Oscillaties, of periodieke bewegingen, komen in meerdere vormen voor in ons universum. Het uitgangspunt is het concept van een *lineaire herstellende kracht*, dat is de kracht *F* die werkt op een lichaam met massa *m* dat zich op een afstand *x* vanaf zijn evenwichtspositie bevindt. *F* wordt gegeven door

hierin is een positieve constante genaamd de *krachtsconstante* (ook wel *veerconstante* genoemd).



Het negatieve teken (–) in de vergelijking geeft aan dat de kracht gericht is naar positie O, de evenwichtspositie met :



O

Onder invloed van een dergelijke kracht zal een lichaam een eenvoudige harmonische trilling uitvoeren, dat is een heen en weergaande beweging om de evenwichtspositie (O) met een trillingstijd van

en een frequentie

De maximale uitwijking *A* van dit lichaam ten opzichte van de evenwichtspositie wordt de *amplitude* van de trilling genoemd, zoals weergegeven is in de bovenstaande figuur.

* 1. Beschouw de maan als een bol met een gelijkmatig verdeelde massa, waarbij

de straal m,

de massa kg, en

de valversnelling aan het oppervlak ms─2.

Het is bekend dat voor een gelijkmatige bolvormige massaverdeling de gravitatiekracht op een afstand *r* vanaf het centrum C van die bol uitsluitend wordt veroorzaakt door de massa die zit in een bol met straal vanaf C.

Beschouw de volgende situatie: er wordt een kleine tunnel dwars door het centrum van de maan gegraven, zoals in onderstaande figuur wordt geschetst, en men laat vanaf de ene kant een kleine massa in de tunnel vallen.



* + 1. Welke uitdrukking geeft de grootte van de gravitatiekracht die de massa *m* ondervindt op een diepte *h* vanaf het oppervlak (zie figuur) juist weer?

**[0,5]**

(A) (B)

(C) (D)

* + 1. Teken in het ruitjespatroon op het antwoordenblad een grafiek van als functie van . is de kracht op de massa op afstand ten opzichte van het midden van de maan. Neem 0 *2R*.

**[1,0]**

* + 1. Als kg, wat is dan de minimale tijd (in seconden) die de massa nodig heeft om van het oppervlak naar het centrum van de maan te vallen?

**[1,0]**

* 1. Een molecuul als O2 bestaat uit twee identieke atomen die door covalente binding bijeen worden gehouden. We kunnen zulke moleculen opvatten als twee identieke bollen, met massa *m*, bijeengehouden door een veer die een lineaire herstellende kracht *F* oplevert met krachtsconstante *k*. Dit veroorzaakt een simpele harmonische trilling van de bollen langs de lijn die ze verbindt. Daardoor verandert het molecuul periodiek van een samengedrukte toestand (waarin de afstand tussen de bollen minimaal is, *L*c) naar een uitgerekte toestand (waarin de afstand tussen de bollen maximaal is, *L*s). Precies daartussenin is de kracht *F* gelijk aan nul; dan zitten de bollen op evenwichtsafstand *L* van elkaar.

Het is duidelijk dat *L*c<*L<L*szoals uit de figuur blijkt.

* + 1. Het zuurstofmolecuul heeft een krachtsconstante *k=*1150 Nm–1. De evenwichtsafstand tussen de atomen is *L*=1,5·10–10 m en de verandering in de bindingsafstand als het molecuul volledig is uitgerekt is 6,0% van *L*. Bereken de vibratie-energie (in kJmol–1) van zuurstofgas. (Het getal van Avogadro is *N*A=6,023·1023 mol–1)

**[1,5]**

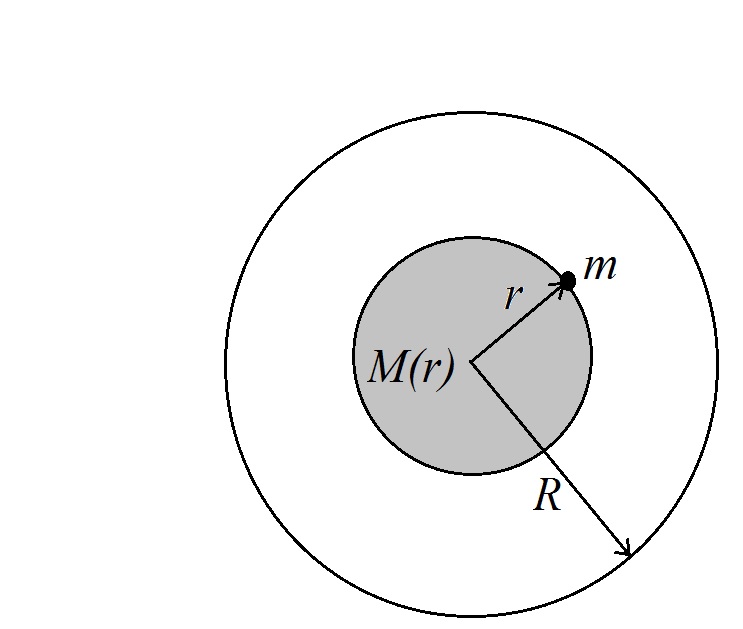
* + 1. De atoommassa’s van de halogenen zijn:

**F Cl Br I**

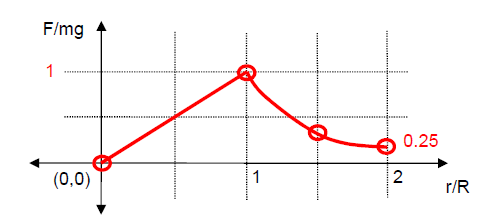
19,0 35,5 79,9 126,9

Twee halogenen, X en Y, vormen twee-atomige moleculen X2 en Y2, met krachtsconstantes *k*X=325,0 Nm–1 en *k*Y=446,0 Nm–1. Men heeft de vibratie-frequenties gemeten: *ν*X=16,7·1012 Hz en *ν*Y=26,8·1012 Hz.

Bepaal welk element X is en welk element Y is; noteer van elk element het symbool op het antwoordblad X=\_\_\_\_\_\_\_, Y=\_\_\_\_\_\_\_.

(a) (i) Antwoord: A [0,5]  
Uitleg:



(a) (ii) Antwoord:

Uitleg:

* Als r<R (bij (a) (i) afgeleid): [0,5]
* Als r>R: [0,5]

(a) (iii) Antwoord: [1,0]  
Uitleg:

* Gevraagde tijd = een kwart trillingstijd:
* In (a) (i) afgeleid:
* Dus

(b) (i) Antwoord:  
Uitleg:

Voor 1 molecuul geldt:

* [0,5]
* Vibratie-energie = de arbeid die verricht moet worden om de afstand tussen de atomen te vergroten van L tot Ls:
* Invullen: [0,5]

Voor 1 mol gas geldt:

(b) (ii) Antwoord: [1,0]  
Uitleg: