Opgaven

Opgave: Trillingen in een HI-molecuul

a) Het gaat om de zinsnede “terugdrijvende kracht die in eerste benadering recht evenredig is met de uitwijking van de evenwichtsstand”.
Om een harmonische trilling te krijgen moet op de trillende massa een resulterende kracht werken die recht evenredig is met (en tegengesteld gericht is aan) de uitwijking uit de evenwichtstand.

b) Op basis van een klassiek model zou een elektron elke willekeurige positie rond een kern kunnen innemen. Dat betekent dat een elektron elke willekeurige energie tussen 0 en de ionisatie-energie zou kunnen hebben. Een elektron zou daarmee dus elke kleur licht kunnen uitzenden corresponderend met een energie tussen 0 en de ionisatie-energie.
In een kwantummechanisch model kan een elektron slechts bepaalde energieën hebben. Een elektron kan alleen tussen deze energieniveaus wisselen. Dat betekent dat een elektron alleen licht kan uitzenden dat correspondeert met het energieverschil tussen deze energieniveaus.

c)

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$$

$$* \ T = \frac{1}{f} = \frac{1}{6{,}92 \cdot 10^{13}} = 1{,}445 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{s}$$

$$* \ m = 1{,}007825 \cdot 1{,}66054 \cdot 10^{-27} = 1{,}6735 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$$

$$\Rightarrow C = 316\ \mathrm{N/m}$$

d) Het waterstofatoom gaat met grote snelheid door de evenwichtstand waardoor de verblijftijd in de evenwichtstand klein is. Dat betekent dat de kans om het waterstofatoom in de evenwichtstand aan te treffen klein is.
Omgekeerd geldt dat het waterstof atoom in de uiterste standen in de omkeerpunten van de trilling zit waardoor de snelheid daar laag is. De kans om het waterstofatoom in de uiterste standen aan te treffen is dus dienovereenkomstig groot.

e) Als de trillingsenergie toeneemt, dan zal het waterstofatoom met grotere amplitude trillen ($E_{tril} = ½ \cdot C \cdot A^2$) en de snelheid waarmee het waterstofatoom door de evenwichtstand gaat zal toenemen.
De waarschijnlijkheidsverdeling zal dus breder worden en lager worden, maar wel zodanig dat het totale oppervlak onder de waarschijnlijkheidsverdeling gelijk blijft.

f) De afstand tussen de energieniveaus is gelijk aan de energie van het foton dat bij die overgang wordt geabsorbeerd. Er geldt dus:

$$\Delta E_{0\to1} = E_f = h \cdot f_1$$

$$\Delta E_{0\to2} = 2 \cdot \Delta E_{0\to1} \quad \Rightarrow \quad h \cdot f_2 = 2 \cdot h \cdot f_1 \quad \Rightarrow \quad f_2 = 2 \cdot f_1$$

$$\Delta E_{0\to3} = 3 \cdot \Delta E_{0\to1} \quad \Rightarrow \quad h \cdot f_3 = 3 \cdot h \cdot f_1 \quad \Rightarrow \quad f_3 = 3 \cdot f_1$$

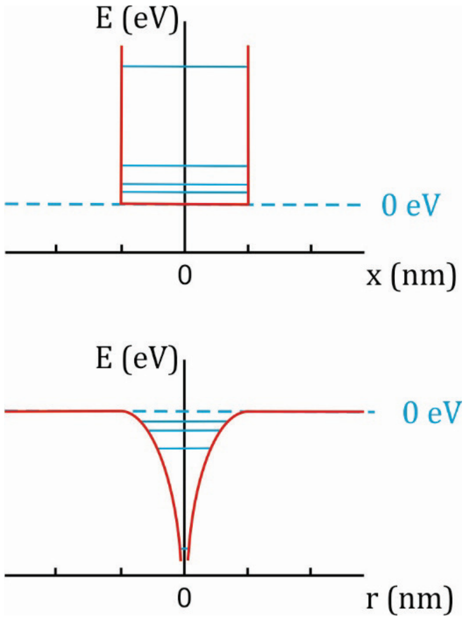
Dus omdat de frequenties in het absorptiespectrum veelvouden van een basisfrequentie zijn, liggen de energieniveaus in het energieniveauschema op gelijke afstand van elkaar.

g) Er geldt:

$$\Delta E_{0\rightarrow 1} = E_f = h \cdot f_1 = 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 0{,}68 \cdot 10^{14} = 4{,}51 \cdot 10^{-20}\ J = 0{,}28\ eV$$

h) Lijn B correspondeert met twee keer de basisfrequentie, dus met $2 \cdot \Delta E_{0\rightarrow 1}$.
Tevens is het een absorptiespectrum dus de lijn moet omhoog wijzen.
Er zijn dan twee mogelijkheden: van 0 naar 2 en van 1 naar 3.

i) Bij een energiepunt met oneindig hoge wanden liggen de energieniveaus boven in de put steeds verder uit elkaar. Dat is hier niet het geval dus is de energieput voor het aterstofatoom van een andere vorm.



j) Bij een energieput van deze vorm liggen de energieniveaus boven in de put steeds dichter bij elkaar. Dat is hier ook niet het geval, zodat ook deze vorm van energieput niet bruikbaar is voor het waterstofatoom.
Op bladzijde 20 van de kwantummechanicareader heb je kunnen zien dat de energieput parabolisch moet zijn om energieniveaus te krijgen die op gelijk afstand van elkaar liggen.

k) De onzekerheidsrelatie van Heisenberg luidt:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

Als een deeltje volkomen stilstaat dan zouden zowel de plaats als als de impuls precies bekent zijn. Volgens de relatie van Heisenberg kan dit niet. Het is niet mogelijk om zowel de plaats als de impuls gelijktijdig exact te weten.
Let op, het gaat hier om de *onzekerheid* in de plaats en de impuls niet om de impuls en de plaats zelf. Dus maak van bovenstaande relatie niet iets als

$$x \cdot p \geq \frac{h}{4\pi} \quad \text{of} \quad x \cdot v \geq \frac{h}{4m\pi}$$