

Radioaktivität - was steckt dahinter?

Bei vielen Menschen löst dieses Zeichen Alarm aus, vielleicht sogar Angst. Es ist ein Warnschild, das signalisiert: hier ist Gefahr! Aber Gefahr wovor? Woraus besteht diese gefährliche Strahlung eigentlich? Was macht sie so gefährlich?

Was ist Radioaktivität denn nun wirklich?



Für uns Physiker gehört Radioaktivität zur Familie die ionisierenden Strahlungen. In diesem Selbstlernheft ergründest du, was Strahlung eigentlich ist, was Ionen sind, wie eine Strahlung neutrale Materie ionisieren kann und was daran so gefährlich sein kann. Damit wirst du dann auch wissen, wie du dich selbst und andere vor Radioaktivität sinnvoll schützen kannst!

Lest, diskutiert und bearbeitet dieses Selbstlernheft **zu zweit**. Ihr benötigt außerdem:

- einen **Taschenrechner**
- ein **Internet**-fähiges Handy oder einen Rechner mit Internet-Zugang, denn
 - ➔ ihr sollt euch Filme angucken, die u.a. auf der Homepage hp-ben.de gespeichert sind und
 - ➔ ihr sollt auf leifiphysik.de ganz bestimmte Aufgaben und ein Quiz lösen
- ein **Heft** (z.B. euer Physikheft), in das ihr die Lösungen und Ideen hinein schreibt
- Stifte, Buntstifte, Lineal, Zirkel... für gute Zeichnungen.

Rechnet bitte damit, dass ihr etwa 8-10 Stunden (4-5 Doppelstunden) Zeit braucht - einige Zeit davon wertet ihr allerdings auch Filmausschnitte ansehen oder Web-Aufgaben lösen.

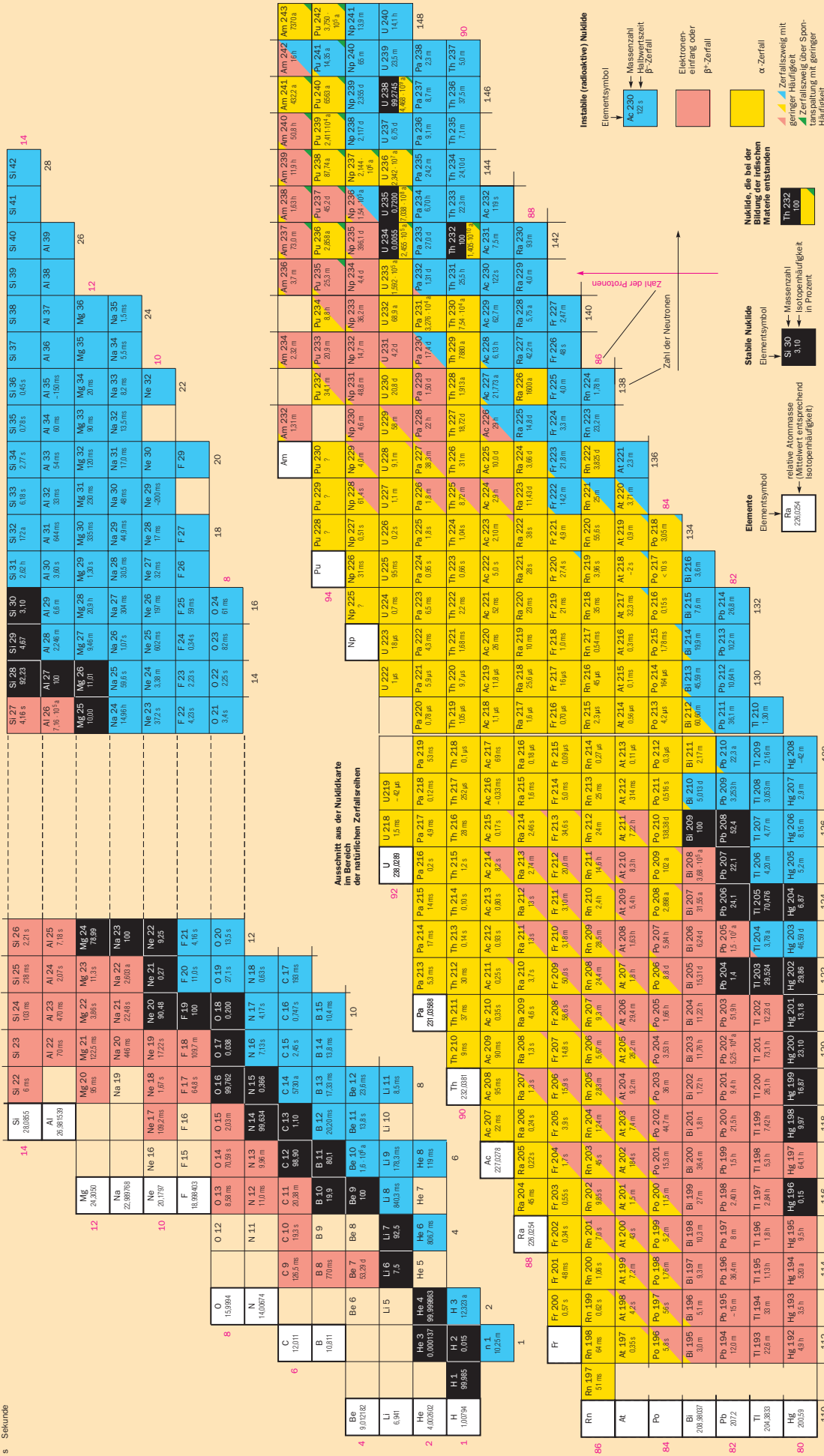
Geht bitte (falls nötig) zu eurem Lehrer und informiert ihn, dass ihr zur Bearbeitung dieses Hefts auch mal in's Internet müsst, aber: lasst das Handy offen liegen, so dass euer Lehrer immer sieht, was ihr tut... und benutzt Kopfhörer, damit ihr die anderen nicht stört.

Dieses Heft findet ihr im PDF-Format auch auf hp-ben.de > SCHULE > Blog „ionisierende Strahlung“ (Direktlink -> QR-Code, Menü oben), ihr könnt also auch später immer wieder auf die Informationen aus diesem Heft zurück greifen.



a Jahr
 d Tage
 h Stunde
 m Minute
 s Sekunde

Ausschnitt aus der Nuklidkarte
 im Bereich der leichten Elemente



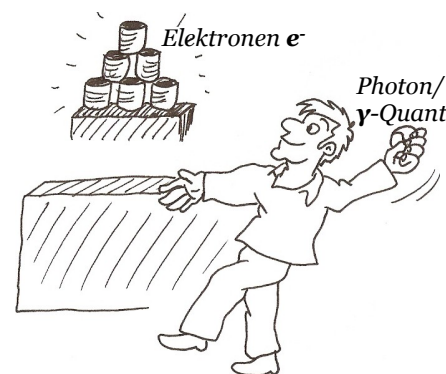
Nach: G. Plennig, H. Klewe-Nebenius, W. Scheinm-Engelbert; Karlsruhe Nuklidkarte, 6. Aufl. 1995, Copyright by Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Nehmt euch aus der Hülle einen „Laufzettel“ heraus - jede(r) einen eigenen - und tragt dort immer eure Ergebnisse und bearbeitete Aufgaben ein.

Kapitel 1: Überblick

Auch wenn es komisch klingt: alle Materie, die uns umgibt, besteht aus Teilchen und Wellen - beides gleichzeitig (Welle-Teilchen-Dualismus). Manchmal sieht man nur die Teilchen-Eigenschaft, z.B. wenn wir Atome zu Molekülen zusammen setzen, manchmal nur die Welleneigenschaft, z.B. wenn Licht durch Glas hindurch fliegt und unsere Haut erwärmt. Licht besteht aber ebenso aus Teilchen, denn die Lichtteilchen können Elektronen in metallischen Oberflächen herausschießen wie beim Dosenwerfen:

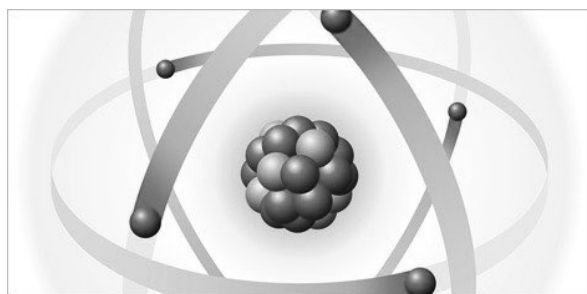
Ein richtig geschossenes Photon (so heißen die Lichtteilchen) löst Elektronen aus der Oberfläche - man kann sie aufsammeln und nutzen, denn Elektronen sind ja elektrischer Strom (so funktionieren Photozellen, die bei Sonneneinstrahlung Strom erzeugen).



Elektronen (Stromteilchen) können aber ebenso durch dünne Folien fliegen wie Licht durch Glas, sogar schwere Teilchen wie Protonen oder ganze Atomkerne können das... in diesen Situationen wirken diese Elementarteilchen wie Radiowellen, die durch Wände fliegen... Nur Skifahrer sind zu schwer, die können das nicht ;-)

Jedes Teilchen verhält sich manchmal so, als wäre es eine Welle. Je leichter ein Teilchen ist, desto eher ist ihr Wellencharakter mess- und nutzbar. Der Physiker DeBroglie hat das herausgefunden. Wenn ihr mögt könnt ihr euch dazu nun einen Film ansehen: [youtube.com/watch?v=YwMFE4mMLME](https://www.youtube.com/watch?v=YwMFE4mMLME) (Alle Links findest du auf hp-ben.de > SCHULE > Blog „ionisierende Strahlung“.)

Atome bestehen aus einem Kern und einer Hülle. Die Hülle mit ihren Elektronen e^- ist wichtig für



alle Bindungen zwischen Atomen. Mit den Hüllen verbinden sich die Atome zu Molekülen und Stoffen (z.B. Wasser H_2O , bestehend aus zwei Wasserstoff- und einem Sauerstoff-Atom).

Der Kern besteht aus Protonen p^+ und Neutronen n^0 . Weil sich positive und negative Ladungen anziehen wird die Elektronenhülle eines Atoms elektrostatisch vom

Atomkern angezogen. Sind gleich viele e^- wie p^+ im Atom, ist das Atom nach außen elektrisch neutral (ungeladen).

Damit der Kern nicht auseinander fliegt (die positiv geladenen p^+ stoßen sich ja untereinander ab) erfüllen die n^0 die Funktion eines „Atomkern-Klebers“. Durch sie bleibt der Kern fast immer stabil.

Aufgabe: Wenn euch das Atommodell noch nicht klar sein sollte ist jetzt der richtige Zeitpunkt, im Physikbuch, auf Leifiphysik oder... nach zu schauen und es zu lernen - ihr werdet es brauchen.

Beantworte nun die Fragen zu Kapitel 1 auf deinem Laufzettel.

Kapitel 2: Ionen, Isotope und Nuklide

Wie viele Neutronen ein Atom hat ist nicht festgelegt. Kohlenstoff - Nuklid-Symbol „C“ ($6 \cdot p^+$) - beispielsweise kann drei, vier... bis zu 11 Neutronen besitzen. Die Zahl der n^0 und p^+ werden zur Massenzahl zusammen gezählt, damit wäre ein C-Atom mit $6 p^+$ und $11 n^0$ also das Nuklid **C 17**. Nur mit $6 n^0$ oder $7 n^0$ ist der Kohlenstoffkern aber stabil, in den anderen Fällen zerfällt das Atom von alleine - es ist radioaktiv.

Atome mit unterschiedlichen Neutronenzahlen nennt man Isotope eines Nuklids.

Sind nicht gleich viele e^- wie p^+ vorhanden, ist das Nuklid also nach außen nicht mehr elektrisch neutral bzw. geladen (positiv bei zu wenigen Elektronen, negativ bei zu vielen), nennt man es ein Ion oder ionisiertes Atom. Solche Ionen sind selten stabil, denn sie verlieren das überschüssige e^- schnell wieder bzw. fangen ein freies e^- ein und binden es in der Atomhülle - außer, es finden sich zwei Ionen, ein positives, ein negatives, dann verbinden sie sich zu einem Molekül (z.B. Na^+ und Cl^- zu $NaCl$, Kochsalz).

Aufgabe: Zeichne das Atommodell des ionisierten Isotops C 14^{++} mit der richtigen Zahl von Protonen, Neutronen und Elektronen in dein Heft.

Schau dir nun die Nuklidkarte an. Die Zeilenzahl entspricht der Zahl der Protonen (=Kernladungszahl), die Spaltenzahl unten entspricht der Zahl der Neutronen.

U 233
$1,592 \cdot 10^5 \text{ a}$

Aufgabe: (a) Nimm dir Zeit, die Nuklidkarte zu lesen incl. aller Hinweise in den Ecken - im Bild siehst du den Eintrag für Uran 233. (b) Zeichne/übertrage die Zeile für Kohlenstoff (C) aus der Nuklidkarte in dein Heft. Was bedeuten (a) die Farben und (b) die kleinen Zahlen unter den Nuklid-Symbolen?

Kapitel 3: Die Hälfte von der Hälfte von der Hälfte ist ein Achtel.

Die Hälfte eines Nuklids zerfällt z.B. nach 3 Tagen, vom Rest zerfällt die Hälfte wieder in 3 Tagen (es sind also nur noch 25% vom ursprünglichen Nuklid übrig) und bis von diesem Rest wieder die Hälfte zerfallen ist dauert es wieder 3 Tage.... und so weiter.

Aufgabe: Zeichne den Graphen dieses Zerfalls in einem Koordinatensystem, auf dem ihr auf der x-Achse die Tage und auf der y-Achse die Prozent (10er-Schritte pro cm) auftragt. Verbindet die Punkte zu einem Graphen.

Für die folgende Aufgabe braucht ihr ganz viele Leute - eure Klasse, die Mitschülerinnen und Mitschüler in eurem Übungsmodul oder ein paar Leute vom Flur/Schulhof. Fragt sie, ob sie zu eurem kurzen Experiment bereit sind, denn ihr sollt „Halbwertszeit“ nachspielen, und so geht's:

Experimentier-Aufgabe: Jeder braucht eine Münze, alle stellen sich hin. Wenn du „jetzt“ sagst wirft jede(r) seine Münze, bei „Kopf“ bleibt sie/er stehen, bei „Zahl“ setzt sie/er sich hin. Eigentlich müsste nach dem 1. Wurf genau die Hälfte sitzen, denn die Chance, Zahl zu würfeln, liegt genau bei 50%. Die, die noch stehen, spielen weiter. Sage so oft „jetzt“ bis alle sitzen und zähle, wie viele Durchläufe das dauert. Bei Bedarf: wiederholt das Experiment 2-3 Mal und vergleicht die Ergebnisse.

Beantworte nun die Fragen zu Kapitel 2+3 auf deinem Laufzettel.

Wenn du alles verstanden hast kannst du nun im Kapitel 4 die „eigentliche Frage“ erkunden:

Was ist Radioaktivität  denn nun wirklich?

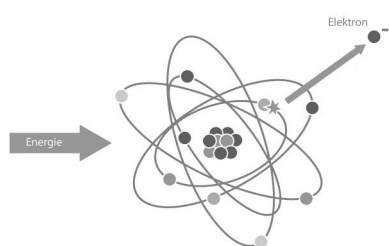
Kapitel 4: radioaktive Strahlung

Erklärung:

Wir Physiker fassen unter dem Begriff Radioaktivität alle Prozesse zusammen, bei denen sich Atome durch Veränderung des Kerns in andere Atome umwandeln. Bei all diesen Prozessen entsteht Strahlung, die aus dem Atomkern heraus fliegt. Auf ihrem Weg durch die Umwelt kann die Strahlung andere Materie ionisieren.

Diese Prozesse können natürlichen Ursprungs sein (natürliche Radioaktivität, z.B. wenn die Neutronenzahl nicht genau zur Protonenzahl passt) oder künstlich hervorgerufen werden (Kernspaltung).

Was genau steckt da hinter? Nun, bearbeiten wir die Erklärung „von hinten nach vorne“: Materie ionisieren heißt ja, die Atome so zu verändern, dass sie zu viele oder zu wenige Elektronen haben und dadurch nach außen elektrisch geladen sind (siehe Kapitel 2).



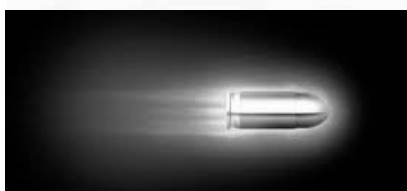
Bei der **Ionisation** durch Strahlung ist es noch einfacher: Durch Strahlung werden Elektronen aus der Hülle der Materie heraus gekickt, wodurch die Atome dann positiv ionisiert sind.

Wie macht die Strahlung das?

Wie beim Billardspielen, nur mit dem Unterschied, dass die Strahlung die Elektronen gar nicht berühren muss. **Strahlung ist nichts anderes als fliegende Teilchen (Teilchenstrahl).**



Es ist so ein bißchen wie mit Pistolenkugeln: wenn sie irgend wo herum **liegen** sind sie nur bedingt gefährlich (Vorsicht, sie können durch das Schwarzpulver explodieren). Wenn sie schnell **fliegen**, sind sie sehr gefährlich.



Radioaktive Strahlung besteht aus Helium-Kernen, Elektronen oder Positronen. Alle drei sind eigentlich ungefährlich. Als Strahlung bezeichnet man sie, wenn sie sehr sehr schnell (mit über 50% der Lichtgeschwindigkeit, also mehr als 150.000 km/s) durch die Umwelt fliegen.

Heliumkerne sind 2 p^+ und 2 n^0 , sie sind nach außen also doppelt positiv geladen. Fliegen sie durch umliegende Materie, werden Elektronen in den Hüllen der Atome beim Vorbeifliegen elektrisch angezogen und mitgerissen. Ein schnelles He^{++} -Ion kann auf seiner Bahn viele Millionen e^- aus den Bahnen heraus reißen.

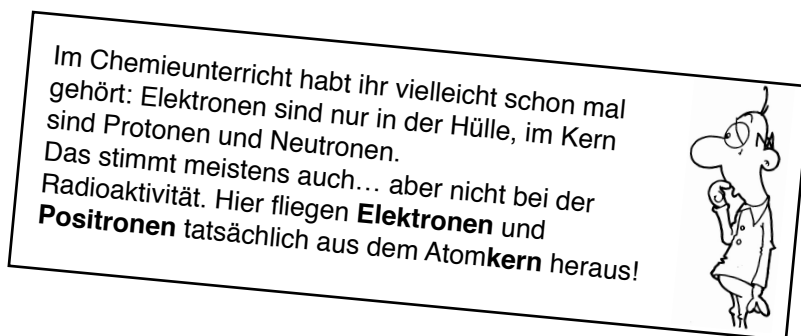
Elektronen und Positronen sind kleiner, haben nur halb so viel Ladung und hinterlassen damit eine schmalere Ionisationsspur.

Aufgabe: Seht euch nun die beiden Filmsequenzen „Nebelkammer“ und „kosmMyonen“ auf hp-ben.de > SCHULE > Blog „ionisierende Strahlung“ an.



Kapitel 5: Die Strahlungsarten

Fliegende Heliumkerne sind die schwersten Strahlungsteilchen - diese Strahlung heißt α -Strahlung (griech. Buchstabe: alpha, beta und gamma kommen gleich auch noch).

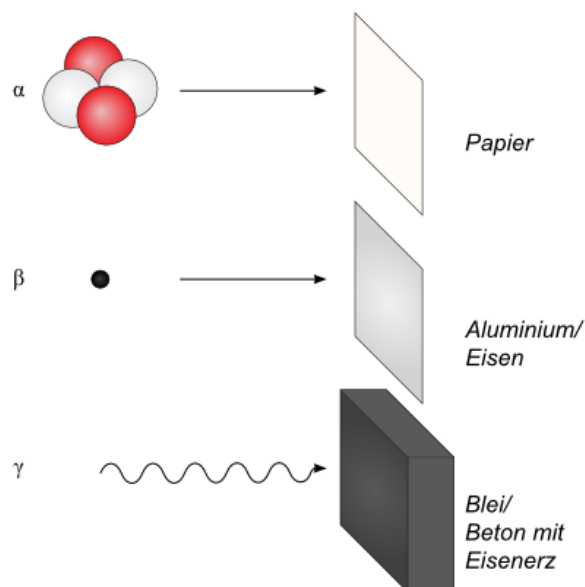


Elektronen e^- und Positronen e^+ sind nur leicht ionisierend, haben aber eine größere Reichweite. Sie bilden die β -Strahlung. Im Film „Nebelkammer“ hast du α - und β -Strahlung sehen können.

Photonen (siehe Kapitel 1) sind γ -Strahlung. Sie entsteht nicht durch Kernumwandlung sondern viel mehr durch Kernschwingungen und entsteht auch dann immer, wenn α - und β -Strahlung entstehen.

Die „dicken“ α -Teilchen sind so lange ungefährlich, so lange sie nicht schnell sind. Im Film „Nebelkammer“ hast du sehen können, dass sie gerade mal ein paar cm weit in Luft reichen... dann werden sie zu Helium-Atomen und mischen sich mit Luft. Helium ist ungefährlich. Schlimm wird's nur, wenn sie sehr schnell = energiereich sind, dann können sie sehr viel mechanisch zerstören.

β -Strahlung kann durch alles aufgehalten werden, was Strom leitet. Die e^- und Positronen e^+ (Antimaterie-Teilchen zu den Elektronen) werden aufgefangen und wie Strom abgeleitet. Man kann sie daher auch am leichtesten messen, denn β -Strahlung erzeugt im Amperemeter leichte Strompulse.



Quelle: Georg-August-Universität Göttingen (lp.uni-goettingen.de/get/text/4433)

γ -Strahlung ist wie Licht, nur noch hochenergetischer als Röntgenstrahlung. Sie ist (neben schnellen α -Teilchen) die gefährlichste Strahlung, denn sie dringt nicht nur durch Glas, Beton oder Blei, sondern ionisiert auch alles, was sie durchdringt... und ist in Luft über viele hundert Kilometer kaum zu bremsen.

Aufgabe: Schaut euch nun die beiden Filme „ionisierende Strahlung“ und den Film von H. Lesch an, die Links sind wie immer auf der Homepage - jetzt unter Kapitel 5 - und bearbeitet den Laufzettel.

Kontrolliere dein Wissen zum Schluss noch einmal selbst im „Leifi-Quiz“ (jede(r) für sich alleine): Besuche die Seite leifiphysik.de > Kern-/Teilchenphysik > Radioaktivität - Einführung > Aufgaben > 10 Fragen zu radioaktiver Strahlung und schau' mal, ob du alle Punkte sammeln kannst - viel Erfolg!

Nun kennst du die Grundlagen und kannst anderen die Frage „Was ist Radioaktivität denn nun wirklich?“ auch umfassend beantworten, oder? Achte bei Radio-, TV- oder Web-Infos mal darauf, wie mit Nachrichten zur Radioaktivität umgegangen wird.

Laufzettel „Radioaktivität - was steckt dahinter?“ **von (Name, Klasse):** _____

Bearbeitet ab dem (Datum) _____ zusammen mit: _____

Fragen zu Kapitel 1 (bitte ankreuzen/eintragen)

Licht besteht aus Wellen Teilchen
Lichtstrahlen nennt man auch Elektronen-, Photonen- oder Positronen-Strahlen
Hast du dir den Film über deBroglie angesehen? ja, am (Datum): _____

Fragen zu Kapitel 2+3

Gib die Halbwertszeit von C 14 an: _____ Angabe in Sek. Std. Tagen Jahren
Nach welcher Zeit ist mehr als 87,5% des Nuklids Na 22 zerfallen? _____

Fragen zu Kapitel 4

Wann hast du dir die beiden Filmsequenzen angesehen (Datum)? _____

Fragen zu Kapitel 5

Wann hast du dir die beiden YouTube-Filme angesehen (Datum)? _____
Welche Strahlung ionisiert die Atome im menschlichen Körper, α -, β - oder γ -Strahlung?
Welche dieser Strahlungsarten ist wohl für den Menschen am gefährlichsten? α β γ
Expertenfrage (optional): Welche Stoffe entstehen beim radioaktiven Zerfall der Kohlenstoff-Nuklide?
C9 wird zu _____ und C10 wird zu _____, C14/C15 werden zu _____, C16/C17 zu _____.
Warum ist ionisierende Strahlung gefährlich? (Platz für freien Text, 2-3 Sätze oder eine Skizze)

Unter welchen Bedingungen kann Radioaktivität nützlich und sogar hilfreich sein?

Fertig bearbeitet am (Datum) _____.

Kontrollfeld Lehrer