

## Trillingen binnen een molecuul

### 16 maximumscore 3

uitkomst:  $C = 316 \text{ N m}^{-1}$

voorbeeld van een berekening:

Er geldt:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{C}}$ . Met  $f = \frac{1}{T}$  volgt dan:  $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{m}}$ .

Invullen levert:  $6,92 \cdot 10^{13} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{1,673 \cdot 10^{-27}}}$ .

Dit levert:  $C = 316 \text{ N m}^{-1}$ .

- inzicht dat  $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{m}}$  1
- inzicht dat voor  $m$  de massa van het H-atoom gebruikt moet worden 1
- completeren van de berekening 1

### 17 maximumscore 3

voorbeeld van een antwoord:

- De snelheid is maximaal voor  $u = 0$  en minimaal voor  $u = +A$  en  $u = -A$ , want daar bevindt het deeltje zich de kortste respectievelijk de langste tijd. Dus daar is de kans om het deeltje aan te treffen het kleinst respectievelijk het grootst.
  - Als de energie  $E_t = \frac{1}{2}CA^2$  toeneemt, wordt  $A$  en dus de breedte van de grafiek groter. Omdat de oppervlakte onder de grafiek gelijk moet blijven (totale oppervlakte is 1), zal de kromme  $P(u)$  dalen.
- inzicht dat de massa de kortste tijd verblijft waar zijn snelheid maximaal is en omgekeerd 1
  - inzicht dat bij grotere energie  $A$  groter en de grafiek breder is 1
  - inzicht dat  $P(u)$  dan daalt omdat de totale oppervlakte gelijk moet blijven 1

*Opmerking*

*Alternatief voor het laatste scorepunt is het inzicht dat bij grotere energie de snelheid in  $u = 0$  hoger is, dus de verblijftijd respectievelijk  $P(u)$  kleiner.*

## 18 maximumscore 4

voorbeeld van een antwoord:

- De afstand tussen de lijnen is gelijk. Voor de frequenties geldt:

$f = f_v, 2f_v, 3f_v \dots$ . Omdat  $\Delta E = hf$  geldt dat ook voor de afstand tussen de energieniveaus:  $\Delta E = e, 2e, 3e \dots$ .

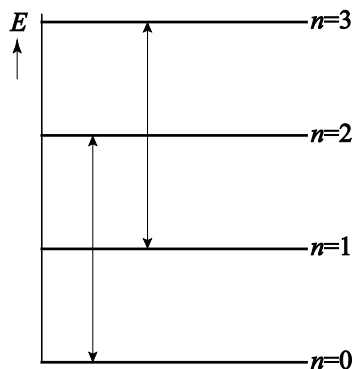
Voor de laagste energiersprong geldt:

$\Delta E = hf_A = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 0,68 \cdot 10^{14} = 4,51 \cdot 10^{-20} \text{ J} = 0,28 \text{ eV}$  (met een marge van 0,02 eV).

- De frequentie van piek B is tweemaal de frequentie van piek A. De energie is ook gelijk aan twee stappen in het schema.

In dit schema kan dat op twee manieren:

van  $n = 2$  naar  $n = 0$  of andersom. En van  $n = 3$  naar  $n = 1$  of andersom.



- inzicht dat de drie frequenties zich verhouden als 1:2:3 1
- inzicht dat  $\Delta E = hf_A$  1
- completeren van de bepaling 1
- aangeven van een mogelijke overgang in figuur 3 die hoort bij lijn B 1

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**19 maximumscore 3**

voorbeeld van een antwoord:

- Bij het quantummodel van een energieput met oneindig hoge wanden liggen de energieniveaus voor grotere  $n$  steeds verder uit elkaar ( $\propto n^2$ ).
  - Bij het quantummodel van een vrij waterstofatoom liggen de energieniveaus voor grotere  $n$  steeds dichterbij elkaar ( $\propto \frac{1}{n^2}$ ).
  - De energieniveaus in figuur 3 liggen op gelijke afstanden. Dus kunnen de modellen niet gelden voor HI.
- 
- inzicht dat de energieniveaus van een energieput met oneindig hoge wanden bij grotere energie of grotere waarde van  $n$  steeds verder uit elkaar liggen 1
  - inzicht dat de energieniveaus van een vrij waterstofatoom bij grotere energie of grotere waarde van  $n$  steeds dichterbij elkaar liggen 1
  - inzicht dat de energieniveaus in figuur 3 op gelijke afstanden liggen en conclusie 1

**20 maximumscore 2**

voorbeeld van een antwoord:

Als het H-atoom stil zou staan, zou dat betekenen:  $\Delta p = 0$  en/of  $\Delta x = 0$ .

In dat geval zou  $\Delta x \Delta p = 0$ , wat in strijd is met de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg.

- inzicht dat 'stilstaan' betekent dat  $\Delta p = \Delta x = 0$  1
- gebruik van de onbepaaldheidsrelatie van Heisenberg en conclusie 1