

Kernphysik

(„Theoriefragen“)

- 1.) Welche Eigenschaften haben Elementarteilchen?
Haben alle Elementarteilchen eine Masse?
- 2.) Kann ich die Masse eines Atomkerns berechnen, indem ich die Massen aller in ihm enthaltenen Elementarteilchen aufsummiere? Begründe!
- 3.) Gibt es stabile Atomkerne bestehend aus lauter Protonen? Erkläre!
- 4.) Tabelliere Art und Anzahl der Elementarteilchen in ${}_{13}^{27}\text{Al}^{3+}$.

- 5.) In welchem Verhältnis stehen Anzahl Protonen und Neutronen in stabilen Atomkernen?
- 6.) Was, d.h. welche Teilchen entstehen bei
- a) einem α -Zerfall?
 - b) einem β -Zerfall?
 - c) einer neutronen-induzierten Kernspaltung?
- 7.) Die Massen von Atomkernen werden häufig in atomaren Masseneinheiten (unit) angegeben. Wie ist diese Einheit definiert?
- 8.) Wie ist der Massendefekt als
- a) „Sachverhalt“ definiert?
 - b) physikalische Grösse definiert?

- 9.) Welcher Unterschied besteht in der Reichweite von α , β und γ -Strahlung, z. B. in Luft?
- 10.) Wie wirken elektrische und magnetische Felder auf α , β und γ Strahlung?
- 11.) In der Erdkruste gibt es vier „Zerfallsreihen“. Welches Element ist in diesen Zerfallsreihen von spezieller Bedeutung und warum?
- 12.) Was ist die Bedeutung der Halbwertszeit?
- 13.) Nach wie vielen Halbwertszeiten ist von einem radioaktiven Nuklid weniger als 10% vorhanden? (Auf ganze Zahl gerundet).

- 14.) Von einem kurzlebigen radioaktiven Nuklid zerfallen im Laufe einer Stunde 70%. Wie viel Prozent sind davon noch übrig nach drei Stunden?
- 15.) Was ist der Unterschied von innerer und äußerer Belastung mit ionisierender Strahlung?
- 16.) Wie funktioniert ein Geiger-Müller-Zählrohr?
- 17.) Was ist die „Energiequelle“ der Sonne?
- 18.) Warum wird in Kernkraftwerken der Wärmetransport in einen Primär- und einen Sekundärkreislauf unterteilt?

- 19.) Wie funktioniert eine Atombombe?
- 20.) Wie kann man ein Kernkraftwerk, resp. den Kernreaktor im Kraftwerk abschalten?
- 21.) Was versteht man unter
- a) Endlagerung?
 - b) Wiederaufbereitung?
- 22.) Was ist ein „schneller Brüter“?
- 23.) Wird ein Krebspatient radioaktiv, wenn er mit ionisierender Strahlung bestrahlt wird?
- 24.) Wird ein Körper, der sich in einem Kernreaktor befindet durch die Bestrahlung radioaktiv? Begründe!

Musterlösungen

1.) Sie sind entweder ungeladen oder sie tragen eine positive oder negative Elementarladung ($\pm e$).

Das Photon hat keine Ruhemasse. Auch bei anderen Elementarteilchen wird vermutet, dass sie keine Ruhemasse haben.

2.) Nein. Bei der Bildung des Atomkerns aus seinen Bausteinen wurde sehr viel Energie freigesetzt. Dadurch wird der Atomkern leichter als die Elementarteilchen, aus denen er besteht. (Siehe „Massendefekt“).

3.) Das Isotop ${}^1_1\text{H}$ besteht aus nur einem Proton. Kerne mit mehr als einem Proton müssen mit Neutronen stabilisiert werden.

4.)

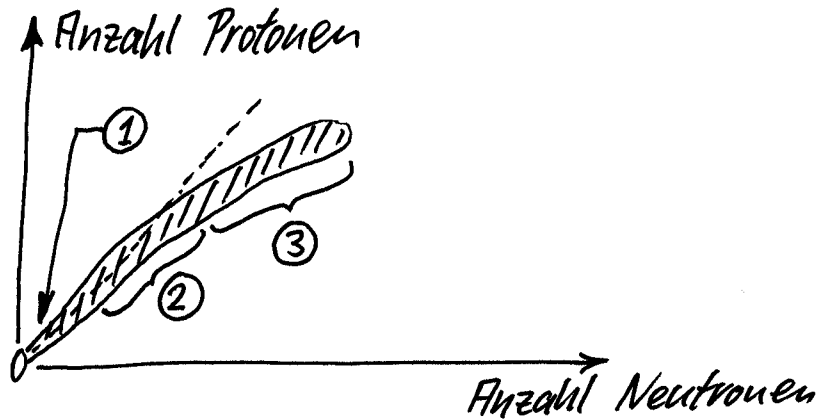
Teilchen	Anzahl
Nukleonen*	27
Protonen	13
Neutronen	14
Elektronen	10

${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$

$13 - 3 = 10$

*nicht nötig!!! (zur Beantwortung)

5.)



① Leichte Kerne: Variabel. Im Falle von ${}^1_1\text{H}$ überhaupt keine Neutronen.

② Mittelschwere Kerne: Ungefähr gleich viele Neutronen wie Protonen.

③ Schwere Kerne: Mehr Neutronen als Protonen (bis 50%)

6. a) • Tochterkern mit zwei Protonen und zwei Neutronen weniger

- Ein ${}^4_2\text{He}$ -Atomkern
- Energie

b) • Tochterkern mit einem Neutron weniger und einem Proton zusätzlich.

- Ein Elektron (β -Teilchen)
- Ein Antineutrino
- Energie

c) • Zwei ungefähr gleich schwere Tochterkerne

- Zwei bis fünf Neutronen
- Energie

7.)
$$u = \frac{\text{Atommasse des } {}^{12}_6\text{C-Isotops}}{12}$$

8.a) „Phänomen“, dass der Atomkern leichter ist als die Bausteine, aus denen er besteht.

b) (Masse aller Bausteine des Atomkerns)-
Kernmasse.

9.) Nur α - und β -Teilchen haben eine Reichweite (Eindringtiefe). Dabei gilt, dass die Reichweite der β -Teilchen im Allgemeinen grösser ist als diejenige der α -Teilchen.

Die γ -Teilchen werden mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (von einem Atomkern) absorbiert. Die Intensität von γ -Strahlung nimmt mit der Eindringtiefe exponentiell ab.

10.) Die geladenen α - und β -Teilchen können in elektrischen und magnetischen Feldern abgelenkt werden. In elektrischen Feldern wirkt auf sie eine elektrostatische Kraft. In Magnetfeldern wirkt auf sie eine Lorentzkraft, falls sie sich bewegen. γ -Teilchen sind (ungeladene) Photonen. Elektrische und magnetische Felder haben auf sie keine Wirkung.

11.) Bei den vier Zerfallsreihen ist es so, dass das stabile Endprodukt in allen Fällen ein Isotop von Blei ist. Dies ist jedoch eher Zufall. Wichtig ist das Edelgas Radon, das auch gebildet wird. Dieses ist in der Erdkruste „mobil“ und es kann durch Fels-spalten in Gebäude eindringen.

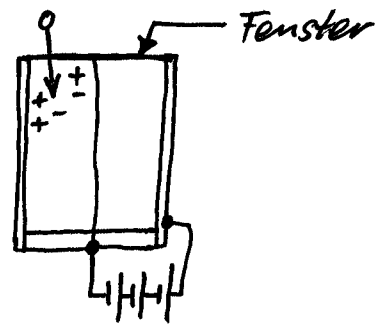
12.) Es handelt sich um die Zeit in welcher die Hälfte der radioaktiven Atomkerne eines Nuklids zerfällt.

13.) $n=0 \rightarrow n=1 \rightarrow n=2 \rightarrow n=3 \rightarrow n=4$
100% \rightarrow 50% \rightarrow 25% \rightarrow 12.5% \rightarrow 6.25%
< 10%

14.) $n=0 \rightarrow n=1 \rightarrow n=2 \rightarrow n=3$
100% \rightarrow 30% \rightarrow 30% v. 30% \rightarrow 30% v. 9%
= 9% 2.7%

15.) Die äussere Belastung ergibt sich aus radioaktiver Strahlung, die von aussen in den menschlichen Körper eindringt. Mit der Nahrung nimmt der Mensch radioaktive Stoffe aus der Umgebung auf, wodurch sein Gewebe radioaktiv wird. Die innere Belastung kommt von radioaktiven Zerfällen im menschlichen Körper.

16.) Metallrohr, mit „Fenster“ und Isolator an beiden Enden verschlossen. Darin ein Gas. In der Mitte dünner Draht.

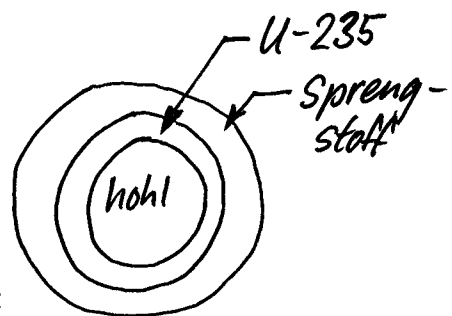


Zwischen Draht und Metallrohr wird eine Spannung angelegt. Wird das eingeschlossene Gas durch ein Teilchen ionisiert, so bildet sich ein Funke. Ein Zählwerk „summiert“ die Anzahl Funken.

17.) Kernfusion in einer relativ kleinen Region im Zentrum der Sonne.

18.) Die Flüssigkeit im Primärkreislauf wird mit Neutronen bestrahlt, wodurch sie radioaktiv „verseucht“ wird. Der Primärkreislauf wird fortwährend gefiltert, resp. gereinigt.

19.) Wenn räumlich verteiltes spaltbares Material „kompaktiert“ wird, kommt es zu einer Kettenreaktion. Eine moderne Methode besteht darin, dass eine Hohlkugel aus spaltbarem Material mit Sprengstoff ummantelt wird. Durch den Sprengstoff wird die Hohlkugel zur Implosion gebracht.



- 20.) Die Kontrollstäbe absorbieren Neutronen. Im normalen Betrieb werden sie so weit in den Reaktor eingetaucht, dass die Kettenreaktion aufrecht erhalten wird. Will man den Reaktor abschalten, so lässt man die Kontrollstäbe in den Reaktor fallen. Mit den Kontrollstäben kann man den Reaktor abschatten, aber man kann die Leistung nicht verändern → „Bandenergie“.
21. a) Bei der Endlagerung wird der radioaktive Abfall in einer geologisch stabilen Formation tief unter der Erdoberfläche so gelagert, dass er „unbeaufsichtigt“ durch radioaktive Zerfälle in einen stabilen Zustand gelangt.
- b) Trotz Anreicherung enthalten die Brennstäbe meist einen Anteil nicht spaltbares U-238. Aus diesem wird beim normalen Betrieb spaltbares Plutonium „erbrütet“. Bei der Wiederaufbereitung wird dieses Plutonium, sowie übrig gebliebenes U-235 aus den abgebrannten Brennstäben extrahiert. Der Prozess ist technisch eigentlich nicht beherrschbar und aus heutiger Sicht wenig sinnvoll.

- 22.) Nicht spaltbares U-238 verwandelt sich durch Absorption eines Neutrons und nachfolgendem β -Zerfall in spaltbares Plutonium. Im schnellen Brüter wird durch Bestrahlung von U-238 viel mehr spaltbares Plutonium erzeugt als verbraucht wird.
- 23.) Nein. Die α -Teilchen sind ganz normale Heliumkerne und die β -Teilchen sind gewöhnliche Elektronen. Nachdem diese Teilchen im Gewebe des Patienten ihre Energie abgegeben haben sind sie völlig harmlos.
- 24.) Im Kernreaktor hat es Neutronen. Wenn Atomkerne Neutronen absorbieren können sie radioaktiv werden, weil das Verhältnis von Anzahl Protonen und Neutronen nicht mehr „ausgewogen“ ist.