Pittys Physikaufgaben - Atomphysik   
[zurück zur Startseite](index.docx)

|  |  |
| --- | --- |
| Radioaktivität  * [Atomaufbau, Strahlung](#t8) * [Bindungs](#t18)[energie](#t18) * [Nachweisgeräte](#t9) * [Zerfallsgesetz](#t3) * [Zerfallsgleichung](#t4)en * [künstliche Kernumwandlung](#t5) * [Strahlenschutz](#t7)  Kernenergie  * [Kernspaltung](#t1) * [Kernfusion](#t2) | Röntgenstrahlung  * [Röntgenstrahlung](#t6)  Quantenphysik, Atomaufbau  * [Atommodelle](#t17) * [Grundlagen](#t13) * [Welle-Teilchen](#t11) * [Photoeffekt](#t12) * [Lichtentstehung](#t14) * [Franck-Hertz-Versuch](#t15) * [Heisenbergsche Unschärferelation](#t16)  Weiteres  * [komplexe Aufgaben](#t10) |

Nummer der letzten Aufgabe: 257

### Radioaktivität

|  |  |
| --- | --- |
| Atomaufbau, Strahlung | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

[17.](lsgatom.docx#t17) Was sind instabile Kerne?  
\*

[1](lsgatom.docx" \l "t18)[8.](lsgatom.docx" \l "t18) Welche Aussagen über den Atomkern können Sie folgender Angabe entnehmen?



Das Element besteht in seinem natürlichen Vorkommen zu 52% aus diesen Atomkernen. Die restlichen Kerne haben 2 Neutronen mehr. Geben Sie die Schreibweise dieses Isotops an. Erklären Sie den Begriff Isotop.  
\*

[22.](lsgatom.docx#t22) Bei einem Präparat zählt man 192 Impulse in 3 Minuten, ohne Präparat misst man in 10 Minuten 180 Impulse. Welche Zählrate hat es nach Abzug des Nulleffektes?  
\*

[23.](lsgatom.docx#t23) In einem Versuch schiebt man das Präparat aus der Entfernung r näher an das Zählrohr heran. Die Zählrate vervierfacht sich. Um welche Strecke hat man das Präparat herangeschoben?  
\*\*

[24.](lsgatom.docx" \l "t24) Wie prüft man nach, ob eine Strahlung Gamma-Strahlung enthält?  
\*

[41.](lsgatom.docx" \l "t41) Warum ist es nicht möglich vorauszusagen, nach welchem Zeitraum eine bestimmte Menge radioaktives Material vollständig zerfallen ist.  
\*

[4](lsgatom.docx" \l "t42)[2.](lsgatom.docx" \l "t42) Wie kann man durch Versuche ermitteln, ob es sich bei einer Strahlung um Alpha-, Beta - oder Gammastrahlung handelt?  
\*\*

[44.](lsgatom.docx" \l "t44) Nenne Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Proton und Neutron!  
\*

[45.](lsgatom.docx#t45) Erkläre die Begriffe ”Spontanzerfall” und ”künstliche Kernumwandlung”!  
\*

[54.](lsgatom.docx" \l "t54) Nennen Sie Eigenschaften der Alpha- und Beta-Minus-Strahlung.  
Geben Sie an, wie sich jeweils die Massenzahl und die Kernladungszahl des zerfallenden Kerns beim Aussenden der betreffenden Strahlung ändern.  
\*\*

[56.](lsgatom.docx#t56) Ein radioaktives Stoffgemisch sendet gleichzeitig Alpha, Beta-Minus und Gamma-Strahlung aus. Die Strahlungsarten sollen getrennt und identifiziert werde.   
Beschreiben Sie anhand einer Skizze eine geeignete Experimentieranordnung und erklären Sie deren physikalisches Prinzip.  
\*\*

[78.](lsgatom.docx#t78) Wie prüft man nach, ob eine vorliegende Strahlung Gamma-Strahlung enthält?  
\*\*

[79.](lsgatom.docx#t79) Erklären Sie, warum im Periodensystem der Elemente keine Isotope aufgeführt sind?  
\*

[80.](lsgatom.docx" \l "t80) Erkläre, wieso radioaktive Substanzen Wärme erzeugen!  
\*

[81.](lsgatom.docx" \l "t81) Ein Mensch mit der Masse 70 kg enthält etwa 140 g Kalium, das zu 0,012% aus dem radioaktiven K-40 besteht. Wie viele K-40-Kerne sind also im Körper dieses Menschen vorhanden?  
\*\*

[82.](lsgatom.docx" \l "t82) Das Element Chlor besteht zu 75,8% aus dem Isotop Cl‑35 und zu 24,2% aus dem Isotop Cl‑37. Wie groß ist die gemittelte relative Atommasse des Chlors?  
\*\*

[8](lsgatom.docx" \l "t84)[4.](lsgatom.docx" \l "t84) Betrachtet man Alpha‑Teilchen der Energie 4 MeV und Beta‑Teilchen der Energie 2 MeV, so beträgt die Reichweite dieser Alpha‑Teilchen in Luft 2,5 cm und die der Beta‑Teilchen 71,0 cm. Erstaunt Sie das? Können Sie eine Erklärung dafür finden?  
\*\*

[102.](lsgatom.docx#t102) Beschreiben Sie, wie die Masse von Atomkernen bestimmt werden kann.  
\*\*\*

[103.](lsgatom.docx#t103) Erklären Sie, weshalb Isotope die gleichen chemischen Eigenschaften haben.  
\*\*

[108.](lsgatom.docx#t108) Die Masse des Elektrons bzw. des Positrons beträgt 9,1\*10-31 kg. Bei der Zerstrahlung dieser beiden Teilchen werden zwei Photonen frei. Welche Frequenz haben diese Photonen, wenn sich die Teilchen vor der Zerstrahlung mit vernachlässigbarer Energie bewegen?  
\*\*\*

[111.](lsgatom.docx#t111) Die Kernforschung begann mit der Entdeckung der radioaktiven Strahlen. Wann wurden diese Strahlen entdeckt und wie hieß der Entdecker?  
\*

[113.](lsgatom.docx" \l "t113) Sr-90 ist ein im Schulunterricht öfters verwendeter Alpha-Strahler. Die Aktivitäten dieser Schulproben sind doppelt so groß, als nach der Anzahl Sr‑90 Nukliden zu erwarten wäre. Die Beziehung A(t) = l·N(t) scheint verletzt zu sein. Wie lässt sich dieses Phänomen erklären?  
\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t117)[1](lsgatom.docx" \l "t117)[7.](lsgatom.docx" \l "t117) Welche Aussagen über den Atomaufbau wurden durch den Rutherfordschen Streuversuch möglich?  
\*\*

[120.](lsgatom.docx#t120) Wie kommt C-14 in ein Pferd hinein?  
Führen Sie sich das Bild der C-14-Produktion vor Augen!  
\*\*

[125.](lsgatom.docx#t125) a) Beschreiben Sie den Rutherfordschen Streuversuch.   
b) Welche Erklärung fand dieses Experiment?  
c) Nennen Sie zwei Erscheinungen, die sich nicht mit dem Rutherford-Modell erklären lassen.  
\*\*

\*[1](lsgatom.docx" \l "t133)[33.](lsgatom.docx" \l "t133) Wird das Bohrsche Atommodell auf das Wasserstoffatom oder auf wasserstoffähnliche Ionen angewendet, besteht gute Übereinstimmung mit experimentellen Ergebnissen. Für die Energieniveaus bei solchen Ionen gilt nach der Bohrschen Theorie:   
a) Das Elektron eines He+-Ions geht vom Energieniveau E4 auf E2 über. Berechnen Sie die Frequenz des emittierten Photons.  
b) Das Elektron eines He+-Ions befindet sich auf dem Energieniveau E2. Geben Sie die Energie an, die mindestens notwendig ist, um dieses Elektron abzulösen.  
\*\*

[138.](lsgatom.docx#t138) Welche kinetische Energie in keV besitzt Beta-Plus-Strahlung, wenn sie ein Geschwindigkeitsfilter (magnetisches Feld, 64,5 T, senkrecht im elektrischen Feld, 10,0 kV/m) geradlinig durchfliegt?  
\*\*\*\*  
[139.](lsgatom.docx#t139) Untersucht man die Wechselwirkung von radioaktiver Strahlung und Stoff näher, so stellt man verschiedene Wirkmechanismen bei Gammastrahlung fest.

a) Nennen und beschreiben Sie zwei dieser Prozesse.  
b) Erläutern Sie die Wirkung radioaktiver Strahlung auf den menschlichen Organismus.  
\*\*\*

\*[167.](lsgatom.docx#t167) Eine Fingernagel wächst in der Woche etwa ein Millimeter. Der Durchmesser eines Atoms beträgt etwa 0,1 nm. Wie viel einzelne Atome müssen pro Sekunde an dem Fingernagel hintereinander angelagert werden, damit er mit dieser Geschwindigkeit wächst? (Wir lassen unberücksichtigt, dass die Atome nicht einzeln angebaut werden, sondern in Gruppen als Moleküle)

\*\*

[193.](lsgatom.docx#t193) Das Element Lithium wird hauptsächlich in Akkus für elektronische Geräte eingesetzt. Beschreibe den Aufbau eines Li-6 Atoms.

Erkläre am Lithium den Begriff Isotop.

[194.](lsgatom.docx#t194) Beschreibe die Kräfte, die in einem Atomkern wirken. Erkläre damit, warum der Atomkern zusammenhält.

[195.](lsgatom.docx#t195) In der Erde befindet sich das Isotop U-234. Schreibe alle Aussagen auf, die sich aus der Nuklidkarte über dieses Element ablesen lassen.

|  |  |
| --- | --- |
| [206.](lsgatom.docx#t206) Am 26. April 1986 explodierte in Tschernobyl ein Reaktor des Kernkraftwerkes und große Mengen radioaktiven Materials wurden in die Umgebung geschleudert. Die Liquidatoren waren Arbeiter, die sofort nach der Katastrophe radioaktiven Schmutz beiseite räumen mussten, eine lebensgefährliche Arbeit.  Sie erhielten die abgebildete Medaille, die einen Blutstropfen sowie die Ablenkung verschiedener Strahlen im Magnetfeld zeigt.  **a)** Wie muss das homogene Magnetfeld gerichtet sein, damit die Strahlung in den dargestellten Richtungen abgelenkt wird? |  |

**b)** Begründen sie, warum die -Strahlung nicht abgelenkt wird.

**c)** Die Darstellung enthält einen physikalischen Fehler. Beschreiben sie diesen.

[241.](lsgatom.docx#t241) (LK 1994)

Die Radien r der Atomkerne nehmen mit steigender Massenzahl A entsprechend der Gleichung



zu. Dabei ist



**a)** Zeigen Sie rechnerisch, dass bei der Annahme kugelförmiger Atomkerne die Dichte für alle Kernarten nahezu gleich ist.

**b)** Berechnen Sie die Kerndichte.

|  |  |
| --- | --- |
| Bindungsenergie | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

\*[46](lsgatom.docx" \l "t46)[.](lsgatom.docx" \l "t46) Berechnen Sie die Bindungsenergie je Nukleon für die Bildung einesCa-40 Kerns mit einer Ruhemasse von m = 39,96258 u  
(Ruhemasse des Protons:1,00759 u, Ruhemasse des Neutrons 1,00898 u)  
\*\*\*

[97.](lsgatom.docx" \l "t97) Ermitteln Sie die gesamte Bindungsenergie und die Bindungsenergie pro Nukleon des Kerns C-12.  
\*\*\*

[128.](lsgatom.docx" \l "t128) Erklären Sie am Beispiel des Helium-Kernes den Begriff Massendefekt. Wieso wird Energie frei, wenn ein Heliumkern aus einzelnen Nukleonen zusammengesetzt wird?  
\*\*\*

[129.](lsgatom.docx#t129) Erklären Sie mit Hilfe des Begriffes „Bindungsenergie je Nukleon“, warum der Eisenkern der stabilste Atomkern ist.  
\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t130)[30](lsgatom.docx" \l "t130)[.](lsgatom.docx" \l "t130) Begründen Sie an Hand der Kernbindungsenergiekurve je Nukleon die Freisetzung von Kernbindungsenergie bei der Kernspaltung und Kernfusion.  
\*\*\*

\*[1](lsgatom.docx" \l "t165)[6](lsgatom.docx" \l "t165)[5](lsgatom.docx" \l "t165)[.](lsgatom.docx" \l "t165) Das Nuklid Pu-238 ist ein -Strahler. Die Kerne des Tochternuklids entstehen im Grundzustand oder im ersten angeregten Zustand (Anregungsenergie 43 keV), der anschließend durch Emission eines Gammaquants in den Grundzustand übergeht.  
a) Geben Sie die Gleichung des Zerfalls von Pu-238 an und berechnen Sie die gesamte bei einem Zerfall frei werdende Energie. Die Nuklidmassen findet man auf <http://www.webelements.com>.

b) Skizzieren Sie das Energieniveauschema für den Zerfall des Pu-238 und berechnen Sie die Wellenlänge der emittierten Gamma-Strahlung.

c) Erstellen Sie die beschriftete Skizze einer Versuchsanordnung, mit der man das Energiespektrum der -Teilchen mit Hilfe eines Magnetfelds experimentell bestimmen kann. Leiten Sie (nichtrelativistisch) eine Beziehung für die kinetische Energie der -Teilchen in Abhängigkeit von Messgrößen und Naturkonstanten her.  
d) In der Versuchsanordnung misst man bei einem Magnetfeld von 1 T einen Maximalradius von 0,6755 m. Welche kinetische Energie besitzen diese Teilchen?  
e) Wie die Messung zeigt, unterscheidet sich der gemessene Wert deutlich von dem in a) berechneten. Zeigen sie durch eine nichtrelativistische Rechnung, dass der Rückstoß des Zerfallproduktes für diese Energiedifferenz verantwortlich ist.

\*\*\*\*\*

[166.](lsgatom.docx#t166) Kerne des Radiumisotops Ra-226 zerfallen spontan unter Aussendung von -Teilchen und -Strahlung. Es werden -Teilchen der kinetischen Energie E=4,781 MeV registriert.  
a) Stellen Sie die Zerfallsgleichung auf.  
b) Zeigen Sie rechnerisch, dass die kinetische Energie eines -Teilchens annähernd aus der Energiebilanz des Zerfalls folgt.  
c) Wie kann die Differenz zum Messwert E=4,781 MeV erklärt werden?

\*\*\*

[173.](lsgatom.docx#t173)

a) Welche Bedingung muss die Masse eines Kerns erfüllen, damit er einen Alpha-Zerfall durchführen kann?

b) Zeigen Sie, dass bei Ra-223 der Alpha-Zerfall prinzipiell möglich, bei Tl-203 unwahrscheinlich und bei C-13 unmöglich ist.

Nuklidmassen: Tl-203: 202,92791 u

Rn-219: 218,96233 u

Ra-223: 222,97025 u

Au-199: 198,92542 u

C-13: 13,0000627 u

Be-9: 9,0099914 u

He-4: 4,0015064 u

[174.](lsgatom.docx#t174) Bi-212 zerfällt aus dem Grundzustand heraus unter Aussendung von Alpha-Strahlung.

**a)** Geben Sie die Zerfallsgleichung an und berechnen Sie die frei werdende Energie.

**b)** 27,2% der emittierten Alpha-Teilchen haben als kinetische Energie die in a) berechnete Zerfallsenergie, 69,8% besitzen die kinetische Energie 6,16 MeV.  
Zeichnen Sie unter Berücksichtigung aller bisher bekannten Daten das zugehörige Zerfallsschema.

**c)** Erklären Sie, warum bei diesem Zerfall auch Gamma-Strahlung beobachtet wird. Berechnen Sie die zugehörige Wellenlänge.

Nuklidmassen: Bi-212: 211,94576 u

Tl-208: 207,93758 u

He-4: 4,0015064 u

[235.](lsgatom.docx#t235) (LK 2019)

**a)** Am-241 ist ein Alpha-Strahler. Geben Sie die Kernumwandlungsgleichung an.

**b)** Berechnen Sie die beim Alpha-Zerfall frei werdende Energie.

|  |  |
| --- | --- |
| Nuklid | Kernmasse in u |
| Am-241 | 241,0047140 |
| He-4 | 4,0015061 |
| Tochterkern | 236,9971555 |



**c)** Begründen Sie unter Nutzung von Energie- und Impulserhaltungssatz, dass die kinetische Energie des Alpha-Teilchens kleiner als die in Aufgabe b) berechnete Energie ist. Es wird angenommen, dass keine Gamma-Strahlung auftritt.

[237.](lsgatom.docx#t237)

Nukleonen, die in einem Atomkern stecken, besitzen weniger Energie als freilaufenden Nukleonen. Das hängt damit zusammen, dass man Energie zuführen muss, um Nukleonen aus dem Kern herauszuholen.

Diese Energie wird Bindungsenergie bezeichnet. Es ist die Energie, die man aufbringen muss, um die Bindungen der Nukleonen zu lösen.

Über die Beziehung  sind Energie und Masse miteinander verknüpft. Das heißt aber, dass Nukleonen in einem Kern eine kleinere Masse haben als Nukleonen in freier Wildbahn. Dieser Unterschied der Massen von einem Teilchen wird als Massendefekt bezeichnet.

Die Bindungsenergie je Nukleon ist die Energie, die notwendig wäre, um ein Nukleon aus dem Kern zu entfernen. Dazu ist die gesamte Bindungsenergie des Kerns durch die Anzahl der Nukleonen zu teilen.

**a)** Berechnen Sie die Bindungsenergie je Nukleon für die beiden Isotope  und .

Die Masse des Sauerstoffkerns 15,99052598 u und die des Eisenkernes beträgt 55,934936 u.

Begründen Sie mit diesen beiden Werten, dass der Eisenkern stabiler als der Sauerstoffkern ist.

**b)** In der Tabelle sind für einige Isotope die Bindungsenergien angegeben. Berechnen Sie daraus die jeweilige Bindungsenergie je Nukleon.

Stellen Sie dann den Zusammenhang der Bindungsenergie je Nukleon in Abhängigkeit von der Massezahl dar.

Achtung: Da die Bindungsenergie dem Nukleon ja eigentlich fehlt, wird die Bindungsenergie je Nukleon als negativer Wert in das Diagramm eingetragen. Damit wird der Zusammenhang im 2. Quadranten dargestellt.

|  |  |
| --- | --- |
| Isotop | Bindungsenergie |
|  | in MeV |
|  |  |
| H-2 | 2,225 |
| He-3 | 7,712 |
| He-4 | 28,296 |
| Li-7 | 39,244 |
| O-16 | 127,62 |
| Cl-35 | 298,2 |
| Fe-57 | 499,9 |
| Ag-107 | 915,387 |
| Lu-176 | 1418,4 |
| Pb-208 | 1636,455 |
| U-225 | 1716,694 |

|  |  |
| --- | --- |
| Nachweisgeräte | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |

|  |  |
| --- | --- |
| [21.](lsgatom.docx#t21) Beschreiben Sie den Aufbau eines Geiger-Müller-Zählrohrs und erklären Sie die Wirkungsweise. \*\*\* |  |

[1](lsgatom.docx" \l "t118)[18.](lsgatom.docx" \l "t118) Die Zählrate von Titan‑204 wird mit einem Geiger‑Müller‑Zählrohr bestimmt. Die von dieser Quelle ausgesandten Beta‑Teilchen haben eine maximale Energie von 0.76 MeV. Die Ansprechwahrscheinlichkeit A beträgt 0.039. Wie viele Teilchen müssen einfallen, damit im Mittel 100 Teilchen registriert werden?  
\*\*\*

[190.](lsgatom.docx#t190) In der Nebelkammer, die sich in einem Magnetfeld befindet, erzeugen -Strahlung dicke, etwa gleichlange Spuren, schwach gekrümmte Spuren.

Wie würden die Spuren aussehen, wenn stattdessen -Strahlung verwendet wird.

[231.](lsgatom.docx#t231) (LK 2018, Hilfsmittelfrei)

**a)** Erklären Sie das Prinzip einer Experimentieranordnung, mit der nachgewiesen werden kann, dass emittierte Teilchen negativ geladen sind.

**b)** Geben Sie allgemein eine Kernumwandlungsgleichung für den  -Zerfall an.

**c)** Das Geiger-Müller-Zählrohr wird zum Nachweis radioaktiver Strahlung genutzt.

In das mit Gas gefüllte Röhrchen dringen -Teilchen ein. Beschreiben Sie die im Gas ablaufenden physikalischen Vorgänge.

[239.](lsgatom.docx#t239)

Die folgenden Sätze beschreiben, wie ein Geiger-Müller-Zählrohr funktioniert. Sie sind durcheinander geraten. Bringen Sie die Sätze in die richtige Reihenfolge. Die Buchstaben vor den Sätzen ergeben dann ein Lösungswort.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nummer** | **Buchstabe** | **Satz** |
|  | E | Der Stromstoß wird im Zähler gezählt. |
|  | G | Das Atom ist nun ionisiert (positiv geladen). |
|  | N | Es entsteht eine Ladungslawine. |
|  | R | Man hört ein kurzes Knacken im Lautsprecher. |
|  | O | Es werden noch mehr freie Elektronen und ionisierte Atome erzeugt. |
|  | E | Das Zählrohr ist wieder zählbereit. |
|  | E | Die Elektronen werden zum positiven Draht hin beschleunigt. |
|  | I | Aus den Atomhüllen des Edelgases werden Elektronen herausgelöst. |
|  | T | Die ionisierten Atome nehmen wieder freie Elektronen auf. |
|  | K | Auf ihrem Weg stoßen sie mit weiteren Atomen zusammen. |
|  | G | Es dringt Strahlung durch die dünne Folie in das Rohr ein. |
|  | Z | Die Ladungslawine erzeugt einen kurzen Stromstoß. |
|  | N | Die ionisierten Atome werden zum negativen Metallrohr beschleunigt. |
|  | E | Diese Strahlung trifft auf Atome des Edelgases. |

Lösungswort:

|  |  |
| --- | --- |
| Zerfallsgesetz | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

|  |  |
| --- | --- |
| \*[2.](lsgatom.docx" \l "t2) Die Aktivität eines radioaktiven Präparates verringert sich in der Zeitspanne t um k%. Dann beträgt seine Halbwertszeit wie rechts dargestellt. Leiten Sie diese Beziehung her.  \*\*\*\* |  |

[3.](lsgatom.docx" \l "t3) Bei einem radioaktiven Präparat wird in Zeitabständen von jeweils einer Minute die Impulsrate gemessen. (Messdauer jeweils 1 s). Es ergeben sich folgende Messwerte:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| t/min | 0 | 1 | 2 | 3 |
| Impulsrate Z 1/s | 850 | 310 | 115 | 50 |

Die Nullrate ist bereits berücksichtigt.  
a) Bestimmen Sie aus dem t-Z-Diagramm die Halbwertszeit.  
b) Berechnen Sie die Zerfallskonstante.  
c) Wie viele radioaktive Atome enthielt das Präparat zu Beginn der Messung, wenn das Zählrohr nur 10% der ausgesandten Teilchen erfasst?   
\*\*\*\*

[6.](lsgatom.docx#t6) Ein Physiker experimentiert mit zwei radioaktiven Substanzen. Das eine ist ein Thorium Th-225-Präparat mit der Halbwertszeit TX = 8 min, das andere ist ein Thorium Th-226-Präparat mit der Halbwertszeit TY =  32 min. Zur Zeit t = 0 sollen beide Substanzen gleich viele Thoriumatome enthalten.  
  
**a)** Welches Präparat hat die größere Aktivität?  
**b)** Stellen Sie die Abhängigkeit  der Thoriumatome der einzelnen Präparate von der Zeit im gleichen Koordinatensystem dar!   
**c)** Entscheiden Sie!   
Nach 64 min beträgt das Verhältnis N Th-225 : N Th-2261:8 1:32 oder 1:64

**d)** Entscheiden Sie!  
Das Verhältnis der Aktivitäten A Th-225 : A Th-226 beträgt nach 64 min  
1:2 4:1 oder 1:16  
Die Radioaktivität der Folgeprodukte soll vernachlässigt werden.  
(Stark, Unterrichtsmaterialien A.21.3)  
\*\*\*

[7.](lsgatom.docx" \l "t7) Die Impulsrate einer radioaktiven Substanz nimmt alle 11 Minuten um ein Drittel ihres Wertes ab. Bestimmen Sie die Zerfallskonstante dieser Substanz. (Stark, Unterrichtsmaterialien A.21.3)  
\*\*\*

\*[8.](lsgatom.docx#t8) Im Regenwasser ist ständig ein bestimmter Anteil des radioaktiven Wasserstoffisotops Tritium (Beta-Minus-Strahler) enthalten. Das Isotop entsteht aus H-Kernen durch Reaktion mit kosmischer Höhenstrahlung.   
a) Stellen Sie die vollständige Zerfallsgleichung auf.  
b) Nach 12,6 Jahren ist jeweils die Hälfte einer ursprünglichen Anzahl von Kernen des Tritiums zerfallen.   
Bei einer in einem geschlossenen Gefäß aufbewahrten Regenwasserprobe ist der Gehalt an Tritium gegenüber dem von „frischem“ Regenwasser auf 97% abgesunken.   
Berechnen Sie die Zeit, die seit dem Einfüllen des Regenwassers in das Gefäß vergangen ist.  
\*\*\*

[12.](lsgatom.docx" \l "t12) Wie viel Gramm sind von 1g Anfangsmenge nach 35 Tagen noch aktiv? (T½ = 14,3 d)  
\*\*



[2](lsgatom.docx" \l "t20)[0.](lsgatom.docx" \l "t20) Silber-108 hat eine Halbwertszeit von 3 min. Nach welcher Zeit (in Minuten) sind weniger als 1 % einer Ausgangsmasse noch vorhanden?  
\*\*

\*[2](lsgatom.docx" \l "t26)[6.](lsgatom.docx" \l "t26) In der Nuklearmedizin verwendet man häufig das Nuklid Tc-99 (T1/2 = 6h). Wie viel Prozent der in den menschlichen Körper gespritzten Tc-99-Substanz ist in 24 Stunden zerfallen?  
\*\*

[27.](lsgatom.docx" \l "t27) In eine Ionisationskammer wird ein radioaktives Gas gepumpt und der Strom in Zeitabständen von je 10 Sekunden gemessen. Man erhält folgende Messwerte:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| I in 10-12 A | 60 | 50 | 42 | 35 | 28 | 24 | 20 | 16 | 14 | 11 | 9 | 8 | 7 |

Bestimmen Sie die Halbwertszeit des radioaktiven Gases mit einem Diagramm.  
\*\*

[33.](lsgatom.docx" \l "t33) Ein Poloniumpräparat hat eine Halbwertszeit von 138 Tagen. Nach wie vielen Tagen sind 7/8 der Ausgangsmasse des Poloniums zerfallen?  
\*\*

[34.](lsgatom.docx" \l "t34) Nach wie viel Halbwertszeiten sind von einer radioaktiven Substanz mehr als 99% zerfallen, nach wie viel mehr als 99,9%?  
\*\*

[47.](lsgatom.docx#t47) Erklären Sie den Begriff “Halbwertzeit”.  
Stellen Sie die Halbwertszeit für das Element 137 Cs (tH = 37 Jahre) graphisch dar.  
\*\*

\*[51.](lsgatom.docx#t51) Fiktive Annahme:  
Vor 10 Milliarden Jahren hätten 1013 kg (10 Milliarden Tonnen) Pu‑244 existiert. In der Zwischenzeit wäre jedoch dieses Plutonium ständig zerfallen. Pu‑244 ist eines der langlebigsten künstlichen Elemente. Seine Halbwertszeit beträgt 8.3 ·107 Jahre.  
Welche Masse wäre von diesen ursprünglichen 1013 kg Pu‑244 heute noch vorhanden?  
\*\*\*

[52.](lsgatom.docx" \l "t52) Eine Probe mit 1 mg reinem Radium‑226 hat etwa 2.7·1018Kerne. Die Zerfallswahrscheinlichkeit k beträgt 13.8·10-12s-1. (Dies entspricht einer Halbwertszeit von 1600 Jahren)  
a) Wie groß ist die Aktivität dieser Probe?  
b) Wie viele Kerne zerfallen in 15 Minuten?  
c) Wie groß ist die Aktivität noch nach diesen 15 Minuten?  
\*\*\*

\*[6](lsgatom.docx" \l "t61)[1.](lsgatom.docx" \l "t61) Zur Untersuchung eines radioaktiven Präparates wurden die Impulsraten zu verschiedenen Zeiten ermittelt und daraufhin die Anzahl N der jeweils noch nicht zerfallenen Kerne berechnet. Es ergab sich folgende Messreihe:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in h | 6 | 12 | 24 | 36 | 48 | 96 | 144 |
| N | 3.04\*1021 | 8,26\*1020 | 7,64\*1019 | 6,34\*1018 | 1,00\*1018 | 6,34\*1013 | 1,25\*1010 |

a) Stellen Sie den natürlichen Logarithmus von N als Funktion der Zeit graphisch dar und ermitteln Sie die zum Zeitpunkt t = 0 vorhandene Anzahl von Kernen.  
b) Berechnen Sie die Halbwertszeit für den dargestellten Zerfallsvorgang.  
\*\*\*

[75.](lsgatom.docx#t75) 1g Kohlenstoff eines lebenden Organismus hat eine Aktivität von 3,48\*10-10 Ci.   
Bestimmen Sie das Alter der Mumie Tutenchamuns, wenn die Aktivität von 1 g Kohlenstoff dieser Mumie nur noch 2,34\*10-10 Ci beträgt. (Halbwertszeit: 5700 a)  
\*\*

[7](lsgatom.docx" \l "t76)[6.](lsgatom.docx" \l "t76) Wie erklären Sie sich, dass das mit der C-14-Methode bestimmte Alter von Bäumen in der Nähe der Autobahn z.B. 500 Jahre beträgt?  
\*\*

[77.](lsgatom.docx#t77) Bei einem Präparat zählt man 192 Impulse in 3 Minuten, ohne Präparat misst man in 10 Minuten 180 Impulse. Welche Zählrate hat das Präparat?  
\*\*

\*[83.](lsgatom.docx" \l "t83) Archäologen finden bei Ausgrabungen Holzkohlenreste. Diese Kohlestückchen lassen sie nach der C‑14-Methode datieren. Bei der Altersbestimmung wird die Aktivität dieser alten Probe mit der Aktivität einer frischen Holzkohlenprobe (Referenzprobe) verglichen.   
Das Ergebnis: Die alte Probe weist eine Aktivität von 21,2 Zerfällen pro Minute auf. Die Referenzprobe weist eine Aktivität von 32,3 Zerfällen pro Minute auf.  
Berechnen Sie das Alter der gefundenen Holzkohlenprobe. (C‑14 hat eine Halbwertszeit von 5730 Jahren).  
\*\*\*

[10](lsgatom.docx" \l "t100)[0.](lsgatom.docx" \l "t100) Die Zerfallskonstante von Radium beträgt Lambda=1,43\*10-11 s-1. Innerhalb welcher Zeit zerfällt die Hälfte der Radiumkerne?  
\*\*

\*[105.](lsgatom.docx#t105) Die Halbwertszeit von U-238 beträgt 4,5\*109 Jahre. Wie viele Kerne zerfallen pro Sekunde in einem Kilogramm? Atommasse U-238: 238,0508 u  
\*\*

[106.](lsgatom.docx#t106) Cs-131 zerfällt mit einer Halbwertszeit von 9,7 Tagen. Wie viel Prozent des Anfangsmaterials sind vorhanden  
a) nach einem Monat,  
b) nach einem Jahr?  
\*\*

\*[126.](lsgatom.docx#t126) 1g Ra-226 sendet in einer Sekunde 3,7\*1010 Alpha-Teilchen aus. Berechnen Sie daraus die Halbwertszeit und die Zerfallskonstante von Ra-226. Atommasse Ra-226 = 226,0254 u  
\*\*

[12](lsgatom.docx" \l "t127)[7.](lsgatom.docx" \l "t127) Zur Altersbestimmung von Fossilien nutzt man die C-14-Methode. Erklären Sie, warum man aus dem Anteil von C‑14 auf das Alter der Fossilien schließen kann.  
\*\*

\*[141.](lsgatom.docx#t141) Bei Ausgrabungsarbeiten wurde ein altes Holzstück einer bekannten Baumart gefunden. Der Kohlenstoffanteil beträgt 30 g. Die Messung ergab eine Restaktivität von 2,8\*10-2 min-1. Als Halbwertszeit von 14C soll 5730 a angenommen werden.  
Das Verhältnis  bei lebendem Holz ist bekannt.  
a) Berechnen Sie die Anzahl der noch im Holz befindlichen 14C Atome.  
b) Vor wie viel Jahren starb der Baum ab?  
\*\*\*\*

[144.](lsgatom.docx#t144) Eine alte Holzprobe besitzt trotz gleicher Kohlenstoffmenge nur 1/8 soviel radioaktiven Kohlenstoff C-14 wie eine neue. Wie alt ist sie?  
\*\*

\*[164.](lsgatom.docx#t164)

Ein Einschenken eines Bieres in ein Glas entsteht eine 50 mm hohe Blume. Nach 60 s ist die Höhe des Schaums auf 40 mm gesunken. Nach welcher Zeit erreicht die Blume die nicht besonders ansehnliche Höhe von 10 mm?

\*\*\*

\*[169.](lsgatom.docx#t169) Von dem Phosphorisotop  zerfallen innerhalb von 14,3 Tagen die Hälfte der Ausgangsmasse unter Aussendung von -Strahlung.

a) Welches Element entsteht bei dem Zerfall?

b) Wie viel g sind von 1g Anfangsmenge nach 35 Tagen noch vorhanden?

\*\*\*

[176](lsgatom.docx" \l "t176). Mit einer im Sättigungsbereich betriebenen Ionisationskammer soll der radioaktive Zerfall des Gases Rn220 untersucht werden. Dazu wird das beim Zerfall von Th228 entstehende Rn220-Gas über ein Ventil in die Kammer gedrückt.

a) Schreiben Sie die vollständige Zerfallsgleichung auf.

b) Die Versuchsdurchführung ergab folgende Messwerte für die Stärke des Ionisationsstroms in Abhängigkeit von der Zeit:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|  | 40 | 35,2 | 31,2 | 27,2 | 24 | 21,2 | 18,8 | 16,4 | 14,4 | 12,8 | 11,2 |

Zeigen sie unter Verwendung dieser Messwerte mittels eines geeigneten grafischen Verfahrens, dass die Stromstärke exponentiell nach der Beziehung  abnimmt.

c) Entnehmen Sie dem Graphen aus Aufgabe b den numerischen Wert für.

[171.](lsgatom.docx#t179) Der sogenannte Standartmensch besteht u. a. aus 14 kg Kohlenstoff. Dieser Kohlenstoff besteht aus den Isotopen C-12, C13 und C-14. Das Verhältnis C-12 zu C-14 beträgt während des gesamten Lebens konstant 1012 zu 1.

C-14 ist radioaktiv und zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren.

Wie viele C-14-Atome zerfallen im Durchschnitt pro Sekunde im menschlichen Körper?

a) einige wenige

b) einige 10

c) einige 100

d) einige 1 000

e) einige 10 000

f) einige 100 000

\*[186.](lsgatom.docx#t186) Eine Probe des Gold-Isotops Au-198 hat eine Aktivität von  Zerfälle je Sekunde. Nach einem Tag beträgt sie nur noch  Zerfälle je Sekunde.

a) Leiten Sie eine Gleichung zur Berechnung der Halbwertszeit aus den gegebenen Größen her.

b) Berechnen Sie die Halbwertszeit dieses Isotops?

[188.](lsgatom.docx#t188) Zu Beginn einer Messung mit radioaktiven Präparaten stehen 0,3 mg von Tl-206 zur Verfügung. (Thallium) Das Isotop hat die Atommasse 205,93207 u.

a) Stellen Sie die Zerfallsgleichung auf.

b) Geben Sie die Zahl N0 der anfangs vorhandenen Tl-Atome an.

Stellen Sie die Anzahl der Tl-Atome und die Anzahl der Atome des durch den Zerfall entstehenden Nuklids in Abhängigkeit von der Zeit grafisch dar. Das Diagramm soll vom Beginn der Messung bis zu 5 Halbwertszeiten reichen.

c) Welcher Prozentsatz von den anfangs vorhandenen Tl-Kernen ist nach 3 min noch übrig?

[189.](lsgatom.docx#t189) Wenn ein Raumschiff durch unser Planetensystem fliegt, dauern die Reisen meistens mehrere Jahre und verlaufen häufig in sonnenfernen Gebieten. Zur Stromversorgung sind dann Solarzellen ungeeignet und es werden radioaktive Energiequellen eingesetzt. Die beim Zerfall freiwerdende Wärme wird in elektrischen Strom umgewandelt.

Nun stehen zwei radioaktive Materialien gleicher Masse zur Verfügung:

Quelle 1 benutzt ein Isotop mit eine sechsmonatigen Halbwertszeit.

Quelle 2 benutzt ein anderes Isotop, das nur halb soviel Wärme abgibt, aber ein Jahr Halbwertszeit hat.

Welche Energiequelle liefert nach 2 Jahren noch mehr Energie?

a) Quelle 1

b) Quelle 2

c) beide gleich

[192.](lsgatom.docx#t192) Bei der Schilddrüsenszintigraphie wird die Aktivität einzelner Regionen der Schilddrüse diagnostiziert. Dazu erhält der Patient z.B. ein Iod-123-Präparat, das Gammastrahlung aussendet (Elektroneneinfang). Diese kann nachgewiesen werden und gibt Auskunft über die Schilddrüsenfunktionen.

Für eine Untersuchung mit Iod-123 beträgt die Anfangsaktivität 800 MBq. Das Isotop hat eine Halbwertszeit von 13,2 Stunden. Wie viel ng Iod-123 muss das Präparat enthalten? (Iod-123 hat eine Atommasse von 122,9 u)

[197.](lsgatom.docx#t197) Die Untersuchung des Zerfalls einer radioaktiven Probe ergab folgende Zahlen von noch nicht zerfallenen Kernen:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in s | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 |
| N | 2,4 ⬝ 1015 | 1,1 ⬝ 1015 | 5,3 ⬝ 1014 | 2,5 ⬝ 1014 | 1,2 ⬝ 1014 | 5,7 ⬝ 1013 |

a) Bestimmen Sie eine Gleichung, die den Zerfall dieses Isotops beschreibt.

b) Ermitteln Sie die Halbwertszeit dieses Isotops.

c) Um welches Element könnte es sich handeln?

d) Ermitteln Sie die Zeit, nach der die Anzahl der Kerne dieses Radonisotops auf 15% gesunken ist und geben Sie die Aktivität der Probe für diesen Zeitpunkt an.

[198.](lsgatom.docx" \l "t198) Von einem radioaktiven Stoff sind 60,0 s nach Beginn der Messung 54,2% der vorhandenen Kerne zerfallen. Nach welcher Zeit beträgt die Anzahl der vorhandenen Kerne nur noch 15,0% der Ausgangsmenge?

[207.](lsgatom.docx#t207) Das radioaktive Cäsiumisotop Cs-137 mit einer Halbwertszeit von 30,17 a gelangte beim Reaktorunglück von Tschernobyl am 26. April 1986 in größeren Mengen in die Umwelt. Im Süden von Deutschland, insbesondere im Bayrischen Wald, wurde danach eine durchschnittliche Cs-137-Kontamination von 100 kBq pro Quadratmeter gemessen (Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz). Die Aktivität von einem Gramm Cs-137 beträgt.

**a)** In welchem Kalenderjahr hat die Aktivität von Cs-137 um 70% abgenommen?

**b)** Wie groß war die Masse des insgesamt auf den Bayrischen Wald abgelagerten Cs-137? (Fläche Bayrischer Wald: 243 km², Quelle: bayrischer-wald.de)

[209.](lsgatom.docx#t209) Ein Grundprinzip der Nuklearmedizin ist die Darstellung von Stoffwechselvorgängen mittels sehr geringer Mengen einer radioaktiven Substanz, die den beobachteten Stoffwechsel nicht stören. Ideal hierfür sind reine Gammastrahler, z. B. angeregte (metastabile) Technetium-Nuklide. Über 90 % der nuklearmedizinischen Untersuchungen erfolgen mit Tc-99.

Die Energie der ausgesendeten Gammaquanten beträgt 140 keV, die Atommasse des Isotops Tc-99 beträgt.

**a)** Nennen Sie eine für Gammastrahlung typische Eigenschaft, in der sie sich von anderen Arten radioaktiver Strahlung unterscheidet. Berechnen Sie die Frequenz der hier genutzten Gammastrahlung.

Zum Zeitpunkt t=0 beträgt die Aktivität eines Tc-99-Präparats 60∙106 Bq. Untersuchungen zur Aktivität ergeben nachfolgende Messwerte:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in h | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| A in 106 Bq | 60,0 | 33,7 | 18,9 | 10,6 | 6,0 | 3,4 | 1,9 | 1,1 | 0,6 |

**b)** Ermitteln Sie die Halbwertzeit.

**c)** Leiten Sie ausgehend von der Gleichung



und



die Gleichung



her.

Weisen Sie unter Nutzung dieser Gleichung nach, dass nur etwa 3∙10-13 kg des Präparats erforderlich sind.

[225.](lsgatom.docx#t225) Ra-225 hat eine Halbwertszeit von 15 Tagen. Ein Ra-225-Präperat hat Anfangs eine Aktivität von 12 MBq.

**a)** Zeichen Sie für dieses Präparat ein A(t)-Diagramm in sinnvoller Größe,

**b)** Es sind die Aktivitäten des Präparats nach 10 Tagen, nach 25 Tagen und nach 60 Tagen anzugeben.

Bestimmen Sie die Werte durch Ablesen aus dem Diagramm oder durch exakte Berechnung. Entscheiden Sie selber, für welchen Zeitraum welches Verfahren geeignet ist.

[226.](lsgatom.docx#t226) Im Jahr 1991 haben Wanderer in den Alpen bei einem Gletscher eine Leiche gefunden, die sehr bald den Namen Ötzi bekam Ötzis Alter wurde mit Hilfe der Radiocarbonmethode bestimmt.

Es wurde ermittelt, dass der Anteil von C-14 im Körper von Ötzi auf etwa 53% des Ausgangswertes gesunken war. C-14 hat eine Halbwertszeit von 5730 Jahre.

**a)** Beschreiben Sie die Altersbestimmung mit der C-14-Methode.

**b)** Zeichnen Sie ein Diagramm, dass den prozentualen Verlauf des Gehalts an C-14 in Abhängigkeit von der Zeit für vier Halbwertszeiten darstellt.

**c)** Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms das ungefähre Todesjahr von Ötzi.

**d)** Erklären Sie, weshalb die C-14-Methode für die Altersbestimmung von Saurierknochen völlig ungeeignet ist.

[228.](lsgatom.docx#t228) (Realschule Bayern, 2003)

Das radioaktive Kohlenstoffisotop C-14 mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren entsteht, wenn in der Erdatmosphäre Neutronen mit Stickstoffkernen (N-14) reagieren.

**a)** Geben Sie mit einer Kernreaktionsgleichung die Bildung von C-14 an.

**b)** Beschreiben Sie die C-14-Methode, mit der auf das Alter eines archäologischen Fundes geschlossen werden kann.

**c)** In einer Höhle wurde Holzkohle gefunden. Bei einer Untersuchung von 15 g dieser Holzkohle wurde eine Aktivität von 3,13 Bq ermittelt.

Im Holz lebender Pflanzen ist so viel C-14, dass sich im Mittel 15,3 Zerfallsakte pro Minute und Gramm Kohlenstoff ereignen.

Berechnen Sie das Alter der gefundenen Holzkohle.

**d)** Stellen Sie die Masse der in einem abgestorbenen Körper vorhandenen C-14-Isotope in Abhängigkeit von der Zeit dar und erklären Sie mit Hilfe des Graphen den Begriff der Halbwertszeit.

**e)** Das Kohlenstoffisotop C-14 ist ein β -Strahler.

Formulieren Sie die Kernreaktionsgleichung für den Zerfall von C-14.

**f)** Geben Sie drei Eigenschaften der β -Strahlung an.

**g)** Nennen Sie drei Ursachen, weshalb die Menschen heute einer höheren radioaktiven Strahlenbelastung ausgesetzt sind als vor 200 Jahren.

[229.](lsgatom.docx#t229) (Realschule Bayern, 2016)

Medizinische Produkte, wie beispielsweise Implantate, Prothesen oder Blutschlauchsysteme, werden mithilfe radioaktiver Strahlung keimfrei gemacht. In sogenannten „Gamma-Anlagen“ nutzt man hierzu Kobalt-60.

**a)** Bestrahlt man das natürlich vorkommende Kobalt mit Neutronen, so entsteht Kobalt-60.

Geben Sie die zugehörige Kernreaktionsgleichung an.

**b)** Kobalt-60 zerfällt unter Aussendung von β- und γ-Strahlung.

Geben Sie die zugehörige Zerfallsgleichung an.

**c)** Nennen Sie die Eigenschaften von β- und γ-Strahlung hinsichtlich Abschirmbarkeit, Reichweite in Luft, Ladung und Ablenkbarkeit.

**d)** Nach 17,6 Jahren sind 90 % der Kobalt-60-Kerne zerfallen.

Weisen Sie durch Rechnung nach, dass die Halbwertszeit von Kobalt-60 5,3 Jahre beträgt.

**e)** In eine Gamma-Anlage werden 3,0 kg Kobalt-60 eingebracht und danach 20 Jahre

lang verwendet.

Stellen Sie die Masse von Kobalt-60 in Abhängigkeit von der Zeit innerhalb der ersten sechs Halbwertszeiten graphisch dar und entnehmen Sie dem Diagramm die Masse, die nach 20 Jahren noch vorhanden ist.

[230.](lsgatom.docx#t230) Bei dem Reaktorunglück in Tschernobyl im April 1986 gelangte eine große Menge des radioaktiven Cäsiumisotops Cs-137 in die Umgebung. Das Isotop lagerte sich im Boden ab und befindet sich auch heute noch in den Fruchtkörpern von Speisepilzen. In 30,17 Jahren zerfällt die Hälfte der Isotope unter Aussendung von Beta-Strahlung.

In welchen Jahr ist die Konzentration von Cs-137 im Boden um 70% des ursprünglichen Wertes von 1986 gesunken?

[238.](lsgatom.docx#t238) (LK 2020, NT)

Eine wässrige Lösung enthält eine genau definierte Masse eines radioaktiven Isotops. Diese Lösung wird für eine Strahlentherapie in der Medizin zur Behandlung von Patienten genutzt. Der Grenzwert der zulässigen Aktivität beträgt 2,00 ∙ 108 Bq.

**a)** Leiten Sie unter Nutzung des Zerfallsgesetztes



Und der Definitionsgleichung der Aktivität



die Gleichung



her.

**b)** Die Aktivität wird in Abhängigkeit von der Zeit gemessen.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in d | 2,00 | 3,00 | 4,00 | 5,00 | 6,00 |
| A in 108 Bq | 1,51 | 1,39 | 1,27 | 1,17 | 1,07 |

Ermitteln Sie die Halbwertszeit des Isotops und weisen Sie nach, dass zum Zeitpunkt der Verabreichung t = 0 der Grenzwert der zulässigen Aktivität nicht überschritten wurde.

**c)** Geben Sie die Anzahl der zum Zeitpunkt t = 0 vorhandenen Nuklide des radioaktiven Isotops an.

[240.](lsgatom.docx#t240) (LK 1994)

**a)** Interpretieren Sie das Zerfallsgesetz, stellen Sie N(t) grafisch dar und erklären Sie den Begriff „Halbwertszeit“.

**b)** Eine radioaktive Substanz besteht aus 3,50 ⋅ 1028 Kernen. Nach vier Stunden sind noch 2,50 ⋅ 1028 Kerne dieser Substanz vorhanden. Bestimmen Sie die Halbwertszeit.

[250.](lsgatom.docx#t250) (LK Bayern 1995)

Die Altersbestimmung von Gesteinen aus der Frühzeit der Erdgeschichte kann mit der Uran-Blei-Methode erfolgen. Uran zerfällt im Laufe der Zeit zum stabilen Blei und man kann das Verhältnis beider Kernarten im Gestein bestimmen.

Es wird gegründet angenommen, dass zum Zeitpunkt der Gesteinsbildung kein Blei im Gestein vorhanden war. Es kann aber sein, dass die Gesteine bei späteren Umwandlungsphasen (Aufschmelzen, Erstarren) einen Teil des Bleigehaltes wieder verloren haben. Das verfälscht das bestimmte Alter des Gesteins.

Um das zu vermeiden, kann man den Zerfall von U-238 und U-235 getrennt untersuchen. Führen beide Uran-Blei-Isotopenverhältnisse zum gleichen Alter, so spricht man von einer „ungestörten“ Gesteinsprobe.

**a)** Uran zerfällt nicht direkt, sondern über mehrere Zwischenprodukte zu Blei. Begründen Sie mit Hilfe der Nuklidkarte, dass man bei der rechnerischen Behandlung des Uranzerfalls in guter Näherung davon ausgehen kann, dass Uran einen direkten Zerfall zum Blei durchführt.

**b)** Leiten Sie für das Alter t eines Gesteins die Gleichung



her, wobei NPb und Nu die heutigen Teilchenzahlen von „zusammengehörigen“ Blei- bzw. Uranisotopen bezeichnen.

**c)** Bei den ältesten „ungestörten“ Gesteinsproben ergibt die Untersuchung ein Massenverhältnis der Nuklide Pb-206 und U-238 von m206 : m238 = 0,77. Zeigen Sie, dass man als Alter des Gesteins 4,1 Milliarden Jahre erhält.

**d)** Welches Massenverhältnis m207 : m235 der Isotope Pb-207 und U-235 erhält man in der Probe der Teilaufgabe c?

[251.](lsgatom.docx#t251)

In der hohen Atmosphäre wird durch eine Kernreaktion der kosmischen Höhenstrahlung fortwährend das Wasserstoffisotop Tritium gebildet. Tritium zerfällt unter Aussendung von Beat-Minus-Strahlung mit einer Halbwertszeit von 12,26 a.

Bei der Untersuchung des Grundwassers aus einer Bohrung hat man festgestellt, dass der Gehalt an Tritium nur 28% des Tritiumgehalts von frischem Regenwasser beträgt.

**a)** Geben Sie die vollständige Zerfallsgleichung von Tritium an.

**b)** Das geförderte Wasser ist vollständig durch Versickern von Regenwasser entstanden. Wie viele Jahre sind seit Niedergehen des Regens vergangen?

|  |  |
| --- | --- |
| Zerfallsgleichungen | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |

[15.](lsgatom.docx#t15) Welche Bedeutung hat das Neutrino beim Beta-Zerfall?  
\*\*

[19.](lsgatom.docx#t19) Silber-108 zerfällt unter Aussendung von Beta- - Strahlung. Geben Sie die Zerfallsgleichung an. Erklären Sie, wie das Beta- - Teilchen entsteht.  
\*\*

[25.](lsgatom.docx#t25) Ra-226 ist Glied der Zerfallsreihe von U-238. U-238 sendet zuerst ein Alpha-Teilchen, dann zweimal hintereinander ein Beta-Teilchen, dann zweimal ein Alpha-Teilchen aus, bis es sich in Ra-226 umgewandelt hat. Stellen Sie die Zerfallsreihe auf.  
\*\*

[28.](lsgatom.docx" \l "t28) Das Nuklid C-14 ist ein Beta-Strahler. In welchen Stoff zerfällt es?  
\*\*

[31.](lsgatom.docx" \l "t31) Ein Atomkern führt zwei Beta-Zerfälle hintereinander aus. Um welchen Kern handelt es sich, wenn der Endkern Zirkonium-90 ist?  
\*\*

[32.](lsgatom.docx#t32) Welcher Kern entsteht, nachdem Ra-226 drei Alpha-Zerfälle hintereinander ausgeführt hat?  
\*\*

[39.](lsgatom.docx" \l "t39) Schreiben Sie die vollständigen Zerfallsgleichungen auf:  
a)   
b) 

\*\*

[40.](lsgatom.docx#t40) Erklären Sie, warum es nach der Untersuchung des Beta-Zerfalls notwendig war, als hypothetisches Teilchen das Neutrino einzuführen.  
\*\*

[48.](lsgatom.docx" \l "t48) Geben Sie die Gleichungen für die Kernumwandlung an!  
17N Beta-Minus Strahler

11C 62Zn Elektroneneinfang

45 Ca Beta-Minus Strahler

229 Th Alpha Strahler

44Sc Beta-Minus Strahler und Gamma Strahler

8Be 2 Alpha Strahler

11C Beta-Plus Strahler

\*\*

[55.](lsgatom.docx" \l "t55) Ausgangsnuklid der Uran-Radium-Reihe ist Uran-238. Die folgenden Elemente sind Thorium, Protactinium, Uran und Thorium in dieser Reihenfolge.  
Geben Sie an, bei welchem dieser Kernzerfälle Alpha-Strahlung auftritt.  
\*\*

[9](lsgatom.docx" \l "t99)[9.](lsgatom.docx" \l "t99) Geben Sie für folgende Umwandlungen die Kernreaktionsgleichungen an:  
Si-31 in P-31, U-238 in Th-234, Na-22 in Ne-22, Co-60 in Ni-60.  
\*\*

[112.](lsgatom.docx#t112) Nennen Sie die drei wichtigsten Zerfallsarten. Beschreiben Sie kurz die Teilchen, die bei diesen Zerfällen emittiert werden.  
\*\*

[145.](lsgatom.docx#t145) Americium Am-241 ist radioaktiv. Der größte Teil seiner Strahlung kann Papier nicht durchdringen, der Rest der Strahlung kann nur durch Bleiplatten zurückgehalten werden. Wie lautet die Zerfallsgleichung?  
\*\*  
[158.](lsgatom.docx#t158)

|  |
| --- |
| Aus einem alten Buch:"...Der Zerfall des radioaktiven Niederschlags erfolgt also nicht auf einmal, sondern stufenweise. Es lassen sich drei Phasen des Zerfalls (des Radiums) beobachten, in denen zwei Zwischenprodukte, Radium A und Radium B entstehen. Das Endprodukt dieser rasch aufeinanderfolgenden Umwandlungen nennen wir Radium C. Nach den neusten Untersuchungen von O. Hahn und Frl. Meitner besteht das Radium C aus zwei aufeinanderfolgenden Phasen: aus Radium C1 und aus Radium C2. Alle diese Produkte sind von äußerst kurzer Lebensdauer, welche nach Minuten gezählt wird. Keines von ihnen kann infolgedessen in genügender Menge aufgesammelt werden, welche erlauben würde, seine Eigenschaften zu studieren. Alles, was wir von diesen unbeständigen Elementen wissen, ist seine Umwandlungskonstante und allenfalls seine Flüchtigkeit und Strahlungsart...." (M. Centnerszwer: Das Radium und die Radioaktivität, B.G.Teubner Leipzig und Berlin, 1913)  Den Stoffen Emanation (Niton), Radium A, Radium B, Radium C1 und Radium C2 können heute chemischen Elementen zugeordnet werden. Welche Elemente sind das? |
|  |

[175](lsgatom.docx#t175).Co-60 ist ein Beta-Minus-Strahler, der aus dem Grundzustand 2 Gruppen von Beta-Minus-Teilchen mit den Maximalenergien

 und



emittiert. Außerdem werden 2 Gamma-Quanten emittiert. Das energiereichere hat die Energie 1,33 MeV.

a) Geben Sie die Zerfallsgleichung an.

b) Berechnen Sie die Zerfallsenergie.

c) Zeichnen sie das Zerfallsschema und tragen Sie den Übergang ein, bei dem das 1,33 MeV Gamma-Quant emittiert wird.

d) Berechnen Sie die Energie des zweiten Gamma-Quants.

Nuklidmassen: Co-60: 59,918998 u

Ni-60: 59,91542 u

[185.](lsgatom.docx#t185) Das Isotop  kann sich auf drei verschiedenen Wegen in das Isotop  umwandelt:

* 
* 
* 

Geben Sie für alle drei Wege die Zerfallsgleichungen an.

[196.](lsgatom.docx#t196) Wenn U-234 zerfällt, entsteht irgendwann auch Po-218­­. Schreibe für Po-218 und das daraus entstehende Element die Zerfallsgleichungen auf.

Erkläre, wieso aus dem Kern ein Elektron kommen kann.

[236.](lsgatom.docx#t236) Beschreibe den Prozess, der mit dieser Gleichung dargestellt wird:



[242.](lsgatom.docx#t242) (LK 1994)

Beim Bestrahlen mit einem Neutron (Masse 1,008665 u) geht der Kern Silizium-30 (Masse 29,97831 u) in den Kern Silizium-31 über.

Dieser ist instabil und ergibt durch Beta-Minus-Zerfall den Kern Phosphor-31 (Masse 30,96553 u). Die Masse des Elektrons beträgt 0,000549 u.

**a)** Geben Sie die Reaktionsgleichungen für beide Umwandlungen an.

**b)** Begründen Sie rechnerisch, dass es sich bei dieser Kernumwandlung um einen Prozess handelt, bei dem Energie freigesetzt wird. Die kinetische Energie des Neutrons ist dabei zu vernachlässigen.

[248.](lsgatom.docx#t248)

**Beta-Zerfall**

(LK Bayern 1997)

Das Isotop zerfällt unter Emission eines Elektrons direkt in den Grundzustand des Tochterkerns.

**a)** Geben Sie die Zerfallsgleichung an. Begründen Sie, warum bei diesem Isotop kein Alpha-Zerfall auftreten kann.

**b)** Die maximale kinetische Energie der emittierten Elektronen beträgt 3,505 MeV. Berechnen Sie die Masse des Helium-Atoms.

Das Tochteratom des radioaktiven Zerfalls hat eine Masse von 6,0151228 u.

**c)** Um das Geschwindigkeitsspektrum der Beta-Strahlung aufzunehmen, durchlaufen die Elektronen einen Geschwindigkeitsfilter nach Wilhelm Wien.

Erklären Sie den Aufbau und die Wirkungsweise eines solchen Geschwindigkeitsfilters.

**d)** Skizzieren Sie qualitativ die Energieverteilung der emittierten Elektronen. Begründen Sie, dass daraus auf die Existenz des Neutrinos geschlossen werden kann.

[254.](lsgatom.docx#t254) (GK Sachsen 2019)

Uranerzvorkommen unserer Erde enthalten sowohl das Uranisotop U-235 als auch das Isotop U-238.

**a)** Erklären Sie am Beispiel des Urans den Begriff Isotop.

**b)** Ein U-238-Kern zerfällt unter Aussendung eines Heliumkerns. Geben Sie die zugehörige Kernumwandlungsgleichung an.

**c)** Durch die Wechselwirkung eines U-235-Kerns mit einem Neutron kommt es zu einer Kernspaltung. Dabei entstehen ein Cs-140-Kern und ein Rb-94-Kern.

Weisen Sie nach, dass bei dieser Kernspaltung zwei Neutronen emittiert werden.

**d)** Ermitteln Sie für diese Kernspaltung die freigesetzte Energie.

Hinweise:

|  |  |
| --- | --- |
| Nukild | Kernmasse |
| U-235 | 3,90216 ⋅ 10-25 kg |
| Cs-140 | 2,32288 ⋅ 10-25 kg |
| Rb-94 | 1,55935 ⋅ 10-25 kg |
| Teilchen | Teilchenmasse |
| Neutron | 1,67493 ⋅ 10-27 kg |

|  |  |
| --- | --- |
| künstliche Kernumwandlung | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

[4.](lsgatom.docx#t4) Das radioaktive Element Rhodium wandelt sich nach folgender Gleichung um:



a) Schreiben Sie die Reaktionsgleichung ausführlich und beschreiben Sie den Vorgang.  
b) Wie kann man experimentell feststellen, dass das zerfallenen Rhodiumisotop wirklich ein Beta-Minus-Strahler ist?  
c) Die Atommasse von Rh-103 ist 102,90551 u, die von Pd-104 beträgt 103,90401 u. Berechnen Sie die maximale kinetische Energie der emittierten Beta-Teilchen, wenn das Rhodiumisotop Rh-103 mit thermischen Neutronen bestrahlt wurden.  
\*\*\*

[5.](lsgatom.docx" \l "t5) Rutherford untersuchte im Jahre 1918 die Wirkung, die beim Durchgang schneller Alphateilchen durch Gase auftreten. Als Alphaquelle benutzte er das radioaktive Polonium-Präparat Po-214. Nach vielen sorgfältigen Versuchen kam er zu dem Ergebnis, dass beim Beschießen von Stickstoffatomen mit Alphateilchen Wasserstoffkerne (Protonen) auftreten.  
Für das Entstehen dieser Protonen sind im Prinzip zwei Möglichkeiten denkbar:  
1) Ein Alphateilchen stößt mit einem Stickstoffkern zusammen. Ein Proton wird aus dem Stickstoffkern herausgeschlagen, das Alphateilchen bewegt sich mit verminderter Energie weiter und ein ”Restkern” verlässt die Kollisionszone in rückwärtiger Richtung.   
2) Ein Alphateilchen stößt mit einem Stickstoffkern zusammen. Es bildet sich der Kern eines Fluorisotops. Dieser Kern ist nicht stabil. Er zerfällt nach kurzer Zeit in ein Proton und in einem Sauerstoffkern.  
a) Schreiben Sie für beide Vorgänge die Reaktionsgleichung auf!

|  |  |
| --- | --- |
| b) Die Entscheidung, welche der beiden Möglichkeiten zutrifft, erbrachte P. Blackett im Jahre 1924. Er füllte dazu eine Nebelkammer mit Stickstoffgas und beobachtete was geschieht, wenn Alphateilchen mit Stickstoffkernen zusammenstoßen. Er machte hierzu 2 300 Aufnahmen (im Durchschnitt 4 pro Minute). In 8 Fällen beobachtete er ein Ereignis, wie es die Abbildung zeigt.  Erklären Sie, weshalb die Abbildung beweist, dass Möglichkeit (2) zutrifft. c) Die Auswertung der Abbildung erbringt, dass die kinetische Energie des Alphateilchens um 1,2 MeV größer ist als die Summe der kinetischen Energien des Protons und des Sauerstoffkerns. Bedeutet das, dass der Energieerhaltungssatz für diesen Vorgang nicht mehr zutrifft oder wie lässt sich dieser scheinbare Widerspruch sonst erklären? |  |

d) Unter welchen Voraussetzungen ist die Kernumwandlung möglich?  
e) Beschießt man Sauerstoffkerne mit Alphateilchen der kinetischen Energie 4 MeV, so stellt man fest, dass die Alphateilchen beim Zusammenstoß mit Sauerstoffkernen durchweg nur elastisch gestreut werden. Weisen Sie durch Rechnung nach, weshalb es unter dieser Voraussetzung nicht zur Kernumwandlung kommen kann.  
\*\*\*



[35.](lsgatom.docx" \l "t35) Die Kernreaktion, die zur Entdeckung des Neutrons führte, lautet in Kurzschreibweise:  
Be-9 (α; n) C-12.  
a) Schreiben Sie die ausführliche Reaktionsgleichung unter Angabe des Zwischenkerns und erklären Sie den Vorgang in Worten.  
b) Welcher Typ von Kernreaktion liegt vor?  
\*\*\*

[43.](lsgatom.docx" \l "t43) Was versteht man unter Elektroneneinfang?  
\*\*

[62.](lsgatom.docx" \l "t62) Durch Bestrahlung von Rhodium-103 mit thermischen Neutronen wandelt sich dieses unter Aussendung von Beta-Minus-Strahlung in Palladium 104 um.  
a) Geben Sie für die beschriebene künstliche Kernumwandlung die ausführliche Reaktionsgleichung an.  
b) Beschreiben und erklären Sie ein geeignetes Experiment, mit dem nachgewiesen werden kann, dass die beim Zerfallsvorgang emittierten Teilchen tatsächlich Beta-Minus-Teilchen sind.  
c) Berechnen Sie die maximale kinetische Energie eines emittierten Beta-Minus-Teilchens und begründen Sie, dass das Energiespektrum kontinuierlich ist.   
(Kernmasse Rhodium-103 1,70882\*10-25 kg, Kernmasse Palladium-104 1,72540\*20-25 kg)  
\*\*\*

[107.](lsgatom.docx#t107) Warum sind Neutronen für künstliche Kernumwandlungen besonders gut geeignet und warum kann man sie nicht wie ein Gas in Stahlflaschen aufbewahren?  
\*\*

[110.](lsgatom.docx" \l "t110) Folgende Kernreaktion ist gegeben: 9Be(Alpha,n)12C. Untersuchen Sie, ob es sich bei diesem Prozess um einen exothermen oder endothermen Vorgang handelt.  
\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t140)[40.](lsgatom.docx" \l "t140) Um schnelle Neutronen zu erzeugen, wird ein Tritiumtarget (T) mit Deuteronen (D) der kinetischen Energie 400 keV beschossen.

m (31 T) = 3,01550082 u

m (21 D) = 2,0135536 u

m (n) = 1,008665u u = 1, 66057 .l0 -27 kg

a) Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf!

Hinweis: Es entsteht zunächst der Zwischenkern 52 He\* , der unter Aussendung des schnellen Neutrons zerfällt.

b) Welche kinetische Energie besitzt ein emittiertes Neutron höchstens?

Die Masse des entstehenden Kerns beträgt 4,0015064 u.   
\*\*\*

[142.](lsgatom.docx" \l "t142) Bestrahlt man einen Siliziumkern 30Si mit Neutronen, so geht dieser in Silizium 31Si über. Silizium 31Si ist instabil und ergibt durch Zerfall den Phosphorkern 31P. Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung und berechnen Sie die bei dem Kernprozess frei werdende Energie.  
Verwenden Sie: mn = 1,00867 u, mSi-30 = 29,97831 u, me = 0,00055 u,   
mP-31 = 30,96553 u.  
\*\*\*

[143.](lsgatom.docx#t143) Aus dem Weltall treffen laufend Neutronen auf die Erde. In der Atmosphäre stoßen sie mit Stickstoffkernen N-14 zusammen. Durch eine Kernreaktion entsteht das radioaktive Kohlenstoff C-14. Wie lautet diese Kernreaktion?  
\*\*

[155.](lsgatom.docx#t155) Ein Aluminium-27-Kern wird mit Alphateilchen beschossen. Dabei entsteht Phosphor-30, das mit einer Halbwertszeit von 150 s in Silicium-30 zerfällt.   
Stellen Sie die Reaktionsgleichungen auf.  
\*\*  
[156.](lsgatom.docx#t156) Bei künstlichen Kernreaktionen entstehen Positronen, die sich jedoch schnell mit einem Elektron vereinigen und Zerstrahlen (Paarzerstrahlung). Dabei werden zwei Photonen gleicher Energie frei. Welche Frequenz haben diese beiden Photonen, wenn sich die Teilchen vor der Zerstrahlung mit vernachlässigbarer Energie bewegen?  
\*\*\*  
  
\*[157.](lsgatom.docx#t157) Wie hoch ist die Mindestenergie, die zur Abspaltung eines Protons bzw. eines Neutrons von einem He-4-Kern erforderlich ist.

Warum sind diese Energien verschieden?  
\*\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t172)[72.](lsgatom.docx" \l "t172) 1934 untersuchte das Ehepaar Joliot u.a. die Reaktion



Erklären Sie am Beispiel dieser Reaktion die Begriffe „künstliche Radioaktivität“ und „Aktivierung“.

|  |  |
| --- | --- |
| Strahlenschutz | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |

[13.](lsgatom.docx#t13) Nennen Sie die Grundregeln des Strahlenschutzes und begründen Sie diese.  
\*\*

[14.](lsgatom.docx#t14) Erklären Sie die Begriffe Energiedosis und Äquivalentdosis.  
\*\*

[5](lsgatom.docx" \l "t58)[8.](lsgatom.docx" \l "t58) Bei einem Experiment zur Absorption mit Gammastrahlen wurden folgende Werte gemessen:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dicke in mm | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| Zählrate in Imp./min | 2000 | 1320 | 880 | 590 | 410 | 270 | 180 | 120 |

Wie groß ist die Halbwertsdicke?   
Wie dick muss die Schicht sein, damit 90% der Strahlung absorbiert werden?  
Fertigen Sie zunächst ein Diagramm an.  
\*\*

[85.](lsgatom.docx" \l "t85) In einem Forschungslabor wird eine Dosisleistung von 20 mGy/h gemessen. Dabei handelt es sich um ein Experiment mit Neutronenstrahlung. Nach wie vielen Stunden muss ein Forscher das Labor verlassen, wenn die Äquivalentdosis maximal 1 mSv betragen darf?  
\*\*

[104.](lsgatom.docx" \l "t104) Welche physikalischen Größen verwendet man im Strahlenschutz?  
\*

[115.](lsgatom.docx#t115) Ein Gammastrahl habe in 10 m Abstand eine Zählrate von 2.5·106 1/s. Dabei beträgt die Ansprechwahrscheinlichkeit des Geiger-Müller-Zählrohres 0.1. Anstelle des Zählrohres wird ein Probekörper der Masse 1 kg hingelegt. Berechnen Sie die Dosisleistung in diesem Körper unter der Annahme, dass jedes Gamma‑Quant im Körper 1 MeV Energie deponiert.  
\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t116)[16.](lsgatom.docx" \l "t116) Nehmen Sie an, Alpha‑Teilchen und Beta‑Teilchen ergeben dieselbe Energiedosis in einem Gewebe. Was können Sie über die Anzahl der betroffenen Zellen aussagen?  
\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t119)[19.](lsgatom.docx" \l "t119) Ein Glas Whisky enthält eine chemische Energie von etwa 300 kJ. Welche Dosis erhielte ein Mensch, der dieselbe Energie kurzfristig in Form von Gamma‑Strahlung aufnähme? Vergleichen Sie die gesundheitlichen Auswirkungen.  
\*

\*[171.](lsgatom.docx#t171) Ein radioaktiver Gammastrahler mit der Energie von 2 MeV soll durch eine Bleiplatte abgeschirmt werden, so dass hinter der Platte nur noch eine Intensität von 1,0% der ursprünglichen Strahlung gemessen wird. Mit einer 1,4 cm dicken Platte kann die Intensität dieser Strahlung auf die Hälfte reduziert werden.

Wie dick muss die Bleiabschirmung sein?

\*\*\*

[212.](lsgatom.docx#t212) Ein Cs-137-Strahler von 40 GBq ist durch eine Schichtung aus 5 cm Blei und 30 cm Beton abgeschirmt. Wie groß ist die Ortsdosisleistung der Gammastrahlen hinter der Abschirmung in 1m Entfernung von der Strahlenquelle?

Blei hat für die Cs-137-Strahlung eine Halbwertsdicke von 0,7 cm und Beton für diese Strahlung von 7,4 cm.

Die Dosisleistungskonstante für Cs-137 ist



[213.](lsgatom.docx#t213) An einem Ort wird eine Ortsdosisleistung von 0,15 mSv/h gemessen. Mit welcher Äquivalentdosis muss eine Person rechnen, die sich 90 min dort aufhält?

[214.](lsgatom.docx#t214) Wie hoch ist Ortsdosisleistung eines punktförmigen Cs-137-Präparates in 3 m Abstand, wenn die Aktivität 1,85 GBq beträgt? Die Dosisleistungskonstante für Cs-137 ist



[215.](lsgatom.docx#t215) Ein Techniker ist 4 h bei 60 µSv/h tätig, dann 15 min bei 800 µSv/h und schließlich 30 min bei 1 mSv/h. Welche Personendosis ist insgesamt zu erwarten?

[216.](lsgatom.docx#t216) In einem Abstand von 3 m von einem freistrahlenden Ir-192 Strahler messen Sie mit einer Außensonde eine Dosisleistung von 50 mSv/h. Welche Dosisleistung erwarten Sie in einem Abstand von 15 m?

[217.](lsgatom.docx#t217) Nachdem Sie in einem Abstand von 2,5 m eine Ortsdosisleistung von 10 µSv/h gemessen haben, messen Sie die Ortsdosisleistung im Abstand von 1,25 m. Welchen Wert können Sie dort erwarten?

[218.](lsgatom.docx#t218) Wie groß ist die Ortsdosisleistung, die eine umschlossene Ir-192-Quelle von 5 GBq in 2 m Entfernung hinter einer Abschirmung aus 3 cm Blei erzeugt?

Die Dosisleistungskonstante für Ir-192 ist



Die Halbwertsdicke von Blei beträgt für die Gammastrahlung, die Ir-192 aussendet, 4,2 mm.

[219.](lsgatom.docx#t219) Ein Co-60-Präparat hatte beim Kauf eine Aktivität von 40 GBq. Wie groß ist die Aktivität 28 Jahre nach dem Kauf?

Die Halbwertszeit von Co-60 beträgt 5,3 a.

[220.](lsgatom.docx#t220) Die aktuelle Aktivität einer Kr-85-Quelle beträgt 2,6 GBq.

Wie groß war die Aktivität der Quelle zur Zeit ihrer Herstellung vor 24 Jahren?

Die Halbwertszeit von Kr-85 beträgt 10,8 a.

[223.](lsgatom.docx#t223) Im ehemaligen Salzbergwerk Asse wurde die Endlagerung radioaktiver Abfälle erprobt. Unter anderem wurden Abfälle aus einer Wiederaufbereitungsanlage eingelagert, die auch das hochgiftige Plutoniumisotop Pu-239 enthalten.

**a)** Pu-239 ist ein Alpha-Strahler. Geben Sie die Kernreaktionsgleichung für diesen Zerfall an.

**b)** Im Jahr 1975 wurden 28 kg Plutonium-239 in der Anlage Asse eingelagert. Die Halbwertszeit von Pu-239 beträgt 24 100 Jahre.

Stellen Sie die noch vorhandene Masse in Abhängigkeit von der Zeit für einen Zeitraum von 5 Halbwertszeiten grafisch dar.

**c)** Berechnen Sie, nach welcher Zeit noch 10% des eingelagerten Plutoniums vorhanden Sie.

Überprüfen Sie Ihr Rechenergebnis mit dem Diagramm aus Aufgabe b).

**d)** In das ehemalige Salzbergwerk Asse dringen täglich rund 12 m³ Wasser ein. Die radioaktiven Abfälle sollen deshalb so schnell wie möglich an einen sicheren Ort gebracht werden.

Wieso ist das eindringende Wasser ein Risikofaktor?

Nennen Sie einen weiteren möglichen Risikofaktor, der bei der Wahl eines neuen Standortes in Betracht gezogen werden muss.

[245.](lsgatom.docx#t245) 137Cs ist eine beliebte Gammaquelle in der Strahlentherapie. Der Beta-Zerfall des Nuklids 137Cs wird immer von Gamma-Strahlung begleitet. Durch eine geeignete Abschirmung tritt nur Gamma-Strahlung aus der Quelle aus.

Eine quantitative Untersuchung der Schwächung dieser Strahlung in Blei wird mit Bleiplatten der Dicke d und einem Geiger-Müller-Zählrohr durchgeführt.

Die Messergebnisse in der folgenden Tabelle zu entnehmen. Die Nullrate wurde berücksichtigt und von den Messwerten subtrahiert.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| d in mm | 0 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 15 | 20 |
| Z in s-1 | 50 | 46 | 41 | 38 | 34 | 31 | 26 | 22 | 12 | 8 |

**a)** Stellen Sie die Zählrate Z in Abhängigkeit von der Dicke d in einem Diagramm dar.

Analog zur Halbwertszeit beim radioaktiven Zerfall führt man eine Halbwertsdicke bei der Absorption von Gamma-Strahlung ein.

**b)** Zeigen Sie mit Hilfe des Diagramms, dass diese Halbwertsdicke 7,5 mm groß ist.

**c)** Berechnen Sie mit Hilfe dieser Halbwertsdicke die Zählrate, die hinter einer 30 mm dicken Bleiplatte zu erwarten ist.

Das verwendete 137Cs-Präparat emittiert pro Sekunde 3,7 ⋅ 106 Gamma-Quanten mit einer Energie von jeweils 0,662 MeV in alle Raumrichtungen. Die Halbwertszeit liegt für 137Cs bei 30,17 Jahre. Das rechtfertige die Annahme, dass die Intensität des Strahlers im Laufe eines Jahres unverändert bleibt.

**d)** Berechnen Sie die gesamte Energie der Strahlung, die der Strahler während eines Jahres abgibt. Geben Sie den Wert in Joule an.

**e)** Wenn er nicht benutzt wird, befindet sich der Strahler in einem Bleizylinder mit 3,0 cm Radius und 10 cm Höhe, der 96% der Strahlung absorbiert.

Berechnen Sie die von dem Bleizylinder im Zeitraum eines Jahres aufgenommene Gamma-Energiedosis in Gy.

Der Hohlraum des Bleizylinders kann dabei vernachlässigt werden.

Eine Person, die immer wieder mit einer solche Strahlenquelle umgehen muss, sollte Sorfalt darauf verwenden, ihre Strahlenbelastung möglichst gering zu halten.

**f)** Nennen Sie die Grundregeln des Strahlenschutzes und begründen Sie kurz deren physikalische Bedeutung.

**g)** Erklären Sie, weshalb es erforderlich ist, Energiedosis und Äquivalentdosis zu unterscheiden.

[246.](lsgatom.docx#t246) (LK Bayern 2001)

Das radioaktive Edelgas Radon findet sich fast überall im Erdboden als Zerfallsprodukt von natürlich vorhandenen Uran bzw. Thorium. Es dringt durch tief reichende Brüche im Bodengestein an die Oberfläche und sammelt sich in Höhlen und Kellerräumen. In Deutschland trägt Radon mit durchschnittlich 1,4 mSv pro Jahr am stärksten zur natürlichen Strahlenbelastung von 2,4 mSv pro Jahr bei.

**a)** Nennen Sie zwei Maßnahmen zur Reduzierung der Radonbelastung in Gebäuden. Geben Sie zwei weitere Ursachen der natürlichen Strahlenbelastung an.

**b)** Radon tritt in der Natur in Form von drei Isotopen auf. Das sind

* Rn-219 (Halbwertszeit 4,0 s)
* Rn-220 (Halbwertszeit 56 s)
* Rn-222 (Halbwertszeit 3,8 d)

Rn-222 entsteht als Folge eines Alpha-Zerfalls und zerfällt selber wieder unter Aussendung von Alpha-Strahlung.

Geben Sie die Zerfallsgleichung für die beiden radioaktiven Zerfälle an.

**c)** Berechnen Sie die Gesamtenergie, die beim Alpha-Zerfall eines Rn-222-Atoms frei wird. Geben Sie den Wert in MeV an.

m(Rn-222)= 221.97039991 u, m(Po-218)= 217.96289197 u, m(He-4)= 4.00150608 u

**d)** In einer abgeschlossenen Luftmenge befindet sich ein Gasgemisch aus Rn-220 und Rn-222. Anfangs ist die Aktivität der Rn-220-Atome 100-mal so groß wie die der Rn-222-Atome.

Berechnen Sie die Zeit, nach der die Aktivität der verbliebenen Rn-222-Atome genau so groß ist wie die der verbliebenen Rn-220-Atome.

In einigen Kurorten werden schwach dosierte Radon-Behandlungen angeboten, die Linderungen bei Gelenkentzündungen (Rheuma) und eine Stärkung des Immunsystems bewirken sollen.

Im Kurort Bad Gastein z.B. setzen sich Patienten bei einer „Stollenkur“ während eines Zeitraums von insgesamt 20 Stunden einer zusätzlichen Äquivalentdosis von 2,3 mSv aus.

**e)** Berechnen Sie für diese „Stollenkur“ die mittlere Zahl von Alpha-Zerfällen pro Sekunde im Körper eines 75 kg schweren Patienten ab. Gehen Sie dabei von einer einheitlichen Alpha-Energie von 5,5 MeV und einem Qualitätsfaktor von 20 aus.

**f)** Erklären Sie kurz an Hand von zwei Beispielen, in welchen Formen sich die schädigende Wirkung von radioaktiver Strahlung auf lebende Zellen zeigen kann. Warum sind Alpha-Strahlen besonders schädlich, Gamma-Strahlen gleicher Energie vergleichsweise weniger schädlich?

### Kernenergie

|  |  |
| --- | --- |
| Kernspaltung | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

[1](lsgatom.docx" \l "t16)[6.](lsgatom.docx" \l "t16) Beschreiben Sie die prinzipielle Funktionsweise eines Kernreaktors auf der Basis von U-235.  
\*\*\*

[29.](lsgatom.docx#t29) Ein Kernreaktor-Uran-Block benötigt zur Aufrechterhaltung der Kettenreaktion ein bestimmtes minimales „kritisches Volumen“. Erklären Sie, warum.   
\*\*

[30.](lsgatom.docx#t30) Erklären Sie, warum ein Leichtwasserreaktor nicht wie eine Atombombe explodieren kann.

\*\*

[36.](lsgatom.docx" \l "t36) Wird ein thermisches Neutron von einem U-235-Kern absorbiert, so entsteht ein instabiler Zwischenkern, der in die Nuklide Kr-89 und Ba-144 zerfallen kann. Wie lautet die Reaktionsgleichung für diesen Vorgang? Geben Sie auch den Zwischenkern an.  
\*\*\*

[37.](lsgatom.docx#t37) Die bei Kernprozessen entstehenden Neutronen haben in der Regel eine kinetische Energie von einigen MeV. Neutronen mit einer kinetischen Energie unter 0,1 eV bezeichnet man als thermische Neutronen. Welche mittlere Geschwindigkeit haben Neutronen der mittleren kinetischen Energie 0,1 eV?  
\*\*

[38.](lsgatom.docx#t38) Warum kann bei natürlichem Uran eine Kettenreaktion nur in Verbindung mit einem Moderator ablaufen? Welche Anforderungen sind an einen geeigneten Moderator zu stellen?  
\*\*

\*[53.](lsgatom.docx#t53) Neben anderen Reaktionen finden in einem Kernreaktor Spaltreaktionen statt, bei denen aus einem Kern Uran-235 durch Beschuss mit einem Neutron ein Kern Zirconium-94, ein Kern Cerium-140, zwei Neutronen sowie sechs Elektronen entstehen.   
Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.  
Berechnen Sie den Massendefekt, ohne die Massen der Elektronen zu berücksichtigen.  
Berechnen Sie die freiwerdende Bindungsenergie bei der Spaltung eines Kerns.  
(Zr-94 m=93,9063148u; Ce-140 m=139,905433u, U-235 m=235,0439u)  
\*\*\*

[91.](lsgatom.docx" \l "t91) Ein Uran-235-Kern wird durch ein Neutron in einen Strontium-95- und einen Xenon-139-Kern gespalten. Berechnen Sie die bei der Spaltung freiwerdende Energie.  
(m0Xe = 138,8814 u, m0Sr = 94,9312 u, m0U=235,0439u)  
\*\*\*

[98.](lsgatom.docx" \l "t98) Der Heizwert von Steinkohle beträgt 8,22 kWh/kg. Welchem Massendefekt entspricht die Energie, die bei der Verbrennung von 1 Kg Steinkohle frei wird?  
\*\*\*

[109.](lsgatom.docx#t109) Bei der Spaltung von U-235 durch ein Neutron entstehen Caesium-140 und Rubidium-94. Berechnen Sie die bei der Spaltung freiwerdende Energie, wenn 2 Neutronen freigesetzt werden.  
\*\*\*

[134.](lsgatom.docx#t134) Wie viel reines Uran-235 verbraucht ein Kernkraftwerk täglich, dessen thermische Leistung 300 MW beträgt, wenn mit 200 MeV je Spaltakt gerechnet wird?  
\*\*\*

[170.](lsgatom.docx" \l "t170) Zu den folgenden Fragen sind jeweils drei Antworten vorgegeben, von denen immer eine richtig ist. Kreuzen sie die richtige Antwort an.

1. Welches natürliche Uranisotop wird für Kernspaltungen in Reaktoren verwendet?

🞏 Uran-234

🞏 Uran-235

🞏 Uran-238

2. Was versteht man unter angereichertem Uran?

🞏 Dem Uran werden Neutronenquellen beigemischt

🞏 Der Anteil an spaltbarem Uran wird erhöht

🞏 Dem Uran wird Barium beigemischt

3. Was geschieht mit einem Urankern bei der Spaltung?

🞏 Zerfall in 2 Trümmerkerne und Neutronen

🞏 Zerfall in 3 Trümmerkerne

🞏 Zerfall in Protonen und Neutronen

4. Was ist die kritische Masse eines spaltbaren Materials?

🞏 Die kleinste Masse, bei der eine Kettenreaktion aufrecht gehalten werden kann

🞏 Die Masse an spaltbarem Material, die zum Betrieb eines Kernkraftwerkes notwendig ist

🞏 Die Masse an spaltbarem material in einem Urangemisch

5. Durch welche Neutronen wird natürliches, spaltbares Uran am effektivsten gespalten?

🞏 Langsame Neutronen

🞏 Mittelschnelle Neutronen

🞏 Schnelle Neutronen

6. Wie nennt man den Stoff, der in einem Reaktor die Neutronen gezielt abbremst?

🞏 Spaltstoff

🞏 Moderator

🞏 Reflektor

7. Welcher Stoff wird bei den meisten deutschen Reaktoren als Moderator eingesetzt?

🞏 Wasser

🞏 Kohlenstoff (Graphit)

🞏 Bor

8. In einem Leichtwasserreaktor kann es zu keiner unkontrollierten Kettenreaktion kommen, weil bei einem zu starken Temperaturanstieg das Wasser verstärkt verdampft und dann

🞏 der Wasserdampf die Kernspaltung löscht

🞏 der Wasserdampf die Neutronen verstärkt absorbiert

🞏 pro Volumeneinheit nicht mehr genug Wasser zum Abbremsen der Neutronen vorhanden ist

9. Welcher Stoff wird bei den meisten deutschen Reaktoren als Kühlmittel eingesetzt?

🞏 Heliumgas

🞏 Natrium

🞏 Wasser

10. Wodurch unterscheiden sich Druckwasserreaktor und Siedewasserreaktor hauptsächlich?

🞏 Art des Kühlmittels

🞏 Material der Steuerstäbe

🞏 Anzahl der Kühlkreisläufe

11. Warum ist der Luftdruck im Reaktorgebäude etwas niedriger als der äußere Luftdruck?

🞏 Es ist für das Bedienpersonal angenehmer

🞏 Die Gebäudewände brauchen dann nur einem geringeren Druck standzuhalten

🞏 Bei Undichtheiten kann keine Gebäudeluft nach außen gelangen

12. Mit welchem Namen bezeichnet man die sicherheitstechnische Mehrfachanordnung eines Systems?

🞏 Redundanz

🞏 Diversität

🞏 Kritikalität

13. Warum werden ausgebrannte Brennelemente nach der Entladung aus dem Reaktor zunächst in einem Wasserbecken des Kernkraftwerkes gelagert?

🞏 Sie müssen vor dem Abtransport gründlich gereinigt werden

🞏 der Transport wird häufig von Kernkraftgegnern blockiert

🞏 Die Spaltprodukte mit kurzen Halbwertszeiten zerfallen in dieser Zeit fast vollständig

[180.](lsgatom.docx#t180) In Atombomben wird häufig als Spaltmaterial Pu-239 verwendet, weil auch schnelle Neutronen genügend Kernspaltungen hervorrufen.

a) Vergleichen Sie schnelle und thermische Neutronen.

b) Bei einer möglichen Spaltreaktion entsteht Barium-144 und Strontium-94. Schreiben Sie die vollständige Gleichung für diesen Vorgang auf.

Die in jeder Spaltungsgeneration freigesetzten schnellen Neutronen erzeugen im Mittel 1,6 weitere Spaltungen. Nach n Spaltungsgenerationen sind folglich 1,6n Atome gespalten.

c) Berechnen Sie die ungefähre Anzahl von Generationen, nach deren Ablauf 1 kg Pu-239 gespalten ist. Die Masse eines Pu-239-Kerns ist 239,05u.  
d) In diesem Prozess vergehen von Generation zu Generation 2,5ns. Bestimmen Sie die Zeit, in der das Kilogramm Pu-239 gespalten ist.

e) Bei einem Spaltprozess wird etwa eine Energie von 200 MeV frei. Vergleichen Sie die freigesetzte Leistung bei der Spaltung von 1 kg Pu-239 mit der thermischen Leistung des Kernkraftwerkes Krümmel (1316 MW).

\*\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t182)[82](lsgatom.docx" \l "t182). Bei der Kernspaltung wird ein U-235 Kern (Atommasse 235,043 92u) mit einem langsamen Neutron beschossen. Der Kern nimmt das Neutron auf und zerplatzt dann wie ein Tropfen in zwei Teile und einige Neutronen. Die beiden davon fliegenden neu Kerne können z. B. Ba-140 (Atommasse 139,910 60 u) und Kr-93 (Atommasse 92,931 18 u) sein.

a) Stellen Sie die Reaktionsgleichung für diese Kernspaltung auf und berechnen Sie die frei werdende Energie. (Masse Neutron 1,008 665 u)

b) Welche Masse an U-235 muss gespalten werden, um eine Energie von 1,0 kWh freizusetzen, wenn man annimmt, dass alle Spaltprozesse nach derselben Reaktionsgleichung stattfinden und Folgeprozesse außer Betracht bleiben?

Man kann sich das frei werden dieser Energie so vorstellen, dass die Spaltprodukte sofort nach der Teilung des Kernes auf Grund ihrer gleichen Ladungen auseinander fliegen. Die kinetische Energie der Bruchstücke entspricht der bei dem Spaltvorgang frei werdenden Energie.

c) Berechnen Sie den Zuwachs an kinetischer Energie der beiden Spaltkerne, während sie sich voneinander entfernen.

Beachten Sie: Die beschleunigenden Kräfte sind nicht konstant, sondern werden mit wachsendem Abstand immer kleiner.

(Radius eines Kernes mit der Massenzahl A: )

[191.](lsgatom.docx#t191) Neben anderen Reaktionen finden in einem Kernreaktor Spaltreaktionen statt, bei denen aus einem Kern Uran-235 durch Beschuss mit einem Neutron ein Kern Zirconium-94, ein Kern Cerium-140, zwei Neutronen sowie sechs Elektronen entstehen.   
**a)** Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. (4)  
**b)** Berechnen Sie den Massendefekt, ohne die Massen der Elektronen zu berücksichtigen. (3)  
**c)** Berechnen Sie die freiwerdende Bindungsenergie bei der Spaltung eines Kerns. (2)

**d)** Die Energie, die bei der Spaltung frei wird, benutzt man, um Wasserdampf zu erzeugen. Wie viel Wasserdampf mit einer Temperatur von 450°C kann man mit einem Kilogramm spaltbarem Uran erzeugen? Das Wasser gelangt mit 90°C in den Reaktor. (2)  
(Zr-94 m=93,9063148u; Ce-140 m=139,905433u, U-235 m=235,0439u)

[224.](lsgatom.docx#t224) Die Lungenszintigraphie ist eine Untersuchungsmethode zur Beurteilung der Durchblutungs- und Atemfunktion der Lunge.

Der Patient atmet dabei ein mit dem  -Strahler Xenon-133 angereichertes Gas ein. Die radioaktive Strahlung wir anschließend über einen Detektor erfasst und grafisch ausgewertet.

**a)** Geben Sie zwei Gründe an, weshalb für diese Untersuchung kein -Strahler verwendet wird.

**b)** Die industrielle Herstellung von Xenon-133 kann durch Kernspaltung von Uran-235 erfolgen, nachdem dieses ein thermisches Neutron eingefangen hat.

Geben Sie dafür die Kernreaktionsgleichung an, wenn dabei drei Neutronen freigesetzt werden.

|  |  |
| --- | --- |
| Kernfusion | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

\*[1.](lsgatom.docx" \l "t1) Bei der kontrollierten Kernfusion ist eine der angestrebten Reaktionen die Verschmelzung von zwei Deuteriumkernen zu einem Heliumkern .  
Berechnen Sie die bei der Fusion freiwerdende Energie.  
(m0D = 2,014102 u, m0He = 3,016029 u)  
\*\*\*



\*[5](lsgatom.docx" \l "t57)[7.](lsgatom.docx" \l "t57) Die im Innern der Sonne stattfindende Kernfusion kann vereinfacht mit folgender Gleichung beschrieben werden:  
4 H-1 -> He-4 + 2 e + Energie  
Berechnen Sie für diesen Vorgang die freiwerdende Energie.  
\*\*\*

[202.](lsgatom.docx#t202) (LK-2014)

a) Skizzieren Sie in einem Diagramm die Abhängigkeit der Bindungsenergie pro Nukleon von der Massenzahl.

b) Begründen Sie unter Nutzung des Diagramms, dass bei der Kernfusion Energie frei gesetzt wird.

c) Energie kann durch Fusion von Wasserstoff zu Helium nach folgender Reaktionsgleichung frei gesetzt werden:



Nuklidmasse von H-2: 2,01355322 u

Nuklidmasse von H-3: 3,01550072 u

Nuklidmasse von He-4: 4,00150604 u

Masse Neutron: 1,00866492 u

Atomare Masseneinheit: 

Berechnen Sie die Energie, die pro Fusion auf Grund des Massedefektes frei gesetzt wird.

### Röntgenstrahlung

|  |  |
| --- | --- |
| Röntgenstrahlung | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#atomphysik) | |

[9.](lsgatom.docx" \l "t9) a) Erklären Sie mit Hilfe einer Skizze, wie man Röntgenstrahlung erhalten kann.  
b) Wie entsteht das Spektrum der Bremsstrahlung und wie sieht es aus?  
c) Wie entsteht die charakteristische Röntgenstrahlung?   
\*\*\*

[1](Lsgatom.docx" \l "t10)[0.](Lsgatom.docx" \l "t10) a) Erklären Sie den Comptoneffekt.   
b) Das von einem Strahlungsquant der Wellenlänge 4,655 \* 10-12 m ausgelöste Rückstoßelektron hat die Energie 0,08 MeV. Unter welchem Winkel tritt das gestreute Strahlungsquant aus und welche Wellenlänge hat es?  
\*\*\*

[11.](lsgatom.docx" \l "t11) Beschreiben Sie ein Verfahren, mit dem aus „weißem“ Röntgenlicht (das ist ein Gemisch von Röntgenlicht aller Wellenlängen) monochromatisches Röntgenlicht ausgesondert werden kann.   
\*\*\*\*

[67.](lsgatom.docx#t67) Bei welchem Streuwinkel beträgt die durch den Comptoneffekt bewirkte Änderung der Wellenlänge 3,5\*10-12 m.  
\*\*\*

\*[68.](lsgatom.docx#t68) a) Welche Wellenlänge haben die durch den Comptoneffekt um den Winkel 150° gestreuten Röntgenquanten, wenn sie anfangs 10-12m beträgt?  
b) Welche Energie haben die ausgelösten Rückstoßelektronen?  
\*\*\*

[7](lsgatom.docx" \l "t70)[0.](lsgatom.docx" \l "t70) Welche Grenzwellenlängen der Röntgenbremsstrahlung wird durch Elektronen der Geschwindigkeit 0,3 c ausgelöst?  
\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t101)[0](lsgatom.docx" \l "t101)[1.](lsgatom.docx" \l "t101) Erklären Sie die kurzwellige Grenze des Röntgenspektrums mit Hilfe der Photonenhypothese.  
\*\*  
[1](lsgatom.docx" \l "t135)[3](lsgatom.docx" \l "t135)[5.](lsgatom.docx" \l "t135) Erklären Sie, warum herkömmliche Röntgenbilder (keine Computertomographie) nie die Schärfe von Fotografieren erreichen können.  
\*\*  
[136.](lsgatom.docx#t136) a) Welche Grenzwellenlänge tritt bei einer mit 500 kV betriebenen Röntgenröhre auf?  
b) Welches ist die kürzeste Röntgen-Wellenlänge, die bei einer Farbfernsehröhre (22 kV) erzeugt wird? (Sie wird vom Glas absorbiert)  
\*\*\*  
[137.](lsgatom.docx#t137) Warum ist gerade Blei besonders gut dazu geeignet, Röntgenstrahlung abzuschirmen?  
\*\*  
151. Informieren Sie sich über folgende Sachverhalte:  
  
1. Aufbau der Röntgenröhre und Entstehung der Röntgenstrahlung

2. Das Röntgenspektrum: Linienspektrum und kontinuierliches Spektrum

3. Eigenschaften von Röntgenstrahlung

4. Laue-Diagramme

5. Bragg-Reflexion

6. Compton-Effekt: Versuchsaufbau, Durchführung, Ergebnisse, Erklärung

[1](lsgatom.docx" \l "t152)[5](lsgatom.docx" \l "t152)[2.](lsgatom.docx" \l "t152)

Elektronen werden mit einer Spannung von 100 kV beschleunigt und treffen dann auf eine Anode aus Eisen. Dabei wird Röntgenstrahlung ausgesandt.  
**a)** Skizzieren Sie das Spektrum dieser Strahlung. (3)

**b)** Erklären Sie die Begriffe kontinuierliches Spektrum und charakteristisches Spektrum. (4)  
**c)** Erklären Sie, warum dieses Spektrum auf der einen Seite scharf begrenzt ist. (3)

**d)** Welche Wellenlänge hat die K-Linie des Röntgenspektrums des Eisens? Bei dieser Linie fällt ein Elektron von der 3. Schale in die 1. Schale zurück. (5)

\*\*\*\*  
[153.](lsgatom.docx#t153) Aus welchem Material besteht die Anode, wenn die Quanten der K-Linie eine Energie von 8 keV haben?

\*\*\*\*

[178.](lsgatom.docx#t178) Berechen Sie für Photonen der Wellenlänge 589 nm (gelbes Natriumlicht) und Röntgenstrahlung mit 10 pm die Energie, Masse und Impuls.

Vergleichen Sie diese Größen mit den entsprechenden Werten für Elektronen, die sich mit 0,1 c bewegen.

### Quantenphysik

|  |  |
| --- | --- |
| Atommodelle | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

[72.](lsgatom.docx" \l "t72) Nennen Sie die Bohrschen Postulate.  
\*\*

[7](lsgatom.docx" \l "t73)[3.](lsgatom.docx" \l "t73) Ein Elektron fliegt um einen Kern mit der Kernladungszahl Z. Mit welcher Kraft wird es angezogen?  
\*\*

[74.](lsgatom.docx" \l "t74) Leiten Sie aus dem Kraftansatz für die Kreisbewegung und dem 1. Bohrschen Postulat die Beziehung für den Bahnradius des Elektrons in der n-ten Quantenbahn in Abhängigkeit von der Quantenzahl n her.  
\*\*\*\*

[199.](lsgatom.docx#t199) a) Begründen Sie, weshalb Rutherford aus der Streunung der Alpha-Teilchen schließen konnte, dass die Materie in der damit beschossenen Goldfolie nicht kontinuierlich verteilt ist.

b) Wie lässt es sich deuten, dass von etwa 1 Million Alpha-Teilchen nur 1 Teilchen zurückgestreut wurde?

|  |  |
| --- | --- |
| [200.](lsgatom.docx#t200) Im Spektrum des Wasserstoffes sind verschiedene Spektrallinien zu sehen. Zur besseren Übersicht wurden die Linien zu Serien zusammengefasst, die Namen von Physikern erhalten haben.  Die Lyman-Serie endet auf dem tiefsten Energiezustand mit n=1. Für die Wellenlängen des beim Übergang von m nach n abgestrahlten Photons lässt sich mit Hilfe des Bohrschen Atommodells die folgende Gleichung herleiten:    m und n sind die Nummern der Energiezustände und es gilt immer: |  |

Geben Sie an, welche Wellenlängen für die im Bild gezeigten 4 Serien im Ultravioletten, im Sichtbaren oder im Infraroten liegen. m kann beliebig groß sein.

[253.](lsgatom.docx#t253) (GK Sachsen 2019)

Nach Anregung senden Wasserstoffatome Photonen aus.

**a)** Berechnen Sie die Wellenlänge eines emittierten Photons der Energie 2,55 eV.

**b)** Zeichnen Sie unter Nutzung der Gleichung

 für 

ein Energietermschema.

Ermitteln Sie rechnerisch den Übergang, bei dem Photonen der Energie 2,55 eV emittiert werden.

Kennzeichnen Sie diesen Übergang im Energietermschema durch einen Pfeil.

**c)** Ein Wasserstoffatom im Grundzustand absorbiert ein Photon und emittiert anschließend spontan ein Photon der Energie 2,55 eV.

Ermitteln Sie die Energie, die ein absorbiertes Photon mindestens haben muss.

[255.](lsgatom.docx#t255) (LK Sachsen NT 2019)

Eine Grundannahme des Bohr’schen Atommodells besagt, dass sich im Wasserstoffatom im Grundzustand das Elektron unter dem Einfluss der Coulombkraft auf einer kreisförmigen Umlaufbahn mit dem Bohr’schen Radius r0 um das Proton bewegt.

**a)** Begründen Sie, dass das Elektron auch potentielle Energie hat.

**b)** Leiten Sie ausgehend vom Kräfteansatz eine Gleichung ω = ω(r0, mElektron, e) zur Berechnung der Kreisfrequenz des Elektrons her.

**c)** Berechnen Sie ausgehend von der Serienformel für das H-Atom die Energie, die dem Atom im Grundzustand mindestens zugeführt werden muss, um es zu ionisieren.

**d)** Weisen Sie rechnerisch nach, dass bei nicht ionisiertem Wasserstoff ausschließlich beim Quantensprung von einem höheren Niveau auf das Niveau E2 = -3,4 eV sichtbares Licht emittiert werden kann.

|  |  |
| --- | --- |
| Grundlagen | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

[124.](lsgatom.docx#t124) a) Bestimmen Sie die de-Broglie-Wellenlänge für Elektronen, die mit 2% der Lichtgeschwindigkeit fliegen.   
b) Welcher Strahlung entspricht diese Wellenlänge?  
c) Welche Spannung ist nötig, um Elektronen im Vakuum auf diese Geschwindigkeit zu beschleunigen?  
d) Die Beschleunigungsstrecke ist 2 cm lang. Wie groß ist die Beschleunigung, in welcher Zeit hat das Elektron diese Strecke durchflogen?  
\*\*\*

|  |  |
| --- | --- |
| Welle - Teilchen | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

\*[6](lsgatom.docx" \l "t63)[3.](lsgatom.docx" \l "t63) Auf eine verlustfrei reflektierende Fläche von 1 cm² wirkt eine Strahlung mit der Leistung 6 W. Wie groß ist der entstehende Strahlungsdruck?  
\*\*\*

[64.](lsgatom.docx#t64) Wie viel kostet „1 Gramm Licht“, wenn dieses mit Glühlampen bei einem Wirkungsgrad von 4% erzeugt wird und 1 kWh mit 30 Pf berechnet wird?  
\*\*\*

[6](lsgatom.docx" \l "t69)[9.](lsgatom.docx" \l "t69) Welche De-Broglie-Wellenlänge haben Elektronen bei 50% der Lichtgeschwindigkeit?  
\*\*\*

\*[92.](lsgatom.docx#t92) (Prüfung 1998/1999)  
Der Mensch kann gelbes Licht der Frequenz 5,08\*1014 Hz mit bloßem Auge noch wahrnehmen, wenn die Lichtleistung mindestens 1,7\*10-18 W beträgt. Berechnen Sie die Anzahl der Photonen, die hierbei je Minute auf die Netzhaut des menschlichen Auges gelangen.  
\*\*\*\*

[9](lsgatom.docx" \l "t94)[4.](lsgatom.docx" \l "t94) In der utopischen Literatur findet man die Idee einer Photonenrakete. Sie wird nicht durch den Rückstoß eines Gasstroms, sondern eines Lichtbündels angetrieben.  
Wie hoch müsste man die Unterseite der Saturn-V-Rakete erhitzen, damit der Strahlungsdruck für den Start ausreicht? (Fläche 78,5m², Masse 2928 t)  
\*\*\*\*

[95.](lsgatom.docx" \l "t95) Von Radiometern wird manchmal behauptet, dass sie sich durch den Druck der einfallenden Sonnenstrahlung zu drehen beginnen. Kann diese Behauptung richtig sein?  
\*\*

\*[96.](lsgatom.docx#t96) Wie groß ist die Kraft, die die Sonnenstrahlung auf die Erde ausübt?  
\*\*

[131.](lsgatom.docx#t131) Ein Laser emittiert Photonen der Frequenz 4,74\*1014 1/s.  
a) Berechnen Sie Masse und Impuls eines emittierten Photons.  
b) Die Photonen treffen senkrecht auf einen kleinen Spiegel. Begründen Sie, dass ein Druck auf die bestrahlte Fläche ausgeübt wird.  
\*\*\*

[132.](lsgatom.docx#t132) Ein Laserpointer strahlt mit einer Wellenlänge von 650 nm. Wie viele Photonen müssen je Sekunde emittiert werden, damit der Laser eine Leistung von 1 mW erreicht?  
\*\*

[148.](lsgatom.docx#t148) Warum können auf Grund der Relativitätstheorie die Photonen keine Ruhemasse haben?

\*\*

[159.](lsgatom.docx#t159) Die Masse von Natriumatomen beträgt 23u. Zwei aus Natriumatomen bestehende Wolken laufen mit einer Geschwindigkeit von jeweils 5,8\*10-4 m/s gegeneinander. Sie überlagern sich und bilden eine "stehende Materiewelle". Im Schattenwurf von Licht sieht man in einem Mikroskop, das der Abstand benachbarter Knoten 15µm beträgt.   
a) Zeigen Sie, dass sich das Messergebnis mit der de Broglie-Wellenlänge dieser Natriumatome erklären lässt.  
b) Erklären Sie, warum im Mikroskop die Wellenbäuche sichtbar sind.  
c) Lässt man die Wolken mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit gegeneinander laufen (z.B. 580 m/s), ist dieser Effekt nicht zu beobachten. Begründen Sie, warum man keine Knoten sehen kann.  
\*\*\*\*

[160.](lsgatom.docx#t160)

|  |  |
| --- | --- |
| Ein C60-Fullerenmolekül hat die Masse 1,2\*10-24 kg. Der Durchmesser beträgt ca. 1nm. In einem Versuch werden solche Fullerenbälle mit 140 m/s senkrecht auf ein Beugungsgitter mit der Gitterkonstante 100 nm geschossen. Die Versuchsanordnung erfolgt so, dass sich jeweils nur ein Fullerenmolekül in der Anordnung befindet. Die Fullerenmoleküle werden im Abstand 1,3 m vom Gitter registriert. Man erhält direkt hinter dem Gitter ein Intensitätsmaximum. Rechts und links im Abstand von jeweils 50 µm sieht man die Maxima 1. Ordnung. Berechnen Sie die Lage des 1. Maximums und vergleichen Sie es mit dem Messergebnis.  \*\*\*\* |  |

\*[168.](lsgatom.docx#t168) Elektronen der kinetischen Energie 28,0 keV durchlaufen einen Doppelspalt und treffen auf eine parallel zur Spaltbreite aufgestellte Fotoplatte. Der Abstand des Doppelspalts zur Fotoplatte beträgt 45,0 cm. Es werden drei Intensitätsmaxima auf der Fotoplatte festgestellt.

Begründen Sie, dass diese Erscheinung nicht vollständig mit dem klassischen Teilchenmodell erklärbar ist.

Die Intensitätsmaxima entstehen durch Beugung der Elektronen. Es gilt die Gleichung. Das mittlere Intensitätsmaximum hat zu den benachbarten Maxima jeweils den Abstand 3,20\*10-6 m.

Berechnen Sie den Spaltabstand des Doppelspaltes.

[183.](lsgatom.docx#t183) Elektronen werden durch die Spannung 1,0 kV beschleunigt und senkrecht auf einen Doppelspalt mit dem Spaltabstand 10 µm gerichtet. Auf einem 1,0 m hinter dem Doppelspalt angeordneten Schirm (parallel zum Doppelspalt) beobachtet man Interferenzstreifen.   
Berechnen Sie die De-Broglie-Wellenlänge der Elektronen und den Abstand, der zwischen zwei benachbarten Interferenzstreifen beobachtet wird.

[232.](lsgatom.docx#t232) (LK 2018)

Teilchen der Masse 6,647 ⋅ 10-27 kg bewegen sich senkrecht auf ein Gitter zu, es kommt zur Interferenz. Das Interferenzbild entsteht hinter dem Gitter auf einem Schirm, der sich parallel zur Gitterebene befindet. Die Gitterkonstante beträgt  und der Abstand Gitter – Schirm e = 0,600 m. Der zugehörige Abstand eines Maximums 1. Ordnung vom Maximum 0. Ordnung ist .

**a)** Weisen Sie nach, dass die de-Broglie-Wellenlänge der Teilchen  beträgt.

**b)** Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Teilchen.

|  |  |
| --- | --- |
| Photoeffekt | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

[59.](lsgatom.docx" \l "t59) Welche physikalische Erscheinung bezeichnet man als äußeren Photoeffekt?  
\*\*

[60.](lsgatom.docx" \l "t60) Beschreiben Sie an Hand einer Zeichnung den Bau einer Vakuumphotozelle.  
\*\*

\*[65.](lsgatom.docx#t65) Eine Fotozelle wird in zwei Versuchen mit monochromatischem Licht der Wellenlänge Lambda1 = 350 nm bzw. Lambda2 = 250 nm bestrahlt. Durch Anlegen einer Gegenspannung U1 = 3,55 V bzw. U2 = 4,97 V wird der Fotostrom vollständig kompensiert. Hieraus ist die Plancksche Konstante h zu berechnen.  
\*\*\*

[6](lsgatom.docx" \l "t66)[6.](lsgatom.docx" \l "t66) Wie groß ist die Austrittsarbeit einer Fotokathode, wenn bei Bestrahlung mit Licht der Wellenlänge 220 nm der Fotoeffekt durch eine Gegenspannung von 1,85 V vollständig unterdrückt wird?  
\*\*\*

\*[93.](lsgatom.docx" \l "t93) (Prüfung 1998/1999)  
Die mit Barium beschichtete Katode einer Vakuum-Fotozelle wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 397 nm bestrahlt.   
a) Wenden Sie den Energieerhaltungssatz auf diesen Vorgang an und leiten Sie daraus eine Gleichung zur Berechnung des Planckschen Wirkungsquantums her.  
b) Die Fotoelektronen verlassen mit der kinetischen Energie 9,66\*10-20 J die Katodenoberfläche. Anschließend werden sie im elektrischen Feld zwischen Katode und Anode auf die Geschwindigkeit Null abgebremst. Berechnen Sie die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen und die zwischen Katode und Anode mindestens anzulegende Spannung.  
c) Die Katode wird jetzt mit Licht größerer Wellenlänge bestrahlt. Ermitteln Sie die Grenzwellenlänge des eingestrahlten Lichtes, ab der keine Fotoelektronen mehr emittiert werden. WA(Ba)=2,52 eV  
d) Stellen Sie die Abhängigkeit der kinetischen Energie emittierter Elektronen von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes grafisch dar und interpretieren Sie diesen Zusammenhang.  
\*\*\*\*

[1](lsgatom.docx" \l "t114)[14.](lsgatom.docx" \l "t114) Welche Aussagen zum äußeren lichtelektrischen Effekt sind wahr, welche falsch?  
a) Je kurzwelliger das Licht, je besser werden Elektronen aus der Katode gelöst  
b) Wird die Intensität des Lichts verstärkt, erhöht sich die Geschwindigkeit der heraus gelösten Elektronen.  
c) Die Energie des Lichtes ist von der Frequenz abhängig.  
d) Das Katodenmaterial muss immer ein Metall sein.  
e) Die Grenzfrequenz hängt vom Licht ab.  
f) Das Plancksche Wirkungsquantum hängt vom verwendeten Katodenmaterial ab.  
\*\*\*

[146.](lsgatom.docx#t146) Eine Fotokatode wird mit Licht der Wellenlänge 500 nm bestrahlt.   
a) Bei welcher negativen Anodenspannung geht die Stromstärke auf Null zurück? Die Austrittsarbeit des Katodenmaterials beträgt 2,4\*10-19 J.  
b) Wie groß ist die Grenzfrequenz für dieses Katodenmaterial?

\*\*\*

[147.](lsgatom.docx#t147) Aus einer Silberfläche, die mit monochromatischem Licht der Wellenlänge 150 nm beleuchtet wird (UV-Licht), werden Fotoelektronen ausgelöst. Die Wellenlänge, unterhalb der bei Silber der lichtelektrische Effekt einsetzt, ist 260 nm.   
Wie groß ist die Geschwindigkeit der heraus gelösten Elektronen?  
\*\*\*

[149.](lsgatom.docx#t149) Zur Untersuchung des Photoeffekts wird ein Metall im Vakuum mit Licht bestrahlt und die kinetische Energie der aus dem Metall austretenden Elektronen mit Hilfe der Gegenspannungsmethode gemessen.

a) Nennen Sie ein Ergebnis dieser Untersuchungen, das nicht mit dem Wellenmodell des Lichts erklärt werden kann.  
b) Erklären Sie das unter a) genannte Ergebnis mit Hilfe des Begriffes Photon! Gehen Sie dabei auf die Energiebilanz beim Photoeffekt ein!  
Bei der Bestrahlung eines Metalls mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen werden folgende Gegenspannungen UG gemessen:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  in nm | 578 | 546 | 436 | 405 |
| UG in V | 0,14 | 0,27 | 0,82 | 1,05 |

c) Stellen Sie in einer Wertetabelle die entsprechenden Frequenzen des Lichtes und kinetischen Energien der Photoelektronen gegenüber!  
d) Stellen Sie in einem Diagramm die kinetische Energie der Photoelektronen in Abhängigkeit von der Frequenz des Lichtes dar!  
e) Ermitteln Sie anhand Ihres Diagramms die Grenzfrequenz und die Austrittsarbeit in der Einheit eV. Um welches Metall könnte es sich handeln  
\*\*\*

[150.](LSGATOM.docx#t150) In einer Vakuumfotozelle werden aus der Cäsiumschicht der Katode durch Bestrahlung mit Licht Elektronen herausgelöst.  
a) Beschreiben Sie die dabei auftretende Energieumwandlung bezüglich der Wechselwirkung von Photonen und Elektronen.  
b) Entscheiden Sie, ob die Intensität des Lichtes die Anzahl der heraus gelösten Elektronen beeinflusst. Begründen Sie.  
c) Mit Licht einer Wasserstoffspektrallampe wurde die Abhängigkeit der maximalen kinetischen Energie der Elektronen von der Wellenlänge bestimmt.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  in nm | 486 | 434 | 410 | 397 |
| Ekin in eV | 0,61 | 0,92 | 1,09 | 1,19 |

Ermitteln Sie unter Verwendung aller Messwerte das Planck’sche Wirkungsquantum und geben Sie die Ablösearbeit an.  
d) Beschreiben Sie eine experimentelle Methode, die maximale kinetische Energie der Fotoelektronen zu bestimmen.  
e)Untersuchen Sie, ob das Licht der in der Tabelle gegebenen Wellenlängen aus einer Platinkathode Fotoelektronen herauslösen kann.  
(Ablösearbeit für Platin: 5,36 eV)  
f) Eine Messung erfordert mindestens die Lichtleistung 5,0 ⋅ 10-18 W. Berechnen Sie die dazu notwendige Anzahl Photonen des Lichts der Wellenlänge 486 nm, die in einer Sekunde auf die Kathode auftreffen müssen.  
\*\*\*\*

[187.](lsgatom.docx#t187) In einem Nachtsichtgerät wird eine Fotozelle aus der Legierung AgCsO verwendet, das eine Austrittsarbeit von 1,04 eV hat.

a) Ab welcher Wellenlänge werden beim Bestrahlen mit Licht aus der Legierung Elektronen herausgelöst. (4)

b) Aus welchem Lichtwellenbereich stammt dieses Licht? (1)

Nun wird die Fotozelle mit rotem Licht der Wellenlänge 680 nm bestrahlt.

c) Beschreiben Sie, wie sich die Energie der Lichtquanten beim Auftreffen auf die Fotozelle verteilt. (4)

d) Mit welcher Geschwindigkeit verlassen die Elektronen jetzt die Katode. (5)

[205.](lsgatom.docx#t205) Beim äußeren lichtelektrischen Effekt werden durch Bestrahlung von Metalloberflächen mit geeignetem Licht Elektronen herausgelöst.

Die kinetische Energie dieser Elektronen wird experimentell ermittelt. Die Tabelle stellt den Zusammenhang zwischen der Frequenz der eingestrahlten Photonen und der maximalen kinetischen Energie der herausgelösten Elektronen dar.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| f in 1014 Hz | 5,2 | 5,5 | 6,6 | 7,4 |
| Ekin in eV | 0,14 | 0,27 | 0,82 | 1,05 |

a) Beschreiben Sie eine Methode zur Bestimmung der maximalen kinetischen Energie der herausgelösten Elektronen.

b) Ermitteln Sie unter Nutzung der gegebenen Messwertpaare sowohl das Plancksche Wirkungsquantum als auch die Ablösearbeit für dieses Metall.

|  |
| --- |
| [210.](lsgatom.docx#t210) Albert Einstein bekam im Jahre 1921 den Physiknobelpreis für die Erklärung des Photoeffektes, bei dem unter bestimmten Bedingungen Elektronen aus einer Metalloberfläche austreten, wenn diese mit Licht bestrahlt wird.  Mit Hilfe der Gegenspannungsmethode kann z.B. der Zusammenhang zwischen der Frequenz des eingestrahlten Lichtes und der maximalen Geschwindigkeit der ausgelösten Elektronen bestimmt werden.  Welches Diagramm stellt den Zusammenhang zwischen den beiden Größen am besten dar? |
|  |

[234.](lsgatom.docx#t234) (LK 2019) Als äußeren lichtelektrischen Effekt bezeichnet man das Herauslösen von Elektronen aus einer Halbleiter- oder Metalloberfläche durch Bestrahlung mit Licht.

**a)** Die Austrittsarbeit WA von Aluminium beträgt 4,08 eV. Weisen Sie rechnerisch nach, dass ein Photon des sichtbaren Lichts kein Elektron herauslösen kann.

**b)** „Falls die Energie eines einzelnen Photons zu klein ist, tritt der Fotoeffekt nicht ein. Selbst eine Erhöhung der Anzahl der in einer bestimmten Zeit eingestrahlten Photonen dieser Art führt nicht zum Herauslösen von Elektronen.“

Entscheiden Sie, ob diese Aussage wahr ist und begründen Sie Ihre Entscheidung auf der Grundlage der Einstein’schen Deutung des Effekts.

**c)** Elektronen haben Quanteneigenschaften, die durch das Doppelspaltexperiment bestätigt wurden. Erläutern Sie.

|  |  |
| --- | --- |
| Lichtentstehung | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

[7](lsgatom.docx" \l "t71)[1.](lsgatom.docx" \l "t71) Wie kann man Gase zur Lichtaussendung anregen? Nennen Sei drei Möglichkeiten!  
\*\*

\*[86.](lsgatom.docx#t86) An einem Sommertag hat sich kurz nach Sonnenuntergang bei einer Umgebungstemperatur von 30°C in der Oberfläche einer Asphaltstraße eine Temperatur von 60°C eingestellt.   
Welche Leistung wird von jedem Quadratmeter der Straßendecke abgestrahlt?  
(Stefan-Boltzmann-Konstante: 5,67\*10-8 Wm-2K-4)  
\*\*\*

[87.](lsgatom.docx#t87) Ein schwarzer Körper besitzt eine Fläche von 25 mm² und gibt Strahlung mit einer Leistung von 1,5 W ab. Bei welcher Wellenlänge besitzt das Spektrum die größte Intensität?  
\*\*\*

\*[88.](lsgatom.docx#t88) Welche Temperatur erreicht eine elektrische Kochplatte von 20 cm Durchmesser bei einer Leistung von 2000 W und einer Umgebungstemperatur von 25°C, wenn man davon ausgeht, dass 50% der erzeugten Leistung emittiert werden?  
\*\*\*

\*[89.](lsgatom.docx#t89) Eine Linie der Balmerserie besitzt die Wellenlänge 486,1 nm. Von welchem Energieniveau erfolgte der Übergang und wie groß ist die Energiedifferenz zwischen beiden Niveaus?  
\*\*

[90.](lsgatom.docx" \l "t90) Ein Rubinlaser strahlt mit einer Wellenlänge von 694,3 nm.  
a) Wie groß ist die Energie der Photonen?  
b) Wie viele Photonen müssen je Sekunde emittiert werden, damit der Laser eine Leistung von 2,0 W erreicht?  
\*\*

|  |  |
| --- | --- |
| [121.](lsgatom.docx" \l "t121) a) Welche Grundaussagen sind im Bohrschen Atommodell enthalten?  b) Erklären Sie mit Hilfe des Bohrschen Atommodells, warum atomarer Wasserstoff nach Anregung ein Linienspektrum aussendet. c) Die Abbildung zeigt ein vereinfachtes Energieniveauschema des Wasserstoffatoms. Berechnen Sie die Wellenlänge des Lichtes beim Übergang eines Elektrons vom 4. auf das 2. Energieniveau. Welche Farbe ist dem Licht zuzuordnen? \*\* |  |

[1](lsgatom.docx" \l "t123)[23.](lsgatom.docx" \l "t123) a) Erklären Sie die Begriffe spontane und induzierte Emission von Lichtquanten.  
b) Nennen Sie 3 Eigenschaften von Laserstrahlung. Beschreiben Sie zu jeder Eigenschaft eine   
Anwendung, die diese Eigenschaften ausnutzt.  
\*\*

\*[154.](lsgatom.docx#t154) Elektronen des Sonnenwinds gelangen nach einer Flugdauer von etwa 30 Stunden zur Erde, wo sie Polarlichter hervorrufen können.  
Vorherrschend bei Polarlichtern sind grüne Leuchterscheinungen, die durch Anregung der Sauerstofflinie bei  = 557,7 nm hervorgerufen werden. Weisen Sie rechnerisch nach, dass die kinetische Energie der Elektronen des Sonnenwinds ausreicht, den Sauerstoff zur Aussendung von Licht dieser Wellenlänge anzuregen.

\*\*

\*[163.](lsgatom.docx#t163)

|  |  |
| --- | --- |
| Das Bild stellt ein einfaches Energieniveauschema eines Rubinlasers dar.  a) Berechnen Sie die Pumpfrequenz zum erreichen des Energieniveaus E2.  b) Bestimmen Sie die Frequenz und die Wellenlänge des Laserlichtes und ordnen Sie ihm eine Farbe zu.  c) Nennen und beschreiben Sie die beiden Möglichkeit, wie das Elektron hat, um von E1 zurück auf E0 zu kommen.  d) Der Rubinlaser hat eine Strahlungsleistung von 2 mW und der aufgefangene Leuchtfleck einen Durchmesser von 0,8 mm. In welchem Verhältnis steht die Intensität dieses Lasers zur Intensität des Sonnenlichtes?. Das Sonnenlicht hat eine Intensität von 1,36 kW/m². |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [201.](lsgatom.docx#t201) Die beiden Spektren der teilbeschichteten Leuchtstoffröhre wurden mit Hilfe eines optischen Gitters aufgenommen. Welche Aussagen sind richtig?  a) Spektrum 1 gehört zum unbeschichteten Teil.  b) Spektrum 2 gehört zum unbeschichteten Teil.  c) Man kann keine Aussage über die Zuordnung machen. |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [208.](lsgatom.docx#t208) (LK 2015) Kreuzen Sie die richtigen Aussagen an. Nutzen Sie das gegebene Energieniveauschema des Wasserstoffatoms.  🞎 Die Energie 10,2 eV ist auf jeden Fall ausreichend, um ein Wasserstoffatom zu ionisieren.  🞎 Ein Photon der Energie 3,4 eV kann von einem  Wasserstoffatom im Grundzustand absorbiert werden.  🞎 Wasserstoffatome, in denen sich die Elektronen auf dem Energieniveau ­− 0,54 eV befinden, können Photonen im Bereich des sichtbaren Lichts emittieren.  🞎 Elektronen, die eine Beschleunigungsspannung von 10,5 V durchlaufen haben, können Wasserstoffatome im Grundzustand anregen.  🞎 Wasserstoffatome können keine Quanten im ultravioletten Spektralbereich emittieren.  🞎 Das Spektrum des angeregten atomaren Wasserstoffs ist grundsätzlich kontinuierlich. |  |

[244.](lsgatom.docx#t244) Der Schweizer Physiker Johann Jakob Balmer fand im Jahre 1885 bei der Untersuchung der sichtbaren Linien im Wasserstoffspektrum eine Formel, mit der die Wellenlängen der Linien berechnet werden konnten:



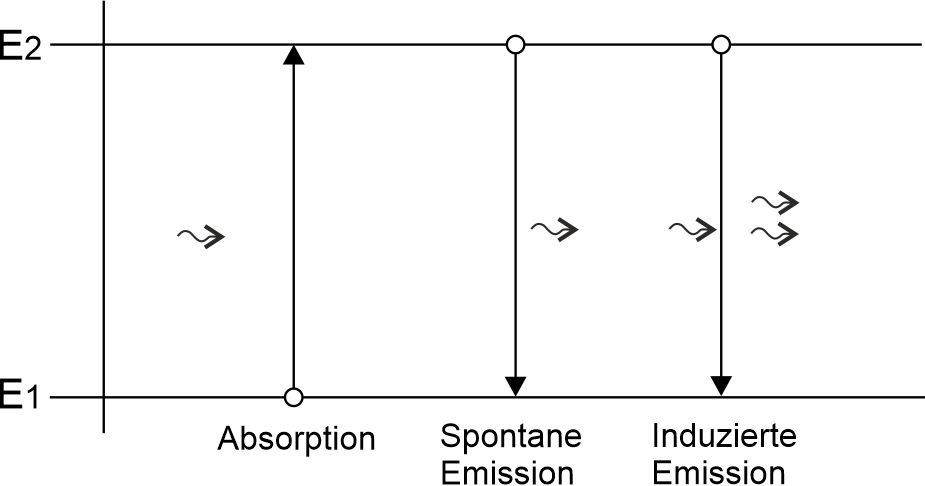
Die Linien dieser Balmerserie entstehen, wenn Elektronen aus einem höheren Energieniveau auf die 2. Schale fallen. RH ist der von Rydberg gefundene Proportionalitätsfaktor und hat eine Größe von

 .

Berechnen Sie die größte Wellenlänge der Balmerserie.

[256.](lsgatom.docx#t256) (LK Sachsen 2022)

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch für zwei Energiezustände E1 und E2 eines Atoms drei verschiedene Wechselwirkungen von Atom und Photon. Erläutern Sie diese Vorgänge.



|  |  |
| --- | --- |
| Franck-Hertz-Versuch | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |

[161.](lsgatom.docx#t161) Bei der abgewandelten Durchführung des Franck-Hertz-Versuches fand Natriumdampf anstelle von Quecksilberdampf Verwendung. Nachdem das erste lokale Stromstärkemaximum bei einer Beschleunigungsspannung von 3,8 V festgestellt wurde, ergaben sich die nachfolgenden Maxima jeweils bei einer Spannungserhöhung von 2,12 V. Weiterhin ist der Abstand von der Katode bis zum Gitter mit 2 cm gegeben und für den Betrachter sichtbar.

a) Das beim Versuch ausgesandte Licht liegt im sichtbaren Bereich. Berechnen Sie die Frequenz und die Wellenlänge des Lichtes. Ordnen Sie dem Licht die entsprechende Farbe zu.

b) Wieso tritt das erste Stromstärkemaximum bei 3,8 V, alle weiteren aber in einem Abstand von 2,12V auf?

|  |  |
| --- | --- |
| c) Die Lichtaussendung im Beobachtungsfenster äußert sich durch leuchtende Lichtscheiben, die einen gleichmäßigen Abstand a voneinander haben.  Berechnen Sie den Abstand a, wenn die Beschleunigungsspannung 10V beträgt. |  |

\*\*\*\*

[162.](lsgatom.docx#t162) In einem dem Franck-Hertz-Versuch ähnlichen Versuch wird an Stelle des Quecksilbergases Neongas verwendet. In der aufgenommenen typischen Kurve haben die Spannungsspitzen einen Abstand von 19 V.

a) Skizzieren Sie den Versuchsaufbau zum Franck-Hertz-Versuch und erklären Sie die Funktion der an der Anode anliegenden Gegenspannung. (4)  
b) Erklären Sie, weshalb nach einem Spannungsanstieg von jeweils 19 V der Strom der aufgefangenen Elektronen auf einen Minimalwert absinkt. (2)  
c) Bei diesem Experiment ist in der Röhre eine rote Leuchterscheinung zu beobachten. Weisen sie rechnerisch nach, dass die beobachtete Aussendung von rotem Licht nicht dem direkten Übergang aus dem durch die Stöße erzeugten angeregten Zustand und dem Grundzustand entspricht. (3)

d) Wie könnte die Entstehung des roten Lichtes dann erklärt werden? (2)

\*\*\*\*

[204.](lsgatom.docx#t204) (LK 2015)

Beim Franck-Hertz-Experiment wechselwirken bewegte Elektronen mit Gasatomen. Ab einer bestimmten kinetischen Energie der Elektronen werden Photonen der Vakuumwellenlänge 253 nm freigesetzt. Erklären Sie dieses Phänomen und berechnen Sie die Energie, die auf ein Gasatom bei einer Wechselwirkung übertragen wird.

|  |  |
| --- | --- |
| [233.](lsgatom.docx#t233) Die Abbildung zeigt eine Skizze des Franck-Hertz-Versuches.  **a)** Beschriften Sie die Skizze.  **b)** Geben Sie die Polung der beiden Spannungen an. (z.B. rechts Plus…)  Entscheiden Sie, welche der beiden Spannungen in diesem Versuch variabel sein muss. |  |
| **c)** Die Abbildung zeigt das charakteristische Ub-I-diagramm. Beschreiben Sie so ausführlich wie möglich, wie die einzelnen Abschnitte zu erklären sind. |  |

**d)** Formulieren Sie das Ergebnis, dass der Frank-Hertz-Versuch geliefert hat.

[249.](lsgatom.docx#t249)

(LK Sachsen 2021)

**Elektronen und Photonen als Quantenobjekte**

Im Folgenden wird die Anregung von Neon-Atomen durch Elektronenstöße betrachtet.

**a)** Ein Neon-Atom wechselwirkt mit einem freien Elektron und absorbiert die Energie 18,9 eV. Das angeregte Neon-Atom emittiert ein Quant der Wellenlänge 585 nm (Orange) und geht dadurch in einen energetischen Zwischenzustand über.  
Berechnen Sie die Energie dieses Zustandes bezüglich des Grundniveaus 0 eV.

**b)** Elektronen durchlaufen aus der Ruhe heraus die Spannung 40 V in einer mit Neongas gefüllten Röhre. Es werden zwei schmale orangefarbig leuchtende Bereiche beobachtet.  
Erklären Sie diese Beobachtung.

|  |  |
| --- | --- |
| Heisenbergsche Unschärferelation | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |
| [Formeln zum Thema](formeln.docx#quantenphysik) | |

[122.](lsgatom.docx#t122) Welche Aussage macht die Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation?  
\*\*\*

[221.](lsgatom.docx#t221) Nach einer recht einfachen Vorstellung besteht das Wasserstoffatom aus einem Proton, um das ein Elektron kreist. Das Elektron wird von dem Proton auf Grund der unterschiedlichen Ladungen angezogen und stürzt auf Grund seiner Bewegung nicht in das Proton.

Auf verschiedenen Versuchen und Berechnungen erhält man für den Atomdurchmesser einen Wert von 0,1 nm.

a) Mit welcher Geschwindigkeit muss sich das Elektron bewegen, damit es sich auf einer stabilen Kreisbahn um das Proton bewegt?

b) Mit welcher Genauigkeit kann man die Geschwindigkeit des Elektrons angeben, wenn man weiß dass es sich irgendwo im Atom aufhalten muss?

### Weiteres

|  |  |
| --- | --- |
| komplexe Aufgaben | [(zum Inhaltsverzeichnis )](#t0) |

[4](lsgatom.docx" \l "t49)[9](lsgatom.docx" \l "t49)[.](lsgatom.docx" \l "t49) Welche Aussage ist richtig?  
a) Worin unterscheiden sich die Isotope eines Elements  
A in der Zahl der Neutronen  
B in der Zahl der Protonen   
C in der Zahl der Elektronen  
b) Die Massenzahl gibt an, wie viele  
A Neutronen  
B Protonen  
C Neutronen und Protonen  
ein Atomkern enthält.   
c) Wie ändert sich die Masse eines Atomkerns, wenn ein Betateilchen ausgesandt wird?  
A Massezahl steigt um 1  
B Massezahl sinkt um 1  
C Massezahl ändert sich nicht  
d) Alpha- und Betastrahlen werden mit gleicher Geschwindigkeit durch ein Magnetfeld geschickt. Welche Strahlung wird stärker abgelenkt?  
A Alphastrahlen  
B Betastrahlen  
C beide gleich stark  
e) Ein radioaktiver Strahler besitzt eine Aktivität von 5000 Bq. Wie viele Kernumwandlungen finden in einer Minute statt?  
A 300 000  
B 5 000  
C 60  
\*\*

[50.](lsgatom.docx" \l "t50) Entscheide, ob die Aussage wahr oder falsch ist!  
a) Da das Proton und das Neutron etwa gleich schwer sind, ist der Energieaufwand, eines der Teilchen in den Kern zu schießen, der Gleiche.  
b) Unter Verwendung von Magnetfeldern ist es möglich Alpha und Beta-Minus Strahlung voneinander zu unterscheiden.  
c) Unter Verwendung von Magnetfeldern ist es möglich Protonen- und Neutronenstrahlung voneinander zu unterscheiden.  
d) Durch Elektroneneinfang nimmt die Kernladungszahl um eins zu.   
e) Die C-14 Methode dient zur Bestimmung des Alters von Gesteinen.  
f) Die Durchdringungsfähigkeit der Strahlung hängt von der Halbwertzeit ab.  
g) Der Radius eines Atomkerns hängt von der Anzahl der Nukleonen ab.  
h) Das Geiger-Müller-Zählrohr und die Nebelkammer funktionieren auf der Grundlage der Ionisationsfähigkeit der radioaktiven Strahlung.  
\*\*

[177.](lsgatom.docx#t177) Bei Beta-Strahlern zerfällt im Atomkern ein Neutron in ein Proton, ein freies Elektron und ein Antineutrino.

**a)** Neben Beta-Strahlung registriert man meist auch Gamma-Strahlung. Erklären Sie deren Ursache und nennen Sie drei Unterschiede zur Alpha- und Beta-Strahlung.

**b)** Skizzieren Sie qualitativ das Energiespektrum eines Beta-Minus-Strahlers. Wie lässt sich das Spektrum interpretieren?

Ein typischer Beat-Minus-Strahler emittiert Elektronen mit der maximalen Geschwindigkeit 0,98c.

**c)** Berechnen Sie die De-Broglie-Wellenlänge dieser schnellsten Elektronen.

**d)** Begründen Sie mit diesem Ergebnis, dass mit Elektronen eines Beta-Minus-Strahlers die innere Struktur von Protonen nicht untersucht werden kann.

[181.](lsgatom.docx" \l "t181) Polonium-210 ist ein Alpha-Strahler mit der Halbwertszeit 138,38 Tage. Als Folgeprodukt des Radonzerfalls ist es beispielsweise auch in Schweinefleisch vorhanden.

**a)** Stellen Sie die Reaktionsgleichung für den Zerfall von Po-210 auf und berechnen Sie die beim Zerfall eines Po-Kerns freigesetzte Energie. Geben Sie diese in MeV an!

Massen der Atomkerne:

Po-210: 209,93678 u

Tochterkern: 205,92947 u

He-4: 4,00151 u

Atomare Masseneinheit: 1 u = 1,6605519 . 10-27 kg

**b)** Seit Einlagerung des Schweinefleischs sind 22% der Poloniumkerne zerfallen. Ermitteln Sie die Lagerzeit.

[184](lsgatom.docx#t184). Das Kobaltisotop 60Co wird durch Neutronenabsorption künstlich hergestellt. 60Co-Kerne zerfallen mit einer Halbwertszeit von 5,3 Jahren unter Emission von -Strahlung. Die -Übergänge führen zunächst zu sehr kurzlebigen Anregungszuständen 60Ni\* der Tochterkerne; anschließend finden Übergänge in den stabilen Grundzustand 60Ni statt.

Atommassen.



**a)** Berechnen Sie die gesamte bei einem Zerfall von 60Co frei werdende Energie.   
(zur Kontrolle: 2,824 MeV)

Die -Strahlung von 60Co besteht aus drei Komponenten mit den kinetischen Maximalenergie 318 keV, 665 keV sowie 1491 keV. Rückstoßenergie sollen im Folgenden nicht berücksichtigt werden.

**b)** Berechnen Sie die Anregungsenergien der Niveaus in 60Ni, die für die genannten Zerfälle von Bedeutung sind und skizzieren Sie das zugehörige Zerfallsschema.

Alle -Energien, die nach diesem Zerfallschema energetisch möglich sind, treten beim Zerfall von 60Co auch tatsächlich auf. Zeichnen Sie diese Übergänge in das Zerfallschema ein. Welche maximale Wellenlänge hat demnach die von einem 60Co-Präparat ausgehende -Strahlung?

**c)** Berechnen Sie die Geschwindigkeit der schnellsten von 60Co emittierten Elektronen.

In der Humanmedizin kann 60Co zur Bestrahlung von Tumoren eingesetzt werden. Bei einer Strahlentherapie soll ein tumorbefallenes Organ der Masse 0,90 kg durch eine 15-minütige Bestrahlung die Energiedosis 2,0 Gy erhalten. Weil die Bestrahlung von außen erfolgt, werden im Mittel nur 0,50% der frei werdenden Energie des Strahlers in dem Organ absorbiert.

**d)** Wie viele -Zerfälle müssen während der Bestrahlungszeit in der Strahlenquelle auftreten? (zur Kontrolle: )

**e)** Wie viele mg 60Co muss die verwendete Strahlungsquelle enthalten?

[203.](lsgatom.docx#t203) Der regionale Glucoseverbrauch im menschlichen Körper lässt sich unter anderem dadurch messen, dass man eine der beteiligten Substanzen mit einem radioaktiven Präparat, z. B. dem Fluorisotop F-18 als ß+-Strahler, markiert. In einer radiologischen Praxis wird einem Patienten eine F-18-haltige Zuckerlösung verabreicht. Die Halbwertszeit von F-18 beträgt T½ = 109,8 min.

**a)** F-18 wird unmittelbar vor der Untersuchung in einem Beschleuniger hergestellt. Dazu wird mit O-18 angereicherte Wasser mit schnellen Protonen beschossen, die in den O-18-Kern eindringen und diesen instabil machen.

Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Umwandlung von O-18 in F-18 auf. (4)

**b)** Stellen Sie danach die Reaktionsgleichung für den Zerfall des F-18-Isotops auf. Zeigen Sie dabei auch, wie das ß +-Teilchen entsteht und begründen Sie die Notwendigkeit, zur Erklärung dieses Vorgangs das Neutrino zu „erfinden“. (6)

**c)** Vergleichen Sie Alpha-, Beta- und Gammastrahlung. (4)

**d)** Bestimmen Sie die für die Untersuchung verbleibende Zeit, wenn die Aktivität des F-18 nach dem Einnehmen des Präparates um höchstens 10% abnehmen darf. (6)

**e)** Ein im Körpergewebe freigesetztes Positron ist nach wenigen Millimetern Wegstrecke bis zum Stillstand abgebremst und reagiert dann mit einem ruhenden Elektron durch Paarvernichtung. Das bedeutet, dass sich die beiden Teilchen komplett in Strahlung umwandeln. Im Folgenden kann angenommen werden, dass dabei genau zwei Gammaquanten entstehen.

Begründen Sie, dass sich die zwei Gammaquanten in entgegen gesetzte Richtungen ausbreiten und die gleiche Energie von 511 keV besitzen. (4)

[211.](lsgatom.docx#t211) (LK 2015)

Ein schmales paralleles Bündel des von atomaren Wasserstoff ausgesandten Lichts wird auf das Prisma eines Spektralapparates gerichtet. Das Lichtbündel durchläuft das Prisma und wird spektral zerlegt.

Der Schweizer Lehrer Johann Jakob Balmer untersuchte das Spektrum und stellte fest, dass dieses nicht kontinuierlich ist. Er bestimmte die Wellenlänge der Spektrallinien für den sichtbaren Bereich.

Die Wellenlänge für die rote Spektrallinie beträgt 656,3 nm.

**a)** Erläutern Sie die physikalischen Ursachen der spektralen Zerlegung.

**b)** Das Bohr’sche Atommodell gibt bezogen auf das Wasserstoffatom de Erklärung für das Aussenden von Photonen.

Begründen Sie, dass die Annahme, das Hüllenelektron bewegt sich auf einer Kreisbahn, mit der Heisenberg’schen Unschärferelation unvereinbar ist.

**c)** Führen Sie unter Nutzung der Gleichung



und eines geeigneten Bohr’schen Postulats den rechnerischen Nachweis für die Erzeugung der Photonen des roten Lichtes.

**d)** Weisen Sie rechnerisch nach, dass Wasserstoffatome Photonen der Wellenlänge kleiner 100 nm aussenden können.

**e)** Aus der klassischen Elektrodynamik ist bekannt, dass beschleunigte Ladungsträger elektromagnetische Wellen abstrahlen. Begründen Sie, dass Bohr dies durch ein Postulat ausschließen musste.

**f)** Ein Bündel weißen Glühlichts durchdringt Wasserstoffgas und wird anschließend spektral zerlegt. Im Spektrum sind dunkle Linien auf dem Farbkontinuum zu erkennen.

Erläutern Sie an diesem Beispiel den Vorgang der Resonanzabsorption.

[222.](lsgatom.docx#t222) (LK 2017)

Ein radioaktives Nuklid X (Mutterkern) ist ein Alphastrahler. Es entsteht Rn-222.

**a)** Geben Sie die Kernumwandlungsgleichung an.

**b)** Berechnen sie die Energie, die beim Alphazerfall des Mutterkerns frei wird.

(Masse des Mutterkerns: 225,97713 u, Masse Rn-222: 221,97039 u, Masse He-4: 4,0015061 u)

**c)** Radon ist ein radioaktives Edelgas. In niedriger Dosierung wirkt Radon schmerzlindernd und heilend. Andererseits kann Radon zum Beispiel bei Bergleuten Krebs verursachen. Rn-222 ist ein Alphastrahler. die Halbwertszeit des Isotops beträgt 3,8235 Tage.

Erläutern Sie davon ausgehend eine Wechselwirkung von radioaktiver Strahlung und Materie und leiten Sie daraus eine geeignete Maßnahme für den Strahlenschutz ab.

**d)** Das Radonisotop Rn-222 wird im Labor untersucht. Die gemessene Aktivität beträgt 1000 Bq.

Für die Aktivität gilt die Gleichung



Leiten Sie diese Gleichung aus dem Zerfallsgesetz  und der Definitionsgleichung für die Aktivität her.

Berechnen Sie die Anzahl der in der Probe enthaltenen Rn-222-Nuklide.

|  |  |
| --- | --- |
| [227.](lsgatom.docx#t227) Krypton-85 ist ein Beta-Minus-Strahler, der unter anderem bei der Papierherstellung eingesetzt wird, um die gleichmäßige Dicke des Papiers zu überprüfen.  Dabei wird das Papier ständig zwischen dem Krypton-85 Präparat und einem Zählrohr hindurchgeführt. Zur Einstellung des Zählrohrs wird die Impulsrate in Abhängigkeit von der Dicke des Papiers gemessen. | Bildquelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%A4chengewichtsregelung |

Es ergeben sich folgende Messwerte:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dicke d in mm | 0 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
| Impulse pro Minute | 212 | 164 | 125 | 96 | 76 | 57 | 45 |

**a)** Weshalb ist es wenig sinnvoll, für diese Untersuchung einen Alpha-Strahler einzusetzen?

**b)** Geben Sie die Zerfallsgleichung des Kr-85-Kernes an.

**c)** Begründen Sie, weshalb die gemessenen Impulse pro Minute bei zunehmender Papierdicke geringer werden.

**d)** Stellen Sie die Impulse pro Minute in Abhängigkeit von der Papierdicke graphisch dar.

**e)** Ermitteln Sie mit Hilfe des Diagramms die Impulsrate, die bei einer Papierdicke von 0,25 mm zu erwarten ist.

**f)** Nach 30 Jahren sind bereits 86% der radioaktiven Atomkerne zerfallen.

Berechnen Sie die Halbwertszeit von Krypton-85.

[243.](lsgatom.docx#t243) (LK Sachsen 2006)

Marie und Pierre Curie fanden 1898 in der Pechblende ein strahlendes Element, das sie Radium nannten. Radium ist ein -Strahler mit der Halbwertzeit 1600 Jahre.

**a)** Stellen Sie für Ra-226 die Zerfallsgleichung auf und weisen Sie rechnerisch nach, dass die beim Zerfall eines Kerns freigesetzte Energie 4,88 MeV beträgt.

Kernmassen:



**b)** Ermitteln Sie, welche Zeit mindestens vergehen muss, bis 0,5% Radium zerfallen sind.

**c)** Die bei diesem -Zerfall freigesetzte Energie verteilt sich vollständig in Form kinetischer Energie auf das a-Teilchen und den Tochterkern.

Von einem ruhenden Kern wird ein -Teilchen emittiert. Infolge des Rückstoßes erhält auch der Tochterkern kinetische Energie.

Berechnen Sie unter Nutzung des Impuls- und Energieerhaltungssatzes die Geschwindigkeit des -Teilchens.

[247.](lsgatom.docx#t247) **Alphazerfall von 238Pu**

(LK Bayern 2000)

Das Nuklid 238Pu ist ein Alpha-Strahler. Die Kerne des Tochternuklids entstehen im Grundzustand oder im ersten angeregten Zustand (Anregungsenergie 43 keV), der anschließend durch Emission eines Gammaquants in den Grundzustand übergeht.

**a)** Geben sie die Gleichung des Zerfalls von 238Pu an.   
Zeigen Sie, dass bei einem Zerfall insgesamt eine Energie von 5,56 MeV frei wird.

(Masse des 238Pu-Kerns: 238,04951 u, Masse des Tochterkerns: 234,04090 u, Masse des Alpha-Teilchens: 4,0026036 u)

**b)** Skizieren Sie das Energieniveauschema für den Zerfall von 238Pu und berechnen Sie die Wellenlänge der emittierten -Strahlung.

**c)** Erstellen Sie eine beschriftete Skizze einer Versuchsanordnung, mit der man das Energiespektrum der Alpha-Teilchen mithilfe eines homogenen Magnetfeldes experimentell bestimmen kann.  
Leiten Sie (nichtrelativistisch) eine Beziehung für die kinetische Energie der Alpha-Teilchen in Abhängigkeit von Messgrößen und Naturkonstanten her.

**d)** Die Messung ergibt. dass die maximale kinetische Energie der Alpha-Teilchen 5,50 MeV beträgt. Dieser Wert unterscheidet sich deutlich von in der ersten Aufgabe berechnete Energie.

Zeigen Sie durch eine nichtrelativistische Rechnung, dass der Rückstoß des Zerfallsproduktes für diese Energiedifferenz verantwortlich ist.

[252.](lsgatom.docx#t252) (GK Sachsen 2020)

In der Nuklearmedizin genutzte Isotope des Elements Iod sind I-123 und I-131.

**a)** Erklären Sie am Beispiel dieser Kernarten den Begriff Isotop.

**b)** Nennen Sie zwei Eigenschaften radioaktiver Strahlung.

Die Halbwertszeit für den Beta-Minus-Strahler I-131 beträgt 8,02 Tage.

**c)** Geben Sie für den Beta-Minus-Zerfall dieses Isotops die Massenzahl und die Kernladungszahl des Folgekerns an.

**d)** Ein Präparat enthält eine bestimmte Anzahl dieser Iodkerne. Berechnen Sie, nach wie viel Tagen deren Anzahl auf 10% gesunken ist.

**e)** Die Untersuchung des Zerfalls einer Probe I-123 ergab:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t in h | 5,00 | 10,00 | 15,00 | 20,00 | 30,00 |
| N | 2,92∙1015 | 2,26∙1015 | 1,73∙1015 | 1,33∙1015 | 7,90∙1014 |

N…Anzahl der Iodkerne

Ermitteln Sie die Halbwertszeit des Isotops I-123 sowie die zum Zeitpunkt t=0 vorhandene Anzahl N0.

[257.](lsgatom.docx#t257) (LK Sachsen 2022)

Heilbäder oder Heilstollen bieten oft eine Radontherapie an. Dabei wird die natürliche Freisetzung des radioaktiven Elements Radon aus dem Erdboden genutzt. Die Therapie soll das menschliche Immunsystem stimulieren und dadurch Krankheiten lindern.

Das Radon gelangt durch die Inhalation hochaktiver radonhaltiger Luft oder in Bädern durch die Haut in den menschlichen Organismus,

Radon-222 ist ein Alpha-Strahler und hat die Halbwertszeit 3,825 Tage.

**a)** Geben Sie die Kernumwandlungsgleichung für den Zerfall des Radons an.

**b)** Berechnen Sie die beim Zerfall eines Radonkerns freiwerdende Bindungsenergie.

Hinweise:

|  |  |
| --- | --- |
| Kernart | Kernmasse in u |
|  |  |
| Radon-222 | 221,97039991 |
| Tochterkern | 217,96289197 |
| Alpha-Teilchen | 4,00150608 |

Atomare Masseneinheit: 1u = 1,660539 ∙ 10-27 kg

**c)** Im Radonheilbad Bad Schlema gibt es radonhaltiges Wasser als natürliches Heilmittel. Pro Kubikmeter Wasser ist so viel Radon gelöst, dass die Aktivität 1,0 ∙ 105 Bq erzeugt wird.

Berechnen Sie die Masse des enthaltenen Radons.

Hinweis: Die Atommasse wird mit 222u angenommen.

**d)** Ermitteln Sie, nach welcher Zeit die Anzahl der enthaltenen Rn-222-Nuklide auf 15% gesunken ist, falls kein weiteres „frisches“ Radon-Wasser zugeführt wird.