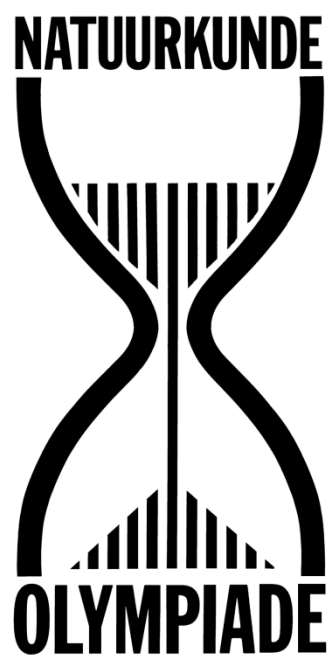


Eindronde Natuurkunde Olympiade 2018

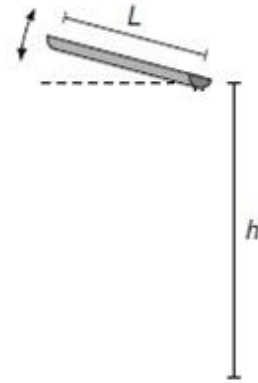


theorietoets deel 1

symbool	naam	waarde
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	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°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	$6,626\,069\,57 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
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	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
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	$9,648\,533\,65 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = e N_A$
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. Spelen met water (3 punten)

Water wordt aan de bovenkant met een verwaarloosbare snelheid in een dakgoot met lengte $L = 100$ cm gegoten en dat water loopt (zonder wrijving) aan de onderkant uit de goot. Zoals hiernaast wordt getoond, is de goot aan het onderste uiteinde bevestigd op een hoogte $h = 200$ cm boven de grond. Je kunt de hoogte van het bovenste uiteinde van de dakgoot variëren door de hoek α van de goot met de horizontaal te variëren. De hoogte van de top beïnvloedt duidelijk hoe ver een waterstraal komt voordat deze de grond raakt.



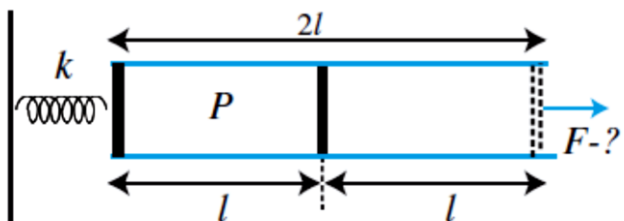
- a. Bewijs dat de tijd waarop het water de grond raakt ($t = 0$ s op het moment dat het water uit de goot komt) gelijk is aan

$$t_{grond} = \sqrt{\frac{2L}{g}} \left(\sqrt{\sin^3 \alpha + \frac{h}{L}} - \sin^{3/2} \alpha \right)$$

- b. Bepaal de maximale horizontale afstand x , gemeten vanaf de onderkant van de goot, die u kunt bereiken met de waterstraal en welke hoek de goot dan moet maken met de horizontaal.

2. De veer en twee zuigers (3 punten)

Twee zuigers worden ingebracht in een horizontale cilinder met dwarsdoorsnede A en lengte $2l$. De linker zuiger is verbonden met een muur door een veer met veerconstante k . Aanvankelijk bevindt de linker zuiger zich aan het uiteinde van de cilinder en bevindt de rechter zuiger zich exact in het midden van de cilinder, zoals weergegeven in de figuur.



De veer is ontspannen en de druk P tussen de zuigers is gelijk aan de atmosferische druk P_{atm} .

Daarna wordt de rechter zuiger langzaam naar rechts getrokken totdat hij het einde van de cilinder bereikt. De cilinder blijft in rust. Verwaarloos wrijving en neem aan dat de temperatuur constant blijft.

- Beredeneer dat de linker zuiger in de eindsituatie over een afstand x naar rechts is verschoven.
- Welke kracht F moet op de rechter zuiger worden uitgeoefend om hem in de eindpositie te houden? Druk je antwoord uit in de gegeven grootheden P_{atm} , A , l en k .
- Druk de totale arbeid W die verricht is op het afgesloten gas uit in P_{atm} , A , l en k .

3. Een draad vol lading (3 punten)

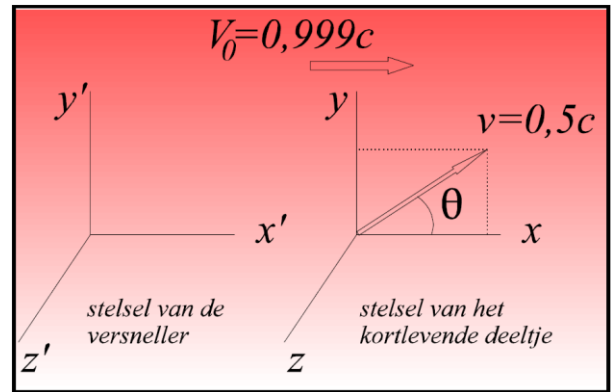
Een dunne, rechte draad (te beschouwen als een lijn) strekt zich uit van $x = 0$ tot $x = L$ en draagt een ladingsdichtheid $\sigma(x) = a x$ [C/m], met $a = \text{constant}$. Gevraagd:

- De totale lading Q in de draad
- Het elektrische veld E op een afstand P boven het linker uiteinde ($x = 0$) van de staaf (E als vector, dus de x en de y component).

4. Deeltjes en jets (3 punten)

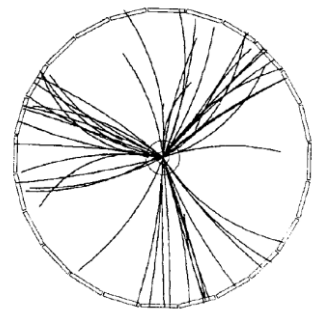
In een versneller wordt na een botsing een zeer kortlevend deeltje geproduceerd dat een snelheid $v_0 = 0,999c$ heeft. Voor de vervaltijd van het deeltje wordt in het stelsel van het laboratorium $2 \cdot 10^{-18} \text{ s}$ gemeten. Stel $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

- Bereken de lengte van de weg die het kortlevende deeltje aflegt.
- Bereken de vervaltijd van het deeltje in z'n eigen systeem.



Het kortlevende deeltje valt uiteen in een groot aantal deeltjes met een veel grotere vervaltijd. In het systeem van het kortlevende deeltje vliegen de langlevende deeltjes in willekeurige richtingen weg. Op de foto lijken ze echter in vrijwel dezelfde richting weg te vliegen. Men noemt dit een jet.

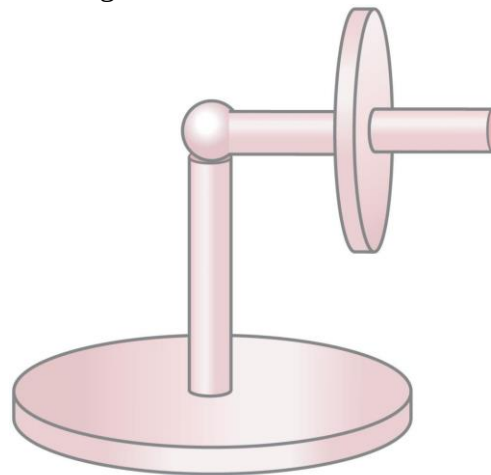
In het stelsel van het kortlevende deeltje vliegt een langlevend deeltje met een snelheid $v = 0,5c$ onder een hoek θ met de oorspronkelijke bewegingsrichting, in het xy-vlak, weg (zie tekening).



- Bereken de snelheidscomponenten van het langlevende deeltje in het stelsel van de versneller, uitgedrukt in θ en c .
- Bereken de hoek θ' die het langlevende deeltje in het stelsel van de versneller maakt, als $\theta = \pi/2$.

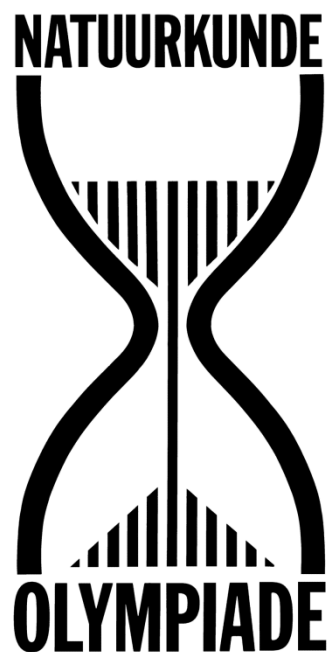
5. Een gyroscoop (3 punten)

Een speelgoed gyroscoop bestaat uit een schijf van 170 g en een straal van 5,5 cm. Deze schijf is in het midden bevestigd aan een dunne as van 21 cm lang. Deze schijf draait rond met een 45 rondjes per seconde. Een uiteinde van de as is bevestigd aan een statiefje. Zie de figuur. Het blijkt dat de gyroscoop rond gaat draaien in het horizontale vlak, oftewel precessie.



- Als de hoeksnelheid $\vec{\omega}$ van de schijf in de situatie van de figuur naar rechts wijst, wat is dan de richting van de hoeksnelheid van de gyroscoop?
- Bereken hoe lang een precessie rondje duurt.
- Als de dimensies worden verdubbeld (straal 11 cm en as 42 cm), hoe lang duurt dan het rondje?

Eindronde
Natuurkunde Olympiade
2018



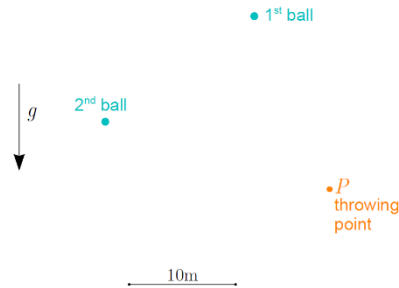
Theorietoets
deel 2

<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	molaire 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°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	$6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
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	$9,64853365 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1}$ $F = e N_A$
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. Twee ballen gooien (3 punten)

Twee ballen worden vanuit P met dezelfde beginsnelheid maar verschillende richting gegooid. Hiernaast (op antwoordblad wat groter) zie je een 'foto' op een bepaald moment.

- Bepaal de beginsnelheid van de ballen (neem $g = 9,8 \text{ m/s}^2$).



7. Serieschakeling (3 punten)

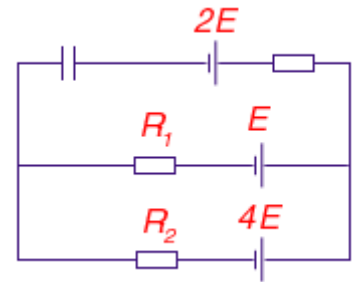
Een weerstand R van 100Ω , een condensator F van 200 nF en een spoel met een sterkte L van 300 mH staan in serie met elkaar en met een wisselspanningsbron van variabele frequentie en een vaste spanning van 20 V .

- Bereken de maximale stroomsterkte door deze schakeling en geef ook aan bij welke frequentie deze stroomsterkte optreedt.
- Hoe groot is de spanning over de spoel bij een frequentie van de wisselspanning van 500 Hz .

8. R en c. (3 punten)

R_1 ($= 20 \Omega$) en R_2 zijn weerstanden in de figuur. De spanningsbronnen worden als ideaal beschouwd.

- Bereken die R_2 (in Ω) waarbij de condensator in de schakeling ongeladen is.

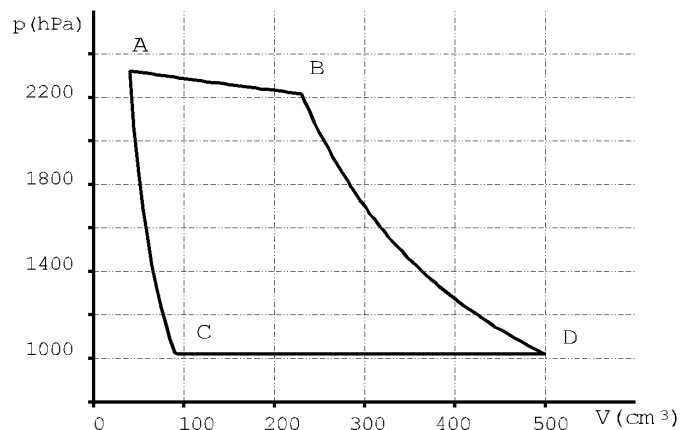


9. Fietspomp (3 punten)

Een fietspomp is via een slang verbonden met een fietsband. Voor de fietspomp wordt het begrip **pompslag** als volgt gedefinieerd:

'Een pompslag is een handeling waarbij het handvat van de pomp vanuit de hoogst mogelijke stand volledig neergedrukt en vervolgens weer volledig opgetrokken wordt.'

Van een bepaalde pompslag is het pV -diagram getekend. V stelt in dit diagram het volume van het deel van de pompcilinder **onder** de zuiger, plus het volume van de slang voor. In dit vraagstuk wordt er van uit gegaan dat de processen isotherm zijn, dat de lucht als een ideaal gas te beschouwen is en dat het volume van de fietsband constant is.



- Leg uit welk van de punten A, B, C of D het begin van de pompslag voorstelt.
- Teken in het diagram op het bijgaand antwoordvel de volgende pompslag.
- Bepaal het volume van de op te pompen band.

10. Interferentie (3 punten)

We beschouwen een twee-spleten-interferentie-experiment, waarin de twee spleten een verschillende breedte hebben. Gemeten op een scherm ver weg, is de amplitude van de golf van de eerste spleet E , terwijl voor de andere een amplitude $2E$ geldt.

- a. Toon aan dat voor de intensiteit I in elk punt van het interferentiepatroon geldt:

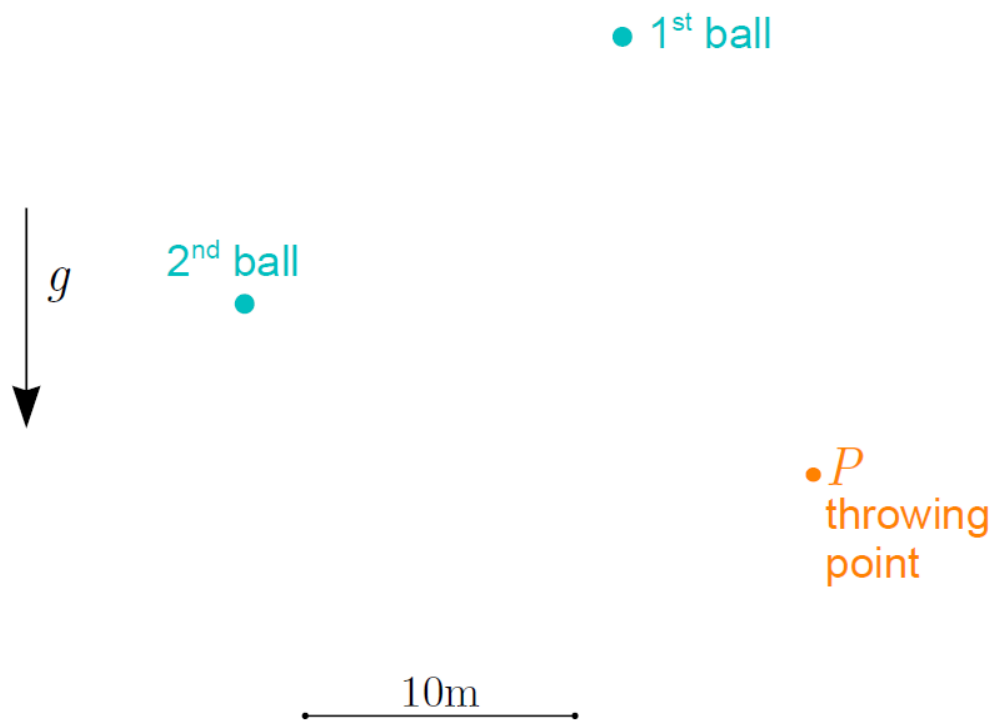
$$I = I_0 \left(\frac{5}{9} + \frac{4}{9} \cos \phi \right)$$

met ϕ het verschil in fasehoek tussen de twee golven, gemeten op een punt op het scherm en I_0 de maximum intensiteit in het patroon.

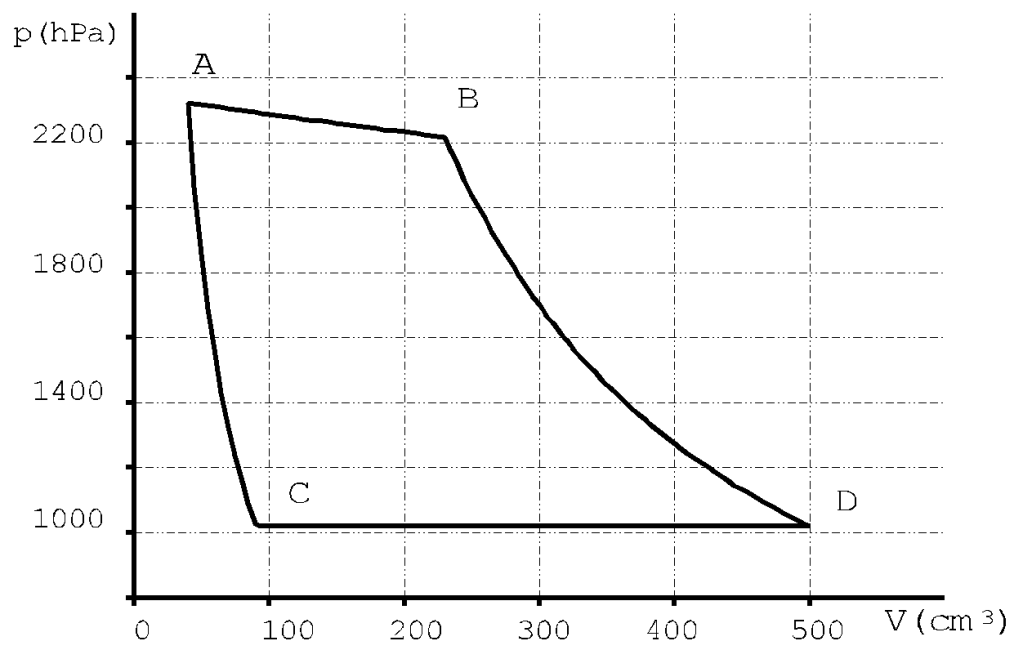
- b. Maak een grafiek van I als functie van ϕ
- c. Geef een uitdrukking voor de minimumwaarde van I en geef aan bij welke waarden van ϕ dit optreedt.

Naam: _____

Bij vraag 6.



Vraag 9:



[illegible]