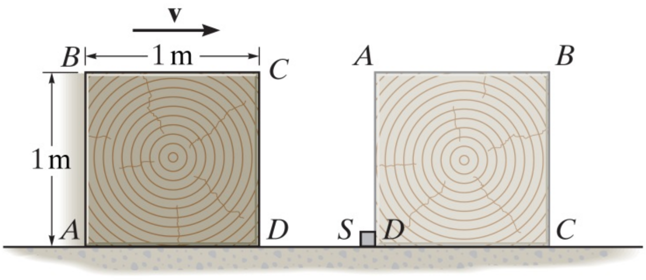
Eindronde
Natuurkunde Olympiade
2015

NATUURKUNDE OLYMPIADE

theorietoets
deel 1

Opgave 1 Botsend blokje (5p)

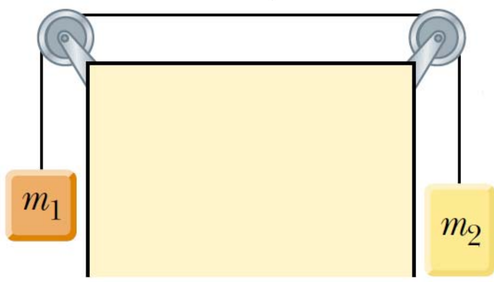
Een blok met een massa m van 10 kg glijdt over een glad oppervlak. Hoek D botst tegen een klein vastzittend blokje S aan.
Bepaal de minimum snelheid v die het blokje moet hebben zodat het blok om hoek D kantelt en neerkomt zoals in de figuur te zien is. Verwaarloos hierbij de grootte van blokje S. Geef duidelijk aan hoe je te werk gaat.



Hint: Neem aan dat tijdens de botsing het gewicht van het blokje veel kleiner is dan de kracht van het blokje S op het grote blok.

Opgave 2 Atwood's machine revisited (5p)

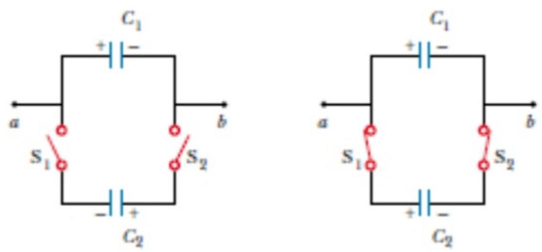
Twee verschillende massa's m_1 en m_2 zijn met elkaar verbonden door een koord met verwaarloosbare massa. Het koord loopt over twee katrollen met massa m_k en straal R_k. De katrollen draaien wrijvingloos en mogen worden beschouwd als platte homogene schijven. Door de tijd op te nemen dat de massa's over een bepaalde afstand bewegen kan de versnelling a van het systeem worden bepaald. Met deze gegevens kan de valversnelling g worden bepaald.



Geef een uitdrukking voor g, waarmee je zijn waarde kunt berekenen.

Opgave 3 (Niet) verbonden (5p)

Twee condensatoren met capaciteiten C_1 en C_2 (met $C_1 > C_2$) zijn geladen tot dezelfde potentiaal U_b maar met omgekeerde polariteit. Ze worden in de schakeling gezet zoals in de linker figuur te zien is. Daarna worden S_1 en S_2 gesloten, zoals in de rechter figuur te zien is.



(a) Bepaal de potentiaal U_e tussen de punten a en b nadat de schakelaars gesloten zijn.

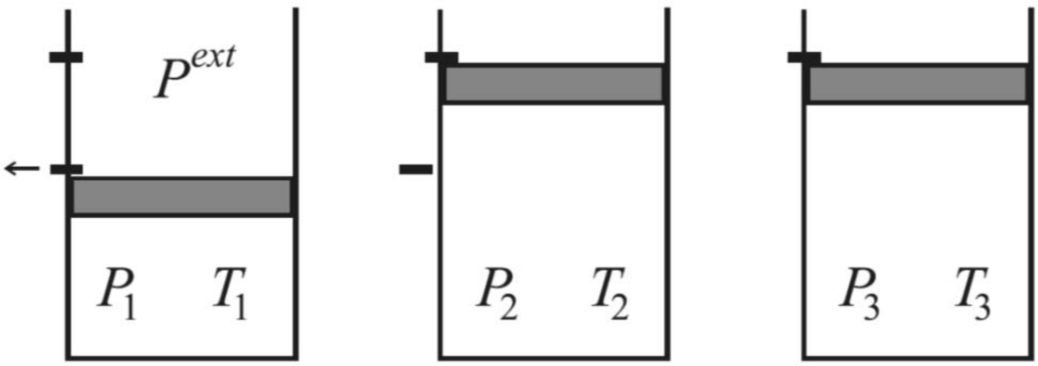
(b) Bepaal de verhouding van de totale energie in de condensatoren voor en na het sluiten van de schakelaars.

Opgave 4 Spiegeltje (5p)

Een holle spiegel heeft een openingsdiameter $2R = 0{,}2\ \mathrm{m}$ en een brandpuntsafstand $f = 1{,}0\ \mathrm{m}$. Neem aan dat de temperatuur van de zon 6000K is.
Bereken de maximale temperatuur die een plaatje in het brandpunt van de spiegel met behulp van het zonlicht kan krijgen.

Opgave 5 Ideaal gas (5p)

Een systeem van 1 mol ideaal gas bevindt zich in een cilinder met een zuiger. De specifieke warmte bij constant volume van het gas wordt gegeven door $C_V = \frac{3}{2}R$. Initieel is het gas in evenwicht bij een temperatuur $T_1 = 300\ \mathrm{K}$ en een druk $p_1 = 10^5\ \mathrm{Pa}$. Er worden achtereenvolgens twee processen uitgevoerd (zie figuur):



Proces (1 → 2): Het palletje wordt weggehaald waardoor het gas irreversibel expandeert tegen een constante buitendruk van $p_{ext} = 0{,}2 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$. De expansie wordt door middel van een tweede palletje gestopt als het volume 2 maal zijn oorspronkelijke waarde heeft bereikt. Het gas vindt hierna een nieuw evenwicht bij temperatuur $T_2 = T_1 = 300\ \mathrm{K}$ en een druk $p_2 = \frac{1}{2}p_1 = 0{,}5 \cdot 10^5\ \mathrm{Pa}$.

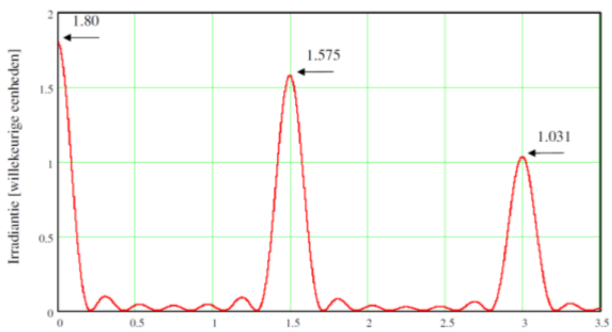
Proces (2 → 3): Daarna wordt het gas bij constant volume afgekoeld naar $T_3 = 250\ \mathrm{K}$.

(a) Bereken de warmte Q die aan het systeem is toegevoerd, de arbeid w die op het systeem is uitgeoefend, en de energie toename ΔU van het systeem. Doe het bovenstaande voor elk van de 2 processen apart en voor het complete proces.

(b) Bereken de entropie toename ΔS van het systeem voor elk van de 2 processen apart en voor het complete proces.

Opgave 6 N spleten (5p)

Een vlakke golf, golflengte $\lambda = 628\ \mathrm{nm}$, valt op een scherm met daarin N lange, dunne spleten. De spleten hebben alle een gelijke breedte b en staan op gelijke afstanden a t.o.v. elkaar. Op een ander scherm op een afstand van $L = 1{,}00\ \mathrm{m}$ wordt een irradiantieverdeling (of energiestroomdichtheid) I, gemeten als functie van de afstand boven de optische as y, zoals afgebeeld in bijgaande figuur. (alleen de bovenste helft van de irradiantieverdeling is afgebeeld).



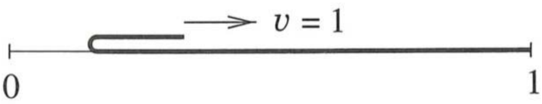
(a) Hoeveel spleten heeft het scherm?

(b) Wat is de breedte van de spleten?

(c) Leidt een formule af waarmee de afstand tussen de spleten kan worden bepaald en bereken deze afstand. (Hint: Gebruik reeksontwikkeling (2 termen) van de sinus term).

Eindronde
Natuurkunde Olympiade
2015

theorietoets
deel 2



Opgave 7 Vloerkleedje (5p)

Een lang dun plooibaar kleed met lengte 1 en massa 1 ligt op de grond. Het linker uiteinde van het kleed wordt nu omgebogen en met een constante snelheid $v = 1$ naar rechts getrokken. Zie de figuur hierboven.

Op een zeker tijdstip heeft het uiteinde van het kleed een zekere positie x.

(a) Vind een uitdrukking voor het massamiddelpunt van het bewegende deel van het kleed.

(b) Leid een uitdrukking af voor de snelheid van massamiddelpunt van het bewegende deel van het kleed.

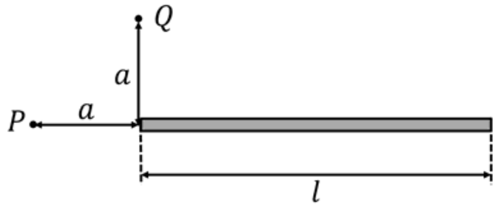
(c) Leid een uitdrukking af voor de kracht waarmee aan het kleed getrokken moet worden.

Opgave 8 2X Geladen staaf (5p)

Een staaf met lengte l bezit een overal gelijke lading per lengte-eenheid λ.

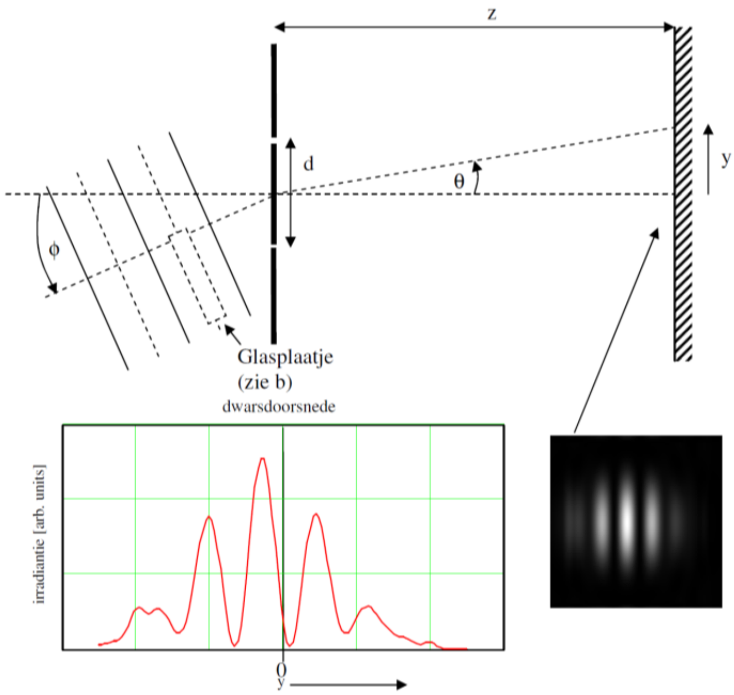
(a) Bereken het elektrisch veld in een punt P, dat in het verlengde van de staaf op een afstand a van een van de uiteinden van de staaf zit.

(b) Bepaal de potentiaal in een punt Q op een afstand a loodrecht boven een van de uiteinden.



Opgave 9 Twee kleine gaatjes (5p)

Een scherm met twee kleine gaten (diameter ~ 400 μm) wordt belicht met een monochromatische vlakke golf ($\lambda = 1\ \mu\text{m}$) die onder een hoek, $\phi = 0{,}4\text{mrad}$, met de optische as invalt (zie tekening). De gaten staan op een afstand, $d = 1\text{ mm}$, van elkaar af. Op een afstand, $z = 75\text{cm}$, staat een scherm waarop een interferentie patroon zichtbaar is.



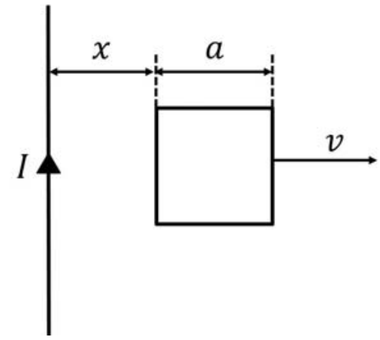
(a) Bereken de positie van het hoofd maximum t.o.v. de optische as ($y = 0$).

Een glasplaatje met brekingsindex, $n = 1{,}5$ en dikte δ, wordt in de onderste helft van de invallende bundel geplaatst. Het gevolg hiervan is dat er een maximum precies op de optische as ontstaat.

(b) Bereken de minimale dikte, δ_{min} , dat het plaatje moet hebben om dit te bereiken.

(c) Laat zien dat voor de gegeven brekingsindex hetzelfde maximum ook verkregen wordt als het plaatje een dikte $\delta_{\text{min}} + m\lambda/(n-1)$ heeft, waarbij m een geheel getal groter dan of gelijk aan nul is.

(d) Voor welke diktes van het plaatje ontstaat er op de optische as een minimum?



Opgave 10 Vierkantje (5p)

Een vierkante geleidende winding (zijde a) en een zeer lange rechte draad zijn geplaatst in een horizontaal vlak. De figuur is in bovenaanzicht getekend. Door de draad loopt een elektrische stroom met sterkte I. De winding beweegt naar rechts met een constante snelheid v loodrecht op de draad.

(a) Bepaal de inductie spanning in de winding als functie van de afstand x tussen de draad en de winding.

(b) Bepaal de richting van de stroom door de winding. Licht je antwoord toe.

Opgave 11 (Snelle) trein in een tunnel (5p)

Een trein en een tunnel hebben beide een eigen lengte L. De trein rijdt naar de tunnel met een snelheid v. Een bom is geplaatst aan de voorkant van de trein. De bom is zo ontworpen deze ontploft wanneer de voorkant van de trein het einde van de tunnel passeert.
Een demonteersensor is gelokaliseerd aan de achterkant van de trein. Wanneer de achterkant van de trein het begin van de tunnel passeert, stuurt de demonteersensor een lichtsignaal naar de bom, waardoor de bom zichzelf demonteert (ontmantelt) en niet meer afgaat.
Ga zowel in het 'trein stelsel' als het 'tunnel stelsel' na of de bom zal ontploffen.

Opgave 12 Roostermodel (5p)

Een krachtige manier om een aantal fysische concepten mee te illustreren en door te rekenen is het zogenaamde roostermodel. Hierbij wordt de ruimte die een verzameling deeltjes tot zijn beschikking heeft opgedeeld in een aantal even grote volume-eenheden. De volume-eenheden zijn zo groot als een deeltje.

(a) Laat zien dat het aantal manieren Ω om N identieke deeltjes in M volume-eenheden ($M \gg N$) te plaatsen, bij benadering gelijk is aan: $\Omega \approx \frac{M^N}{N!}$

(b) Laat zien dat de entropie van een systeem dat bestaat uit N identieke deeltjes bij constante temperatuur evenredig is met de natuurlijke logaritme van het volume:

$$s \propto k \ln V$$

Hint: Begin met het opschrijven van het aantal mogelijkheden waarop de deeltjes verdeeld kunnen zijn voor twee verschillende volumes en bereken het entropieverschil tussen deze twee situaties.

(c) Beschouw nu het mengproces van twee verschillende soorten deeltjes, A en B. We nemen beide soorten deeltjes even groot. Aanvankelijk bevinden N identieke deeltjes A zich in een volume dat opgedeeld kan worden in N_1 volume-eenheden; M identieke deeltjes B bevinden zich aanvankelijk in N_2 volume-eenheden. Na menging bevinden zich alle deeltjes A en B in het gezamenlijke volume, d.w.z. in $N_1 + N_2$ volume-elementen. Bereken het entropieverschil tussen de gemengde en ontmengde situatie en toon aan dat dit altijd positief is.