

Kernchemie

1978/II

4. Im Gegensatz zum vorwiegend philosophisch-spekulativen Weltbild des antiken Atomisten Demokrit hat der naturwissenschaftliche Atomismus der Neuzeit eine breite empirische Grundlage.
Belegen Sie dies durch Beantwortung von zwei der folgenden drei Aufgaben.
- 4.1 Welche Befunde, die sich aus der quantitativen Untersuchung chemischer Substanzen ergaben, waren bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine Stütze der Atomhypothese? 6BE
- 4.2 John Dalton schlug als vordringliches Forschungsziel die Ermittlung "relativer Atomgewichte" vor.
Welche grundlegenden Fragen mussten hierzu experimentell beantwortet werden? 6BE
- 4.3 Beschreiben Sie den "Streuversuch" Rutherfords und zeigen Sie die Bedeutung dieses Experiments für die Vorstellungen über den Aufbau des Atoms auf. 6 BE

1979/I

- 1.1 Von dem Element Kohlenstoff gibt es das Radioisotop $^{14}_6\text{C}$.
Was ist damit ausgesagt?
- 1.2 Wie entsteht dieser Radiokohlenstoff in der Natur und in welche Atomart verwandelt er sich schließlich?
- 1.3 In einer Höhle wurden Holzkohlereste entdeckt, die noch 12,5 % des natürlichen Radiokohlenstoffgehalts enthielten.
Begründen Sie anhand eines Diagramms, wie alt diese frühgeschichtliche Feuerstätte etwa sein muß. Die Halbwertszeit von $^{14}_6\text{C}$ beträgt 5760 Jahre.
- 1.4 In Pflanzen, die am Rand von stark befahrenen Autobahnen wachsen, ist das sonst konstante Verhältnis von C-12 : C-14 verändert.
Geben Sie die Art der Veränderung an und begründen Sie diese.
Gegeben sind folgende kernchemische Gleichungen:
 $^7_3\text{Li}(d,\alpha)^5_2\text{He}; ^5_2\text{He} \longrightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n} \text{ (HWZ} = 6 \cdot 10^{-20} \text{ s)}$
- 2.1 Formulieren Sie diese Vorgänge in Worten.
- 2.2 Berechnen Sie den bei dieser Reaktion auftretenden Energieumsatz in MeV.
Warum entstehen bei Kernreaktionen häufig Alpha-Teilchen?

1978/III

- 1.1 Aus welchen Tatsachen kann man schließen, dass die radioaktive Strahlung auf Vorgängen im Atomkern und nicht in der Atomhülle beruht? 6 BE
- 1.2 Wie entstehen die Teilchen der β -Strahlung? (kernchemische Gleichung) 3 BE
- 2.1 Warum wurde bei der Anordnung der Elemente Argon/Kalium bzw. Tellur/Jod im Periodensystem das Ordnungsprinzip des steigenden "Atomgewichts" verlassen?
Wodurch ist dieser scheinbare Widerspruch bedingt? 6 BE
- 2.2 Begründen Sie die Schwierigkeit, Isotope durch chemische Verfahren zu trennen. 3BE
- 2.3 Warum haben auch die Reinelemente keine ganzzahligen Atommassen? 3 BE
3. Erläutern Sie an einem selbstgewählten Beispiel, wie man den Weg bestimmter Elemente bei organisch-chemischen oder biochemischen Vorgängen verfolgen kann. 10 BE
- 4.1 Die umgesteuerte Kettenreaktion der Kernspaltung des Urans-235 setzt eine kritische Masse dieses Elements voraus.
Geben Sie dafür eine Begründung an. 5 BE

- 4.2 Begründen Sie - unter Verwendung von kernchemischen Gleichungen - warum in Uranerzlagerstätten keine Kernkettenreaktionen stattfinden. 6 BE
- 4.3 Erläutern Sie das Prinzip der gesteuerten Kettenreaktion in einem Kernreaktor eines beliebigen Typs. 8 BE

80/ I / 2

- 2.1 Bei der Spaltung von U-235 durch ein Neutron ist einer der Spaltkerne Ba-143. Außerdem werden beim Spaltvorgang noch drei Neutronen frei.
- 2.1.1 Formulieren Sie die Gleichung zu dieser Kernspaltungsreaktion. Das entstandene Bariumisotop Ba-143 geht in einigen Zerfallsschritten schließlich in stabiles Neodym (Nd) mit der Masse 143 über.
Schreiben Sie die Zerfallsreihe und begründen Sie den Zerfallstyp.
- 2.2 Zum Betrieb eines mit Uran beschickten Spaltungsreaktors sind Moderatoren und Kontrollstäbe nötig.
- 2.3 Welche Aufgabe haben die Moderatoren, und wie beeinflussen sie die Kernreaktion im Reaktor?
- 2.4 Beschreiben Sie die Auswirkungen der Kontrollstäbe auf den Gesamtablauf der Kernspaltungsreaktion des U-235 im Reaktor.

1981/2

- 2.1 In einer Zerfallskette laufen nacheinander α -Zerfall β^+ -Strahlung, Elektroneneinfang aus der Elektronenhülle durch den Kern ($p^+ + e^- \rightarrow n$), α -Strahlung und nochmals α -Strahlung ab. Das Ausgangsnuklid ist Er-154
Formulieren Sie die einzelnen Schritte der Zerfallskette.
- 2.2. Beim radioaktiven Zerfall von Ca-41- entsteht das Tochternuklid K -41. Dieser Schritt könnte unter Positronen-Emission oder durch Elektroneneinfang aus der Elektronenhülle durch den Kern erfolgen.
Die exakte Masse des Mutterkerns beträgt 40,96227 u, die des Tochterkerns 40,96183u.
Welche der beiden oben angegebenen Zerfallsmöglichkeiten wird tatsächlich ablaufen? Begründen Sie Ihre Behauptung!
- 2.3. Beim Beschuss von U-235 mit Neutronen treten unterschiedliche Spaltungsreaktionen ein; die Produkte sind:
- a) 3 Neutronen, Ce-148 + ?
b) 3 Neutronen, Rb-148 + ?
c) 3 Neutronen, Te-134 + ?
- 2.3.1 Bestimmen Sie für jede der drei Spaltungsreaktionen a, b, c, das durch ein Fragezeichen symbolisierte Nuklid und stellen Sie die jeweilige Kerngleichung auf.
- 2.3.2 Geben Sie die Gleichungen der Aufgabe 2.3.1. in Kurzschreibweise an.
- 2.4. Geben Sie einen kurzen Überblick über ein Verfahren zur Isotopentrennung

82/ I / 2.1

- 2.1 Wie erhält man schnelle, wie langsame Neutronen
- 2.2 Stellen Sie für die folgenden unvollständig angegebenen künstlichen Elementumwandlungen die vollständigen Kerngleichungen auf, in denen jedes Teilchen jeweils nur einmal vorhanden ist!
Massen- und Kernladungszahlen der Nuklide sind anzugeben.

Geschoß	Ausgangsnuklid	eines der Produkte
α -Teilchen	N - 14	O - 17
Deuteron (H-2 }	Be - 9	B - 10

- 2.3 Die Umwandlung von Atomkernen durch Beschießen mit α -Teilchen oder Protonen ist umso schwieriger, je höher die Ordnungszahl des beschossenen Elements ist. Langsame Neutronen können im Gegensatz zu langsamen Protonen und α -Teilchen eine Kernreaktion herbeiführen. Erläutern Sie diese Sachverhalte!
- 2.4 Beim natürlichen radioaktiven Zerfall eines Ra-(226) Atoms in ein Rn-222 Atom wird ein α -Teilchen ausgesandt. Erläutern Sie, weshalb bei diesem Zerfall ein α -Teilchen und nicht zwei Protonen und zwei Neutronen emittiert werden! Belegen Sie Ihre Aussage durch die zugehörige Berechnung!

83/II/1

- 1.) Der Beschuss von Berylliumpulver mit α -Teilchen führte zur Entdeckung des Neutrons
- 1.1 Stellen Sie die Kerngleichung auf!
Welche Gründe kann man für die relativ späte Entdeckung des Neutrons anführen? 2
- 1.2 Berechnen Sie die exakte, auf das Kohlenstoffisotop C-12 bezogene Atommasse des Berylliums, wenn bei der Kernreaktion unter Nummer 1.1 pro gebildetem Neutron ein Energiebetrag von $9,1487 \cdot 10^{-13}$ J freigesetzt wird!
 $m(\alpha) = 4,0015$ u; $m(n) = 1,00866$ u; $m(e) = 0,00055$ u; $1 \text{ g} = 8,9876 \cdot 10^{13}$ J.
 Das Element Radium zerfällt unter α -Strahlung.
 a) 1 g Radium sendet im Jahr $4,53 \cdot 10^{18}$ α -Teilchen aus.
 b) 1 g Radium erzeugt in der gleichen Zeit 0,167 ml Heliumgas (unter Normalbedingungen).
 Berechnen Sie aus diesen Angaben die Anzahl der in 1 mol Helium enthaltenen Heliumatome!
 (Der Weg der Berechnung muß ersichtlich sein. Die von den auf Radium folgenden Nukliden erzeugte Heliummenge wurde bei der Angabe des Gasvolumens bereits berücksichtigt und muss nicht mehr in die Überlegungen einbezogen werden.)

84 / I / 2

- 2.) Mit der Radiocarbonmethode (C-14-Methode) kann das Alter abgestorbener pflanzlicher und tierischer Organismen bestimmt werden.
- 2.1 Geben Sie die Kerngleichungen für die Bildung von C-14 in der Atmosphäre an, und erläutern Sie dessen Auftreten in den Organismen!
Formulieren Sie den kernchemischen Vorgang, der das Vorhandensein von C-14 in den Lebewesen nachweisbar macht!
- 2.2 Erklären Sie kurz das Prinzip der C-14-Methode zur Altersbestimmung!

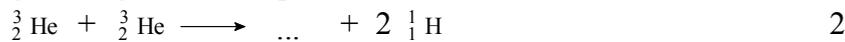
1984/IV/2

2. Von den radioaktiven Sauerstoff-Isotopen hat das Isotop O-15 die längste Halbwertszeit, nämlich $T_{1/2} = 2,03$ min.
Berechnen Sie, welche Masse von einem Gramm dieses Sauerstoff-Isotops nach 30 min noch vorhanden ist! Der Gang der Berechnung muss ersichtlich sein.
Erläutern Sie kurz, warum radioaktive Sauerstoff-Isotope für die Aufklärung von biochemischen Vorgängen kaum geeignet sind! 8BE

85/I

- 1 Die von der Sonne abgestrahlte Energie entsteht hauptsächlich dadurch, dass 4 Protonen zu einem Heliumkern verschmelzen. Da ein gleichzeitiger Zusammenstoß von 4 Protonen unwahrscheinlich ist, entsteht der Heliumkern in der Sonne vorwiegend nach dem sog. Proton-Proton-Prozess.

- 1.1 Ergänzen Sie die Einzelgleichungen beim Proton-Proton-Prozess, und geben Sie die Gesamtgleichung an:



- 1.2 Die Gesamtmasse der Produkte bei obiger Fusion ist geringer als die der Edukte.

- 1.2.1 Erklären Sie diesen Massenverlust! 4

- 1.2.2 Berechnen Sie die aus 1 kg Edukt freiwerdende Energie bei der Fusion zu Heliumkernen! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein! 6

86/I

Das Positron, 1932 in der Höhenstrahlung entdeckt, tritt auch beim Zerfall künstlich radioaktiver Elemente auf.

- 4.1 Beschreiben und formulieren Sie mit Kerngleichungen das historische Experiment von Joliot-Curie (1934), bei dem eine Positronenemission beobachtet werden konnte, und erläutern Sie, wie Positronen bei kernchemischen Vorgängen frei werden können! 4BE

4.2 Das Isotop Neon-18 (Atommasse: 18,011196 u) zerfällt unter Positronenausstrahlung zu Fluor-18 (Atommasse: 18,005874 u).

Berechnen Sie die bei diesem Zerfallsprozeß freigesetzte Energie (Benennung: Joule) für die Bildung von 1 mol Fluor-18-Atome!

86/ III/1

- 1.) Uran-238 zerfällt in mehreren Zerfallsschritten in Blei-206. Dieser Tatsache kann sich die "Uran-Blei-Methode" zur Altersbestimmung uranhaltiger Mineralien bedienen.

- 1.1 Erklären Sie, unter Mitverwendung des Zerfallsgesetzes, das Prinzip der o. g. Altersbestimmungsmethode! Es liegt eine Gesteinsprobe vor, die zum Zeitpunkt ihrer Verfestigung kein Blei enthielt. Gehen Sie von der Annahme aus, daß das heute in dieser Probe feststellbare Pb-206 ausschließlich aus U-238 entstand!

- 1.2 Berechnen Sie Zahl und Art der Zerfallsschritte des Uran-238 bis zum stabilen Blei-206!

Welche Gesetzmäßigkeiten müssen der Berechnung zugrunde gelegt werden?

- 1.3 Erläutern Sie in den Grundzügen eine apparative Methode zur Sichtbarmachung der Korpuskularstrahlung einer Pechblendeprobe!

87/I/1

- 1.) Eine Wasserprobe enthält $1,25 \cdot 10^{17}$ Atome des Isotops H-1 pro Atom Tritium. Tritium zerfällt mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 12,3$ Jahren.

- 1.1 Die gegebene Wasserprobe wird von der Umgebung abgeschlossen 49,2 Jahre lang aufbewahrt.

Berechnen Sie das Atomzahlenverhältnis $N(\text{H}-3)$ zu $N(\text{H}-1)$ nach Ablauf dieser Zeit!

Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein.

- 1.2 In organischem Material aus archäologischen Funden, z. B. aus der Römerzeit, sind u. a. auch Wasserstoffatome gebunden. Dennoch kann der Tritiumgehalt nicht zur Altersbestimmung des Fundes herangezogen werden. Geben Sie hierfür eine Erklärung!

87/IV

- 4.1 In Wissenschaft und Technik werden häufig bestimmte Isotope von Elementen benötigt.

Beschreiben Sie eine Methode der Isotopentrennung! 6

- 4.2 Die Spaltung des Uranisotops ${}^{235}\text{U}$ ist der primäre energieliefernde Prozeß in einem bestimmten Reaktortyp.

Erklären Sie dies anhand der Kernstabilität! 3

- 4.3 Erklären Sie, wie in einem Spaltungsreaktor eine kontrollierte Kettenreaktion ermöglicht und aufrechterhalten wird! 4

88/III

- 4 Beim radioaktiven Zerfall von Barium-143, einem Kernspaltungsprodukt von Uran-235, entsteht schließlich stabiles Neodym-143.
- 4.1 Formulieren Sie die Kerngleichung für die Spaltung von Uran-235 mit langsamen Neutronen, bei der als eines der beiden Spaltungsprodukte Barium-143 auftritt und zwei Neutronen pro Atomkernspaltung freigesetzt werden! 2
- 4.2 Schreiben Sie die Zerfallsreihe für das Barium-143 zu Neodym-143 auf, und begründen Sie den Zerfallstyp! 4
- 4.3 Erklären Sie, weshalb in Uranerzlagerstätten keine Kernkettenreaktionen stattfinden! 2

88/IV

- 3.) Beim Zerfall radioaktiver Elemente entstehen neue Elemente, die meist selbst wieder radioaktiv sind, so daß die natürliche Elementumwandlung im Gestein unserer Erde zu ganzen „Zerfallsreihen“ führt, die mit einem stabilen Isotop enden. So ist das Radionuklid Radium-223 Glied der Actinium-Zerfallsreihe, bei der als Endprodukt inaktives Blei-207 entsteht.
- 3.1 Beschreiben Sie kurz die verschiedenen Arten der natürlichen radioaktiven Strahlung, und geben Sie einen kurzen Einblick in eine experimentelle Möglichkeit zur Identifizierung der verschiedenen Strahlungsarten! 4
- 3.2 Berechnen Sie Zahl und Art der Zerfallsschritte des Radium-223 in der Actinium-Zerfallsreihe bis zum stabilen Blei-207!
Nennen Sie die Gesetzmäßigkeiten, die der Berechnung zugrunde gelegt werden müssen! 4
- 3.3 Berechnen Sie, wie viele Liter Helium (Normzustand) bis zum Abschluß des Zerfallsprozesses von 1 g Radium-223 zu Blei 207 freigesetzt werden! 2

89/II

- 4.1 Einen Weg der Altersbestimmung für organisches Material zeigt W. F. Libby mit der Radiokarbonmethode auf.
Erklären Sie kurz das Prinzip der Radiokarbonmethode! Formulieren Sie die kernchemischen Vorgänge für die Bildung und den Zerfall von C-14! 4
- 4.2 In einer Höhle wurden Holzkohlereste gefunden, die nur nach 81,7 % des ursprünglichen C-14 -Gehalts aufwiesen. Die Halbwertszeit von C-14 beträgt 5736 Jahre. Berechnen Sie das Alter der Holzkohle! Der Gang der Berechnung muss klar ersichtlich sein. 4
- 4.3 Ein natürlich vorkommendes Radionuklid E mit 234 Nukleonen zerfällt unter Abgabe radioaktiver Strahlung in mehreren Schritten zu einem stabilen Bleiisotop. Bei vollständigem Zerfall von 100 g des Nuklids E-234 entstehen 66,94 Liter Helium (Normzustand). Pro mol E-234 entstehen 4 mol Elektronen. (E = allg. Symbol für ein Nuklid). Ermitteln Sie das Ausgangsnuklid E und das stabile Bleiisotop! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 6

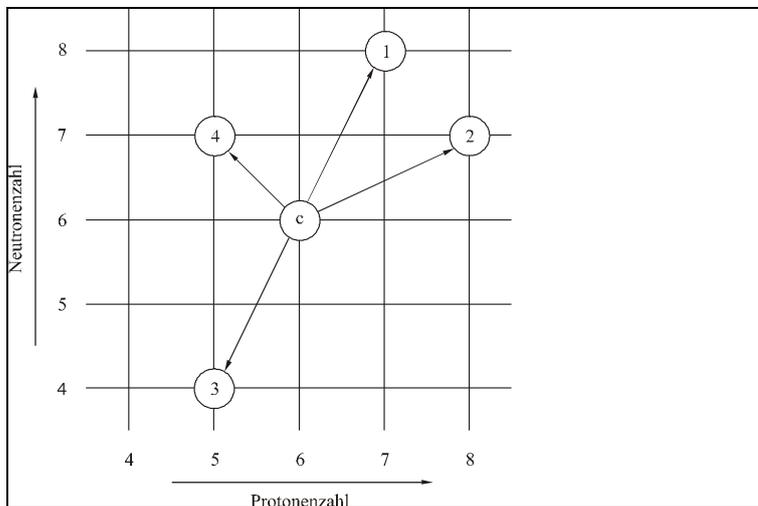
90/I

- 4 Neutronen spielen eine bedeutende Rolle im Zusammenhang mit künstlicher Radioaktivität.
- 4.1 Beschreiben Sie unter Mitverwendung einer Kerngleichung das Experiment, das zur Entdeckung des Neutrons führte! 3
- 4.2 Nennen Sie Eigenschaften freier Neutronen, die für die relativ späte Entdeckung dieses Kernbausteins verantwortlich gemacht werden! 2
- 4.3 Der erste Spaltungsreaktor war aus Graphitblöcken und Uranstäben aufgebaut. Erläutern Sie die Aufgabe des Graphits! 3

- 4.4 Ein Kern des Uranisotops U-235 wird durch ein thermisches Neutron in die beiden Tochterkerne Cs-140 und Rb-94 gespalten.
Geben Sie die Kerngleichung an!
Berechnen Sie die Energie (in Joule), die bei der Spaltung von 1 g U-235-Nukliden frei wird! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein.
Nuklidmassen: U-235 : 235,04393 u
Cs-140 : 139,91709 u
Rb- 94 : 93,92543 u 6

90/III

- 2.1 Erläutern Sie unter Verwendung einer Skizze die Funktionsweise eines Geiger-Müller-Zählrohrs! 4
- 2.2 Die Halbwertszeit von I-131, einem β -Strahler, beträgt 8,04 Tage.
Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl trugen Winde I-131 auch nach Mitteleuropa; durch Regenfall gelangte dieses Nuklid in das Erdreich.
Bei einer Messung wurden in einem Garten 15.000 Bq /m² gemessen, hervorgerufen von I-131.
Berechnen Sie
a) die Anzahl Atome I-131 pro Quadratmeter und
b) die Masse I-131 pro Quadratmeter!
Der Gang der Berechnungen muß klar ersichtlich sein. 6
- 2.3.1 Die nachfolgende Skizze einer „Kernumwandlungsspinne“ zeigt vier mögliche Austauschreaktionen eines Kohlenstoffnuklids zu den im Diagramm angezeigten Nukliden.
Bestimmen Sie die ein- und austretenden Teilchen (α , p, n), und formulieren Sie die zugehörigen Kerngleichungen! 6



- 2.3.2 Fassen Sie die entstandenen Nuklide 1 und 2 sowie 3 und 4 unter je einem Begriff zusammen, und definieren Sie beide Begriffe!

91/I

- 4 Die in der Medizin zur Behandlung von Krebsgeschwüren verwendete „Kobaltkanone“ enthält das Isotop Co-60. Dieses Isotop ist ein β -Strahler und zerfällt in einer Halbwertszeit von 5,27 a.
- 4.1 Formulieren Sie die Zerfallsgleichung! 1
- 4.2 Berechnen Sie
a) die Masse an Co-60, die nach 10 Jahren von einer Anfangsmasse von $1,5 \cdot 10^{-3}$ g noch vorhanden ist, und

- b) die Zeit, die vergehen muß, bis nur noch 0,1 % einer gegebenen Anfangsmasse Co-60 vorliegen!
Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein! 4

92/II

- 1.) Bei der Spaltung von Uran-235-Kernen wird ein sehr hoher Energiebetrag freigesetzt.
1.1 Erläutern Sie das Prinzip der gesteuerten Kernspaltung in einem Kernreaktor! 4
1.2 Die ungesteuerte Kernspaltung des U-235 setzt eine kritische Masse dieses Isotops voraus.
Geben Sie dafür eine Begründung an! 2
1.3 Die Sprengkraft einer Kernwaffe wird häufig durch die Masse Trinitrotoluol (TNT) ausgedrückt, die bei der Explosion eine ebenso große Energiemenge freisetzen würde. Bei der Explosion von Trinitrotoluol wird ein Energiebetrag von $3437 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ freigesetzt. Bei der Spaltung von U-235 wird ein Energiebetrag von 200 MeV pro Atom freigesetzt.
1.3.1 Ermitteln Sie die Masse an U-235, die bei der Spaltung den gleichen Energiebetrag freisetzt wie die Explosion von 500 kt TNT!
Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 6
1.3.2 Berechnen Sie die Massendifferenz zwischen der in Nr. 1.3.1 ermittelten Uranmasse und der Massensumme der Spaltprodukte!
Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein.

92/III

- 2 Eine Möglichkeit zur Bestimmung des Alters organischer Substanzen abgestorbener Organismen ist die C-14 Methode.
2.1 Stellen Sie die Grundlagen der C-14-Methode unter Mitverwendung von Kerngleichungen dar! 6
2.2 Kohlenstoff aus dem inneren, toten Holz eines Mammutbaumes ergibt 10,8 auf den Zerfall von C-14 zurückzuführende Impulse pro Minute und Gramm Kohlenstoff, während das Holz vom äußeren, lebenden Teil des Baumes 15,3 Impulse pro Minute und Gramm Kohlenstoff ergibt.
Halbwertszeit von C-14: $T_{\frac{1}{2}} = 5730 \text{ a.}$
Berechnen Sie das Mindestalter des Baumes! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 5
2.3 Das Alter von Braunkohle beträgt 20–30 Millionen Jahre.
Entscheiden Sie, ob die C-14-Methode zur Altersbestimmung der Braunkohle geeignet ist! Begründen Sie Ihre Aussage! 2

93/I

- 1 In einem Forschungslabor wird zu Experimentierzwecken ein Po-210-Präparat (α -Strahler, Halbwertszeit $T_{\frac{1}{2}} = 138,38$ Tage) verwendet.
Die Masse der Stoffportion beträgt m_0 .
1.1 Berechnen Sie, wie lange mit diesem Präparat experimentiert werden kann, wenn für die Versuche eine Mindestmasse von $0,02 \cdot m_0$ nötig ist!
Die Rechengang muß klar ersichtlich sein. 4
1.2 Eine Mischung aus Be-9 und Po-210 dient als Neutronenquelle.
Formulieren Sie für die zugrundeliegenden Kernreaktionen die Gleichungen! 2
1.3 Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem man die Teilchenstrahlung des Po-210-Präparats sichtbar machen kann!

94/II

- 1 Vor 50 Jahren wurde Otto Hahn für die Entdeckung der Kernspaltung mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt.
- 1.1 Bei der Spaltung eines Uran-235-Kerns durch ein Neutron ist einer der beiden Spaltkerne Ba-143; außerdem werden beim Spaltvorgang drei Neutronen frei. Das entstandene Nuklid Ba-143 geht in einigen Zerfallsschritten in das stabile Nuklid Nd-143 über.
Formulieren Sie die Kerngleichung der Spaltung! Ermitteln Sie Art und Zahl der Zerfälle in der beim Ba-143 beginnenden Zerfallsreihe, und begründen Sie die Instabilität von Ba-143! 5
- 1.2 In Brennelementen aus angereichertem Uran bildet sich beim Betrieb eines Kernreaktors Plutonium.
Erläutern Sie die Bildung dieses Elements unter Verwendung von Kerngleichungen! 3
- 1.3 Das Element Radium ist ein α -Strahler. Pro Gramm Radium werden im Jahr $4,53 \cdot 10^{18}$ α -Teilchen emittiert und durch diese Kernzerfälle 0,167 ml Heliumgas (Normzustand) erzeugt.
Berechnen Sie aus diesen Werten das molare Volumen von Helium im Normzustand! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 4

95/II

- Kernreaktoren tragen in Industriestaaten zur Deckung des Energiebedarfs bei.
- 4.1 Beschreiben Sie kurz den Aufbau eines Spaltungsreaktors, und erläutern Sie die Bedeutung der wesentlichen Bestandteile! 4
- 4.2 Strontium-90, das sich in relativ großer Menge im radioaktiven Abfall von Kernkraftwerken findet, kann anstelle von Calcium in das Knochengewebe des Menschen eingebaut werden und dort zerfallen. Von 1,000 mg des Nuklids Sr-90 sind nach zwei Jahren 0,047 mg zerfallen.
Berechnen Sie die Halbwertszeit von Sr-90! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 3
- 4.3 Die Halbwertszeit eines Kohlenstoff-Isotops beträgt 5 730 Jahre. Dieses Isotop wird in der Archäologie für Altersbestimmungen kohlenstoffhaltiger Funde genutzt.
Erläutern Sie das Prinzip dieser Methode, und legen Sie dar, warum der Einsatz dieses Verfahrens mit zunehmendem Alter des untersuchten Materials immer weniger aussagekräftig ist!

96/I

- 1 Kalium-Ionen, von denen der Körper eines 70 kg schweren Menschen etwa 140 g enthält, sind von erheblicher Bedeutung für die Bioelektrizität von Zellmembranen und die Aktivierung von Enzymen. An dieser Masse Kalium hat das Isotop Kalium-40, das mit der Halbwertszeit $T_{1/2} = 1,28 \cdot 10^9$ a als β^- -Strahler zerfällt, einen konstanten Anteil von $w(\text{K-40}) = 0,01$ %.
- 1.1 Berechnen Sie, wie viele K-40-Zerfälle pro Sekunde in einem 70 kg schweren Menschen erfolgen! Die Atommasse K-40 beträgt $m_a(\text{K-40}) = 39,964008$ u. Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 5
- 1.2 Beim Zerfall eines Kalium-40-Kerns [$m(\text{K-40-Kern}) = 39,953585$ u] wird eine Energie von 1,32 MeV freigesetzt.
Stellen Sie die Zerfallsgleichung auf, und berechnen Sie die exakte Nuklidmasse des entstehenden Tochterkerns! Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 4
- 1.4 Erklären Sie, weshalb Kalium-40 unter β^- -Strahlung zerfällt!

1997/II/1

- 1 Radioaktive Zerfälle laufen als spontane Vorgänge unter Energiefreisetzung ab.

1.1 Erstellen Sie die Zerfallsgleichungen für den potentiellen α -Zerfall des Phosphor-Isotops P-31 bzw. des Radium-Isotops Ra-226! 2

1.2 Berechnen Sie anhand der gegebenen Atommassen, welcher der beiden Zerfälle möglich ist!

$$m_{\text{A}}(\text{P-31-Atom}) = 30,9737634 \text{ u}$$

$$m_{\text{A}}(\text{Tochteratom von P-31}) = 26,9815413 \text{ u}$$

$$m_{\text{A}}(\text{Ra-226-Atom}) = 226,025406 \text{ u}$$

$$m_{\text{A}}(\text{Tochteratom von Ra-226}) = 222,0175738 \text{ u}$$

$$m_{\text{A}}(\text{He-4-Atom}) = 4,00260325 \text{ u}$$

Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 5

1.3 Berechnen Sie für den spontanen Zerfallsvorgang die freigesetzte Energie in Joule pro Zerfall!

Der Gang der Berechnung muß klar ersichtlich sein. 3

1.4 α -Strahlen können in der von Charles Wilson entwickelten Nebelkammer nachgewiesen werden.

Ein bestimmter α -Strahler sendet in 75 % der Zerfälle α -Teilchen der Energie 4,01 MeV und in 25 % der Zerfälle solche mit der Energie 3,95 MeV aus.

1.4.1 Erläutern Sie das Prinzip des Nebelkammerversfahrens! 2

1.4.2 Zeichnen und erklären Sie das Nebelkammerbild, das den unter Nr. 1.4 angegebenen Zerfallsdaten entspricht! 4

1998/II/1

1 Ein stillgelegter Thorium-Hochtemperaturreaktor enthielt Brennelementkugeln mit Uran-235 und Thorium-232 sowie Graphitkugeln und borhaltige Kugeln. Bei der Brutreaktion entstand aus Thorium-232 das Uranisotop U-233, das bei seiner Kernspaltung unter anderem das Kryptonisotop Kr-89 und drei Neutronen freisetzt.

1.1 Stellen Sie die Kerngleichungen für die Bildungsreaktion und für die unter Nr. 1 angesprochenen Spaltungsreaktionen von Uran-233 auf! 4BE

1.2 Legen Sie die Aufgaben der Graphitkugeln und der borhaltigen Kugeln für den Reaktorbetrieb dar! Stellen Sie die Kerngleichung für die Bildung von Lithium-7 aus Bor-10 im Reaktor auf! 5BE

1999/III

1 Das Thorium-Isotop Th-232 aus abbauwürdigen Vorkommen ist in relativ großen Mengen verfügbar, kann aber im Reaktor nicht als Spaltstoff eingesetzt werden. Durch Neutronenbeschuss entsteht in einem Brutvorgang aus Th-232 das Uran-Isotop U-233, das wie U-235 für die Verwendung im Spaltungsreaktor geeignet ist.

1.1 Stellen Sie die Kerngleichungen für den Brutvorgang auf!

Begründen Sie den Zerfallstyp, der zur Entstehung von U-233 führt! 3

1.2 Bei der Spaltung von U-233 mit thermischen Neutronen entstehen zum Beispiel die Isotope Ba-138 und Zr-94. Dabei wird eine Energie von $1,9720405 \cdot 10^{10}$ kJ/mol U-233 frei.

$$\text{Atommassen der Tochteratome: } m_{\text{a}}(\text{Ba-138}) = 137,905236 \text{ u}$$

$$m_{\text{a}}(\text{Zr-94}) = 93,9063191 \text{ u}$$

Berechnen Sie die exakte Atommasse des Mutteratoms U-233!

Der Gang der Berechnung muss klar ersichtlich sein. 6

1.3 Das Blei-Isotop Pb-208 ist das Endnuklid der natürlichen Thorium-232-Zerfallsreihe. Nach $1,4 \cdot 10^{10}$ Jahren ist von einer gegebenen Menge Thorium-232 die Hälfte in Pb-208 übergegangen.

1.3.1 Zeigen Sie auf, wie die Zahl der (α -Zerfälle beim Übergang eines Atoms Th-232

in ein Atom Pb-208 berechnet werden kann! 2

1.3.2 Die Analyse einer Gesteinsprobe ergab $n(\text{Th-232}) = 5 \cdot 10^{-5}$ mol und $n(\text{He-4}) = 6 \cdot 10^{-6}$ mol.

Berechnen Sie das Alter der Probe unter der Voraussetzung, dass kein Helium aus dem Gestein entweichen konnte und die gemessene Stoffmenge Helium nur aus Zerfällen der Thoriumreihe stammt!

Der Gang der Berechnung muss klar ersichtlich sein. 5

2000/II

2 Die Spaltung eines Uran-235-Kerns mit einem thermischen Neutron liefert etwa 200 MeV Energie. Der Aufbau eines Helium-4-Kerns aus zwei Protonen und zwei Neutronen setzt etwa 28,3 MeV Energie frei.

2.1 Legen Sie dar, weshalb sowohl bei der Spaltung des schweren Kerns U-235 als auch bei der Verschmelzung von Nukleonen zu dem leichten Kern He-4 Energie frei wird! 3

2.2 In einer Diskussion über Kernenergie wurden die folgenden Meinungen vertreten:

a) Die Bildung von 1 g He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert genauso viel Energie wie die Spaltung von 1 g U-235.

b) Die Bildung von 1 g He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert mehr Energie als die Spaltung von 1 g U-235.

c) Die Bildung von 1 g He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert weniger Energie als die Spaltung von 1 g U-235.

d) Die Bildung von 1 mol He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert genauso viel Energie wie die Spaltung von 1 mol U-235.

e) Die Bildung von 1 mol He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert mehr Energie als die Spaltung von 1 mol U-235.

Die Bildung von 1 mol He-4 aus einzelnen Nukleonen liefert weniger Energie als die Spaltung von 1 mol U-235.

Geben Sie an, welche Aussagen zutreffen, und begründen Sie Ihre Entscheidung! 6

2.3. Berechnen Sie welche Masse Steinkohle verbrannt werden muss, um den gleichen Energiebetrag freizusetzen, die man bei der Spaltung von 1g Uran-235 erhält!

Verbrennungswärme der Steinkohle: 33495 kJ/kg 4

2003/II/4

4 Die Radiocarbonmethode ist ein wichtiges Verfahren zur Altersbestimmung organischen Materials.

4.1 Stellen Sie die Kerngleichung für die Bildung des Kohlenstoffisotops C-14 in der Atmosphäre auf! 2

4.2 Schildern Sie ausführlich das Prinzip der Radiocarbonmethode und nennen Sie zwei Fehlerquellen, welche die Ergebnisse verfälschen können! 6

4.3 Erörtern Sie, ob die Radiocarbonmethode auch für die Altersbestimmung von Steinkohle geeignet ist! (Halbwertszeit von C-14: $t_{1/2} = 5730$ a) 4

2005/III/

3 In Kernkraftwerken wird die bei Kernspaltungsvorgängen freigesetzte Energie in elektrischen Strom umgesetzt. Bei der Spaltung von U-235 durch thermische Neutronen erhält man als Spaltprodukte Cs-140 und Rb-94.

3.1 Formulieren Sie die entsprechende Kerngleichung und ermitteln Sie die bei der Kernspaltung von 1,00 kg U-235 freigesetzte Energie!

Atommassen: $m_a(\text{U-235}) = 235,04393 \text{ u}$; $m_a(\text{Cs-140}) = 139,91709 \text{ u}$;
 $m_a(\text{Rb-94}) = 93,92543 \text{ u}$ 5

- 3.2 Beim Abbau eines Reaktors müssen Materialien, die während des Betriebs mit dem Reaktorkern in Berührung standen, wegen ihrer Radioaktivität gesondert entsorgt werden.

Erläutern Sie ausgehend von dem im Stahl enthaltenen, stabilen Eisenisotop Fe-58, um welche Art von Strahlung es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit handelt. Formulieren Sie hierzu Kerngleichungen! 5

- 3.1 Die Bedeutung der Radioaktivität in der Analytik ist vor allem durch die hohe Nachweisempfindlichkeit gegeben. Mit gängigen Analyseverfahren ist eine Aktivität von 1 Bq pro Gramm Probe nachweisbar.

Ermitteln Sie durch Berechnung, welche Masse U-238 in einer Analysenprobe der Masse 1,30 g mindestens enthalten sein muss, damit dieses Isotop aufgrund seiner Aktivität noch nachgewiesen werden kann!

2007 A1

A 1 Johannisbeerwein

- 1 Ein Lebensmittellabor wurde im Jahr 2006 beauftragt, ein Gutachten zur radioaktiven Belastung von Lebensmitteln zu erstellen. Bei einem Liter Johannisbeerwein des Jahrgangs 1986 wurde dabei eine Aktivität von 35 Bq gemessen. Die Aktivität von Weinen aus den Jahren nach 2000 war hingegen vernachlässigbar gering. Die erhöhte Aktivität des Weins aus dem Jahr 1986 ist auf den Reaktorunfall in Tschernobyl im Frühjahr des Jahres 1986 zurückzuführen, bei dem unter anderem große Mengen radioaktiver Cäsiumisotope freigesetzt wurden. Im Jahr 1986 betrug das Aktivitätsverhältnis der beiden radioaktiven Isotope Cs-137 und Cs-134 im Wein 1,6 : 1,0.

- 1.1 Formulieren Sie eine typische Kerngleichung für die Bildung von Cäsium-137 durch Spaltung von Uran-235 im Kernreaktor! 3 BE

- 1.2 Beschreiben Sie das Funktionsprinzip des Geiger-Müller-Zählrohrs! 4 BE

- 1.3 Berechnen Sie die Aktivität des Weines im Jahr 1986 als Summe der Aktivitäten der beiden Cäsiumisotope! Gehen Sie für diese Berechnung von der Annahme aus, dass die im Jahr 2006 gemessene Cäsiumaktivität des Weines ausschließlich auf die Restaktivität von Cs-137 zurückzuführen ist.

Begründen Sie durch Rechnung, weshalb die Annahme gerechtfertigt ist, dass das Cäsiumisotop Cs-134 für die Restaktivität des Weines im Jahr 2006 nicht von Bedeutung ist!

($T_{1/2}(\text{Cs-134}) = 2,06 \text{ a}$, $T_{1/2}(\text{Cs-137}) = 30,17 \text{ a}$) 9 BE

- 1.4 Ein wesentlicher Teil der radioaktiven Gesamtbelastung des Menschen stammt von natürlich vorkommendem Radongas (Rn-222), einem α -Strahler.

- 1.4.1 Erklären Sie, weshalb ein hoher Gehalt an Rn-222 in der Luft, z. B. in schlecht gelüfteten Kellern, einen Hinweis auf uranhaltiges Gestein darstellt! 3 BE

- 1.4.2 Erläutern Sie die unterschiedliche biologische Wirkung von α - und β -Strahlung! 4 BE

2008 A1

Im November 2006 starb in London der ehemalige russische Geheimagent Alexander Litwinenko, nachdem er Po-210 aufgenommen hatte. Bereits die Aufnahme von 10-6g dieses Stoffes ist für einen erwachsenen Menschen tödlich.

Po-210 ist ein α -Strahler mit einer Halbwertszeit von 138 Tagen. In der Natur kommt Po-210 in winzigen Spuren in Uranlagerstätten vor, da es durch radioaktiven Zerfall von U-238 laufend nachgebildet wird. Technisch wird es durch Neutronenbeschuss

eines Bismut-Isotops hergestellt, wobei ein β -Strahler entsteht, der mit einer Halbwertszeit von 5,01 Tagen zu Po-210 zerfällt.

- 1 Formulieren Sie die Kerngleichungen für die technische Herstellung und den Zerfall von Po-210! [4 BE]
- 2 Berechnen Sie die Zahl der α - und β -Zerfälle, die bei der natürlichen Bildung von Po-210 aus U-238 stattfinden! Der Gang Ihrer Berechnung muss nachvollziehbar sein. [4 BE]
- 3 Berechnen Sie die Aktivität der tödlichen Dosis von 10^{-6} g Po-210 in Becquerel und fertigen Sie ein vollständig beschriftetes Diagramm an, das den Verlauf der Aktivität innerhalb der ersten 500 Tage zeigt! [9 BE]
- 4 Beurteilen Sie die Gefährlichkeit von Po-210 innerhalb und außerhalb des menschlichen Körpers, die von der radioaktiven Strahlung ausgeht! [3 BE]
- 5 99,9988 % der von Po-210 ausgesandten α -Teilchen haben eine Energie von 5,30438 MeV. Bei 0,0012 % aller Zerfälle werden α -Teilchen mit einer Energie von 4,50138 MeV frei. Zusätzlich zur α -Strahlung emittiert der Stoff γ -Strahlung. Erklären Sie das Zustandekommen der γ -Strahlung mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes! [3 BE]

2009/A1

- 2 Zur Therapie einer Grippeinfektion wird u. a. strenge Bettruhe und ausreichende Flüssigkeitsaufnahme, z. B. in Form von Mineralwasser, empfohlen. Der Abfüller eines Mineralwassers wirbt damit, dass sein Produkt bitsonders gesund sei, da es „Jahrhunderte alt“ und damit frei von zivilisationshedingten Umweltschadstoffen sei. Das „Alter“ bezeichnet die Verweildauer des versickerten Niederschlags im geologischen Untergrund. Diese kann mit der sogenannten Tritiummethode ermittelt werden. Tritium entsteht in der oberen Atmosphäre durch Reaktion von Stickstoff-14-Nukliden mit Neutronen der kosmischen Höhenstrahlung. Hierbei bildet sich noch ein weiteres Nuklid. Tritium zerfällt anschließend unter Aussendung von Betastrahlung. In den Wassermolekülen des Niederschlags ist ein dem Tritiumgehalt der Atmosphäre entsprechender Anteil an Tritiumatomen enthalten.
 - 2.1 Formulieren Sie die Kerngleichungen für diese Reaktionen und berechnen Sie die Energie, die ein Neutron der kosmischen Höhenstrahlung mindestens haben muss, damit es zur Bildung von Tritium kommen kann! [6 BE]
 - 2.2 Die Tritiumaktivität in einer Wasserprobe des oben genannten Herstellers beträgt 1,1 % der Aktivität, die beim Versickern von Regenwasser vorliegt. Ermitteln Sie rechnerisch das „Alter“ der Probe und nehmen Sie zur Aussage des Abfüllers Stellung! Gehen Sie hierbei von einer konstanten Tritiumaktivität in der Atmosphäre aus. [4 BE]
 - 2.3 Der Tritiumgehalt der Atmosphäre wurde durch die atmosphärischen Kernwaffentests nach dem zweiten Weltkrieg verändert. Diese Tests wurden bis 1980 eingestellt. Erläutern Sie diese Veränderung und leiten Sie ab, welcher Fehler bei der Altersbestimmung von Proben aus dieser Zeit gemacht wird, wenn dieser Effekt nicht berücksichtigt wird! [4 BE]

2009/A2

Kaliumpermanganat findet als starkes Oxidationsmittel sowohl in der anorganischen als auch in der organischen Chemie Anwendung.

- 1 Dieses Salz enthält wie alle Kaliumverbindungen das Radioisotop K-40. Bei einem kleinen Teil der K-40-Nuklide findet eine K-Einfangreaktion statt;

hierbei reagiert ein Elektron der K-Schale mit einem Nukleon. Der Großteil der K-40-Atomkerne stabilisiert sich durch β -Zerfall.

- 1.1 Geben Sie für beide Kernreaktionen die Gleichungen an! Zeichnen Sie einen Ausschnitt einer beschrifteten Nuklidkarte und tragen Sie die beiden Kernreaktionen des K-40 ein! [5 BE]
- 1.2 Eine Alternative zum K-Einfang ist der Positronenzerfall (β^+ -Zerfall). Geben Sie die Kerngleichung für den Positronenzerfall eines K-40-Atoms an und ermitteln Sie rechnerisch, ob der Positronenzerfall für K-40-Atomkerne prinzipiell eine Stabilisierungsmöglichkeit darstellt! ($m(\text{K-40}) = 39,963999 \text{ u}$) [4 BE]
- 1.3 Laut Strahlenschutzverordnung darf im Unterricht mit K-40-Präparaten gearbeitet werden, sofern die Aktivität der Probe $1,0 \cdot 10^6 \text{ Bq}$ nicht überschreitet. Die Halbwertszeit von K-40 beträgt $1,28 \cdot 10^9$ Jahre. Berechnen Sie die entsprechende Masse an reinem Kalium-40! [5 BE]

2010 A1

- 2 Zur Therapie einer Schilddrüsenvergrößerung werden Teile des Schilddrüsengewebes durch die Gabe von radioaktiven Jodverbindungen zerstört. Dazu muss der Patient eine Kapsel schlucken, die das Isotop J-131 enthält. Während das Isotop J-129 stabil ist, zerfällt J-131 mit einer Halbwertszeit von 8,02 Tagen unter Aussendung radioaktiver Strahlung.
 - 2.1 Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, welche Art von Strahlung J-131 beim Zerfall aussendet, und formulieren Sie dazu die Kerngleichung! [6 BE]
 - 2.2 Kurz vor der Einnahme der Kapsel wird ihre J-131-Aktivität mit 800 MBq bestimmt.
 - 2.2.1 Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Messgerätes, mit dem die Aktivität der Kapsel bestimmt werden kann! [6 BE]
 - 2.2.2 Berechnen Sie die Zahl der J-131-Nuklide, die in der Kapsel enthalten sind! [3 BE]
 - 2.2.3 Nach der Einnahme der Kapsel (relative Aktivität = 100) muss der Patient einige Tage in einer Isolierstation untergebracht werden. Ab einem bestimmten Zeitpunkt wird die radioaktive Strahlung gemessen, die der Patient aussendet. Die folgende Tabelle gibt die während einer Radiojod-Therapie ermittelten Messwerte wieder

Zeit(h)	0	20	50	100	120	170	220
rel.Aktivität	76	64	54	44	42	36	32

Zeichnen Sie das zugehörige Diagramm und leiten Sie ab, ob sich daraus die oben angegebene Halbwertszeit von J-131 ermitteln lässt! [4 BE]

- 2.3 J-131 kann durch Beschuss von Te-130 mit Neutronen erzeugt werden. Die Bildung von J-131 erfolgt hierbei in zwei Schritten, von denen einer von β -Strahlung begleitet ist. [4 BE]

Atom	Atommasse u
J-131	130,906119
Te 130	129,906229

Formulieren Sie die beiden Kerngleichungen und berechnen Sie die bei diesem Prozess frei werdende Energie! [7 BE]

2011 A1

- 1 1821 starb Napoleon Bonaparte im Alter von 51 Jahren auf der Insel St. Helena. In einer Probe seines Haares konnte 140 Jahre später eine hohe Arsenkonzentration nachgewiesen werden. Als eine mögliche Todesursache kommt daher eine Arsenvergiftung in Frage.
Der Nachweis von Arsen kann unter anderem durch Neutronenaktivierungsanalyse erfolgen. Bei dieser Methode wird eine Probe mit Neutronen bestrahlt. Diese treten mit Atomkernen der Probe in Wechselwirkung.
- 1.1 Bei einer Neutronenaktivierungsanalyse werden 100 g einer Probe, die das Arsenisotop As-75 enthält, zwei Stunden lang mit Neutronen bestrahlt. Das Aktivierungsprodukt des Arsens emittiert mit einer Halbwertszeit von 26,4 Stunden γ -Strahlung. Die auf die Aktivierung des Arsens zurückzuführende Aktivität der Probe wird unmittelbar nach der Aktivierung mit $2,93 \cdot 10^{-13} \text{ Bq}$ bestimmt. Formulieren Sie die Kerngleichung der Neutroneneinfangreaktion und berechnen Sie den relativen As-75-Gehalt der Probe unter der Voraussetzung, dass 50 % der enthaltenen As-75-Nuklide aktiviert wurden! [9 BE]
- 1.2 Durch Neutronenaktivierung kann im Rahmen einer qualitativen Analyse auch ermittelt werden, ob eine Probe Arsen enthält. Die folgenden Tabellen geben die Daten einer solchen Analyse und die Halbwertszeiten verschiedener Strahler wieder:

Zeitpunkt der Messung	Aktivität der Probe[Bq]	Radionuklid	Halbwertszeit
2.5.07, 8.00 Uhr	512	Zr-95	64 d
3.5.07, 16.00 Uhr	327	In-114	49,5 h
		As-76	26,4 h

- Ermitteln Sie rechnerisch, welches der drei angegebenen Nuklide in der Probe enthalten ist! [7 BE]
- 1.3 Kernumwandlungen können in einer Nuklidkarte dargestellt werden. Zeichnen Sie einen Ausschnitt aus einer Nuklidkarte, der folgende Reaktionen wiedergibt:
- Y entsteht aus einem Nuklid ${}^A_Z X$ durch Neutroneneinfang,
 - Y emittiert α -Strahlen,
 - Y emittiert β^- -Strahlen,
 - Y emittiert β^+ -Strahlen!
- [6 BE]

2011/A2

- 1.2 Da Gasflammen nur schwach leuchten, werden für diese Lampen sog. Glühstrümpfe aus Metalloxiden eingesetzt, die bei hoher Temperatur helles Licht abstrahlen. Ein Glasschirm schützt den Benutzer vor Verbrennungen.
Bei älteren Modellen enthielten die Glühstrümpfe u. a. radioaktives Thoriumoxid. Die auftretenden γ -Strahlen werden nur zum Teil von dem Glasschirm absorbiert.
Die Absorptionsfähigkeit des Glases wird durch seine Halbwertsdicke $D_{1/2}$ charakterisiert. Die Halbwertsdicke gibt die Glasdicke an, durch die die Intensität durchdringender radioaktiver Strahlung um die Hälfte reduziert wird. Die Halbwertsdicke $D_{1/2}$ eines üblichen Borosilikatglases beträgt für die angegebene γ -Strahlung 1 cm.
Legen Sie eine Wertetabelle zur Abhängigkeit der durchgelassenen Strahlungsmenge

von der Glasdicke bis zu 4 cm an, zeichnen Sie auf der Basis dieser Werte ein Diagramm und ermitteln Sie daraus grafisch den von einem 3 mm dicken Glasschirm absorbierten Anteil der γ -Strahlung! [6 BE]