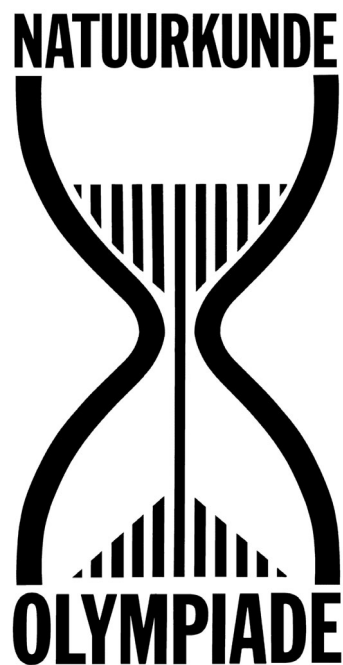


**TWEEDE RONDE
NATUURKUNDE OLYMPIADE
2019**

TOETS 1



17 APRIL 2019
Tijdsduur: 1h45

Enige constanten en dergelijke

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,673\,84 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$
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	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
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	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

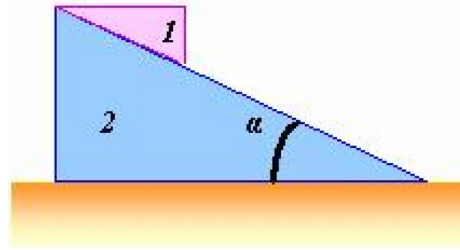
MECHANICA

1 Twee prisma's. (4 punten)

Twee gelijkvormige prisma's met een hoek α van 30° hebben een glad en wrijvingsloos oppervlak.

Ze zijn op een horizontaal wrijvingsloos vlak geplaatst, zoals in de tekening. De massa van het kleine prisma is m en de massa van het grote prisma is $4m$. Als het kleine prisma wordt losgelaten, begint het omlaag te glijden. Op een bepaald moment is de snelheid van het kleine prisma ten opzichte van het grote gelijk aan v_{rel} .

Bepaal de snelheid van het grote prisma in termen van v_{rel} op dat moment zoals deze wordt gemeten door iemand die naast de tafel staat.

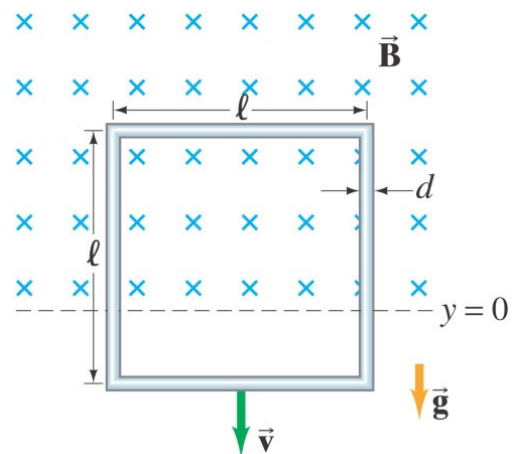


ELEKTRICITEIT & MAGNETISME

2 Vallende draadlus. (5 punten)

In een bepaald gebied in de ruimte dicht bij het aardoppervlak is een homogeen horizontaal magnetisch veld met grootte B aanwezig boven een niveau dat we definiëren als $y = 0$. Onder $y = 0$ wordt het veld abrupt gelijk aan nul. Zie ook de figuur.

Een verticale draadlus heeft soortelijke weerstand ρ , massadichtheid ρ_m , diameter d en zijde l . De lus is aanvankelijk in rust met zijn onderste horizontale zijde op $y = 0$ en gaat daarna vallen onder invloed van de zwaartekracht, met zijn vlak loodrecht op de richting van het magnetisch veld.



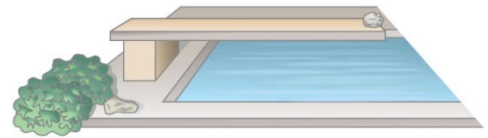
(a) Bepaal, terwijl de lus zich nog steeds gedeeltelijk in het magnetisch veld bevindt (terwijl hij naar het gebied met veld nul toe valt), de magnetische 'remkracht' die werkt op het moment dat de snelheid gelijk is aan v . Druk je antwoord uit in de gegevens grootheden.

(b) Neem aan dat de lus een eindsnelheid v_T bereikt voordat de bovenste horizontale zijde het veld verlaat. Bepaal v_T . Druk je antwoord uit in de gegeven grootheden.

GOLVEN & OPTICA

3 **Duikplank.** (3 punten)

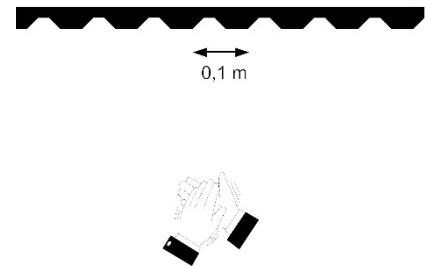
Een duikplank trilt op en neer en voert een harmonische trilling uit met een frequentie van 2,5 Hz. Wat is de maximale amplitude waarmee het uiteinde van de duikplank mag trillen voor een steen die daar neergelegd is (zie de figuur) het contact met de plank verliest bij het trillen?



4 **Echo.** (4 punten)

Iemand staat op geruime afstand voor een muur met een verticaal geribbeld profiel. De afstand van twee opeenvolgende ribbels is 0,1 meter. Als de persoon in zijn handen klappt hoort hij een echo waarvan de toonhoogte afneemt met de tijd.

Verklaar het verschijnsel en licht dit toe met een berekening.



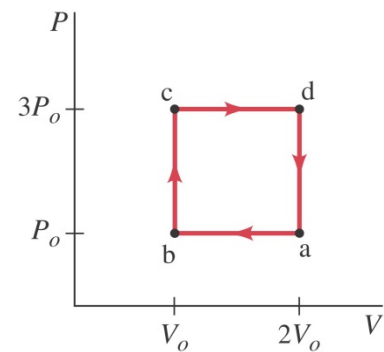
THERMODYNAMICA

5 **Kringproces.** (6 punten)

Een bepaalde warmtemotor laat een ideaal eenatomig gas een cyclus doorlopen zoals de rechthoek in het PV -diagram hiernaast. Bereken het rendement van deze motor.

Het rendement van een warmtemotor is gedefinieerd als de verhouding van de door de motor verrichte arbeid W tot de toegevoerde warmte Q_H .

Reken eerst per overgang de relevante grootheden uit.



6 **Vliegtuigvleugel.** (3 punten)

In de figuur op de bijlage is een dwarsdoorsnede te zien van de vleugel van een vliegend vliegtuig alsmede de stroomlijnen van de lucht langs deze vleugel, in het referentiestelsel van de vleugel.

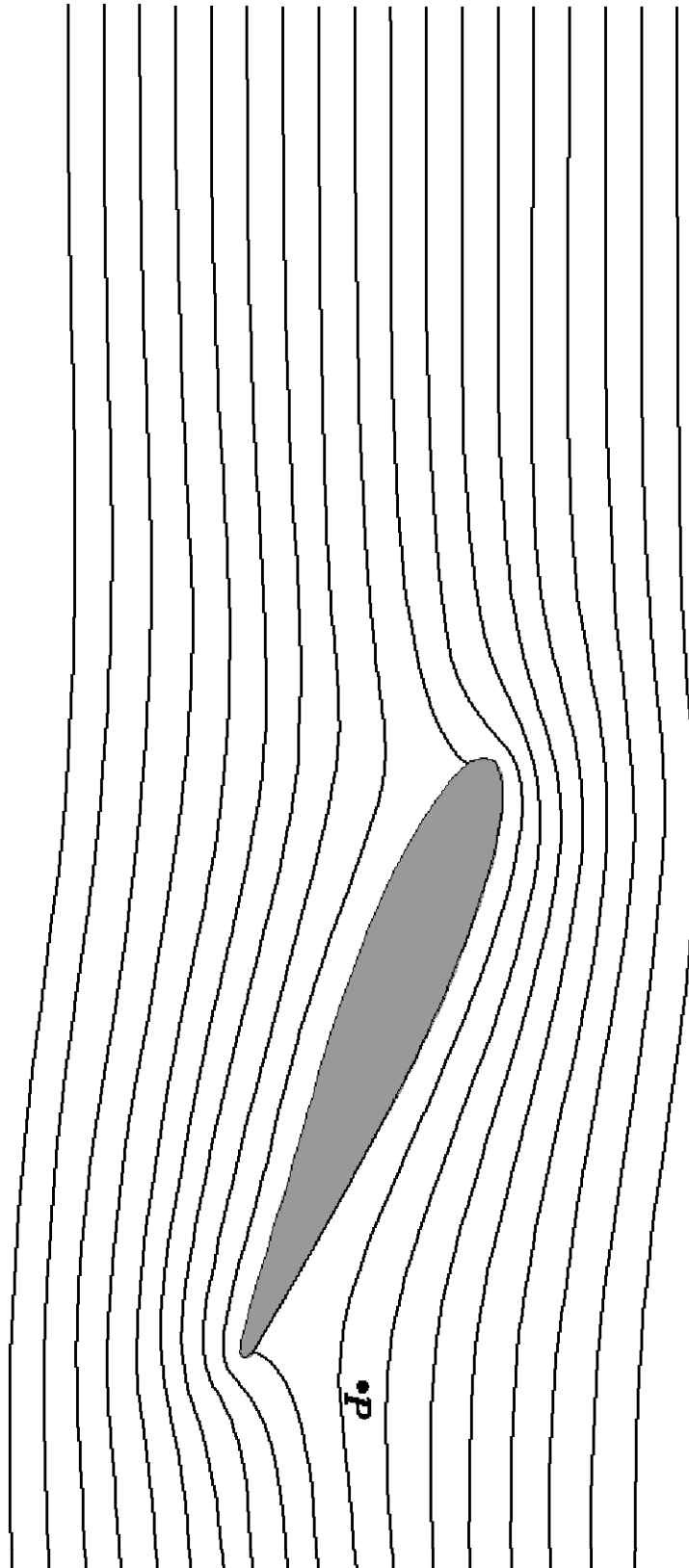
Als de snelheid van het vliegtuig $v_0 = 100$ m/s ten opzichte van de grond is, bepaal dan de snelheid van de lucht v_P ten opzichte van de grond in het punt P (aangegeven in de figuur).

Neem aan dat de luchtstroming enkel twee-dimensionaal is (de snelheidsvectoren van de lucht liggen dus in het vlak van de tekening) en dat er geen wind is.

Je mag een liniaal gebruiken om te meten in de figuur.

Stroomlijnen worden gedefinieerd als de banen van vloeistof- of gasdeeltjes (aangenomen dat het stromingspatroon constant blijft).

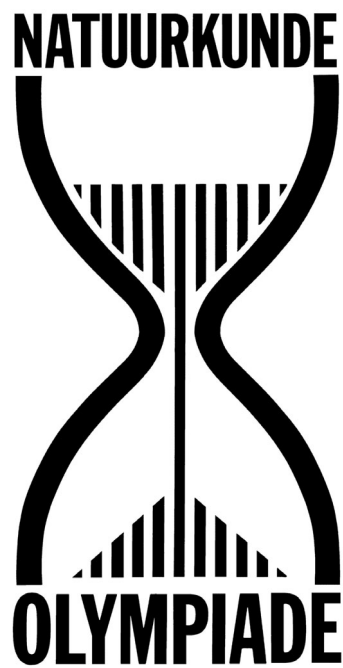
NAAM:



Meting/berekening/uitleg:
(eventueel achterkant)

**TWEEDE RONDE
NATUURKUNDE OLYMPIADE
2019**

TOETS 2



**17 APRIL 2019
Tijdsduur: 1h45**

Enige constanten en dergelijke

<i>symbool</i>	<i>naam</i>	<i>waarde</i>
G	gravitatieconstante	$6,673\,84 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$
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	$8,987\,551\,787 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ $f = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$
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	$1,096\,775\,834 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$

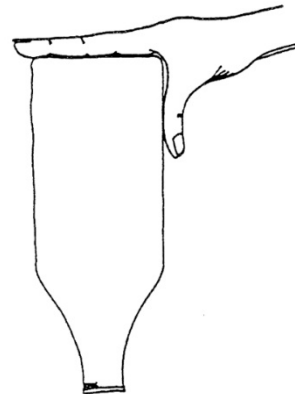
MECHANICA

7 *Fles op de kop.* (4 punten)

Sommige mensen zijn in staat om een fles op zijn kop vast te houden door hem stevig met duim en wijsvinger vast te houden. Zie de figuur. Natuurlijk speelt de wrijvingskracht hier een belangrijke rol.

Bereken onder welke voorwaarde voor de wrijvingscoëfficiënt dit mogelijk is.

De wrijvingscoëfficiënt is de verhouding tussen de kracht die de duim of de wijsvinger loodrecht op het oppervlak van het flesje uitoefent en de wrijvingskracht.



8 *Rollend balletje.* (4 punten)

Bij een natuurkunde proefje wordt een balletje vanuit rust losgelaten langs een helling van 30° . Het balletje rolt zonder te slippen langs de helling naar beneden. Tijdens de beweging wordt de versnelling van het balletje gemeten.

(a) Een leerling zegt een versnelling van $2,0 \text{ m/s}^2$ te hebben gemeten. Toon aan dat dit geen goede meting kan zijn.

(b) Een goede meting levert een versnelling op van $3,2 \text{ m/s}^2$. Bepaal, door gebruik te maken van deze waarde, het traagheidsmoment van het balletje. Het balletje heeft een massa van $0,40 \text{ kg}$ en een straal van $5,0 \text{ cm}$.

ELEKTRICITEIT & MAGNETISME

9 *Opladen.* (5 punten)

Een condensator met een capaciteit C wordt via een weerstand R opgeladen door 2 in serie geschakelde batterijen, elk met een spanning ε . De condensator wordt daardoor dus opgeladen tot een spanning 2ε .

(a) Toon aan dat de totale gedissipeerde energie in de weerstand tijdens het opladen even groot is als de energie die is opgeslagen in de condensator na het opladen.

Het opladen kan ook gedaan worden door eerst de condensator via de weerstand R met 1 batterij op te laden tot een spanning ε en vervolgens met de 2 batterijen in serie de condensator via de weerstand R op te laden van ε tot 2ε .

(b) Laat met behulp van een berekening, afleiding of uitleg zien of op deze manier van opladen meer, evenveel dan wel minder energie gedissipeerd wordt in de weerstand R .

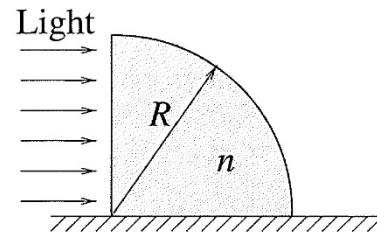
GOLVEN & OPTICA

10 Cilinder prisma. (4 punten)

Een glazen prisma in de vorm van een kwart cilinder, ligt op een horizontale tafel. Een horizontale monochromatische lichtstraal valt op het verticale vlak van deze prisma. Zie ook de figuur. De straal R van de cilinder is 5 cm en de brekingsindex n van het glas is 1,5.

Geef aan op welke afstanden van de prisma er licht te zien is.

Hint: Voor een *dunne* vlakbolle lens geldt $1/f = (n-1)/R$ waarbij f de brandpuntsafstand is van deze lens, n de brekingsindex van het materiaal en R de kromtestraal van de bolle kant.



11 Lijnspectrum. (3 punten)

Van een zekere lichtbron wordt het lijnspectrum bestudeerd m.b.v. een tralie met 300 lijnen/mm. Er wordt waargenomen dat de lijn onder $24,46^\circ$ zowel rood (640 – 750 nm) als blauw/violet (360 – 490 nm) bevat.

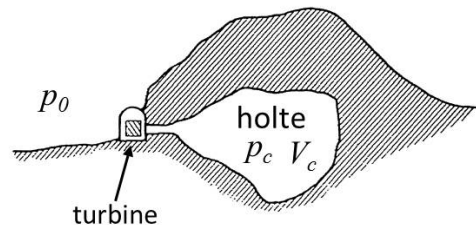
(a) Bereken de golflengte van het rode en blauw/violette licht.

(b) Zijn er nog andere hoeken waarbij hetzelfde kan worden waargenomen?

THERMODYNAMICA

12 Holte. (5 punten)

In een berg bevindt zich een grote holte. Deze holte heeft een volume V_c en is gevuld met lucht onder een druk p_c . De buitendruk is p_0 . De lucht in de holte kan via een zekere turbine naar buiten stromen.



(a) Leid een uitdrukking af voor de totale hoeveelheid energie die opgeslagen zit in de holte die in principe gebruikt zou kunnen worden om elektrische energie op te wekken. Neem aan dat de temperatuur constant blijft.

Hint: Beschouw een (massaloze) zuiger met een dwarsdoorsnede van A m² in een (lange horizontale) buis tussen de holte en de buitenlucht en bereken de arbeid die op de zuiger wordt verricht.

(b) Als gegeven is dat $V_c = 10^6$ m³, $p_0 = 100$ kPa en $p_c = 1000$ kPa, bereken de in (a) gevraagde energie.