

Name:.....Vorname:.....Mtrl. Nr:.....

**Bitte beachten Sie, dass bei einigen Fragen mehrere Antworten angekreuzt werden müssen.**

**1. Der Durchmesser von Atomen beträgt ungefähr**

- a 1  $\mu\text{m}$
- b 0,1 nm
- c 0,1  $\mu\text{m}$
- d  $10^{-10}$  m
- e 10 nm

**2. Die Größe der Atome verschiedener Elemente**

- a ist proportional zur Ordnungszahl
- b ist näherungsweise konstant
- c ist proportional zu Massenzahl
- d ist bei Elementen der ersten Hauptgruppe besonders groß
- e ist bei schweren Elementen besonders gering

**3. Der Betrag der elektrischen Elementarladung**

- a ist konstant und beträgt  $6,02 \cdot 10^{23}$  C
- b ist konstant und beträgt  $1,602 \cdot 10^{-19}$  As
- c ist keine Konstante, sondern temperaturabhängig
- d ist auf der Erde konstant, aber bei großer Massendichte, etwa in Sternen größer
- e kann als Quotient aus der Faraday-Konstante und der Avogadro-Konstante bestimmt werden

**4. Der Betrag der spezifischen elektrischen Ladung**

- a beträgt für Elektronen  $1,758 \cdot 10^{11}$  C/kg
- b ist bei Protonen und Elektronen exakt gleich
- c ist für Protonen das 0,0005446-fache des Werts für Elektronen
- d beträgt für Protonen  $1,602 \cdot 10^{-19}$  A s  $\text{kg}^{-1}$
- e ist bei Protonen 2000 mal größer als bei Elektronen
- f ist nicht konstant

**5. Die Elektronen sind in den Atomen**

- a in verschiedenen diskreten Energiezuständen
- b homogen und regellos verteilt
- c auf Elektronenschalen mit den Bezeichnungen K, L, M, N... verteilt
- d immer im niedrigsten Energiezustand, also auf der K-Schale, zu finden

**6. Welche Aussagen sind richtig?**

- a Neutrale, nicht angeregte Atome mit  $Z \geq 2$  haben immer 2 Elektronen in der K-Schale.
- b Die Zahl der Elektronen in der K-Schale ist gleich der Ordnungszahl  $Z$ .
- c Die Ionisierungsenergie der K-Schale ist immer größer als die der L-Schale
- d Die K, L, M, N,...-Schalen sind mit 2, 4, 8, 16, ....Elektronen besetzt.
- e Die M-Schale kann bis zu 18 Elektronen aufnehmen.
- f Edelgase mit  $Z > 2$  haben immer 8 Elektronen in der äußeren Schale.
- g Die Ionisierungsenergie der K-Schale ist für alle Elemente konstant.

**7. Welche Aussagen sind falsch?**

- a Die maximale Besetzungszahl der Elektronenschalen der Atome errechnet sich nach Formel  $2n^2$ , wobei  $n = 1, 2, 3, \dots$  für die K, L, M, ...Schale steht.
- b Alle Elemente der ersten Hauptgruppe haben acht Elektronen in der äußeren Schale
- c Der Spin des Elektronen kann zwei mögliche Orientierungen annehmen.
- d Elektronen können sich niemals im Kernvolumen aufhalten.
- e Bei Lichtaussendung wechseln die Elektronen von niedrigeren auf höhere Elektronen schalen.

**8. Das Atomkernvolumen**

- a ist proportional zur Massenzahl
- b ist wegen der starken Anziehungskräfte bei schweren Kernen kleiner als bei leichten Kernen
- c liegt im Bereich von  $10^{-44} \text{ m}^3$  bis  $10^{-42} \text{ m}^3$
- d ist so klein, dass es prinzipiell unmessbar ist
- e hat eine Dichte von mehr als  $10^{16} \text{ g cm}^{-3}$

**9. Bei einem angeregten Atom**

- a fehlen einige Elektronen
- b sind die Elektronen im Mittel dichter am Atomkern
- c sind ein oder mehrere Elektronen in Anregungszuständen
- d ist die Aussendung von Lichtquanten möglich
- e wird automatisch auch der Atomkern angeregt

**10. Beim Photoeffekt**

- a wird Energie von Elektronen auf Photonen übertragen
- b verschwindet das Photon
- c entstehen winkelgestreute Photonen mit kleinerer Energie
- d erhält ein Elektron die gesamte Energie eines Photons
- e wird der Energieerhaltungssatz verletzt

**11. Welche Beziehung gilt allgemein für die Energie der Photonen**

- a  $E = m c^2$
- b  $E = \frac{1}{2} m v^2$
- c  $E = e U$
- d  $E = (h c)/\lambda$
- e  $\Delta E = (h/2\pi)/\Delta t$

**12. Isotope sind**

- a Nuklide mit gerader Massenzahl
- b Nuklide eines Elements mit unterschiedlicher Neutronenzahl
- c eine andere Bezeichnung für Isotone und Isobare
- d immer radioaktiv

**13. Nuklide, die durch eine bestimmte Ordnungszahl  $Z$  und eine bestimmte Neutronenzahl  $N$  definiert sind,**

- a können ganz unterschiedliche Atommassen haben
- b sind schwerer als die Masse von  $Z$  Protonen und  $N$  Neutronen
- c besitzen eine einheitliche konstante Atommasse
- d können auch  $\alpha$ -Strahlung aussenden

**14. Bei der Bildung von Deuterium durch den Neutroneneinfang im Wasserstoff ( $^1\text{H}$ ) wird**

- a eine Energie von 15360 keV als Wärme frei
- b eine Energie von 2225 keV benötigt
- c eine Energie von 2225 keV in Form von  $\gamma$ -Strahlung frei
- d überhaupt keine Energie umgesetzt

**15. Neutrinos**

- a sind kleine Neutronen, die in einigen besonderen Atomkernen vorkommen
- b sind neutrale Teilchen kleiner Masse, die z. B. beim  $\beta$ -Zerfall entstehen
- c sind eine für den Menschen besonders gefährliche Strahlenart
- d hat man bisher noch nicht nachgewiesen, aber man sucht intensiv danach
- e können bei Kernumwandlungen, z. B. auch bei der Kernspaltung, beträchtliche Energieanteile in Form kinetischer Energie aufnehmen

**16. Beim radioaktiven  $\alpha$ -Zerfall**

- a entstehen He-Ionen mit Energie zwischen 2 keV und 10 keV
- b entstehen neutrale H-Atome
- c werden immer auch Elektronen gebildet
- d verringert sich die Ordnungszahl  $Z$  um 2 auf  $Z - 2$

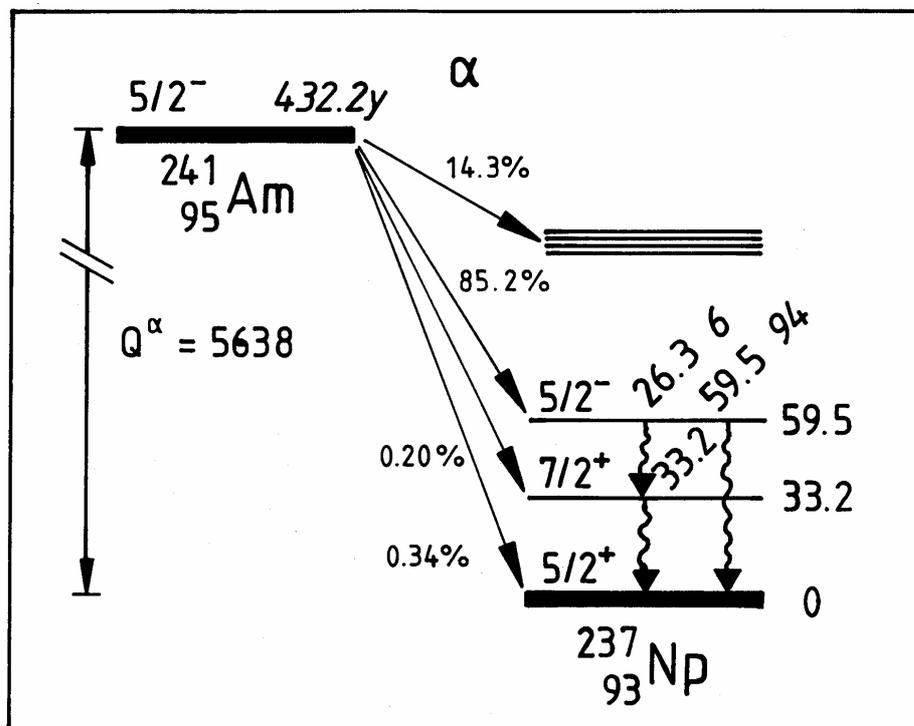
**17. Positronen zerstrahlen**

- a beim Zusammentreffen mit Protonen in zwei Neutrinos
- b mit Elektronen meist in zwei, manchmal auch in drei Photonen
- c niemals, sondern sind stabile Elementarteilchen
- d unter Aussendung von Photonen mit einer Gesamtenergie von 1,022 MeV
- e meist unter Aussendung von zwei Photonen, die entgegengesetzte gerichtet sind

**18. Nennen Sie Beispiel für "ionisierende", "nicht-ionisierende", "direkt ionisierende" und "indirekt ionisierende" Strahlung:**

- a Neutronen und Neutrinos sind "direkt ionisierend"
- b  $\beta^-$ -Strahlung und  $\beta^+$ -Strahlung sind "direkt-ionisierend"
- c UV-Strahlung kann "ionisierend" sein
- d Röntgen-,  $\gamma$ - und Neutronenstrahlung sind "nicht-ionisierend"
- e Radiowellen und Mikrowellen sind "indirekt-ionisierend"
- f  $\gamma$ - und Neutronenstrahlung sind "indirekt ionisierend"

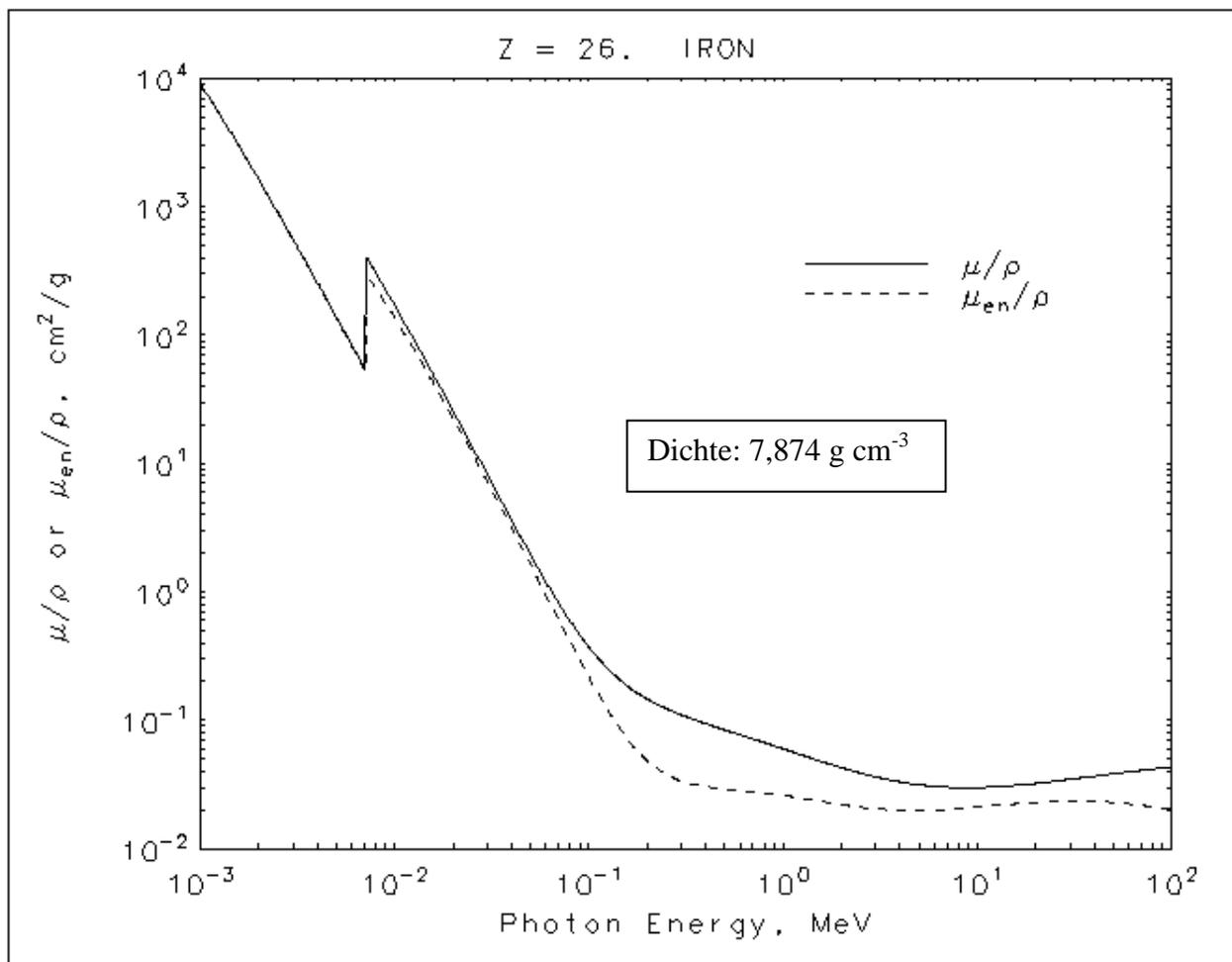
19. In den heutigen Fusionstestanlagen beginnt man, die D+T-Reaktion (Deuterium + Tritium) auf ihre Eignung für die technische Kernfusion zu untersuchen. Als Endprodukt entsteht unter anderem  $^4\text{He}$ .
- Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.
  - Berechnen Sie die bei der Reaktion frei werdende Energie.
20. Eine im Labor für Radioökologie und Strahlenschutz vorhandenen Feuchtesonde enthält eine  $^{241}\text{Am}$  Quelle, die vom Hersteller mit einer Aktivität von 3,7 GBq (Bezugsdatum: 09.10.96) angegeben wird.
- Welche Aktivität besitzt die Quelle aktuell (Referenzdatum z. B. 09.05.06)?
  - Welche Masse des  $^{241}\text{Am}$  Isotops enthält die Quelle?
  - Das  $^{241}\text{Am}$  wurde in der Quillenkapsel mit  $^9\text{Be}$  vermischt. Durch eine Kernreaktion der  $\alpha$ -Strahlung mit dem  $^9\text{Be}$  Isotop werden Neutronen erzeugt. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.
  - Welche Energie wird bei dieser Reaktion frei?



### Zerfallsschema des $^{241}\text{Am}$

- Wie viele He Atome werden in 15 Jahren (empfohlene Betriebszeit des Messgerätes) erzeugt?
- Schätzen den He-Gasdruck nach einer Zeit von 15 Jahren in der Quelle, wobei angenommen werden soll, dass das verfügbare Gasvolumen der Quelle ca. 1% des gesamten Quellenvolumens von ca.  $10\text{ cm}^3 = 10^4\text{ mm}^3$  ausmacht.
- Welche Dicke sollte ein Abschirmbehälter aus Stahl haben, um die Intensität der 59.5 keV  $\gamma$ -Strahlung um den Faktor  $10^6$  zu schwächen.
- Man nehme (für eine vereinfachte Abschätzung) an, dass die gesamte Zerfallsenergie als Wärme in der Quillenkapsel verbleibt. Welche Wärmeleistung wird freigesetzt? Stellt sie im vorliegenden Fall ein technisches Problem dar?

## Mass attenuation coefficient / Massenschwächungskoeffizient



<b>Mass Attenuation Coefficient for Iron</b>					
Energy	$\mu/\rho$	Energy	$\mu/\rho$	Energy	$\mu/\rho$
(MeV)	(cm <sup>2</sup> /g)	(MeV)	(cm <sup>2</sup> /g)	(MeV)	(cm <sup>2</sup> /g)
0,001	9085,000	0,030	8,17600	1,000	0,060
0,002	3399,000	0,040	3,629	1,250	0,054
0,002	1626,000	0,050	1,958	1,500	0,049
0,003	557,600	0,060	1,205	2,000	0,043
0,004	256,700	0,080	0,595	3,000	0,036
0,005	139,800	0,100	0,372	4,000	0,033
0,006	84,840	0,150	0,196	5,000	0,031
0,007	53,190	0,200	0,146	6,000	0,031
K 0,007	407,600	0,300	0,110	8,000	0,030
0,008	305,600	0,400	0,094	10,000	0,030
0,010	170,600	0,500	0,084	15,000	0,031
0,015	57,080	0,600	0,077	20,000	0,032
0,020	25,680	0,800	0,067		

Mass Excess in keV														
N=	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Z														
=														
n	0	8071,32												
H	1	7288,97	13135,72	14949,79	26001,70	38492,44	41863,76							
He	2		14931,20	2424,91	11386,23	17594,14	26110,29	31597,95	40818,47					
Li	3		25320,17	11678,88	14086,34	14907,70	20945,22	24953,96	33444,60	40788,14				
Be	4			18374,49	15769,51	4941,66	11347,69	12606,68	20174,08	25076,51	35158,45	39882,40		
B	5			27867,93	22921,02	12415,81	12050,83	8668,03	13368,90	16562,26	23663,73	28966,93	37139,00	43716,31
C	6			35094,06	28913,96	15698,63	10650,16	0,00	3125,01	3019,89	9873,15	13694,12	21036,58	24924,03
N	7				39699,00	24960,52	17338,09	5345,46	2863,42	101,51	5682,03	7870,81	13117,13	15860,44
O	8					32063,35	23110,74	8006,46	2855,46	-4737,00	-809,00	-782,07	3332,16	3796,90
F	9						33608,00	16777,00	10680,26	1951,70	873,43	-1487,41	-17,40	-47,58
Ne	10						41386,00	23988,74	16485,17	5319,10	1750,95	-7041,93	-5731,72	-8024,35
Na	11							35173,00	25318,00	12928,60	6844,86	-2184,26	-5182,24	-9529,50
Mg	12								31950,00	17570,51	10911,66	-396,79	-5472,69	-13933,40
Al	13									26119,00	18183,00	6767,17	-55,06	-8915,76
Si	14									32164,00	23772,00	10754,74	3825,27	-7144,65
P	15										31997,00	18872,00	10973,00	-752,94
S	16											25970,00	17507,00	4073,07
Cl	17												26557,00	13143,00
Ar	18													20083,00

1	2	Ordnungszahl										13	14	15	16	17	18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	Symbol										13	14	15	16	17	18
1	2	Atommasse										13	14	15	16	17	18
H	He											B	C	N	O	F	Ne
1,008	4,003											10,81	12,01	14,01	16,00	19,00	20,18
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
6,941	9,012											26,98	28,09	30,97	32,07	35,45	39,95
Na	Mg	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
22,99	24,31	44,96	47,88	50,94	52,00	54,94	55,85	58,93	58,69	63,55	65,39	69,72	72,61	74,92	78,96	79,90	83,80
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
85,47	87,62	88,91	91,22	92,91	95,94	98,91	101,1	102,9	106,4	107,9	112,4	114,8	118,7	121,8	127,6	126,9	131,3
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
132,9	137,3	175,0	178,5	180,9	183,8	186,2	190,2	192,2	195,1	197,0	200,6	204,4	207,2	209,0	209,0	210,0	222,0
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
223,0	226,0	262,1	261,1	262,1	263,1	264,1	265,1	268	269	272	277	113	114	115	116	117	118
												289	289	289	289	289	293
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
		138,9	140,1	140,9	144,2	146,9	150,4	152,0	157,3	158,9	162,5	164,9	167,3	168,9	173,0		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		
		227,0	232,0	231,0	238,0	237,0	244,1	243,1	247,1	247,1	251,1	252,0	257,1	258,1	259,1		

**Konstanten**  
**Constants**

**Constantes**  
**Constantes**

Ref.: E. R. Cohen, B. N. Taylor, Journal of Physical and Chemical Reference Data 17, 1795 (1988)

$c$	299792458 m s <sup>-1</sup>	Lichtgeschwindigkeit Speed of light	Vitesse de la lumière Velocidad de la luz
$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	6,6260755 (40) · 10 <sup>-34</sup> J s 1,05457266 (63) · 10 <sup>-34</sup> J s	Planck-Konstante Planck constant	Constante de Planck Constante de Planck
$u = 1/N_A$	1,6605402 (10) · 10 <sup>-27</sup> kg 9,3149432 (28) · 10 <sup>-27</sup> MeV	Atomare Masseneinheit Atomic mass unit	Unité de masse atomique Unidad de masa atómica
$M_n = N_A \cdot m_n$	1,008664904 (14) u 1,6749286 (10) · 10 <sup>-27</sup> kg 9,3956563 (28) · 10 <sup>2</sup> MeV	Ruhemasse des Neutrons Neutron rest mass	Masse au repos du neutron Masa en reposo del neutrón
$M_p = \frac{N_A \cdot m_p}{m_p}$	1,007276470 (12) u 1,6726231 (10) · 10 <sup>-27</sup> kg 9,3827231 (28) · 10 <sup>2</sup> MeV	Ruhemasse des Protons Proton rest mass	Masse au repos du proton Masa en reposo del protón
$M_e = \frac{N_A \cdot m_e}{m_e}$	5,48579903 (13) · 10 <sup>-4</sup> u 9,1093897 (54) · 10 <sup>-31</sup> kg 0,51099906 (15) MeV	Ruhemasse des Elektrons Electron rest mass	Masse au repos de l'électron Masa en reposo del electrón
$e$	1,60217733 (49) · 10 <sup>-19</sup> C 4,8032068 (15) · 10 <sup>-10</sup> esu	Elementarladung Elementary charge	Charge élémentaire Carga elemental
$e/m_e$	1,75881962 (53) · 10 <sup>11</sup> C kg <sup>-1</sup> 5,2728086 (16) · 10 <sup>17</sup> esu g <sup>-1</sup>	Spezifische Elektronenladung Specific electron charge	Charge massique de l'électron Carga específica del electrón
$r_e = \frac{e^2}{m_e c^2}$	2,81794092 (38) · 10 <sup>-15</sup> m	Elektronenradius Electron radius	Rayon de l'électron Radio del electrón
$a_0$	5,29177249 (24) · 10 <sup>-11</sup> m	Bohr-Radius Bohr radius	Rayon de Bohr Radio de Bohr
$\alpha$	7,29735308 (33) · 10 <sup>-3</sup>	Feinstruktur-Konstante Fine structure constant	Constante de la structure fine Constante de estructura fina
$R_\infty$	1,0973731534 (13) · 10 <sup>7</sup> m <sup>-1</sup>	Rydberg-Konstante Rydberg constant	Constante de Rydberg Constante de Rydberg
$N_A$	6,0221367 (36) · 10 <sup>23</sup> mol <sup>-1</sup>	Avogadro-Konstante Avogadro constant	Constante d'Avogadro Constante de Avogadro
$V_m$	2,241410 (19) · 10 <sup>-2</sup> m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>	Molvolumen eines idealen Gases unter Normalbedingungen Molar volume of an ideal gas at s. t. p.	Volumen molare d'un gaz parfait aux conditions normales Volumen molar de un gas ideal en condiciones normales
$R$	8,314510 (70) J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> 8,314510 (70) · 10 <sup>7</sup> erg mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>	Universelle Gaskonstante Molar gas constant	Constante molaire des gaz Constante universal de los gases
$k = R/N_A$	1,380658 (12) · 10 <sup>-23</sup> J K <sup>-1</sup> 8,617385 (73) · 10 <sup>-5</sup> eV K <sup>-1</sup>	Boltzmann-Konstante Boltzmann constant	Constante de Boltzmann Constante de Boltzmann
$F = N_A \cdot e$	9,6485309 (29) · 10 <sup>4</sup> C mol <sup>-1</sup> 2,89255680 (87) · 10 <sup>14</sup> esu mol <sup>-1</sup>	Faraday-Konstante Faraday constant	Constante de Faraday Constante de Faraday
1 Ci = 3,7 · 10 <sup>10</sup> Bq	Zerfälle s <sup>-1</sup> Disintegrations s <sup>-1</sup> Désintégrations s <sup>-1</sup> Desintegraciones s <sup>-1</sup>	(see also inside back cover)	1 μA = 6,2415064 · 10 <sup>12</sup> e s <sup>-1</sup> 1 eV/Atom ≅ 23 kcal mol <sup>-1</sup> 1 MeVCi ≅ 5,93 · 10 <sup>-3</sup> W 1 W ≅ 169 MeVCi
1 W ≅ 3,1 · 10 <sup>10</sup>	Spaltungen s <sup>-1</sup> Fissions s <sup>-1</sup> Fissions s <sup>-1</sup> Fisiones s <sup>-1</sup>		π = 3,141593 e = 2,718282 lg e = 0,434294 ln 10 = 2,302585 ln 2 = 0,693147
1 MWd ≅ 2,7 · 10 <sup>21</sup>	Spaltungen Fissions ≅ 1 g Fissions Fisiones	spaltbares Material fissionable material smatière fissible material fisil	

Die Zahlen in Klammern sind die Standardabweichungen.  
The standard deviations are listed in parentheses.

Les nombres entre parenthèses indiquent les écarts-types.  
Los números entre paréntesis indican las desviaciones standard.

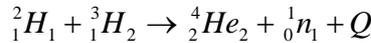
## Lösungen:

### Fragenteil:

1b, 1d, 2b, 2d, 3b, 3e, 4a, 4c, 5a, 5c, 6a, 6c, 6e, 6f, 7b, 7d, 7e, 8a, 8c, 8e, 9c, 9d, 10b, 10d, 11d, 12b, 13c, 14c, 15b, 15e, 16d, 17b, 17d, 17e, 18b, 18c, 18f

### Aufgabenteil:

19a. Reaktionsgleichung:



19b. Reaktionsenergie:

$$Q = (13135,72 + 14949,79 - 2424,91 - 8071,32) \text{ keV}$$

$$Q = 17589,28 \text{ keV}$$

20a. Bezugsdatum/Aktivität

$$09.10.96 / 3,7 \text{ GBq} = 3,7 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$$

Das aktuelle Referenzdatum, 09.05.06, entspricht (näherungsweise) einer Zeitdifferenz von  $\Delta t = 9 \text{ y} + 7 \text{ Monate}$ , oder  $\Delta t = 9,583 \text{ y}$ .

$$\text{Aktivität am Ref.-Datum: } A(\Delta t) = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2 \cdot \Delta t}{T_{1/2}}} = A_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2 \cdot 9,583 \Delta t}{432,2}} = A_0 \cdot 0,9847$$

Die aktuelle Aktivität beträgt also 98,47% der nominellen Aktivität am Bezugsdatum

Lösung:

$$A(09.05.06) = 3,64 \text{ GBq}$$

20b. Differentielles Zerfallsgesetz:

$$\frac{dN}{dt} = A = -\lambda \cdot N = -\frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N$$

Umstellen nach  $N$ :

$$N = -\frac{A \cdot T_{1/2}}{\ln 2}$$

$$N = -\frac{-3,6435 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1} \cdot 432,2 \cdot 365,25 \cdot 86400 \text{ s}}{\ln 2}$$

$$N = 7,17 \cdot 10^{19}$$

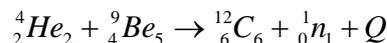
Für die Masse gilt:

$$m = \frac{A_r (A = 241)}{N_A} \cdot N = \frac{241 \text{ g mol}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} \cdot 7,17 \cdot 10^{19}$$

Lösung:

$$m = 2,87 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 28,7 \text{ mg}$$

20c. Reaktionsgleichung:



20d. Energieumsetzung:

$$Q = (2424,91 + 11347,69 - 0 - 8071,32) \text{ keV}$$

$$Q = 5701,28 \text{ keV}$$

20e. Zur Abschätzung berechne man die Zahl der He-Atome, die pro Zeiteinheit am Referenzdatum entstehen und multipliziere diese mit der Betriebszeit von 15 Jahren. Die Abschätzung berücksichtigt nicht die Abnahme der Aktivität auf Grund des radioaktiven Zerfalls.

Zahl der He-Atome pro 1s:

$$\frac{dN_{\text{He}}}{dt} = 3,6435 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$$

Gesamtanzahl in 15 y:

$$N = \frac{dN_{\text{He}}}{dt} \cdot \Delta t = 3,6435 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1} \cdot 15 \cdot 365,25 \cdot 86400 \text{ s}$$

$$N = \frac{dN_{\text{He}}}{dt} \cdot \Delta t = 1,72 \cdot 10^{18}$$

20f. Gesamtmasse des He:

$$m = N \cdot \frac{A_r}{N_A} = 1,72 \cdot 10^{18} \cdot \frac{4 \text{ g mol}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

Zahl der Mole  $n = \frac{1,15 \cdot 10^{-5} \text{ g}}{4 \text{ g}} = 2,86 \cdot 10^{-6}$

Volumen bei Standardbedingungen:  $V = n \cdot V_{mol} = 2,86 \cdot 10^{-6} \cdot 22,4 \text{ l} = 6,4 \cdot 10^{-5} \text{ l} = 64 \text{ mm}^3$

Es wird angenommen, dass sich das He-Gas in etwa 1% des gesamten Quellenvolumen von  $10^4 \text{ mm}^3$ , also in  $100 \text{ mm}^3$ , verteilt.

Wenn in diesem Volumen zu Beginn der Standardluftdruck herrschte, könnte er im Laufe der 15 Jahren Betriebszeit um ca. 64% steigen und Undichtigkeitsproblem erzeugen.

**20g.** Massenschwächungskoeffizient  $\frac{\mu}{\rho}(60 \text{ keV}) = 1,205 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$

Schwächungskoeffizient:  $\mu = 1,205 \cdot 7,874 \text{ cm}^{-1} = 9,488 \text{ cm}^{-1}$

Bedingungsgleichung:  $\frac{I}{I_0} = 10^{-6} = e^{-\mu \cdot x}$

Lösung:  $x = \frac{\ln 10^{-6}}{-\mu} = \frac{-13,82}{-9,488} \text{ cm} = 1,456 \text{ cm}$

**20h.** Zahl der  $\alpha$ -Zerfälle pro Zeiteinheit (etwa zum aktuellen Datum)

$$\frac{dN_{\alpha}}{dt} = 3,6435 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1}$$

Gesamtenergie pro  $\alpha$ -Zerfall (konservativer oberer Schätzwert):

$$Q_{\alpha} = 5638 \text{ keV} \text{ pro } \alpha\text{-Zerfall}$$

Wärmeleistung:  $P = \frac{dN_{\alpha}}{dt} \cdot Q_{\alpha} = 3,6435 \cdot 10^9 \cdot 5638 \frac{\text{keV}}{\text{s}} = 2,05 \cdot 10^{16} \frac{\text{eV}}{\text{s}}$

$$P = 2,05 \cdot 10^{16} \cdot 1,60210^{-19} \frac{\text{J}}{\text{s}} = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 3,3 \text{ mW}$$

Die Wärmeleistung sollte kein Problem für eine Strahlenquelle darstellen.