

Đáp án và bảng điểm Cơ học lượng tử và vật lý nguyên tử

Thi ngày 06-06-2018

Người soạn: Trần Tuấn Anh

Câu	Lời giải	Điểm																											
1	<p>Động lượng của một electron khi gia tốc qua một hiệu điện thế ΔV, cho bởi công thức:</p> $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p^2}{2m} = e \cdot \Delta v \Rightarrow p = \sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot \Delta v}$ <p>Do đó, bước sóng de Broglie của electron là:</p> $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2 \cdot m \cdot e \cdot \Delta v}} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50}} = 1,74 \cdot 10^{-10}m$ <p>Đáp án: c. 0,174nm.</p>	0,5																											
2	<p>Nguyên lý bất định của Heisenberg:</p> <p>Về vị trí và động lượng: $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$</p> <p>Về năng lượng và thời gian: $\Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar/2$</p> <p>Đáp án: a. Không thể xác định đồng thời cả vị trí và động lượng của một hạt trên cùng một trục với độ chính xác tùy ý.</p> <p>Và c. Không thể xác định năng lượng của hạt với độ chính xác tùy ý trong một khoảng thời gian hữu hạn.</p>	0,5																											
3	<p>Ta có xác suất tìm thấy electron trong khoảng $\Delta x = 7-4=3nm$ là:</p> $P = \Psi ^2 \cdot \Delta x \Rightarrow \Psi = \sqrt{\frac{P}{\Delta x}} = \sqrt{\frac{0,48}{3}} = 0,4 nm^{-1/2}$ <p>Đáp án: e. 0,40.</p>	0,5																											
4	<p>Các dạng orbital của nguyên tử trên là s, p, do đó, số lượng tử quỹ đạo tương ứng với 2 dạng orbital trên là $l = 0$ và 1</p> <p>Đáp án: b. 0 và 1.</p>	0, 5																											
5	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Đặc điểm</th> <th>Electron</th> <th>Photon</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Khối lượng nghỉ</td> <td>$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}kg$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Điện tích</td> <td>$e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Spin</td> <td>$\pm 1/2$</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Tính chất hạt</td> <td>Hạt electron (hạt Fermion)</td> <td>Hạt photon (hạt Boson)</td> </tr> <tr> <td>Tính chất sóng</td> <td>Sóng de Broglie của electron</td> <td>Sóng điện - từ</td> </tr> <tr> <td>Tương tác</td> <td>Tương tác điện từ</td> <td>Tán xạ</td> </tr> <tr> <td>Bức xạ</td> <td>Electron bức xạ photon</td> <td>Photon không bức xạ</td> </tr> <tr> <td>Tốc độ</td> <td>Nhỏ hơn tốc độ ánh sáng</td> <td>Tốc độ ánh sáng c</td> </tr> </tbody> </table>	Đặc điểm	Electron	Photon	Khối lượng nghỉ	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}kg$	0	Điện tích	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$	0	Spin	$\pm 1/2$	0	Tính chất hạt	Hạt electron (hạt Fermion)	Hạt photon (hạt Boson)	Tính chất sóng	Sóng de Broglie của electron	Sóng điện - từ	Tương tác	Tương tác điện từ	Tán xạ	Bức xạ	Electron bức xạ photon	Photon không bức xạ	Tốc độ	Nhỏ hơn tốc độ ánh sáng	Tốc độ ánh sáng c	1
Đặc điểm	Electron	Photon																											
Khối lượng nghỉ	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}kg$	0																											
Điện tích	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$	0																											
Spin	$\pm 1/2$	0																											
Tính chất hạt	Hạt electron (hạt Fermion)	Hạt photon (hạt Boson)																											
Tính chất sóng	Sóng de Broglie của electron	Sóng điện - từ																											
Tương tác	Tương tác điện từ	Tán xạ																											
Bức xạ	Electron bức xạ photon	Photon không bức xạ																											
Tốc độ	Nhỏ hơn tốc độ ánh sáng	Tốc độ ánh sáng c																											
6	<p>Trong kim loại, không có khoảng cách năng lượng giữa vùng hóa trị và vùng dẫn điện, hay nói cách khác vùng dẫn có một phần được lấp đầy hoàn toàn ngay cả ở 0 độ tuyệt đối. Do đó, chỉ cần áp vào một điện trường thì có một lượng năng lượng nhỏ tác dụng vào một electron để đẩy nó vào trạng thái mà nó di chuyển qua kim loại như một phần của dòng điện.</p> <p>Trong một chất cách điện, có một khoảng cách năng lượng lớn giữa vùng hóa trị lấp đầy electron và một vùng điện rỗng. Một điện trường được áp dụng không thể cho các electron trong vùng hóa trị đủ năng lượng để nhảy qua khe hở vào vùng dẫn có năng lượng cao hơn.</p> <p>Trong một chất bán dẫn, khoảng cách năng lượng giữa vùng hóa trị và vùng dẫn điện nhỏ hơn trong một chất cách điện.</p>	1																											
7	<p>Xác suất xuyên hầm theo thời gian được biểu diễn:</p> $P \sim e^{-2\kappa a}$ <p>Với a là bề dày của rào thế, và hệ số κ được tính theo công thức sau:</p>	0,5																											

	$\kappa = \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (U_0 - E)} = \sqrt{\frac{2.9,1 \cdot 10^{-31}}{(6,625 \cdot 10^{-34}/2\pi)^2} (2.1,6 \cdot 10^{-19})} \approx 7,245 \cdot 10^9 m^{-1}$ <p>Khi khoảng cách từ đầu dò đến vật liệu gần hơn, nghĩa là khoảng cách chuyển từ $a=1,00nm$ thành $a'=0,99nm$. Thì tỉ số giữa 2 xác suất là:</p> $\frac{P_{a'}}{P_a} = \frac{e^{-2\kappa a'}}{e^{-2\kappa a}} = e^{-2\kappa(a'-a)}$ <p>Ta có: $2\kappa(a' - a) = 2.7,245 \cdot 10^9 \cdot (-0,01 \cdot 10^{-9}) \approx -0,1449$ Do đó, tỉ lệ giữa 2 dòng điện xuyên hầm:</p> $\frac{I_{a'}}{I_a} = \frac{P_{a'}}{P_a} = e^{0,1449} \approx 1,16$ <p>Nghĩa là khi khoảng cách gần hơn 1% thì dòng điện xuyên hầm tăng thêm 16%.</p>	0,5 0,5 0,5
8	<p>a. Điều kiện để chuẩn hóa hàm sóng: $\int_{-\infty}^{+\infty} \Psi ^2 = 1$ Do đó:</p> $1 = \int_0^L A^2 \sin^2\left(\frac{2\pi x}{a}\right) dx = \int_0^L A^2 \frac{1 - \cos\left(\frac{4\pi x}{a}\right)}{2} dx =$ $= \frac{A^2}{2} \left[x - \frac{a}{4\pi} \sin\left(\frac{4\pi x}{a}\right) \right] \Big _0^a = \frac{A^2 a}{2}$ <p>Suy ra: $A = \sqrt{\frac{2}{a}}$</p> <p>b. Từ hình vẽ bên, do tính chất đối xứng, giá trị trung bình của x có độ lớn:</p> $\langle x \rangle = \frac{a}{2}$ <p>c. Xác suất tìm thấy electron trong khoảng $0,25a \leq x \leq 0,5a$:</p> $P = \frac{2}{a} \int_{0,25a}^{0,5a} \sin^2\left(\frac{2\pi x}{a}\right) dx = \frac{2}{a} \int_{0,25a}^{0,5a} \frac{1 - \cos\left(\frac{4\pi x}{a}\right)}{2} dx = \frac{1}{a} \left[x - \frac{a}{4\pi} \sin\left(\frac{4\pi x}{a}\right) \right] \Big _{0,25a}^{0,5a}$ $= \frac{1}{a} \left[0,5a - \frac{a}{4\pi} \sin\left(\frac{4\pi \cdot 0,5a}{a}\right) - 0,25a + \frac{a}{4\pi} \sin\left(\frac{4\pi \cdot 0,25a}{a}\right) \right] = 0,25$ <p>d. Xác suất tìm thấy electron trong khoảng $0,49a \leq x \leq 0,51a$</p> $P = \frac{2}{a} \int_{0,49a}^{0,51a} \sin^2\left(\frac{2\pi x}{a}\right) dx = 0,51 - 0,49 - \frac{1}{4\pi} (\sin 2,04\pi - \sin 1,96\pi)$ <p>Suy ra: $P = 5,26 \cdot 10^{-5}$</p> <p>e. Vị trí có xác suất lớn nhất: $x = a/4$ và $3a/4$ Vị trí có xác suất thấp nhất: $x = 0, a/2$ và a.</p>	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5
9	<p>Hàm sóng có dạng: $\Psi_{1s}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a_0^3}} e^{-\frac{r}{a_0}}$</p> <p>a. Mật độ xác suất tìm thấy electron:</p> $P = \Psi_{1s} ^2 \cdot 2\pi r^2 = \frac{1}{\pi a_0^3} e^{-\frac{2r}{a_0}} \cdot 2\pi r^2 = \frac{2}{a_0^3} \cdot r^2 e^{-\frac{2r}{a_0}}$ <p>Xét hàm số: $f(r) = r^2 e^{-\frac{2r}{a_0}}$ Ta có, đạo hàm của f(r):</p> $f'(r) = 2r e^{-\frac{2r}{a_0}} - \frac{2}{a_0} \cdot r^2 e^{-\frac{2r}{a_0}} = 0$ <p>Suy ra: $r = 0$ và $r \rightarrow \infty$ thì xác suất tìm thấy electron là thấp nhất. Còn xác suất tìm thấy cao nhất tại vị trí $r = a_0$.</p> <p>b. Giá trị này hoàn toàn phù hợp với tiên đoán của Bohr về bán kính của orbital 1s: $r = a_0$</p>	0,5 0,5 0,5