

# Planungsblatt Physik für die 4B

Datum: 14.10 - 18.10

## Stoff

**Wichtig !!!** Nach dieser Woche verstehst du:

- (a) Aufbau der Materie, das Periodensystem und Isotope; Alpha-, Beta- und Gamma-Strahlung
- (b) Atombombe und C14-Datierungsmethode
- (c) Halbwertszeit

## Schulübungen.

- (a) Besprechung der  $\ddot{U}$  – siehe unten!
- (b) Dienstag:  $\ddot{U}$ -Bespr. (i) Diese Woche gibt es eine Freiheit! Man kann sich zu zwei Themen schlau machen! Selbst auswählen! (ii) Zusammenfassung des Stoffes.
- (c) Freitag:  $\ddot{U}$ -Besprechung. (i) Mache deinen Text fertig! (ii) Schreibe eine kurze Erklärung: Wissenschaftliche Fortschritte sind gut oder schlecht? Benutze das Beispiel von Radioaktivität – nur gefährlich, oder auch gut?

## Aufgaben bzw. Vorbereitung

### Freitag 19.10:

Sorge dafür, dass alle Fragen bis auf drei von deinem Thema fertig sind. Am Ende der Stunde will ich dein Heft haben

### Dienstag 22.10:

Schreibe kurz auf separatem Papier, was du vom Thema Radioaktivität gelernt hast; vor allem, was wirst du dir noch lange merken?

Zur C14-Datierungsmethode: Quelle:  
<http://www.weltderphysik.de/thema/alltag/c-14-methode/>

- (1) Den Absatz über die kosmische Strahlung darfst du vergessen; hier geht es darum, warum es in unserer Atmosphäre immer eine konstante Konzentration C14 gibt. Der Grund liegt also darin, dass schnelle Teilchen, die sowieso durch das Weltall fliegen, auf die Atome ganz oben in der Atmosphäre prallen und dabei N14 in C14 umwandeln können.
- (2) Das Verhältnis C14 zu C12 ist also  $1 : 1.000.000.000.000 = 1 : 10^{12}$ . Ein Mensch hat viele Kohlenstoffatome im Körper. In einem Körper sind vielleicht etwa  $10^{25}$  Kohlenstoffatome, bei manchen wird es weniger sein, vielleicht eher  $10^{24}$ , aber bei manchen vielleicht etwas mehr. Gehen wir einfach von etwa  $10^{25}$  aus, wenn wir um einen Faktor 5 oder 8 daneben sind, ist das nicht so schlimm. Berechne dann, wie viele C14-Atome es in einem menschlichen Körper gibt.
- (3) Die Halbwertszeit von C14 ist etwa 5730 Jahre. Das ist eine riesige Zeitspanne. Das heißt, dass also in einer Probe von einem Körper aus der Zeit der Römer noch immer mehr als die Hälfte der C14-Atome vorhanden sind. Nach 50.000 bis 60.000 Jahren sind also 10 Halbwertszeiten vergangen. Welcher Anteil von C14 ist dann noch vorhanden?
- (4) Nenne zwei Ursachen für Ungenauigkeiten der C14-Methode. Finde sie im Text!
- (5) Die Kalibrierung darfst du überspringen. Es geht darum, dass man andere Methoden benutzt, um die C14-Methode genau zu machen. Wenn du einen Pluspunkt willst, fasst du so eine andere Methode für mich schriftlich zusammen – das muss in eigenen Worten sein.
- (6) Bei einer Szintillationflüssigkeit spielt die Ionisierung eine Rolle; wenn C14-Atome vorhanden sind, kommt also radioaktive Strahlung frei. Aber diese Strahlung kann ja ionisieren. Wieso kann man dann sehr schnell zwei Proben vergleichen? Und was bringt das dann?
- (7) Schau auf Seite 98 im Buch kurz nach wie ein Geigerzähler funktioniert. Auf Grund von welcher Eigenschaft eines radioaktiven Stoffes funktioniert ein Geigerzähler?
- (8) C14-Atome sind schwerer als C12-Atome. Laut dem ersten Gesetz von Newton ist Masse träge. Wenn wir eine Probe Kohlenstoff ionisieren, dann sind alle Kohlenstoffatome elektrisch geladen. Wenn wir diese dann durch ein elektrisches Feld schicken, werden die C12-Atome mehr abgelenkt als die C14-Atome. So können wir sie von einander trennen – und also (wenn wir die Masse dann bestimmen) bestimmen, wie viele sie jeweils sind. Auf diese Weise kann man sehr genau das Verhältnis C12 zu C14 bestimmen. Warum ist das für Archeologen eine gute Nachricht? (Hinweis: Wie viel von einer Probe eines ganz alten Mammutmummis würdest du als Archeologe gerne einem Physiker zur Datierung mitgeben?)
- (9) In einer Probe wird gemessen, dass das Verhältnis C14 zu C12 etwa  $1 : 10^{13}$  ist. Welches Alter würdest du vorschlagen: (A) 19.000 Jahre, (B) 1900 Jahre, oder (C) 190.000 Jahre? Begründe deine Wahl mit einer kleinen Berechnung!

## Zur Atombombe

Bei einer Atombombe ist die Idee wie folgt; wenn man bei bestimmten Stoffen eine kritische Masse überschreitet, entsteht eine Kettenreaktion, bei der viel Energie freikommt. Darum zuerst mal einige Begriffe.

Stellen wir uns vor, wir wollen Uran als Sprengstoff benutzen. Von Uran gibt es in der Natur etwa drei Varianten: U234, U235 und U238. Etwa 99,3% vom Uran in der Natur ist U238, dann folgt U235 mit etwa 0,7% und dann ist noch etwas weniger als ein Zehntausendstel U234, genauer gesagt sind es 0,005% – also, fast vernachlässigbar!

FRAGE 1: Warum addieren sich dann die Zahlen auf mehr als 100%?

FRAGE 2: Ein Uranatom wiegt etwa  $4 \cdot 10^{-27}$  – ob wir jetzt U234 oder U238, das ist egal, weil wir jetzt noch nicht so genau sind, und der Unterschied sind nur einige Neutronen, also etwa 1% der Masse des Atoms. Berechne dann damit, wie viele Uranatome in einem Kilogramm Uran sind. Berechne dann auch, wie viele davon U235 sind.

Uran-235 hat folgende Eigenschaft: Wenn wir ein Neutron in den Kern schießen, dann entsteht also kurzfristig U236. Aber, dieses Isotop ist dann sehr instabil und wird mit 80% Wahrscheinlichkeit direkt darauf in zwei Kerne und eine Menge Neutronen zerfallen. Hierbei kommt auch viel Energie frei. Die zwei Kerne, die entstehen können sind zum Beispiel Ba144 und Kr89.

FRAGE 3: Wie viele Neutronen müssen bei der folgenden Reaktion:  ${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + ??n??$ . Benutze dabei, dass hier insgesamt keine Teilchen verschwinden!

Bei der Spaltung  ${}_{92}^{236}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + ??n??$  kommt auch viel Energie frei. Diese sorgt dann für die Hitze bei einer Atombombe. Nun, was sehr wichtig ist, ist das wieder einige Neutronen freikommen. Denn diese können wieder von U235-Kerne eingefangen werden. Wenn diese Neutronen also nicht verschwinden, indem sie zum Beispiel aus unserer Menge Uran herausfliegen, und wenn sie dann wieder eingefangen werden, dann produzieren sie wieder je drei neue freie Neutronen, wenn diese auch wieder alle drei mal drei ist neun aufgenommen, dann werden es 27 und dann 81 und so weiter. Auf diese Weise kommen immer mehr Neutronen frei und so finden also immer mehr Kernspaltungen statt; das ganze läuft aus dem Ruder, bist kein Uran mehr vorhanden ist. Wenn das bei einer Atombombe passiert, ist das auch genau gemäß dem Ziel, in einem maroden AKW ist das . . . wie Tschernobyl halt (. . . \*ahum\* also blöd)

Wenn also zu wenig Uran235 vorhanden ist, dann werden die meisten Neutronen aus dem Material herausfliegen, ohne dass sie eingefangen werden und neue Spaltungen erzeugen. Wenn wir zum Beispiel nur ein U235-Atom haben, ist es klar, dass danach nichts weiter geht. Bei zB vier U235-Atomen müssen die Neutronen wohl ganz zufällig in einen der anderen Kerne fliegen. Also, es gibt eine bestimmte Menge an U235, die notwendig ist, damit auch genügend Neutronen eingefangen werden und neue Neutronen erzeugen. Diese Masse nennt man die kritische Masse. Das hängt natürlich auch davon ab, welcher Anteil U235 ist und welcher Anteil U238. Wenn 20% des Urans U235 ist, und die andere 80% sind U238, dann ist die kritische Masse 400 Kilogramm.

FRAGE 4: Warum ist der Anteil an U235 wichtig?

FRAGE 5: Für natürliches Uran ist die kritische Masse deutlich mehr als ein Paar tausend Kilogramm. Warum?

Die Kunst beim Atombomben bauen ist also nicht nur die Bombe, sondern auch das Produzieren von Uran mit etwas mehr U235. Dazu werden Zentrifügen benutzt – und das erste Gesetz von Newton ‘Masse ist träge’! In einer ersten Phase werden Uranproben so bearbeitet, dass sie flüssig oder sogar gasförmig sind. Obwohl dieser Schritt sehr kompliziert und interessant ist, werde ich das nicht weiter erklären – davon weiß ich zu wenig, da ich kein Chemiker oder

Atomwaffenexperte bin. Wenn das Uran flüssig ist, stecken wir es in einer Zentrifuge. In einer Zentrifuge werden die schwereren Teile mehr nach außen geschleudert als die leichteren Teile – eben weil Masse träge ist. Darum trennt sich das U235 vom U238. Obwohl der Massenunterschied nur etwa ein bis zwei Prozent ist, wird bei ausreichend guten Zentrifugen und genügend langem Warten sich das eine vom anderen trennen.

FRAGE 6: Bewegt sich das U236 zur Drehachse hin, oder zur Außenseite?

FRAGE 7: In einem Zug konnte man früher etwas interessantes beobachten. Wenn eine Person im Abteil raucht, geht der deutlich heißere Rauch, der also auch ‘leichter’ als Luft ist, hinauf, eben weil die Dichte kleiner ist. Wenn der Zug eine Kurve macht, schaukelt die rauchende Person etwas nach außen – also in der der Kurve entgegengesetzten Richtung. Aber was macht der Rauch? Nach außen oder nach innen? Erkläre!

FRAGE 8: Gehe davon aus, dass Protonen und Neutronen gleich schwer sind. Wie viel Prozent in Masse ist der Unterschied zwischen U235 und U238 genau? Berechne das!

Bei einer Zentrifuge wird eine perfekte Trennung nicht erreicht. Aber doch erreicht man ein ‘angereichertes’ Uran, von dem etwa 20% aus U235 besteht. Dann wird das mit den Neutronen auf einmal recht interessant. Wie fängt man dann mit den Neutronen an? Einfach, man nimmt ein Material, das Neutronen ausstrahlt, aber dafür muss man auch schon ein wenig arbeiten. Hier hilft uns folgende Tatsache: Wenn ein He4-Kern auf einen Berylliumkern trifft, dann entsteht ein Neutron und ein anderer Stoff.

FRAGE 9: Welcher Stoff kommt noch mehr frei bei folgender Reaktion?  ${}^9_4\text{Be} + \frac{4}{2} \longrightarrow n + ???$ . Hinweis: es verschwinden keine Teilchen, weder Protonen, noch Neutronen.

Gut, dann sind wir fast fertig! Wir nehmen eine kleine Menge Beryllium-9 und eine Menge von zum Beispiel Po-214, das ein Alpha-Strahler ist.

FRAGE 10: Warum braucht man einen Alpha-Strahler?

Also, jetzt sind wir da. Wir nehmen also fünf Teile: in der Mitte kommt unsere Neutronenquelle, die zwei Teile oben und unten von der Neutronenquelle sind angereichertes Uran, und zwar etwas weniger als die kritische Masse auf beiden Seiten von der Neutronenquelle. Die zwei äußeren Schichten können zum Beispiel zwei ‘normale’ Bomben sein (Typ 1). Wenn dann die zwei Bomben explodieren, wenn die Atombombe den Boden berührt, dann werden die zwei Uranteile zusammengebracht, sodass mehr als die kritische Masse vorhanden ist. Man kann auch eine Bombe (oder sonstiges ganz explosives Material) nehmen und die andere äußere Schicht ist etwas wie eine Bleiplatte (Typ 2), also schwer, die bei der Explosion dann noch mit Wucht nach unten fliegt und also das Uran auf einander presst.

FRAGE 11: Mache Skizzen von den beiden Typen und erkläre, wie sie funktionieren! Sie klar in deiner Erklärung; ich muss sehen können, dass du es verstanden hast!

**Alle Unterlagen auch auf**  
[www.mat.univie.ac.at/~westra/edu.html](http://www.mat.univie.ac.at/~westra/edu.html)