

Deel toets Kwantumchemie en Fysica

4051QCHFY-1314FWN

26 Februari 2014

Docenten: F.C. Grozema en L.D.A. Siebbeles

Het totaal aantal te behalen punten is 90, 10 voor elke opgave of subonderdeel (a.,b., etc.).
De toets tel voor 30% mee in het eindcijfer en bestaat uit 4 Opgaven

Opgave 1

Een man met een gewicht van 75 kg maakt een 'bungee jump' vanaf een brug met hoogte 30 m boven het wateroppervlak. Het bungee koord heeft een lengte van 20 m en een verwaarloosbare massa. Het bungee koord geeft na uitrekking aanleiding tot harmonische oscillaties met krachtsconstante 300 N/m

- a. De man springt van de brug. Bereken de snelheid van de man op het moment dat hij 10 m boven het wateroppervlak is. Geef het antwoord in m/s.
- b. Na enige tijd beweegt de man aan het bungee koord op en neer. Deze oscillatie kan beschreven worden als harmonisch. Bereken de oscillatietijd in seconden.

Opgave 2

a. Een houten schijf met massa $M = 100$ g en straal $R = 20$ cm roteert om een as door het middelpunt van de schijf (de as staat loodrecht op de schijf). Het traagheidsmoment van een schijf is gelijk aan $I = \frac{1}{2}MR^2$. Aan de rand van de schijf bevinden zich twee metalen blokjes met een massa van 70 g en 150 g. Deze metalen blokjes zijn zo klein dat ze als puntmassa beschouwd kunnen worden.

De kinetische energie voor rotatie van de schijf met de metalen blokjes is 0.32 J.

Bereken de hoeksnelheid van de schijf met blokjes in rad/s.

b. Een wiel met traagheidsmoment van 0.01 kg m² draait aanvankelijk met een hoeksnelheid van 4.0 rad/s. Er wordt dan een kracht op het wiel uitgevoerd die aanleiding geeft tot een krachtmoment van 0.005 Nm. Na hoeveel seconden is de hoeksnelheid twee keer zo groot geworden?

Opgave 3

We beschouwen een plastic bolletje met een lading van -15 nC en een glazen bolletje met een lading van $+10 \text{ nC}$. De bolletjes zijn zeer klein en kunnen als puntladingen worden beschouwd. We vergroten de afstand tussen de bolletjes van 0.5 cm naar 1.0 cm en veranderen tegelijkertijd de lading van het glazen bolletje, zodanig dat de Coulomb kracht gelijk blijft. Wat is de lading op het glazen bolletje na de verplaatsing?

Opgave 4

Een luidspreker die ver boven de Atlantische oceaan geplaatst is brengt een geluid voort met een frequentie van 1 kHz met een vermogen van 40 Watt .

- a. Bereken de intensiteit van het geluid wanneer dit gemeten wordt op 50 meter afstand.
- b. Met welke snelheid en in welke richting moet je bewegen ten opzichte van de luidspreker om een geluid te horen van 1200 Hz ?
- c. Wanneer het geluid van de luidspreker het wateroppervlak raakt zal een deel van het geluid weerkaats worden en een ander deel zal zich voort gaan planten in het water ($v_{\text{sound}}=1480 \text{ m/s}$ in water).
 - o Wat kun je zeggen over de fase van de teruggekaatste golf ?
 - o Wat zijn de frequentie en golflengte van de golf in het water?
- d. Twee identieke bovengenoemde luidsprekers worden op een afstand van 2 meter geplaatst. Komt de plek op precies 5.66 meter recht voor een van de luidsprekers overeen met volledig constructieve of volledig destructieve interferentie ? (Laat dit zien met en berekening)

Uitwerkingen

Opgave 1

a.

$$\frac{1}{2}mv^2 = mg\Delta h$$

$$v = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 20} \text{ m/s} = 19.8 \text{ m/s}$$

b.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ en dus } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{75}{300}} \text{ s} = \pi \text{ s} = 3.14 \text{ s}$$

Bovenstaande relatie is af te leiden uit de gegeven relaties:

$$F = -kx = -kA\cos(\omega t + \varphi_0) = m\frac{d^2x}{dt^2} = -m\omega^2 A\cos(\omega t + \varphi_0). \text{ Als je de zwaartekracht toevoegt}$$

verandert de frequentie niet, zie paragraaf 14.5 van het boek van Knight.

Opgave 2

a.

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$I = \frac{1}{2}MR^2 + (m_1 + m_2)R^2 = \left(\frac{1}{2} \times 0.1 + 0.07 + 0.15\right)0.2^2 \text{ kg m}^2 = 0.0108 \text{ kg m}^2$$

$$\omega = \sqrt{2K/I} = \sqrt{2 \times 0.32 / 0.0108} \text{ rad/s} = 7.7 \text{ rad/s}$$

b.

$$\omega = \omega_0 + \alpha t = \omega_0 + \frac{\tau}{I}t$$

$$t = (\omega - \omega_0)\frac{I}{\tau} = (8 - 4)\frac{0.01}{0.005} \text{ s} = 8 \text{ s}$$

Opgave 3

De afstand is 2x zo groot geworden en de Coulomb kracht is dus 4x kleiner bij gelijkblijvende ladingen. Om de Coulomb kracht dan weer te vergroten tot de oorspronkelijke waarde moet de lading dus 4x groter worden, hetgeen betekent dat het glazen bolletje een lading van 40 nC krijgt.

Opgave 4

a. $I = \frac{P}{A} = \frac{40}{4\pi \cdot 50^2} = 1.27 \times 10^{-3} \text{ W / m}^2$

b. Er moet naar de luidspreker toe bewogen worden:

$$f_+ = \left(1 + \frac{v}{v_0}\right) f_0$$

$$\Leftrightarrow 1200 = \left(1 + \frac{v}{343}\right) 1000$$

$$\Leftrightarrow 0.2 = \frac{v}{343}$$

$$\Leftrightarrow v = 68.6 \text{ m/s}$$

c.

- De golf maakt een overgang naar een materiaal met een hoger golfsnelheid en zal dus op de interface teruggekaatst worden met de zelfde fase $\Delta\phi = 0$.

- De frequentie blijft gelijk: 1000 Hz

- $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1480}{1000} = 1.48 \text{ m}$

d. Afstandsverschil tussen de twee padlengtes: $\Delta r = \sqrt{(5.66)^2 + 2^2} - 5.66 = 0.34 \text{ m}$

Golflengte geluid: $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{343}{1000} = 0.343 \text{ m}$

Het afstandsverschil is precies 1 hele golflengte dus de interferentie is volledig constructief.