Übung 2 - Musterlösung

Aufgabe 4

a)

Das elektrische Dipolmoment des Moleküls ist zu berechnen. Das Dipolmoment ist der Vektor $\vec{p} = Q \cdot \vec{l}$, wobei $\vec{l}$ der Vektor auf der Verbindungslinie zwischen den Ladungen ist. Wir definieren $\vec{e}_l = \vec{l}/l$ als Einheitsvektor in Richtung der Verbindungslinie der Ladungen.

$$\vec{p} = Q \cdot \vec{l} = 1.602 \cdot 10^{-19}\,\mathrm{C} \cdot 0.7 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{m} \cdot \vec{e}_l = 1.121 \cdot 10^{-29}\,\mathrm{Cm} \cdot \vec{e}_l.$$

b)

Das Drehmoment ist definiert als das Kreuzprodukt $\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E} = |\vec{p}| \left|\vec{E}\right| \sin\theta \cdot \vec{n}$, mit dem Normalenvektor $\vec{n} \perp \vec{p}, \vec{E}$ und $|\vec{n}| = 1$, für den Betrag des Drehmomentes folgt also

$$\left|\vec{M}\right| = |\vec{p}| \left|\vec{E}\right| \cdot \sin\theta = 1.121 \cdot 10^{-29}\,\mathrm{Cm} \cdot 8 \cdot 10^{3} \frac{\mathrm{V}}{10^{-2}\mathrm{m}} \cdot \sin(70°) = 8.430 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{VC} = 8.430 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{Nm}.$$

c)

Wenn sich das Molekül nach dem $\vec{E}$-Feld ausrichtet, führt es eine Drehung um 70° durch. Zur Energieberechnung müssen wir also von $\theta = 70°$ bis $\theta = 0°$ integrieren. Die Energie ergibt sich über

$$\begin{aligned} W &= \int_{70°}^{0°} |\vec{p}| \left|\vec{E}\right| \cdot \sin\theta \, d\theta \\ &= |\vec{p}| \left|\vec{E}\right| \cdot [-\cos\theta]_{70°}^{0°} \\ &= |\vec{p}| \left|\vec{E}\right| \cdot (-\cos 0° + \cos 70°) \\ &= -5.903 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{Nm} \\ &= -5.903 \cdot 10^{-24}\,\mathrm{Joule}. \end{aligned}$$

Der nach dem elektrischen Feld ausgerichtete Zustand des Moleküls bei $\theta = 0°$ enthält weniger Energie als der Zustand bei $\theta = 70°$. Es wird Energie bei der Drehung von $\theta = 70°$ nach $\theta = 0°$ frei, woraus ein negatives Vorzeichen resultiert.

Aufgabe 5

a)

Nicht möglich.

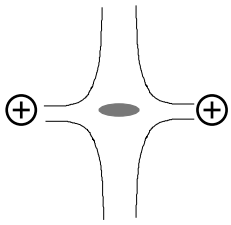
Dies ist nur bei einem dynamischen Feld möglich. Eine stabile Gleichgewichtslage ist ein lokales Potentialminimum. Das Feld muss von allen Seiten auf diese Stelle hinzeigen (oder überall von ihr weg, falls man eine negative Ladung einfangen will), dies wohlgemerkt, ohne dass die einzufangende Ladung

dort sitzt. Der Fluss durch eine Kugel, die diese Stelle umschließt, ist also bestimmt verschieden von Null, was im leeren Raum wegen des Gaußschen Satzes nicht möglich ist.

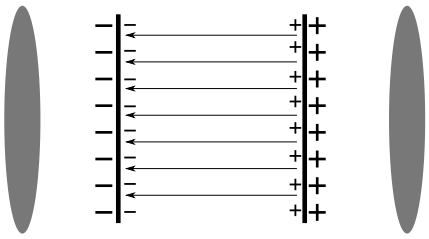
b)

Möglich.

Beispiel: Mittelpunkt auf der Verbindungslinie zwischen zwei gleichnamigen Ladungen.



c)

Möglich.

Beispiel: Außerhalb der Platten eines unendlich langen geladenen Plattenkondensators (Vernachlässigung von Grenzflächeneffekten).