Atomhülle und Kernphysik

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

Name: _____ Datum: _____

kostenlos, mit Lösungen

$h \cdot c = 1240\ eV \cdot nm$, damit gilt λ in nm $= \frac{1240}{E \text{ in } eV}$. Wasserstoff: $E_n = \frac{-13{,}6\ eV}{n^2}$. 1 u entspricht 931,5 MeV.

1 Werte den Franck-Hertz-Versuch aus.

Haben die Elektronen genug Energie, regen sie ein Hg-Atom an und verlieren dabei genau diese Energie. Der Abstand der Strommaxima entspricht der Anregungsenergie: $\Delta E = e \cdot \Delta U$.

a) Elektronen werden in Quecksilberdampf beschleunigt. Der Anodenstrom hat Maxima bei diesen Spannungen:
U in V: 7,0 | 11,9 | 16,8 | 21,7
Bestimme den mittleren Abstand der Maxima und die Anregungsenergie.

Abstände: 11,9 V - 7,0 V = 4,9 V, ebenso 4,9 V und 4,9 V

Mittelwert: $\frac{21{,}7\ V - 7{,}0\ V}{3} = 4{,}9\ V$

Anregungsenergie: $\Delta E = e \cdot \Delta U = 4{,}9\ eV = 4{,}9 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ J \approx 7{,}8 \cdot 10^{-19}\ J$

Das erste Maximum liegt nicht bei 4,9 V, weil eine Kontaktspannung alle Werte verschiebt.

Deshalb wertet man die Abstände aus.

b) Die angeregten Atome senden Licht aus. Berechne seine Wellenlänge. Kann man es sehen?

λ in nm $= \frac{1240}{E \text{ in } eV} = \frac{1240}{4{,}9} \approx 253$, also $\lambda \approx 253\ nm$

Das ist ultraviolettes Licht, man kann es nicht sehen (sichtbar: etwa 400 bis 780 nm).

c) Warum sinkt der Strom kurz nach jedem Maximum?

Die Elektronen erreichen 4,9 eV kurz vor dem Gitter und geben diese Energie beim Stoß an ein Hg-Atom ab. Danach reicht ihre Energie nicht mehr, um gegen die kleine Gegenspannung die Anode zu erreichen. Der Strom sinkt, bis die Spannung groß genug ist, dass sie nach dem Stoß wieder genug Energie aufnehmen.

Atomhülle und Kernphysik (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

2 Berechne Linien im Wasserstoffspektrum.

Beim Übergang von oben nach unten wird ein Photon mit ΔE = E_oben - E_unten frei. Sichtbares Licht hat etwa 1,6 bis 3,1 eV.

a) Berechne die Energien E_1 bis E_5.

$E_n = \frac{-13{,}6\ eV}{n^2}$

$E_1 = -13{,}6\ eV$, $E_2 = \frac{-13{,}6\ eV}{4} = -3{,}40\ eV$, $E_3 = \frac{-13{,}6\ eV}{9} \approx -1{,}51\ eV$

$E_4 = \frac{-13{,}6\ eV}{16} = -0{,}85\ eV$, $E_5 = \frac{-13{,}6\ eV}{25} \approx -0{,}54\ eV$

b) Berechne Energie und Wellenlänge der Übergänge 3 → 2, 4 → 2 und 5 → 2.

$3 \to 2$: $\Delta E = -1{,}51\ eV - (-3{,}40\ eV) = 1{,}89\ eV$, $\lambda = \frac{1240}{1{,}89\ nm} \approx 656\ nm$ (rot)

$4 \to 2$: $\Delta E = -0{,}85\ eV + 3{,}40\ eV = 2{,}55\ eV$, $\lambda = \frac{1240}{2{,}55\ nm} \approx 486\ nm$ (blaugrün)

$5 \to 2$: $\Delta E = -0{,}54\ eV + 3{,}40\ eV = 2{,}86\ eV$, $\lambda = \frac{1240}{2{,}86\ nm} \approx 434\ nm$ (violett)

c) Warum liegen alle Linien der Übergänge nach n = 1 (Lyman-Serie) im Ultravioletten?

Schon der kleinste Übergang $2 \to 1$ hat $\Delta E = 13{,}6\ eV - 3{,}4\ eV = 10{,}2\ eV$, also $\lambda \approx 122\ nm$. Alle anderen Übergänge nach n = 1 haben noch mehr Energie und kürzere Wellenlängen. Sichtbar wären nur 1,6 bis 3,1 eV, alle Lyman-Linien liegen also im Ultravioletten.

Atomhülle und Kernphysik (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

3 Werte eine Zerfallsmessung aus.

$N(t) = N0 \cdot (½)^{t : T½}$. Die Zählrate nimmt genauso ab wie die Zahl der Kerne.

a) Ein Zählrohr misst die Zählrate eines Präparats. Die Nullrate ist schon abgezogen:
t in min: 0 | 2 | 4 | 6 | 8
Zählrate in $\frac{1}{s}$: 80 | 57 | 40 | 28 | 20
Bestimme die Halbwertszeit.

Von 80 $\frac{1}{s}$ auf 40 $\frac{1}{s}$ vergehen 4 min, von 40 $\frac{1}{s}$ auf 20 $\frac{1}{s}$ wieder 4 min.

Die Zählrate halbiert sich alle 4 min: T½ = 4 min.

b) Welche Zählrate erwartest du nach 20 min?

$\frac{20\ min}{4\ min}$ = *5 Halbwertszeiten*

$Z = Z0 \cdot (½)^5 = 80\ \frac{1/s}{32} = 2{,}5\ \frac{1}{s}$

Nach 20 min erwartest du eine Zählrate von 2,5 $\frac{1}{s}$.

4 Bestimme das Alter mit der C-14-Methode.

C-14 hat T½ = 5730 a. Nach dem Tod eines Lebewesens kommt kein neues C-14 dazu. Nicht ganzzahlig: $t = \frac{T½ \cdot \ln(N0 : N)}{\ln 2}$.

a) Ein Knochen enthält noch 30 % des C-14. Berechne sein Alter.

$t = \frac{T½ \cdot \ln(N0 : N)}{\ln 2}$

Es sind noch 30 % da: $\frac{N0}{N} = \frac{1}{0{,}30} \approx 3{,}33$

$t = \frac{5730\ a \cdot \ln 3{,}33}{0{,}693} = \frac{5730\ a \cdot 1{,}204}{0{,}693}$

$t \approx 9950\ a$

Der Knochen ist rund 10 000 Jahre alt.

Atomhülle und Kernphysik (Fortsetzung)

Physik · Klasse 12 · mittel · Lösungen

vitus-tutoring.de

kostenlos, mit Lösungen

Name: _____ Datum: _____

5 Berechne die Bindungsenergie eines Kerns.

Massendefekt Δm = Masse der einzelnen Nukleonen - Masse des Kerns. Bindungsenergie $E_B = \Delta m \cdot c^2$.

a) Ein Helium-4-Kern besteht aus 2 Protonen und 2 Neutronen. m_p = 1,00728 u, m_n = 1,00866 u, m(He-4-Kern) = 4,00151 u.
Berechne den Massendefekt.

Masse der einzelnen Nukleonen: 2 · 1,00728 u + 2 · 1,00866 u = 4,03188 u

Δm = 4,03188 u - 4,00151 u = 0,03037 u

b) Berechne die Bindungsenergie und die Bindungsenergie pro Nukleon.

$E_B = \Delta m \cdot c^2$, mit 1 u entspricht 931,5 MeV:

$E_B = 0{,}03037 \cdot 931{,}5\ \text{MeV} \approx 28{,}3\ \text{MeV}$

pro Nukleon: $\frac{28{,}3\ \text{MeV}}{4} \approx 7{,}1\ \text{MeV}$

c) Warum wird bei der Fusion von Wasserstoff zu Helium Energie frei?

Im Heliumkern sind die Nukleonen viel fester gebunden als in den leichten Ausgangskernen. Der Heliumkern ist deshalb leichter als alles, woraus er entsteht. Diese Massendifferenz wird nach $E = \Delta m \cdot c^2$ als Energie frei.

6 Beurteile die Aussagen.

Beurteilen heißt: Sage, ob die Aussage stimmt, und begründe mit Physik.

a) „Nach zwei Halbwertszeiten ist alles zerfallen.“

Falsch. Nach jeder Halbwertszeit halbiert sich der Rest, der noch da ist: Nach zwei Halbwertszeiten ist ¼ übrig, nach drei 1/8. Es wird immer weniger, aber nie genau null.

b) „α-Strahler sind harmlos, ein Blatt Papier hält ihre Strahlung ja auf.“

Nur zum Teil richtig. Von außen stimmt es: Schon die Haut hält α-Teilchen auf. Eingeatmet oder verschluckt geben sie aber ihre ganze Energie auf kleinstem Raum an lebende Zellen ab und

schädigen sie stark. Gefährlich ist also vor allem α-Strahlung im Körper.

c) „Lebensmittel, die mit γ-Strahlung bestrahlt wurden, sind danach selbst radioaktiv."

Falsch. Die γ-Strahlung gibt beim Durchgang nur Energie ab, sie bringt keine radioaktiven Kerne in die Lebensmittel. Die Atomkerne der Lebensmittel bleiben unverändert, deshalb strahlen sie danach nicht selbst. Gefährlich wäre eine Verseuchung (Kontamination), bei der radioaktive Stoffe selbst auf oder in die Lebensmittel gelangen.