_2).

10 Getijdencentrale (7 punten)

Een getijdencentrale C is gelegen tussen twee reservoirs B en O, die via sluizen met de zee in verbinding staan. De sluizen zijn zo gemaakt dat het niveau in B nooit lager kan worden dan dat van de zee, en dat het niveau in O nooit hoger kan worden dan dat van de zee. Via buizen stroomt het water van B naar O door de turbines van C, waarbij de potentiële energie wordt omgezet in elektrische energie met een rendement f . ($0 < f < 1$)

Ga ervan uit dat de snelheid waarmee het water door de buizen stroomt NIET afhangt van het hoogteverschil tussen beide reservoirs.

- Bepaal zo goed mogelijk het gemiddelde vermogen van de centrale door van de grafiek gebruik te maken waar de waterniveaus in staan aangegeven, en door ervan uit te gaan dat op elk ogenblik het maximale vermogen bereikt wordt.

