Heisenbergsche Unschärferelation

Wenn sich das Elektron eines Wasserstoffatoms innerhalb einer Kugel mit Radius R um den Kern befindet, liegt der Abstand r von Elektron und Kern innerhalb von $0 \leq r \leq R$.

Wenn sich das Elektron eines Wasserstoffatoms innerhalb einer Kugel mit Radius R um den Kern befindet, liegt der Abstand r von Elektron und Kern innerhalb von $0 \leq r \leq R$.

Über den Abstand von Elektron und Kern lässt sich sagen:

$$r = \frac{R}{2} \pm \frac{R}{2}$$

Wenn sich das Elektron eines Wasserstoffatoms innerhalb einer Kugel mit Radius R um den Kern befindet, liegt der Abstand r von Elektron und Kern innerhalb von $0 \leq r \leq R$.

Über den Abstand von Elektron und Kern lässt sich sagen:

$$r = \frac{R}{2} \pm \frac{R}{2} = \frac{R}{2} \pm \Delta r$$

Wenn sich das Elektron eines Wasserstoffatoms innerhalb einer Kugel mit Radius R um den Kern befindet, liegt der Abstand r von Elektron und Kern innerhalb von $0 \leq r \leq R$.

Über den Abstand von Elektron und Kern lässt sich sagen:

$$r = \frac{R}{2} \pm \frac{R}{2} = \frac{R}{2} \pm \Delta r$$

Die "radiale" Ortsunschärfe des Abstands ist also $\Delta r = \frac{1}{2} R$.

Wenn sich das Elektron eines Wasserstoffatoms innerhalb einer Kugel mit Radius R um den Kern befindet, liegt der Abstand r von Elektron und Kern innerhalb von $0 \leq r \leq R$.

Über den Abstand von Elektron und Kern lässt sich sagen:

$$r = \frac{R}{2} \pm \frac{R}{2} = \frac{R}{2} \pm \Delta r$$

Die "radiale" Ortsunschärfe des Abstands ist also $\Delta r = \frac{1}{2} R$.

Die Unschärfe Δp_r des Radialimpulses p_r lässt sich dann mit Hilfe der Heisenberg'schen Unschärferelation berechnen:

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

Aus der Unschärferelation

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

lässt sich eine Ungleichung für den radialen Impuls herleiten:

Aus der Unschärferelation

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

lässt sich eine Ungleichung für den radialen Impuls herleiten:

$$\Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta r} = \frac{h}{2\pi R}$$

Aus der Unschärferelation

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

lässt sich eine Ungleichung für den radialen Impuls herleiten:

$$\Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta r} = \frac{h}{2\pi R}$$

Aus $p = mv$ erhält man für die radiale Geschwindigkeitsunschärfe:

Aus der Unschärferelation

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

lässt sich eine Ungleichung für den radialen Impuls herleiten:

$$\Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta r} = \frac{h}{2\pi R}$$

Aus $p = mv$ erhält man für die radiale Geschwindigkeitsunschärfe:

$$\Delta v_r \geq \frac{h}{2\pi m R}$$

Aus der Unschärferelation

$$\Delta r \cdot \Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi}$$

lässt sich eine Ungleichung für den radialen Impuls herleiten:

$$\Delta p_r \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta r} = \frac{h}{2\pi R}$$

Aus $p = mv$ erhält man für die radiale Geschwindigkeitsunschärfe:

$$\Delta v_r \geq \frac{h}{2\pi m R}$$

Mit der Formel für die kinetische Energie kann man eine Abschätzung für die radiale kinetsiche Energieunschärfe

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2$$

herleiten.

Mit der Formel für die kinetische Energie kann man eine Abschätzung für die radiale kinetsiche Energieunschärfe

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2$$

herleiten.

Mit $\Delta v_r \geq \dfrac{h}{2\pi m R}$ erhält man:

Mit der Formel für die kinetische Energie kann man eine Abschätzung für die radiale kinetsiche Energieunschärfe

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2$$

herleiten.

Mit $\Delta v_r \geq \dfrac{h}{2\pi m R}$ erhält man:

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2 \geq \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{h}{2\pi m R}\right)^2$$

Mit der Formel für die kinetische Energie kann man eine Abschätzung für die radiale kinetsiche Energieunschärfe

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2$$

herleiten.

Mit $\Delta v_r \geq \dfrac{h}{2\pi m R}$ erhält man:

$$\Delta E_{kin,r} = \frac{1}{2} m \left(\Delta v_r\right)^2 \geq \frac{1}{2} m \cdot \left(\frac{h}{2\pi m R}\right)^2$$

also

$$\Delta E_{kin,r} \geq \frac{h^2}{8\pi^2 m R^2}$$

Der Radius des Bohr Atoms (Wasserstoff) beträgt etwa $R \approx 5,29 \cdot 10^{-11} m$.

Aufgabe:
Berechne die sich daraus ergebende Energieunschärfe nach

$$\Delta E_{kin,r} \geq \frac{h^2}{8\pi^2 m R^2}$$

und gib das Ergebnis in Elektronenvolt an!

Der Radius des Bohr Atoms (Wasserstoff) beträgt etwa $R \approx 5,29 \cdot 10^{-11} m$.

Aufgabe:
Berechne die sich daraus ergebende Energieunschärfe nach

$$\Delta E_{kin,r} \geq \frac{h^2}{8\pi^2 m R^2}$$

und gib das Ergebnis in Elektronenvolt an!

Die Bindungsenergie

$$E_B = 13,6 eV$$

etwa $2,179 \cdot 10^{-19} J$ ist nötig, um ein Elektron vom Kern (beim Wasserstoff ein Proton) zu trennen!