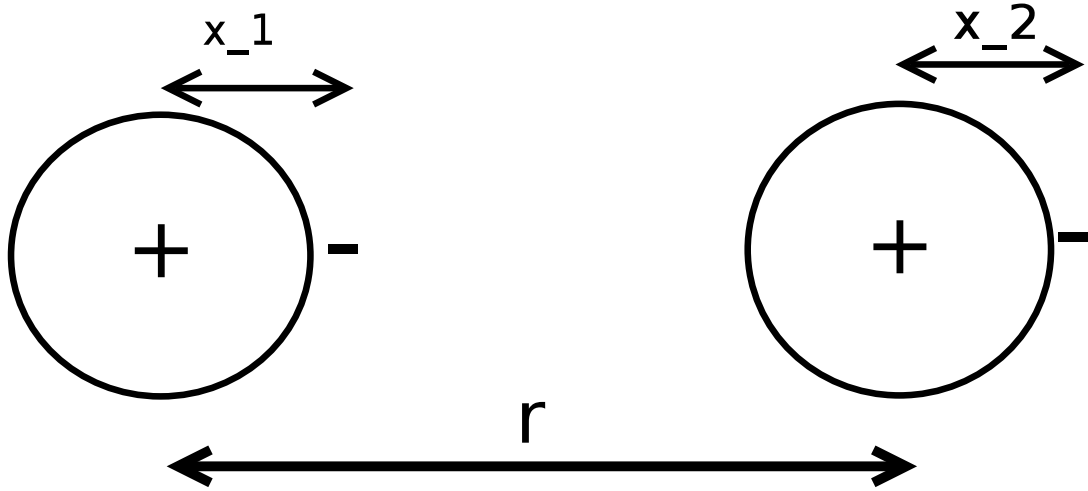


Oefening:

Van der Waalskrachten tussen atomen.

Beschouw twee neutrale waterstofatomen op afstand r van elkaar:



De uitwijkingen van de elektronen t.o.v. de protonen zijn x_1 en x_2 en de dipoolmomenten zijn $\mu_1 = -ex_1$ en $\mu_2 = -ex_2$.

De Hamiltoniaan beschrijft de elektronen als eenvoudige harmonische oscillatoren met dipool-dipoolinteractie

$$H = H_1 + H_2 + V$$

$$H = \frac{p_1^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 x_1^2 + \frac{p_2^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2 x_2^2 - \frac{2x_1 x_2}{r^3} e^2$$

- Bepaal de energie van de grondtoestand van H . Om deze te berekenen herschrijf je H zorgvuldig in nieuwe coördinaten en nieuwe impulsen:

$$X_+ = \frac{x_1 + x_2}{\sqrt{2}} ; X_- = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{2}}$$

$$P_+ = -i\hbar \frac{d}{dX_+} ; P_- = -i\hbar \frac{d}{dX_-}$$

- Bereken hoe de grondtoestandsenergie afhangt van r in de limiet van zeer grote r . Doe indien nodig een reeksontwikkeling in $1/r$. Is er een kracht tussen de atomen?