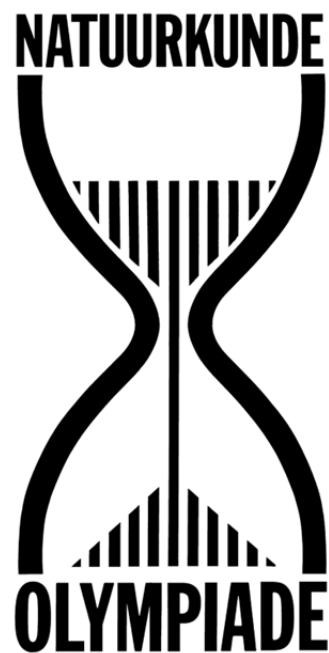


**Eindronde  
Natuurkunde Olympiade  
2013**



**theorietoets  
deel 1**

### Opgave 1 Helikopter (3p)

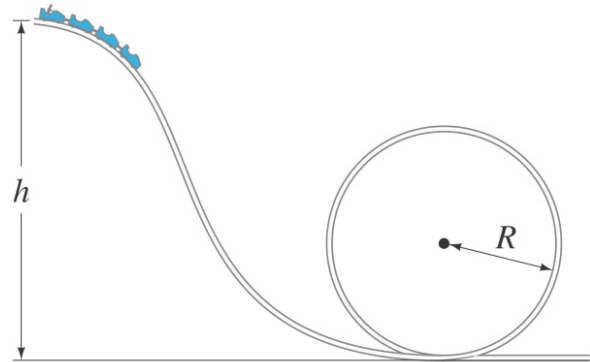
Een helikopter A kan in de lucht stilhangen als het geleverde vermogen door de motor P is. Een tweede helikopter B is een exacte kopie van de eerste, echter de lineaire dimensies zijn de helft van helikopter A.

Hoe groot is het geleverde motor vermogen dat voor helikopter B nodig is om in de lucht stil te hangen?

*Hint:* Gebruik een dimensie analyse.

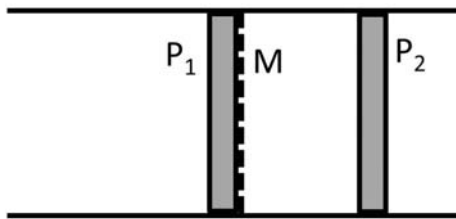
### Opgave 2 Looping (3p)

Een achtbaan bevat een verticale cirkelvormige looping. Zie de figuur hiernaast. Toon aan dat het verschil in je gewicht boven en onder in deze looping  $6g$  is. Laat hierbij eveneens zien dat, als de snelheid voldoende groot is om de looping te maken, dit antwoord onafhankelijk is van de grootte van de looping en van hoe snel je de looping doorloopt.



### Opgave 3 Membraan in zuiger (3p)

In een thermisch geïsoleerde cilinder bevindt zich 1 mol van zowel gas A als gas B bij een temperatuur van 300 K. Beide gassen zijn één-atomig en mogen als ideaal beschouwd worden. Aan beide uiteinden van de cilinder bevinden zich wrijvingsloze zuigers  $P_1$  en  $P_2$ . De gassen omsluiten in het begin een volume van  $0,01 \text{ m}^3$ .

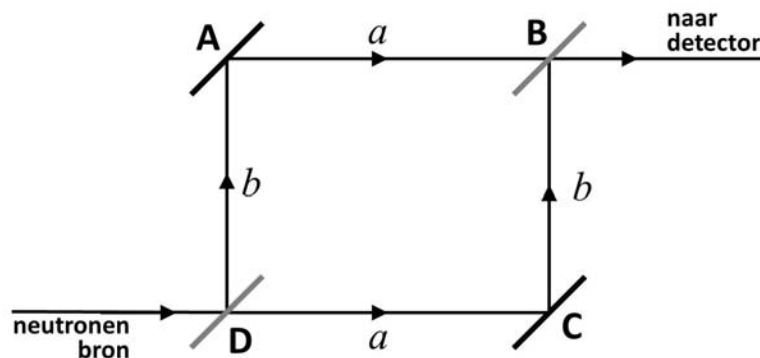


Het membraan M laat alleen moleculen van gas A door en op zuiger  $P_1$  wordt continu een zodanige kracht uitgeoefend, dat deze in de beginsituatie net voldoende is om de zuiger tegen het membraan M te houden. Zuiger  $P_2$  wordt nu langzaam naar links verplaatst, zodat het totale volume van de gassen wordt vergroot tot  $0,02 \text{ m}^3$ .

- Bereken de eindtemperatuur van gas B.
- Bereken het volume van gas A tussen het membraan M en zuiger  $P_1$ .
- Hoeveel mol bevindt zich dan in het volume tussen membraan M en de zuiger  $P_1$ ?

### Opgave 4 Neutronen interferometer (3p)

Een neutronen interferometer is hieronder schematisch weergegeven.



ABCD is een rechthoek met *verticale* zijden  $AD = BC = b$  en *horizontale* zijden  $AB = DC = a$ . De lengte  $b$  is variabel terwijl de lengte  $a$  vast is. A en C zijn volledig reflecterende neutronen spiegels, B en D zijn half doorlatende neutronen spiegels.

Een niet relativistische bundel neutronen met exacte kinetische energie  $E$  (per neutron) wordt bij spiegel D gesplitst in twee gelijke bundels. De ene bundel volgt het pad DAB, de andere bundel het pad DCB. In B komen de twee bundels weer samen en wordt er een interferentiepatroon waargenomen.

Vervolgens wordt de afstand  $b$  langzaam een afstand  $x$  groter gemaakt. De *intensiteit* die de detector waarneemt zal  $n$  oscillaties doorlopen.

Toon aan dat voor deze  $n$  oscillaties in de intensiteit geldt:

$$n = \frac{\sqrt{2}m^{3/2}agx}{h\sqrt{E}}$$

Hierin is  $g$  de zwaartekrachtsversnelling,  $m$  de massa van een neutron en  $h$  de constante van Planck.

### Opgave 5 Schakeling (3p)

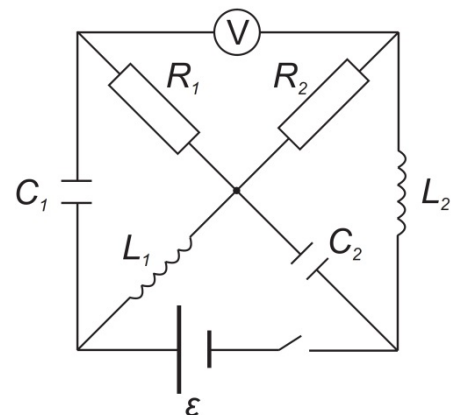
In de schakeling hiernaast geldt:

$$R_1 = 3R, R_2 = R, C_1 = C_2 = C, \text{ en } L_1 = L_2 = L.$$

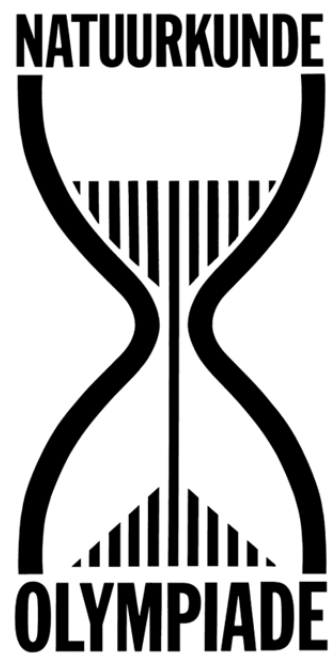
De spanning die de batterij afgeeft is  $\varepsilon$ .

De schakelaar wordt gesloten en er wordt een lange tijd gewacht.

- Bereken de spanning die de voltmeter dan aangeeft.
- De schakelaar wordt weer geopend. Bereken de spanning die de voltmeter direct na het openen van de schakelaar aangeeft.
- Bereken de totale hoeveelheid warmte die in weerstand  $R_1$  en  $R_2$  wordt ontwikkeld vanaf het moment dat de schakelaar wordt geopend en er een nieuwe evenwichtssituatie is ontstaan.



**Eindronde  
Natuurkunde Olympiade  
2013**

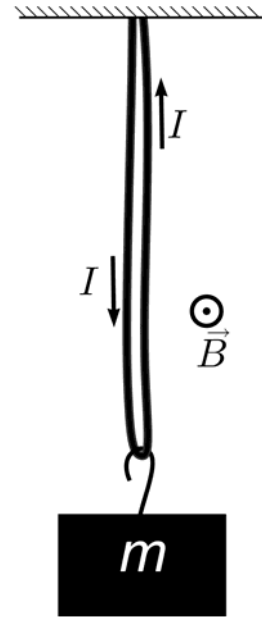


**theorietoets  
deel 2**

### Opgave 6 Tillen door stroom (4p)

Een zeer flexibele geïsoleerde stroomdraad met een lengte  $2l$  wordt aan de einden opgehangen aan een plafond. Een massa  $m$  wordt opgehangen in het midden van de draad.

Er wordt een horizontaal magneetveld  $B$  aangelegd en er loopt een stroom  $I$  door de draad. Zie de figuur hiernaast. De valversnelling is  $g$ . We verwaarlozen het veld dat wordt veroorzaakt door de stroomdraad.



- (a) Schets de vorm van de draad. Geef hierbij een duidelijke uitleg.
- (b) Wat is de maximale hoogte die de massa op deze manier kan worden opgetild (waarbij de stroom indien noodzakelijk groter gemaakt wordt)?
- (c) Leid een formule af waarmee het mogelijk is om de lifthoogte te bepalen.
- (d) Hoe groot moet een stroom  $I_0$  zijn om de massa een hoogte

$$\Delta h_0 = l \left( 1 - \frac{3}{\pi} \right)$$

op te tillen?

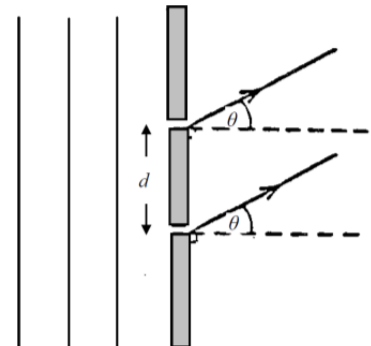
### Opgave 7 Lichtgolf (3p)

Een vlakke monochromatische lichtgolf met golflengte  $\lambda$  en frequentie  $f$  valt loodrecht op twee identieke smalle spleten op een afstand  $d$  van elkaar. Zie de figuur hiernaast.

De lichtgolven die de spleten verlaten kun je schrijven als

$$y = a \cos \left[ 2\pi \left( ft - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

op een afstand  $x$  van de spleten onder een hoek  $\theta$  op tijdstip  $t$ . Voor beide golven is  $a$  de identieke amplitude (ervan uitgaan dat geldt dat  $x \gg d$ ).



- (a) Toon aan dat je voor de amplitude van de gezamenlijke golf onder die hoek  $\theta$  kunt schrijven:

$$A = 2a \cos \beta$$

Waarbij voor  $\beta$  geldt

$$\beta = \frac{\pi}{\lambda} d \sin \theta$$

- (b) De twee spleten worden vervangen door een tralie met  $N$  smalle spleten, steeds op afstand  $d$  van elkaar.

Laat zien dat de resulterende amplitude gelijk is aan

$$Z = \frac{a \sin N\beta}{\sin \beta}$$

### Opgave 8 Bowlen (3p)

Een bowler kan een bowlingbal met een beginsnelheid  $u$  van 7,0 m/s werpen. De kegels staan op een afstand van 18,5 m van de bowler en de wrijvingscoëfficiënt  $\mu$  tussen de bal en de baan is 0,10.

Een bowler gooit een bal zonder (begin)rotatie in een rechte lijn naar de kegels. Hoeveel tijd zit er tussen het moment van gooien en het raken van de (voorste) kegel?

### Opgave 9 Luchtballon (3p)

In een typische luchtballon, wordt de lucht opgewarmd met behulp van een gasbrander. Je wilt met een vriend met zo'n bolvormige ballon van 20 m diameter en het totale gewicht van 420 kg (inclusief jullie twee) de lucht ingaan. Hoe heet moet de lucht binnen de ballon worden, als het buiten een beetje fris is ( $T = 280 \text{ K}$ )?

Het moleculaire gewicht van de lucht is 29 g/mol.

### Opgave 10 Ruimteschepen (2p)

Een Amerikaans en Chinees ruimteschip, van gelijke lengte, passeren elkaar rakelings. De Amerikaanse gezagvoerder heeft instructies om een bom af te laten gaan, die op zijn achtersteven is gemonteerd, op het moment dat de Amerikaanse neus precies de Chinese achtersteven passeert. Volgens zijn berekeningen is het op deze manier niet mogelijk om schade aan het Chinese vaartuig toe te brengen, aangezien dit vaartuig door lengtecontractie korter lijkt. Volgens de Chinese gezagvoerder is daarentegen het Amerikaanse ruimteschip korter vanwege lengtecontractie, en bevindt de Amerikaanse achtersteven zich wel degelijk op een gevaarlijk punt op het moment dat de bom afgaat.

- Welke van de twee gezagvoerders heeft gelijk: zal de bom wel of niet schade toebrengen aan het Chinese ruimtevoertuig? Leg uit op welke impliciete aanname de bovenstaande paradox rust.
- De beide vaartuigen zijn 100 meter lang en bewegen met een onderlinge snelheid van 60% van de lichtsnelheid. Op welke coördinaten  $(x, ct)$  vindt de explosie plaats volgens de Amerikaanse gezagvoerder, en volgens de Chinese gezagvoerder? Neem voor beide coördinatenstelsels dat de oorsprong samenvalt met de gebeurtenis dat de Amerikaanse neus precies de Chinese achtersteven passeert. Leg uit wat je vindt.

NB Verschillende coördinatenstelsels zijn gerelateerd via de Lorentz transformaties

$$(x', ct') = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \begin{pmatrix} 1 & v/c \\ v/c & 1 \end{pmatrix} (x, ct)$$