

Musterprüfung

- A. Kernreaktionen
- B. Spezielle Relativitätstheorie
- C. Photoelektrischer Effekt
- D. De Broglie (Materiewellen)
- E. Heisenbergsche Unschärferelation

A.1) Im Formelbuch (DMK/DPK, S. 199-200) sind unter anderen, folgende radioaktive Nuklide aufgelistet.

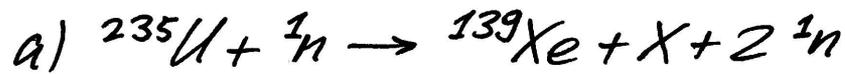
a) ${}^3\text{H} \rightarrow$	(β^-)
b) ${}^{14}\text{C} \rightarrow$	(β^-)
c) ${}^{22}\text{Na} \rightarrow$	(β^+)
d) ${}^{210}\text{Pb} \rightarrow$	(α)
e) ${}^{220}\text{Rn} \rightarrow$	(α)
f) ${}^{233}\text{U} \rightarrow$	(α)

Ganz rechts ist die Zerfallsart angegeben. Notiere die Reaktionsprodukte.

A.2) Bestimme den Massendefekt von ${}^{14}\text{N}$ mit der Masse 14.003074u , wenn $m_n = 1.008665\text{u}$, $m_p = 1.007276\text{u}$ und $m_e = 0.000549\text{u}$. Berechne daraus die Kernbindungsenergie, sowie die Kernbindungsenergie pro Nukleon, wenn $1\text{u} = 931.5\text{MeV}$.

A.3) Wie viel Energie wird beim β^- -Zerfall eines freien Neutrons freigesetzt, wenn $m_n = 1.008665\text{u}$, $m_p = 1.007276\text{u}$ und $m_e = 0.000549\text{u}$. Ausserdem gilt $1\text{u} = 931.5\text{MeV}$

A.4) Bestimme das als X bezeichnete Fragment bei der neutronen-induzierten Kernspaltung von $U-235$



A.5) Wie viele Halbwertszeiten müssen vergehen, damit von einem radioaktiven Nuklid weniger als 0.1% übrig sind? Ergebnis auf eine Halbwertszeit genau.

A.6) $Xe-135$ hat eine Halbwertszeit von 9.14h. Wie viel Prozent der ursprünglichen Menge sind nach 24h noch vorhanden?

A.7) Eine Autobatterie verliert beim Entladen 1.3 kWh Energie. Um wie viele Gramm verringert sich ihre Ruhemasse beim Entladen, wenn $1\text{J} \hat{=} 1.113 \cdot 10^{-14}\text{g}$ und $1\text{kWh} = 3.6\text{MJ}$?

A.8) Beim Beschuss von $U-238$ mit $N-14$ entsteht das künstliche Element Einsteinium-247 mit Kernladungszahl $Z=99$. Wie viele Neutronen werden bei diesem Prozess freigesetzt?

B.1) Wie gross ist der Lorentzfaktor γ , wenn $v=0.8c$?

B.2) Für welchen Wert von β ($\beta=v/c$) gilt

a) $\gamma=1$?

b) $\gamma=1.1$?

c) $\gamma=2$?

- B.3) Wie schnell muss sich eine Masse bewegen, damit ihre Impulsmasse doppelt so schwer ist wie ihre Ruhemasse?
- B.4) Wie gross ist der lineare Impuls p eines
 a) Elektrons (Ruhemasse $0.00055u$)
 b) γ -Teilchens (Photon, Ruhemasse $= 0$)
 mit einer Energie von 1MeV ?
 Es sei $1u = 931.5\text{MeV}$ und $1\text{MeV} = 1.602 \cdot 10^{-13}\text{J}$.
- B.5) Wie schnell bewegt sich ein 1kg schwerer Körper, wenn man an ihm 10^{17}J Beschleunigungsarbeit verrichtet?
- B.6) Mit welcher Geschwindigkeit muss eine Rakete an einem Beobachter vorbeifliegen, damit ihre Länge um 10% verkürzt erscheint?
- B.7) Um wie viel Prozent erscheint die Dauer eines physikalischen Prozesses (z. B. von einer Schwingungsperiode) verlängert, wenn er in einem Raumschiff stattfindet, das am Beobachter mit einer Geschwindigkeit $v = 0.8c$ vorbei fliegt?
- B.8) Ein Raumschiff, das mit einer Geschwindigkeit $v = 0.6c$ an einem Beobachter vorbeifliegt feuert in Bewegungsrichtung ein Projektil, das sich, aus Sicht der Besatzung des Raumschiffs, mit einer Geschwindigkeit $u = 0.8c$ bewegt. Mit welcher Geschwindigkeit u' bewegt sich das Projektil aus Sicht des ruhenden Beobachters?

B.9) Mit welcher Geschwindigkeit würde sich das Projektil in der vorherigen Aufgabe aus Sicht des ruhenden Beobachters bewegen, wenn es vom Raumschiff mit einer Geschwindigkeit $u=0.8c$ in Gegenrichtung zur Bewegung abgefeuert worden wäre?

C.1) Für Kupfer ist die Austrittsarbeit gleich 4.84 eV .

a) Wie gross ist die Grenzwellenlänge für die Freisetzung von Elektronen?

b) Wie viel Bewegungsenergie haben die Photoelektronen für Photonen der Wellenlänge 180 nm ?

C.2) Wie gross ist Austrittsarbeit beim Photoelektrischen Effekt, wenn die Grenzwellenlänge für die Freisetzung von Elektronen 247 nm beträgt?

D.1) Wie gross ist der lineare Impuls eines Photons der Wellenlänge 256 nm ?

D.2) Welche Wellenlänge hat ein Elektron, das sich mit einer Geschwindigkeit

a) $v = 2.0 \text{ m/s}$

b) $v = 10^5 \text{ m/s}$ bewegt.

D.3) Ein 70 kg schwerer Fussgänger spaziert mit einer Geschwindigkeit von 0.8 m/s . Wie gross ist die Wellenlänge des Fussgängers? Was bedeutet die berechnete Wellenlänge bezüglich der „Wellennatur“ des Fussgängers?

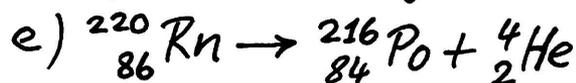
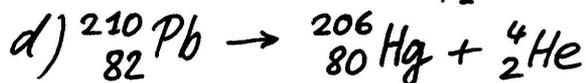
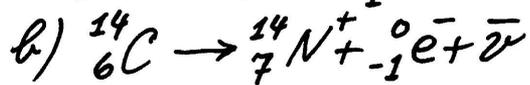
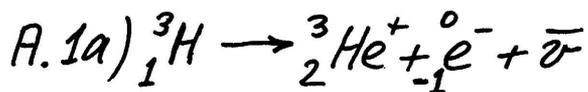
E.1) In einem Atom mit Durchmesser 0.1nm befindet sich ein

a) Proton.

b) Elektron.

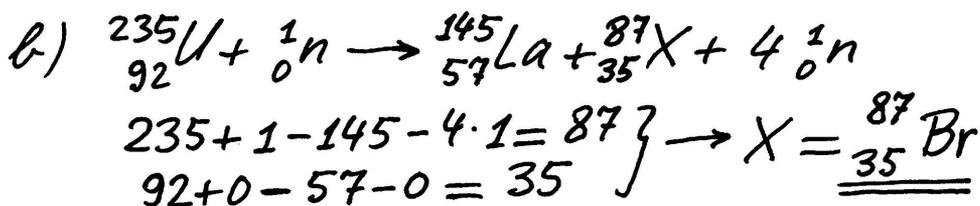
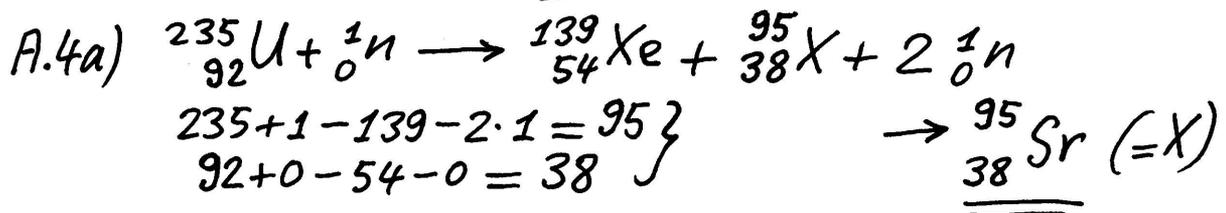
Mit welcher Unschärfe ist die Geschwindigkeit des Teilchens bekannt?

Musterlösungen



$$A.2) \Delta m = 7(1.008665 + 1.007276 + 0.000549)u - 14.003074u = 0.1124u \rightarrow E_b = 0.1124 \cdot 931.5 \text{ MeV} = \underline{\underline{104.7 \text{ MeV}}} \xrightarrow{:14} \underline{\underline{7.48 \text{ MeV/Nukleon}}}$$

$$A.3) \Delta m = (1.008665 - 1.007276 - 0.000549)u = 8.4 \cdot 10^{-4}u \hat{=} \underline{\underline{0.78 \text{ MeV}}}$$



A.5)

$n =$	0	1	2	3	4	5	6
%	100	50	25	12.5	6.25	3.125	1.56

$n =$	7	8	9	10
%	0.78	0.39	0.20	0.097

$\rightarrow n = \underline{\underline{10}}$

A.6) $\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n, n = \frac{24h}{9.14h} = 2.626$

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{2.626} = 0.162 \hat{=} \underline{\underline{16.2\%}}$$

A.7) $\Delta m = E/c^2 = [3.6 \cdot 10^6 / (3 \cdot 10^8)^2] \text{kg} = 4 \cdot 10^{-11} \text{kg}$
 $\Delta m = \underline{\underline{40 \text{ng}}}$

A.8) ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_7^{14}\text{N} \rightarrow {}_{99}^{247}\text{Es} + k \cdot {}_0^1\text{n}$
 $238 + 14 = 247 + k \cdot 1 \rightarrow k = 238 + 14 - 247 = \underline{\underline{5}}$

B.1) $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2} = 1/\sqrt{1-0.8^2} = \underline{\underline{5/3}} = \underline{\underline{1.67}}$
 $\beta = v/c = 0.8$

B.2) $\gamma^2 = 1/(1-\beta^2) \rightarrow 1-\beta^2 = 1/\gamma^2 \rightarrow \beta^2 = 1 - 1/\gamma^2$
 $= (\gamma^2 - 1)/\gamma^2 \rightarrow \beta = \frac{\sqrt{\gamma^2 - 1}}{\gamma}$

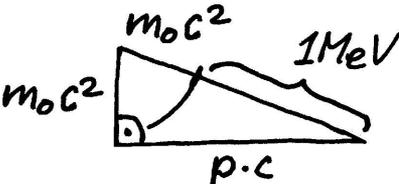
a) $\gamma = 1 \rightarrow \beta = \sqrt{1-1}/1 = \underline{\underline{0}}$

b) $\gamma = 1.1 \rightarrow \beta = \sqrt{1.1^2 - 1}/1.1 = \underline{\underline{0.417}}$

c) $\gamma = 2 \rightarrow \beta = \sqrt{2^2 - 1}/2 = \sqrt{3}/2 = \underline{\underline{0.866}}$

B.3) $\delta m = 2m \rightarrow \gamma = 2 \rightarrow \beta = \sqrt{\gamma^2 - 1}/\gamma =$
 $\sqrt{2^2 - 1}/2 = 0.866 \rightarrow v = \underline{\underline{0.866c}}$

B.4a)



$$m_0 c^2 = m_e c^2$$

$$= 0.00055 \cdot 931.5 \text{MeV}$$

$$= 0.512 \text{MeV}$$

$$\rightarrow p \cdot c = \sqrt{(1+0.512)^2 - 0.512^2} \text{ MeV} = 1.423 \text{ MeV} \rightarrow p = [1.423 \cdot 1.602 \cdot 10^{-13} / (3 \cdot 10^8)] \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{7.60 \cdot 10^{-22} \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$b) p \cdot c = 1 \text{ MeV} \rightarrow p = 1 \text{ MeV}/c = (1.602 \cdot 10^{-13} / (3 \cdot 10^8)) \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{5.34 \cdot 10^{-22} \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$B.5) E_k = (\gamma - 1) m_0 c^2 \rightarrow \gamma = 1 + E_k / (m_0 c^2) = 10^{17} / (1 \cdot (3 \cdot 10^8)^2) + 1 = 19/9 = 2.111 \rightarrow \beta^2 = (\gamma^2 - 1) / \gamma^2 = 280/361 \rightarrow \beta = 2770/19 = 0.881 \rightarrow \underline{\underline{v = 0.881c}}$$

$$B.6) L = L_0 / \gamma = 0.9 L_0 \rightarrow 1/\gamma = 0.9 \rightarrow \gamma = 10/9 \rightarrow \beta = \sqrt{\gamma^2 - 1} / \gamma = \sqrt{0.19} = 0.436 \rightarrow \underline{\underline{v = 0.436c}}$$

$$B.7) \beta = 0.8, \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{0.6} = \frac{5}{3} = 1.667$$

$$\Delta t = \gamma \cdot \Delta t_0 \rightarrow \text{um } \underline{\underline{66.7\%}}$$

$$B.8) u' = \frac{u+v}{1+uv/c^2} = \frac{0.8c+0.6c}{1+0.8 \cdot 0.6} = \underline{\underline{0.946c}}$$

$$B.9) u' = \frac{-0.8c+0.6c}{1+(-0.8 \cdot 0.6)} = \underline{\underline{-0.385c}}$$

$$C.1a) \frac{hc}{\lambda} = W_A + E_k \xrightarrow{E_k=0} \lambda = \frac{hc}{W_A} = \frac{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{4.84 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19}} \text{ m}$$

$$\underline{\underline{\lambda = 256 \text{ nm}}}$$

$$b) E_k = \frac{hc}{\lambda} - W_A = \left[\frac{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{180 \cdot 10^{-9}} - 4.84 \cdot 1.602 \cdot 10^{-19} \right] \text{ J} = \underline{\underline{3.29 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 2.05 \text{ eV}}}$$

$$C.2) W_A = hc/\lambda = [6.626 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 / (247 \cdot 10^{-9})] \text{ J} = 8.05 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \underline{\underline{5.02 \text{ eV}}}$$

$$D.1) \lambda = h/p \rightarrow p = h/\lambda = [6.626 \cdot 10^{-34} / (256 \cdot 10^{-9})] \text{ N} \cdot \text{s} = \underline{\underline{2.59 \cdot 10^{-27} \text{ N} \cdot \text{s}}}$$

$$D.2a) \lambda = h/p = h/(m_e \cdot v) = [6.626 \cdot 10^{-34} / (9.109 \cdot 10^{-31} \cdot 2)] \text{m} = \underline{\underline{364 \mu\text{m}}}$$

$$b) \lambda = h/(m_e v) = [6.626 \cdot 10^{-34} / (9.109 \cdot 10^{-31} \cdot 10^5)] \text{m}$$

$$\lambda = \underline{\underline{7.27 \text{nm}}}$$

$$D.3) \lambda = h/p = h/(m \cdot v) = [6.626 \cdot 10^{-34} / (70 \cdot 0.8)] \text{m}$$

$$\lambda = \underline{\underline{1.18 \cdot 10^{-35} \text{m}}}$$

Antwort: Die Wellenlänge ist viel kleiner als ein Atom. Insbesondere ist sie viel kleiner als der Fußgänger selbst. Seine „Wellennatur“ kann sich deshalb nie manifestieren.

$$E.1a) \Delta x \cdot \Delta p = m \cdot \Delta x \cdot \Delta v \rightarrow \Delta v \geq \hbar / (2m \cdot \Delta x) =$$

$$[1.055 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 1.673 \cdot 10^{-27} \cdot 10^{-10})] \text{m/s}$$

$$= \underline{\underline{315 \text{m/s}}}$$

$$b) \Delta v \geq \hbar / (2m \cdot \Delta x) = [1.055 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 9.109 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10})] \text{m/s} = \underline{\underline{579 \text{km/s}}}$$