

Abiturprüfung 2011

PHYSIK

als Leistungskursfach

Arbeitszeit: 240 Minuten

Der Fachausschuss wählt z w e i Aufgaben zur Bearbeitung aus.

L Ph 1

1. Elektrisches Gewitterfeld

Zur Beschreibung der elektrischen Vorgänge bei einem Gewitter soll eine geladene Gewitterwolke in 1,5 km Höhe zusammen mit dem Boden stark vereinfacht als „Naturplattenkondensator“ mit der Fläche 15 km^2 betrachtet werden. Die Wolkenunterseite besitzt gegenüber dem Boden das Potential $\varphi = -3,0 \cdot 10^7 \text{ V}$. Wegen der zunächst noch trockenen Luft kann die Kapazität wie bei einem Kondensator im Vakuum berechnet werden.

- 5 a) Ermitteln Sie die Kapazität und die Ladung dieses Kondensators sowie die elektrische Feldstärke E . [Zur Kontrolle: $E = 2,0 \cdot 10^4 \text{ V/m}$]
- 4 b) Welchen Betrag würde man erhalten, wenn man die im elektrischen Feld dieses Kondensators gespeicherte Energie nach dem „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ für 0,36 € pro kWh ins Stromnetz einspeisen könnte?
- 6 c) Erklären Sie, warum ein in diesem Gewitterfeld auf dem Boden stehender Sendemast aus Metall besonders blitzeinschlaggefährdet ist. Benützen Sie zur Begründung eine geeignete Feldlinienskizze. Zeichnen Sie in die Feldlinienskizze auch die Äquipotentiallinien ein.

Im gesamten Gewitterfeld kommt es nun zu einem Hagelschauer. Dabei fallen kugelförmige Hagelkörnchen mit 0,50 cm Radius und 0,48 g Masse senkrecht nach unten.

- 4 d) Berechnen Sie die maximale Geschwindigkeit eines Hagelkörnchens beim Herunterfallen. Berücksichtigen Sie dabei zunächst nur die Gewichtskraft F_g und die durch den Luftwiderstand verursachte Kraft

$$F_L = \frac{1}{2} c_w \rho_L A v^2.$$

A bezeichnet hierbei die Querschnittsfläche des Hagelkorns und v seine Geschwindigkeit. Für die Konstante c_w ist der Wert 0,45 zu verwenden, für die Dichte ρ_L der Luft $1,3 \text{ kg/m}^3$.

Negative Ladungen, die im unteren Teil der Gewitterwolke auf den Hagelkörnchen sitzen, werden im Wesentlichen durch Blitze zur Erde abgeleitet. Doch auch die fallenden Hagelkörnchen selbst transportieren Ladung von der Wolke zum Boden.

- 9 e) Die während eines Wolkenbruchs herabfallenden Hagelkörner entsprechen einer Wassermenge von 50 l/m^2 ; sie transportieren dabei insgesamt die Ladung $Q = 10 \text{ mC}$. Schätzen Sie daraus die mittlere Ladungsmenge eines Hagelkörnchens ab und beurteilen Sie, ob sich daraus eine spürbare Änderung seiner Fallgeschwindigkeit ergibt.

(Fortsetzung nächste Seite)

2. Messung des magnetischen Erdfelds mit Hilfe eines Fadenstrahlrohrs

Mit Hilfe eines Fadenstrahlrohrs soll die Flussdichte des Erdmagnetfelds am Versuchsort ermittelt werden.

- 7 a) Erläutern Sie anhand einer beschrifteten Skizze Aufbau und Funktionsprinzip eines Fadenstrahlrohrs in einem Helmholtzspulenpaar.

- 8 b) Zeigen Sie, dass für den Durchmesser d der kreisförmigen Elektronenbahn in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_B und der Flussdichte B des ablenkenden Magnetfeldes gilt (nichtrelativistische Rechnung):

$$d = \sqrt{\frac{8 U_B m_e}{e}} \cdot \frac{1}{B}$$

Berechnen Sie den Durchmesser der Elektronenbahn für $U_B = 137 \text{ V}$ und $B = 0,66 \text{ mT}$.

- 4 c) Erläutern Sie, wie man mit Hilfe eines Kompasses und einer weiteren Magnetnadel, deren Drehachse frei orientierbar ist (Inklinationsnadel), die Richtung des Erdmagnetfelds bestimmen kann.

Nun wird die Anordnung so ausgerichtet, dass die Magnetfeldlinien des Helmholtzspulenpaares parallel zu denen des Erdmagnetfelds orientiert sind. Dann wird der Durchmesser d_1 der Elektronenbahn gemessen. Nach Drehung der Anordnung um 180° (Spulenmagnetfeld nun antiparallel zum Erdmagnetfeld) ergibt eine weitere Messung für den Bahndurchmesser den Wert d_2 .

- 9 d) Leiten Sie die Beziehung $B_{\text{Erde}} = \sqrt{\frac{2 U_B m_e}{e}} \cdot \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right)$ her und

berechnen Sie B_{Erde} für $U_B = 100 \text{ V}$ und die Bahndurchmesser $9,5 \text{ cm}$ bzw. $10,9 \text{ cm}$.

- 4 e) Begründen Sie, warum sich ein niedriger Wert des Spulenmagnetfelds vorteilhaft auf die Genauigkeit des Ergebnisses für B_{Erde} auswirkt.

L Ph 2

1. Schwingkreise zur Verkehrsüberwachung

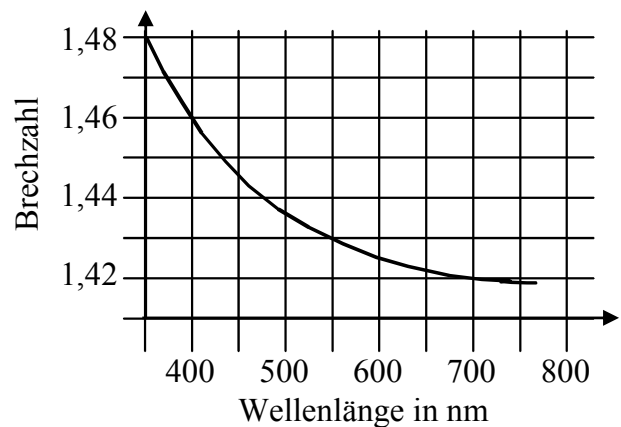
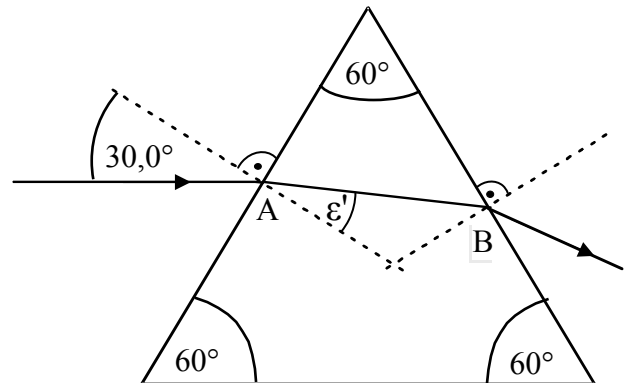
Zur Verkehrsüberwachung werden in Straßen Leiterschleifen verlegt, die zusammen mit einem Kondensator und einer geeigneten elektronischen Beschaltung einen ungedämpften Schwingkreis bilden. Die Induktivität einer solchen Leiterschleife beträgt $L = 3,0 \text{ mH}$, der Kondensator hat eine Kapazität von $C = 0,43 \text{ nF}$ und die Stromstärke beträgt maximal $I_{\max} = 0,15 \text{ A}$. Gehen Sie davon aus, dass die Energieverluste während einer Periode vernachlässigbar klein sind.

- 6 a) Berechnen Sie die Eigenfrequenz f des Schwingkreises, die maximale magnetische Energie E_{\max} sowie die maximale Kondensatorspannung U_{\max} .
- [zur Kontrolle: $E_{\max} = 3,4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$]
- 5 b) Stellen Sie in einem Diagramm mit den Ergebnissen von Teilaufgabe 1a quantitativ den zeitlichen Verlauf der elektrischen und der magnetischen Energie während einer Periode dar.
- 2 c) Geben Sie zwei Ursachen für die Energieverluste in einem realen elektromagnetischen Schwingkreis an.
- 6 d) Damit der Schwingkreis ungedämpft schwingen kann, muss ihm phasenrichtig Energie zugeführt werden. Fertigen Sie die Schaltskizze einer geeigneten Rückkopplungsschaltung an.
- 4 e) Wenn ein Fahrzeug über eine solche Leiterschleife fährt, kann mit einer geeigneten Messtechnik eine Änderung der Eigenfrequenz des Schwingkreises registriert werden. Begründen Sie diese Frequenzänderung und erläutern Sie kurz, wie man dabei ein Motorrad von einem PKW unterscheiden kann.
- Die freie, ungedämpfte elektromagnetische Schwingung lässt sich mathematisch durch die Differentialgleichung $\frac{Q(t)}{C} + L\ddot{Q}(t) = 0$ beschreiben.
- 8 f) Welche physikalische Bedeutung haben die hier auftretenden Summanden? Zeigen Sie, dass $Q(t) = Q_0 \sin \omega t$ mit $\omega = 2\pi f$ eine Lösung der Differentialgleichung darstellt, wobei f die Eigenfrequenz des Schwingkreises ist.

2. Das Spektrum von weißem Licht

In Spektrometern verwendet man zur spektralen Aufspaltung des einfallenden Lichts entweder ein Prisma oder ein optisches Gitter.

Zunächst wird die Zerlegung von weißem Licht durch Brechung an einem gleichseitigen Glasprisma untersucht. Der Lichtstrahl tritt im Punkt A unter dem Einfallswinkel $\varepsilon = 30,0^\circ$ in das Prisma ein (siehe Abb.). Die Abhängigkeit der Brechzahl von der Wellenlänge wird im nebenstehenden Diagramm dargestellt.



- 6 a) Berechnen Sie mit Hilfe des Diagramms und des Brechungsgesetzes die Brechungswinkel ε_r' bzw. ε_v' von rotem Licht ($\lambda_r = 700 \text{ nm}$) und violetterem Licht ($\lambda_v = 400 \text{ nm}$) beim Eintritt des Strahls in das Prisma.
[zur Kontrolle: $\varepsilon_r' = 20,6^\circ$ $\varepsilon_v' = 20,0^\circ$]
- 8 b) Unter welchem Winkel zum Lot tritt violettes bzw. rotes Licht aus dem Prisma aus? Berechnen Sie jeweils auch den Winkel der Gesamtablenkung aus der ursprünglichen Einfallsrichtung und berechnen Sie die Differenz der beiden Werte.
- Nun wird das weiße Licht mit einem optischen Gitter spektral zerlegt.
- 4 c) Stellen Sie in einer beschrifteten Skizze den Versuchsaufbau dar, mit dem das Spektrum einer weißen Lichtquelle mit Hilfe des optischen Gitters auf einem Schirm dargestellt werden kann.
- 3 d) Zeigen Sie allgemein, dass innerhalb einer Ordnung des Spektrums rotes Licht weiter vom Maximum 0. Ordnung entfernt ist als violettes Licht.
- 8 e) Wie viele Striche pro Millimeter muss ein optisches Gitter besitzen, damit der Winkel zwischen dem Maximum 0. Ordnung und dem Maximum 1. Ordnung für rotes Licht ($\lambda_r = 700 \text{ nm}$) wie beim obigen Prisma $34,3^\circ$ beträgt? Welchen Winkel schließen in diesem Fall der rote und der violette Strahl ($\lambda_v = 400 \text{ nm}$) ein?

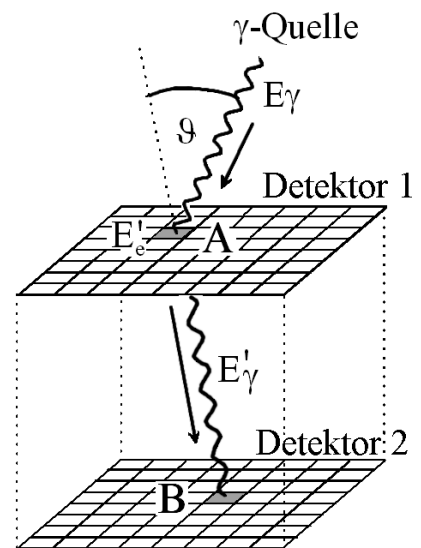
L Ph 3

1. Compton-Teleskop

Das Compton-Teleskop dient zur Beobachtung von astronomischen Objekten, die Gammastrahlung mit Quantenenergien in der Größenordnung einiger MeV aussenden. In diesem Energiebereich ist der Compton-Effekt der dominierende Wechselwirkungsprozess von Photonen mit Materie.

- 5 a) Begründen Sie, warum der Compton-Effekt bei sichtbarem Licht nicht beobachtet werden kann.

Nebenstehend ist das Prinzip eines Compton-Teleskops skizziert. Ein einfallendes γ -Quant der Energie E_γ wird in Detektor 1 durch Compton-Streuung an einem Elektron um den Winkel ϑ abgelenkt. Dabei wird die kinetische Energie E_e' des Comptonelektrons gemessen. Das gestreute γ -Quant wird in Detektor 2 schließlich vollständig absorbiert, wobei seine Energie E_γ' gemessen wird. Damit erhält man E_γ aus $E_\gamma = E_e' + E_\gamma'$. Beide Detektoren sind ortsauflösend, d. h. die Wechselwirkungsorte A und B sind bekannt.



- 8 b) Leiten Sie aus der Formel $\Delta\lambda = \lambda_C \cdot (1 - \cos \vartheta)$ für die Wellenlängenänderung beim Compton-Effekt her, dass der Streuwinkel ϑ aus den Messgrößen E_e' und E_γ' sowie aus der Ruhemasse m_0 des Elektrons nach folgender Beziehung berechnet werden kann:

$$\cos \vartheta = 1 - \frac{m_0 c^2}{E_\gamma'} + \frac{m_0 c^2}{E_e' + E_\gamma'}$$

- 10 c) Ein γ -Quant löst in Detektor 1 ein Comptonelektron der kinetischen Energie $E_e' = 0,70$ MeV aus; in Detektor 2 wird die Energie $E_\gamma' = 1,3$ MeV des gestreuten γ -Quants gemessen. Berechnen Sie daraus den Streuwinkel ϑ des Photons sowie die Geschwindigkeit des Comptonelektrons.

- 5 d) Im Compton-Teleskop wird die Zeitdauer Δt zwischen den Wechselwirkungsprozessen in den beiden Detektoren gemessen. Berechnen Sie, innerhalb welcher Grenzen Δt liegen muss, damit zwei beobachtete Wechselwirkungen im oberen und im unteren Detektor tatsächlich vom selben γ -Quant stammen können. Betrachten Sie dazu die beiden Detektoren als gegenüberliegende Flächen eines Würfels mit der Kantenlänge 1,2 m.

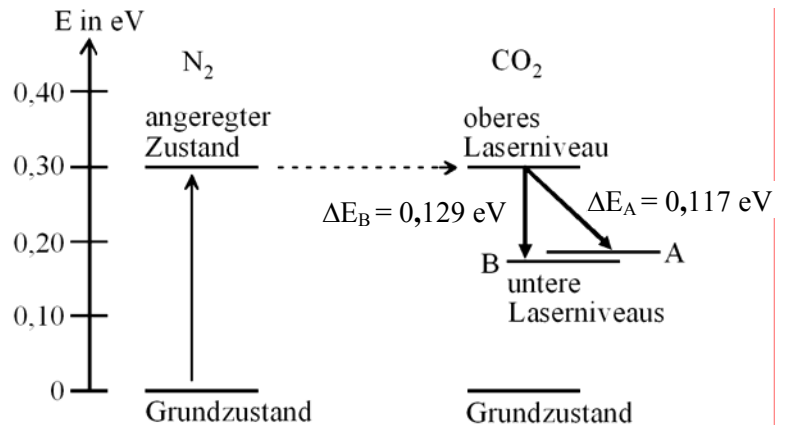
(Fortsetzung nächste Seite)

BE

- 7 e) Erläutern Sie anhand einer Skizze, warum man bei Detektion eines einzelnen γ -Quants mit anschließender Bestimmung von ϑ noch nicht die Richtung der γ -Quelle kennt. Erklären Sie, warum man durch Detektion mehrerer aufeinander folgender γ -Quanten die Position der γ -Quelle dennoch mit einem einzelnen Compton-Teleskop bestimmen kann.

2. Kohlendioxid-Laser

Um bei einem mit Kohlendioxid (CO_2) betriebenen Laser die CO_2 -Moleküle aus dem Grundzustand in ein energetisch höheres Niveau anregen zu können, muss zunächst das Hilfsgas Stickstoff (N_2) durch Stoßanregung mit Elektronen in einen angeregten Zustand versetzt



werden. Die angeregten Stickstoffmoleküle übertragen anschließend ihre Anregungsenergie auf das Arbeitsgas CO_2 (siehe Energieniveauschema). Für die Emission von Laserlicht sind im Wesentlichen die Übergänge vom oberen zu den beiden unteren Laserniveaus A bzw. B verantwortlich.

- 4 a) Mit welcher Mindestgeschwindigkeit v muss ein Elektron auf ein Stickstoffmolekül im Grundzustand treffen, damit der Anregungsprozess in Gang gebracht wird?
- 5 b) Der angeregte Zustand von N_2 liegt $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ eV}$ unter dem oberen Laserniveau von CO_2 . Begründen Sie durch den Vergleich mit der thermischen Energie bei Raumtemperatur, dass die Anregung der CO_2 -Moleküle durch N_2 -Moleküle dennoch energetisch möglich ist.
- 4 c) Entscheiden Sie rechnerisch, ob der Laser im sichtbaren Bereich arbeitet.
- 6 d) Zeigen Sie mit Hilfe des abgebildeten Energieniveauschemas, dass der theoretisch erreichbare Wirkungsgrad des CO_2 -Lasers etwa 40 % beträgt. Geben Sie einen möglichen Grund an, weshalb der Wirkungsgrad in der Praxis deutlich kleiner ist.
- 6 e) Zur Erzeugung eines Laserpulses werden CO_2 -Moleküle angeregt, bis sich eine ausreichend hohe Anzahl auf dem oberen Laserniveau befindet. Anschließend fällt innerhalb von $\Delta t = 2,0 \text{ ns}$ ein Anteil von 86 % der angeregten Moleküle auf das Laserniveau A zurück, der Rest auf das Laserniveau B. Berechnen Sie, wie viele CO_2 -Moleküle angeregt werden müssen, wenn der Laserpuls eine mittlere Leistung von $P = 5,0 \text{ kW}$ haben soll.

L Ph 4

Goldfinger und sein „Atomgerät“

Im James-Bond-Film „Goldfinger“ plant der gleichnamige Bösewicht, sämtliche in Fort Knox/USA gelagerten Goldvorräte ($m = 1,05 \cdot 10^7$ kg) mittels eines nicht näher beschriebenen „Atomgeräts“ so zu behandeln, dass sie für Jahrzehnte nicht genutzt werden können. Im Folgenden soll in drei Szenarien untersucht werden, welche Funktionsweise ein solches „Atomgerät“ haben könnte.

1. Im „Atomgerät“ befindet sich eine starke Neutronenquelle.

Wird das stabile Goldisotop ^{197}Au mit Neutronen bestrahlt, so kann sich ein Neutron an den Goldkern anlagern, wodurch der β^- -Strahler ^{198}Au entsteht.

- 4 a) Geben Sie die vollständige Reaktionsgleichung beim Zerfall von ^{198}Au an und berechnen Sie die bei dieser Reaktion frei werdende Energie Q . (Atommasse: $m_{\text{Au}198} = 197,968216$ u)
- 6 b) Beim Durchdringen einer Goldschicht der Dicke 1,0 nm beträgt die Wahrscheinlichkeit für ein Neutron, an einem in der Schicht befindlichen Goldkern angelagert zu werden, $5,0 \cdot 10^{-8}$. Berechnen Sie, welcher Prozentsatz der Neutronen demnach einen 5,0 cm dicken Goldbarren bei senkrechtem Beschuss durchdringen wird.

Um Neutronen in nennenswerter Anzahl zu erzeugen, eignet sich eine Neutronenquelle, in der Kernprozesse zur Erzeugung von Neutronen führen. Bei jedem solchen Erzeugungsprozess wird die Energie 210 MeV frei, die Gesamtleistung der Quelle beträgt $P = 20$ MW.

- 6 c) Berechnen Sie die Anzahl der Kernprozesse, die pro Sekunde in der Quelle stattfinden. Wie lange bräuchte Goldfinger, um 70 % der Goldatome in Fort Knox zu bestrahlen, wenn jedes Neutron eine Reaktion auslöst?
- 3 d) Alternativ könnte Goldfinger zur Neutronenerzeugung die Reaktion $^9_4\text{Be} + ^4_2\alpha \rightarrow ^{12}_6\text{C} + ^1_0\text{n}$ ins Auge fassen, die einen α -Strahler voraussetzt. Begründen Sie anhand der typischen Atommasse eines α -Strahlers von etwa 200 u, dass diese Alternative nicht ernsthaft in Betracht kommt, wenn auch hier 70 % der Goldatome bestrahlt werden sollen.

2. Das „Atomgerät“ ist ein nuklearer Sprengsatz.

Trifft ein Neutron auf einen ^{239}Pu -Kern, kann dieser in einen ^{144}Ba - und einen ^{94}Sr -Kern gespalten werden, wobei Energie abgegeben wird. Zusätzlich werden dabei Neutronen emittiert, die zu weiteren Spaltungen führen können, sodass innerhalb sehr kurzer Zeit eine große Energiemenge freigesetzt werden kann.

- 4 a) Geben Sie die Reaktionsgleichung zu diesem Prozess an und berechnen Sie den zugehörigen Q -Wert. (Atommassen: $m_{\text{Pu}239} = 239,05215$ u; $m_{\text{Ba}144} = 143,92294$ u, $m_{\text{Sr}94} = 93,91536$ u)

(Fortsetzung nächste Seite)

BE

Während der Explosion des Sprengsatzes wird etwa $1,0 \text{ kg } ^{239}\text{Pu}$ gespalten. Durch jeden einzelnen Spaltprozess wird im Verlauf einiger Minuten durchschnittlich eine Energie von etwa 208 MeV frei.

- 7 b) Begründen Sie die Abweichung von dem in Teilaufgabe 2a berechneten Wert und berechnen Sie die Energie E , die im Verlauf einiger Minuten bei der Spaltung von $1,0 \text{ kg } ^{239}\text{Pu}$ freigesetzt würde.
[zur Kontrolle: $E = 8,4 \cdot 10^{13} \text{ J}$]
- 6 c) Schätzen Sie die Energie ab, die benötigt wird, um das gesamte in Fort Knox lagernden Gold ($m = 1,05 \cdot 10^7 \text{ kg}$) zu verdampfen. Vergleichen Sie diese mit dem Energiebetrag aus Teilaufgabe 2b. (Hinweise: Um die Temperatur von $1,0 \text{ kg}$ Gold um $1,0 \text{ K}$ zu erhöhen, ist eine Energie von $0,13 \text{ kJ}$ erforderlich. Die Schmelztemperatur von Gold beträgt $1063 \text{ }^\circ\text{C}$. Um $1,0 \text{ kg}$ Gold zu schmelzen, weiter bis zum Siedepunkt zu erhitzen und schließlich zu verdampfen, benötigt man zusätzlich etwa $2,1 \text{ MJ}$.)

3. Das „Atomgerät“ kontaminiert den Lagerraum des Goldes.

Durch eine Explosion könnte radioaktives Material im Lagerraum verteilt werden, sodass dieser für Jahrzehnte unbegebar wird.

- 4 a) Begründen Sie anhand der Tabelle, warum bei diesem Szenario von den aufgeführten Isotopen insbesondere ^{60}Co zu fürchten wäre, indem Sie die physikalischen Eigenschaften dieser Isotope miteinander vergleichen.

Isotop	^{60}Co	^{131}I	^{144}Nd
Zerfallsart	β^- , γ	β^- , γ	α
Halbwertszeit $T_{1/2}$	5,3 a	8,0 d	$2,3 \cdot 10^{15} \text{ a}$
Zerfallsenergie E in MeV	2,8	0,97	1,7

- 8 b) Der Raum, in dem das Gold gelagert wird, könnte erst dann wieder betreten werden, wenn die Aktivität auf $3,9 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$ gesunken ist. Berechnen Sie die Menge an ^{60}Co , die erforderlich wäre, um ein Betreten des Raumes für 50 Jahre zu verhindern. Bestimmen Sie zusätzlich die anfängliche Wärmeleistung dieses radioaktiven Materials.

4. Bewertung der „Atomgerät“-Szenarien und „klassischer“ Diebstahl

- 6 a) Erörtern Sie, ob und gegebenenfalls welche der drei Szenarien aus Ihrer Sicht eine realistische Bedrohung darstellen könnten.
- 6 b) Schätzen Sie ab, in welcher Größenordnung die Goldmenge liegt, die Goldfinger im schlimmsten Fall in 2 Stunden stehlen könnte, wenn jeder seiner 50 Helfer, die das Gold über eine 15 m hohe Treppe nach oben tragen müssen, eine Leistung von 300 W dauerhaft erbringen kann. Wählen Sie für alle weiteren zur Abschätzung notwendigen Größen sinnvolle Werte.

L Ph 5

1. Radioaktiver Zerfall

Zur Untersuchung des Zerfallsgesetzes wird an vielen Schulen ein Präparat verwendet, das ^{137}Cs enthält (Atommasse: $m_{\text{Cs}137} = 136,90708 \text{ u}$). Dieses Nuklid zerfällt mit einer Halbwertszeit von $T_{1/2} = 30 \text{ a}$ zu ^{137}Ba . Die Aktivität von ^{137}Cs in einem solchen Präparat beträgt 370 kBq .

- 5 a) Geben Sie die Zerfallsgleichung an und berechnen Sie den zugehörigen Q-Wert. [zur Kontrolle: $Q = 1,18 \text{ MeV}$]

- 5 b) Berechnen Sie die Gesamtmasse m der ^{137}Cs -Atome im Präparat.

Nur 6 % der Zerfälle erfolgen direkt in den Grundzustand von ^{137}Ba . Bei 94 % der Zerfälle entsteht zunächst der metastabile Zustand $^{137}\text{Ba}^*$, der anschließend durch γ -Emission in den Grundzustand übergeht. Die Energie der dabei emittierten γ -Quanten beträgt 662 keV .

- 4 c) Welche Energiewerte können die beim Zerfall von ^{137}Cs zu $^{137}\text{Ba}^*$ emittierten Teilchen annehmen?

Den γ -Zerfall von $^{137}\text{Ba}^*$ benutzt man wegen seiner kurzen Halbwertszeit zur experimentellen Bestimmung des Zerfallsgesetzes. Dazu wird Barium aus dem Cs-Präparat ausgewaschen. Die bariumhaltige Lösung wird dann vor ein Zählrohr gebracht. In der folgenden Tabelle sind die um den Nulleffekt bereinigten Zählraten Z in Abhängigkeit von der Zeit t angegeben:

t/s	0	80	160	240	320	400
Z/s^{-1}	87	62	40	28	20	14

- 8 d) Stellen Sie die Messreihe in einem $t\text{-}\ln(Z/Z_0)$ -Diagramm dar und begründen Sie unter Zuhilfenahme des Diagramms, dass die Zählrate exponentiell mit der Zeit abnimmt.

- 4 e) Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms die Halbwertszeit von $^{137}\text{Ba}^*$.

Das Auswaschen des Bariums führt dazu, dass unmittelbar nach dem Versuch der Barium-Anteil im Präparat gering ist. Um den Versuch wiederholen zu können, muss man warten, bis sich wieder ausreichend viel $^{137}\text{Ba}^*$ nachgebildet hat.

- 4 f) Nach einiger Zeit stellt sich im obigen Präparat eine praktisch konstante Zahl an $^{137}\text{Ba}^*$ -Kernen ein. Berechnen Sie die dann erreichte Aktivität der $^{137}\text{Ba}^*$ -Kerne und nennen Sie zwei wichtige Gründe dafür, dass die mit dem Zählrohr registrierte Zählrate wesentlich kleiner als die berechnete Aktivität ist.

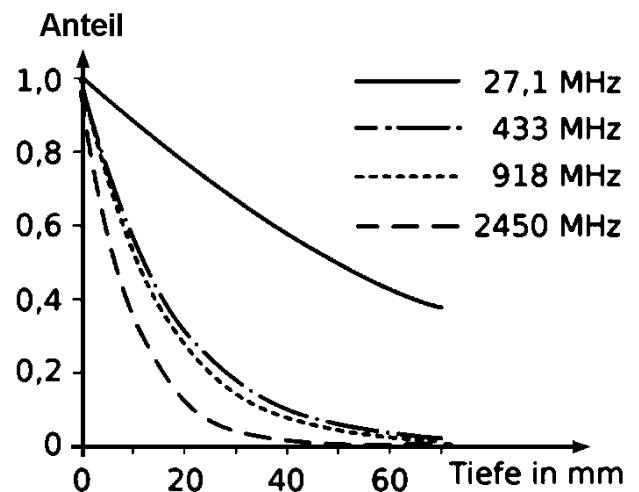
BE

2. Mikrowellenofen

In einem Mikrowellenofen werden wasserhaltige Speisen dadurch erwärmt, dass die Wassermoleküle durch Mikrowellen der Frequenz $f = 2,45 \text{ GHz}$ zu Schwingungen angeregt werden.

- a) Erläutern Sie, warum in Aluminiumfolie verpackte Lebensmittel ausgepackt werden sollten, bevor sie in den Mikrowellenofen gestellt werden.
- b) Berechnen Sie die Energie eines Photons der Mikrowellenstrahlung und begründen Sie, dass diese Strahlung nicht ionisierend wirkt.
- c) Berechnen Sie die Länge L eines Dipols, der in der Grundschiwingung Wellen der angegebenen Frequenz abstrahlt. [zur Kontrolle: $L = 6,12 \text{ cm}$]

Das nebenstehende Diagramm zeigt, wie stark elektromagnetische Wellen verschiedener Frequenzen in Muskelfleisch absorbiert werden. Auf der Hochwertachse ist angegeben, welcher Anteil der Anfangsintensität in der jeweiligen Eindringtiefe noch vorliegt.



- d) Entnehmen Sie dem Diagramm die Dicke eines Fleischstückes, das 70 % der auftreffenden 2,45-GHz-Strahlung absorbiert. Wie oft müsste diese Strahlung das Fleischstück durchqueren (mit Reflexion an der Ofenwand), damit schließlich 99 % der Strahlung absorbiert worden sind?
- e) Begründen Sie mit dem Diagramm, warum es ungünstig wäre, den Ofen mit einer wesentlich höheren Frequenz als 2,45 GHz zu betreiben. Nehmen Sie dazu an, dass die im Diagramm erkennbare Frequenzabhängigkeit der Absorption auch bei noch höheren Frequenzen gilt.
- f) In einem Mikrowellenofen, dessen Innenmaße zwischen 30 cm und 55 cm liegen, kann sich zwischen zwei Seitenflächen eine stehende Welle ausbilden. Erklären Sie, warum die Speisen deshalb zur gleichmäßigen Erwärmung auf einen Drehteller gelegt werden, der sich in der Mitte der Mikrowelle befindet. Für welche Abmessungen des Innenraums ist gewährleistet, dass sich in der Mitte des Drehtellers kein Knoten des elektrischen Feldes ausbildet?
- g) Während des Garens kann man die Speisen im Ofen beobachten, ohne dass dabei Mikrowellenstrahlung nach außen gelangt. Erläutern Sie, warum dies mit einem gelochten Metallblech erreicht werden kann, das an einer Glasscheibe vorne am Ofen angebracht ist.