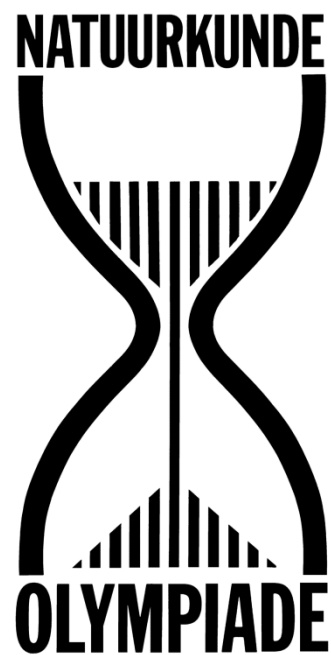


# Eindronde Natuurkunde Olympiade 2020



## theorietoets deel 1 + deel 2 opgaven

ASML



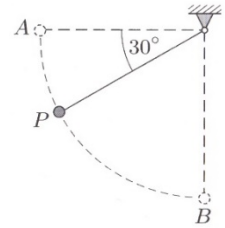
NVON

MALMBERG



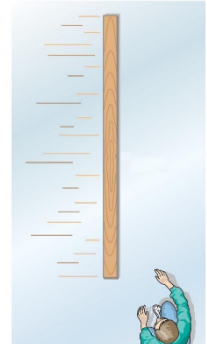
### BB2020R3-01: Slinger

Een slinger wordt vanuit rust losgelaten zoals in de figuur te zien is. Welk deel van de getoonde cirkelbogen,  $AP$  en  $PB$ , wordt in de kortste tijd doorlopen?



### BB2020R3-02a en BB2020R3-02b: Balk over het ijs

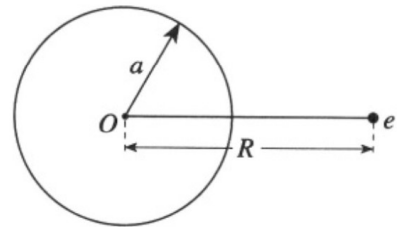
Een balk met een massa  $m$  van 230 kg en een lengte  $l$  van 2,7 m glijdt zonder te roteren in de breedte over een bevroren rivier met een snelheid van 18 m/s. Een man met een massa van 65 kg die op het ijs staat, pakt een uiteinde van de balk beet en blijft de balk vasthouden terwijl ze samen over het ijs roteren.



- Hoe snel beweegt het massamiddelpunt van het systeem na de botsing?
- Met welke hoeksnelheid roteert het systeem om het CM heen?

### BB202R3-03: Bol en lading

Een puntlading met lading  $e$  is op een afstand  $R$  van het midden van een ongeladen neutrale bol geplaatst. De bol is geïsoleerd opgesteld.

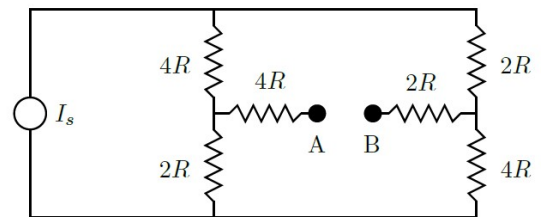


Bepaal de potentiaal  $U$  op het oppervlak van de bol.

### BB2020R3-04a: Schakeling met constante stroombron

We hebben een schakeling als getoond, met  $I_s$  een constante stroombron, die onafhankelijk van de rest van de schakeling een constante stroom  $I$  levert. We plaatsen een ideale voltmeter tussen de punten A en B.

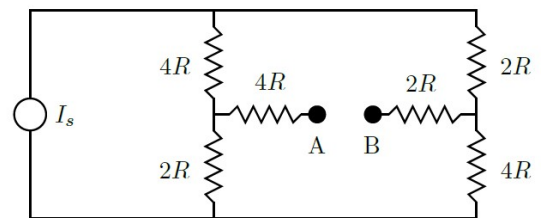
Bepaal de spanning die de voltmeter aangeeft, uitgedrukt in  $R$  en  $I$ .



### BB2020R3-04b: Schakeling met constante stroombron

We hebben een schakeling als getoond, met  $I_s$  een constante stroombron, die onafhankelijk van de rest van de schakeling een constante stroom  $I$  levert. We plaatsen een ideale stroommeter tussen de punten A en B.

Bepaal de spanning die de voltmeter aangeeft, uitgedrukt in  $R$  en  $I$ .



### BB2020R3-05: Muonen

Een straal met muonen wordt in een cirkelvormige baan gehouden door een homogeen magnetisch veld. We nemen aan dat energieverlies door elektromagnetische straling verwaarloosbaar is.

De rustmassa van een muon is  $m = 1,88 \cdot 10^{-28}$  kg, de lading is  $q = -1,602 \cdot 10^{-19}$  C en de halveringstijd  $T_{\frac{1}{2}} = 1,523 \mu\text{s}$ .

Bij relativistische snelheden geldt voor de massa:  $m = \gamma m_{rust}$ .

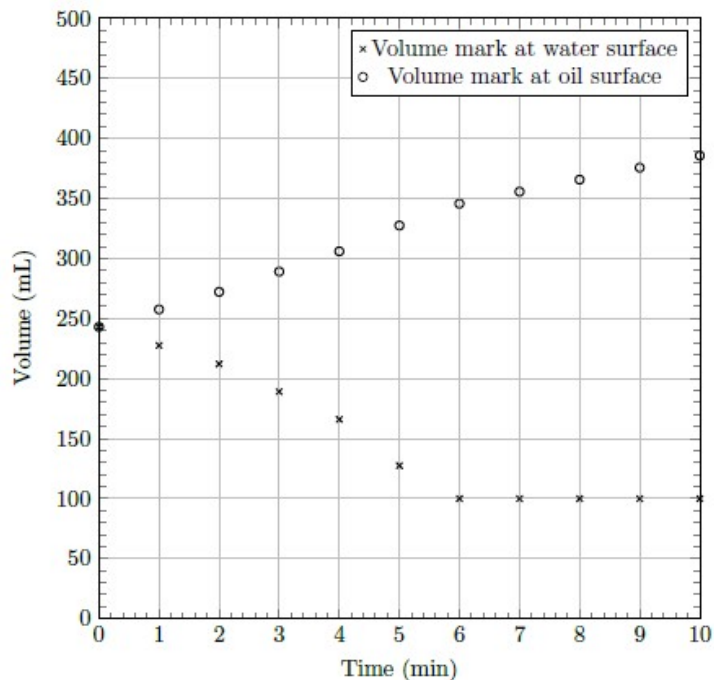
Gedurende één volledige rondgang vervalt de helft van de muonen. De muonen bewegen met een snelheid in de buurt van de lichtsnelheid.  
Bereken de grootte van het magnetisch veld in mT.

**BB2020R3-06: Badeend**

Een maatcilinder is voor een deel gevuld met water. Op het wateroppervlak drijft een badeentje.

Er wordt langzaam olie in de maatcilinder bijgevoegd, met een constante stroom. De aflezing van de standen van water en olie worden steeds afgelezen en in een grafiek (bijgaand) gezet. De dichtheid van water is in dit geval 1,00 g/mL.

Bepaal de dichtheid van de olie in g/mL.



**BB2020R3-07a en BB2020R3-07b: Slippend koord**

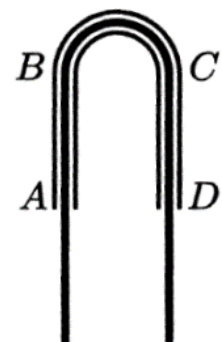
Een stevige symmetrische buis bestaat uit drie stukken. Twee verticale stukken AB en CD en een halve cirkel BC. Een zwaar koord met lengte  $l$  is door de buis gestopt. Het koord kan wrijvingloos door de buis glijden.

Op elk moment kan de lengte van het koord in BC verwaarloosd worden ten opzichte van de lengte van de verticale delen van het koord.

Oorspronkelijk zitten de beide uiteinde van het koord op gelijke hoogte ( $l_1 = l_2 = \frac{1}{2} l$ ) en is het koord in rust. Het koord krijgt dan een minimaal zetje en begint te glijden. Het lengteverschil (of hoogteverschil) ten opzichte van de totale lengte van het koord noemen we

$$k = \frac{l_1 - l_2}{l}$$

- (a) Bepaal een uitdrukking voor de versnelling  $a$  van het koord
- (b) Bepaal bij welke  $k$  de kracht van het koord op het deel BC van de buis nul wordt.

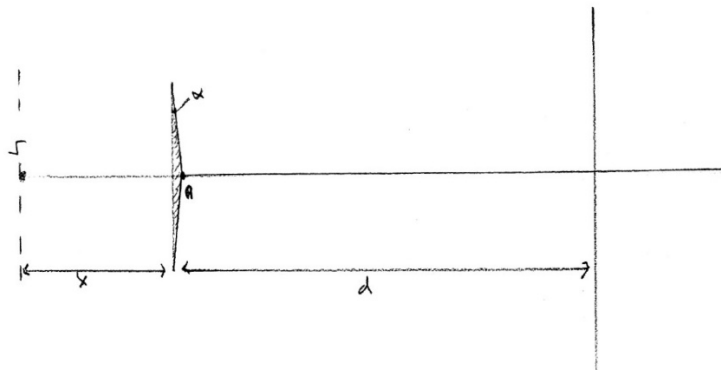
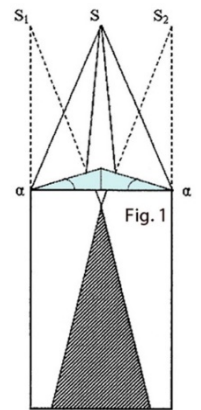


### BB2020R3-08 Biprisma

Het twee-spleten experiment kan ook anders ingericht worden. Met één lichtbron en een zogenaamd biprisma krijg je effectief twee coherente lichtbronnen en daarmee kun je ook interferentie bereiken, zie de tekening rechts.

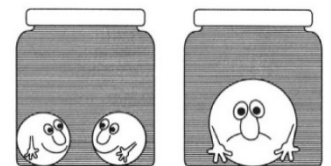
In onze opstelling hebben we een monochromatische spleetbron  $S$  met licht met een golflengte  $\lambda = 500 \text{ nm}$  op een afstand  $x = 0,10 \text{ m}$  van een biprisma van glas met een brekingsindex  $n = 1,5$  en een hoek  $\alpha = 1,0^\circ$ . Hierdoor ontstaan virtueel de lichtbronnen  $S_1$  en  $S_2$  op een afstand  $l$  van elkaar. Op het scherm op een afstand  $d = 5,0 \text{ m}$  van het prisma wordt nu een interferentiepatroon zichtbaar. Het biprisma heeft een breedte  $b = 0,10 \text{ m}$ .

Bereken de afstand tussen de interferentiestrepen van de nulde en de eerste orde op het scherm in mm.



### BB2020R3-09: Luchtbellen in water

Een fles is stevig gesloten en volledig gevuld met water (hoogte water is  $h$ ), op twee kleine luchtbellen na op de bodem. De druk boven in de fles is  $P_0$ , de straal van elke kleine bel is  $R_0$  en de oppervlaktenspanningscoëfficiënt is  $\sigma$ . De overdruk in de bel tengevolge van de oppervlaktenspanning wordt gegeven door:  $\delta p = \frac{2\sigma}{R}$



De twee bellen komen naar elkaar en worden één grotere luchtbel. Neem aan dat het proces isotherm is.

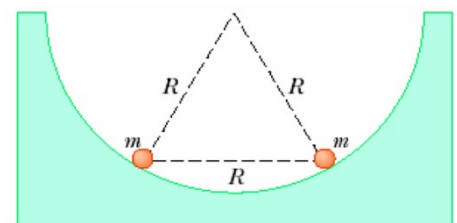
Bepaal de totale drukverandering  $\Delta P$  in de fles.

### BB2020R3-10: 2 ladingen in cirkel

Twee identieke ballen hebben een massa  $m$  en een lading  $q$ .

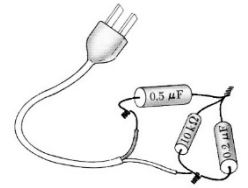
We plaatsen ze in een bolvormige kom met straal  $R$  en wrijvingloze, isolerende wanden. De ballen bewegen en komen uiteindelijk in een evenwichtstoestand, waar ze op een afstand  $R$  uit elkaar liggen, zie de tekening.

Bereken de lading op elke bal, op papier uitgedrukt in  $m$ ,  $R$  en benodigde constanten, daarna ingevuld met  $R = 0,050 \text{ m}$  en  $m = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$ . (Wat niet direct een reëel antwoord lijkt)



### BB2020R3-11 condensatorschakeling

De schakeling hiernaast bestaat uit een weerstand  $R$  van  $10\text{ k}\Omega$ , 1 Watt maximaal vermogen en twee condensatoren met een capaciteit van  $C_1 = 0,2\ \mu\text{F}$  en  $C_2 = 0,5\ \mu\text{F}$ . De schakeling wordt in een Amerikaanse wandcontactdoos (120 V; 60 Hz) gedaan. Bepaal het gemiddelde vermogen van de weerstand.



### BB2020R3-12a, BB2020R3-12b en BB2020R3-12c: Schokgolf

In de tweede wereldoorlog hebben vermaarde fysici en wiskundigen als Taylor, Sedov en Von Neumann een theoretisch verband uitgewerkt tussen de voortplantingssnelheid van een schokgolf en de energie van de explosie die de schokgolf veroorzaakt. Voor een puntvormige explosie blijkt, zolang de druk in de schokgolf groter is dan de luchtdruk, de volgende relatie te gelden voor de straal  $R$  van de bolvormige golf als functie van de tijd  $t$ :

$$R(t) = kE^\alpha \rho^\beta t^\gamma$$

Hierin is  $E$  de bij de explosie vrijgekomen energie en  $\rho$  de luchtdichtheid. De eenheidsloze constante  $k = 1,033$ .

- (a) Bepaal met een eenheden-analyse de waarden van de exponenten  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $\gamma$ .

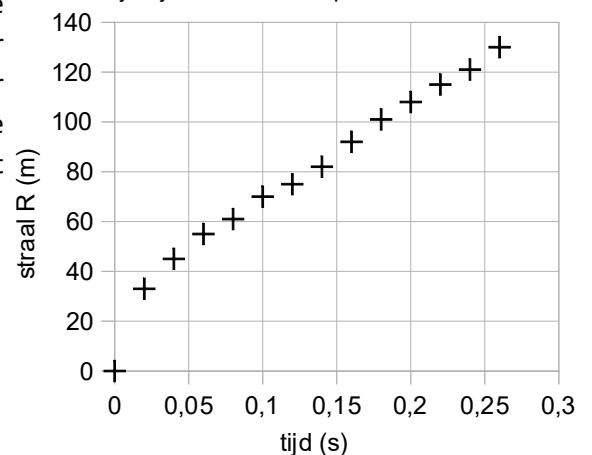
Op 13 mei 2000 is in Enschede een vuurwerkopslagplaats ontploft. Vanaf het dak van een nabijgelegen gebouw hebben twee brandweerlieden de explosie gefilmd. Daarop is de voortgang van de schokgolf te zien. In maart 2001 is hierover een artikel verschenen in het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde waarin een grafiek voorkomt van de straal van de schokgolf als functie van de tijd. De druk in de schokgolf neemt snel af totdat deze gelijk is aan die van de omringende lucht.

- (b) Bepaal zo goed mogelijk het tijdstip waarop de druk van de schokgolf gelijk wordt aan die van de omringende lucht. Geef aan hoe je de bepaling gedaan hebt.
- (c) Maak aan de hand van de formule voor de straal van de golf als functie van de tijd een schatting van de bij de explosie vrijgekomen energie. Neem voor de luchtdichtheid  $\rho = 1,3\text{ kg/m}^3$ . Houdt er rekening mee dat de schokgolf bij de vuurwerkkramp een halve bol vormde.



Zichtbare schokgolf bij de explosie van een munitiedepot in Rusland.

De straal van de schokgolf als functie van de tijd bij de vuurwerkkramp in Enschede



### BB2020R3-13: Gaan we wel of gaan we niet?

Een gezin, bestaande uit vader, moeder, zoon en dochter willen d.m.v. stemmen besluiten of ze een uitstapje naar een museum kunnen maken. Het uitstapje kan gemaakt worden als beide kinderen en één van de ouders willen, er moet nl. één van de ouders thuisblijven om op de goudvis te passen. Ze maken daartoe een schakeling bestaan uit een batterij, een lampje, voor elk gezinslid één schakelaar en voldoende snoertjes.

Elk gezinslid kan de schakelaar op 'JA' (dicht) of 'NEE' (open) zetten.

Ontwerp een schakeling waarbij het lampje enkel aan gaat als ze het uitstapje naar het museum kunnen maken.