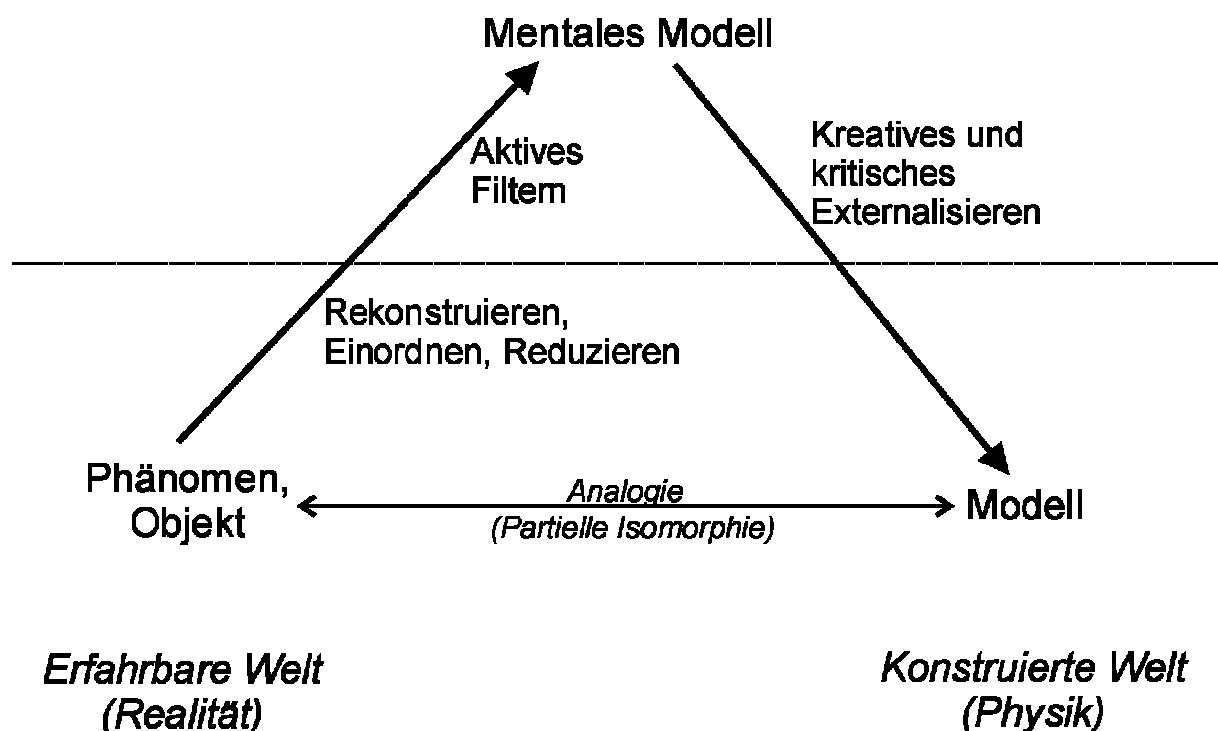


Herbst 2003 Thema Nr. 2: Radioaktivität

1.

a. Erläutern Sie die didaktische Bedeutung von Modellen im Physikunterricht!

Zu Beginn soll allgemein auf Modelle in den Naturwissenschaften (z.B. Physik) eingegangen werden. Die Abbildung unten zeigt, dass ein Modell ein Konstrukt zur Beschreibung der Wirklichkeit darstellt. Das Objekt aus der Realität wird durch Reduktion und Einordnung zu einem mentalen Modell im Kopf des Physikers. Durch kreatives und kritisches Externalisieren entsteht ein Modell, also eine konstruierte Welt, nämlich die Physik. Es bestehen korrespondierende Beziehungen (Analogien) zwischen dem Modell und dem Objekt.



Im Physikunterricht werden z.B. gegenständliche Modelle, das sind plastische, real existierende Modelle zum Anfassen, dazu verwendet, um Technikgegenstände mehr oder weniger wirklichkeitsgetreu nachzubilden und deren Funktionsweise zu erklären (z.B. Modelle eines Elektromotors oder Ottomotors). Weiterhin können Modelle von Vorstellungen gegenständlich dargestellt werden und somit als Struktur- oder Funktionsmodelle dienen (z.B. Kristallgittermodell aus Kugeln und Federn, Kugelmodell zur kinetischen Gastheorie, Modelle von Molekülen).

Ikonische Modelle sind bildliche Vorstellungen, die sich der Mensch von etwas Realem aber Unanschaulichem macht. Hier kann es einerseits zu einer Idealisierung der Realität kommen (z.B. Massenpunkt, Lichtstrahl, Punktladung), andererseits kann das Modell einen relativ geringen Bezug zur Realität haben (z.B. Teilchenmodell des Festkörpers, Lichtwelle, Lichtquant, Elektron, Kern-Hülle-Atommodell).

Der Vollständigkeit halber seien symbolische Modelle (abstrakt-mathematische Modelle) noch erwähnt, welche häufig die Gestalt von Differentialgleichungen haben, also im

Unterricht nur selten eingesetzt werden können. Dieses Problem kann gelöst werden, indem man am Computer mit der Methode der kleinen Schritte in Modellbildungssystemen arbeitet.

Modelle werden also unter didaktischen Gesichtspunkten häufig verwendet, um einen Sachverhalt anschaulich zu erklären und zu vereinfachen, wobei die Anschaulichkeit von den Vorerfahrungen abhängt. Des Weiteren haben Modelle die Eigenschaft der Einfachheit, d.h. die Anzahl der Begriffe und die Art der Verknüpfung werden reduziert. Bei gegenständlichen Modellen wird beispielsweise Überflüssiges weggelassen bzw. das Relevante hervorgehoben (visuell durch Farben oder Formen), was auch zur Transparenz beiträgt. Weiterhin haben Modelle die Eigenschaft der Vertrautheit, wenn sie stabil gespeichert und später wieder erkannt werden. Emotionale Beziehungen zum Modell können hierbei hilfreich sein. Ferner sind Modelle produktiv, d.h. es können noch weitere Objekte damit erforscht und erklärt werden (z.B. Teilchenmodell). Modelle von Objekten werden also im Physikunterricht dazu verwendet um Sachverhalte zu erklären und zu verstehen. Sie haben die Aufgabe, Vorhersagen zu treffen und das Lernen von Sachverhalten zu ermöglichen. Dabei werden Modelle als Medien zur Steuerung der kognitiven Lernleistung, zur Motivation des Schülers zum sinnvollen Lernen, als Hilfen beim Üben und Wiederholen, zur Förderung der Transferleistung und der Eigenaktivität des Schülers verwendet. Im Unterricht werden also Modelle gelernt (z.B. Teilchenmodell), **durch** Modelle gelernt (als Medien) und **über** Modelle gelernt (als Lernen über die Physik).

b. Wie erklären Sie in einer zehnten Jahrgangsstufe mit einem einfachen Modell die Stabilität von Atomkernen?

Zur Erklärung der Stabilität von Atomkernen werden Zylindermagnete und große Schraubenmuttern verwendet. Die positiv geladenen Protonen im Kern werden durch die Magnete dargestellt, da sie sich genauso wie zwei positive Ladungen gegenseitig abstoßen. Die Schraubenmuttern aus Stahl symbolisieren die im Kern auftretenden Neutronen. Sie sind neutral und ziehen sich gegenseitig weder an, noch stoßen sie sich ab. Nimmt man nun mehrere Muttern und Scheibenmagnete, legt diese auf einen Tisch und versucht, aus den vielen einzelnen Teilen ein großes Objekt zu bauen, so stellt man fest, dass sich die „Neutronen“ (Muttern) zwischen die „Protonen“ (Magnete) anordnen und somit als „Klebstoff“ im „Atomkern“ (entspricht dem großen Objekt) neben der Kernkraft für die Stabilität sorgen. Versetzt man mit einem Stift, eine Schraubenmutter in leichte Schwingungen, so kann man die Kernspaltung bzw. den radioaktiven Zerfall am Modell beobachten. Der Atomkern zerbricht in zwei kleinere Tochterkerne. Schwere Kerne aus vielen Magneten und Muttern brechen dabei einfacher auseinander als leichte Kerne.

2. Nehmen Sie Stellung zur Frage: Warum soll der radioaktive Zerfall im Unterricht thematisiert werden?

CONTRA

Der radioaktive Zerfall sollte im Unterricht nicht thematisiert werden, da es schwierig ist, die Sachverhalte und Lerninhalte durch Experimente zu veranschaulichen. Gerade wenn keine radioaktiven Präparate vorhanden sind oder man darauf verzichten will, muss man Modellversuche (siehe Aufgabe 1) durchführen, welche Schwachpunkte haben und gewisse Sachverhalte falsch oder nur unzureichend darstellen. Das in Aufgabe 2 verwendete Modell hat seine Schwachstelle in der Darstellung der Kernkraft, da diese auch zwischen Protonen und zwischen Neutronen wirkt. Weiterhin können solche im Unterricht verwendeten Modelle Fehlvorstellungen hervorrufen.

PRO

Andererseits kann die Darstellung durch Modelle auch das Transfervermögen der Schüler steigern bzw. dazu führen, dass die Schüler ein Bewusstsein für die Verwendung von Modellen entwickeln und sozusagen über die Modelle reflektieren können, d.h. Vor- und Nachteile benennen können. Es ist wichtig, das Thema Radioaktivität und radioaktiver Zerfall im Unterricht zu thematisieren, da der Schüler gerade im Hinblick auf die Energieproblematik unserer Zeit ein Bewusstsein für die Probleme der Energieerzeugung in Atomkraftwerken und der damit verbundenen Wiederaufbereitung und Endlagerung entwickeln sollte. Die Funktionsweise eines Kernkraftwerkes, also die Energieerzeugung durch Kernspaltung, aber auch die Idee der Kernfusion können auf der Grundlage der Kenntnis des radioaktiven Zerfalls behandelt werden. Ferner kann mit der Behandlung dieses Themas auf die Altersbestimmung mittels C14-Methode eingegangen werden. Auch in der Medizin zur Bestrahlung von Krebs wird radioaktive Strahlung eingesetzt. Im Unterricht sollten aber nicht nur die positiven Seiten von Radioaktivität dargestellt werden. Auch der Einsatz der Atombombe, welche unzählige Todesopfer in Hiroshima und Nagasaki forderte, sollte dargestellt werden. Weiterhin sollte das Tschernobyl-Unglück besprochen werden, um die Gefahren des radioaktiven Zerfalls zu sehen. Alles in allem kann man sagen, dass es zu Allgemeinbildung gehört, eine Vorstellung vom radioaktiven Zerfall, seinen Vor- und Nachteilen zu haben.

3. **Skizzieren Sie eine Unterrichtseinheit zum Thema "Radioaktiver Zerfall", bei der für Experimente keine radioaktiven Präparate zur Verfügung stehen! Gehen Sie insbesondere auf Lernvoraussetzungen und Feinziele ein!**

Lernvoraussetzungen:

- Aufbau eines Atoms, Eigenschaften der Kernbausteine
- Kenntnis von Massenzahl und Kernladungszahl
- Kenntnis über die unterschiedliche Ablenkung von α -Strahlung, β -Strahlung und γ -Strahlung in einem Magnetfeld
- Kenntnis über die unterschiedliche Durchdringungsfähigkeit und Reichweite in Luft von α -Strahlung, β -Strahlung und γ -Strahlung
- Nachweis radioaktiver Strahlung

Unterrichtsskizze mit Lernzielen:

Grobziel:

Die Schüler sollen die verschiedenen Gesetzmäßigkeiten beim radioaktiven Zerfall kennenlernen.

Feinziele:

- Die Schüler sollen in Teamarbeit ihre Kommunikations- und Beobachtungsfähigkeit verbessern.
- Die Schüler sollen die Analogie des Atomkerns mit den Muttern und Magneten nachvollziehen können.
- Die Schüler lernen die Gesetzmäßigkeit des α -Zerfall: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$ kennen.

- Die Schüler lernen die Gesetzmäßigkeiten des β -Zerfall: ${}_Z^AX \rightarrow {}_{Z+1}^AY + {}_{-1}^0e^-$ und ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e^-$ kennen.
- Die Schüler erfahren, dass γ -Strahlung energiereiche, elektromagnetische Strahlung darstellt.

1. EINSTIEG:

Im Unterrichtsgespräch wird gemeinsam wiederholt, dass es drei verschiedene Strahlungsarten mit spezifischen Eigenschaften gibt: α -Strahlung, β -Strahlung und γ -Strahlung. Die nicht so starke Ablenkung der α -Strahlung im Magnetfeld deutet nach der UVW-Regel darauf hin, dass es sich um langsame bzw. massereiche, elektrisch positiv geladene Teilchen handeln muss. Entsprechend muss es sich bei der β -Strahlung um elektrisch negative Teilchen mit kleiner Masse bzw. hoher Geschwindigkeit handeln.

2. ERARBEITUNG:

Gruppenexperiment:

Die Schüler teilen sich in Gruppen mit bis zu drei Schülern auf. Danach erhält jede Gruppe mehrere Muttern und Scheibenmagnete (Modell: siehe Aufgabe 1b). Der Lehrer erklärt, dass es sich hierbei um ein Modell für den Atomkern handelt.

Arbeitsaufträge (werden als Folie auf Overhead gelegt, damit sie für die Schüler präsent sind):

- Lege einige Muttern (Neutronen) unregelmäßig zwischen die Magnete (Protonen). Halte einen Stift in eine Mutter und versetze sie in leichte Schwingungen. Was ist deine Beobachtung?
- Baue einen schweren Kern aus vielen Magneten und noch mehr Muttern. Versetze ihn in Schwingungen! Was stellst du fest?
- Wie stabil ist ein Kern aus 2 Protonen und 2 Neutronen? Probiere es aus!

Die Erkenntnisse aus den Experimenten werden gesammelt und an der „Schmiertafel“ festgehalten (damit man später möglicherweise darauf zurückgreifen kann). Die folgenden Versuche werden vom Lehrer vorgeführt, wobei die Beobachtungen gemeinsam zusammengetragen werden.

Versuche:

V1: Ein empfindlicher Geigerzähler mit möglichst großem Eintrittsfenster, der alle drei Strahlungsarten nachweisen kann, wird in die Umgebungsluft gehalten. Man beobachtet, dass in der Umgebungsluft radioaktive Strahlung vorhanden ist, da der Geigerzähler knackt.

V2: Eine Phipion-Platte, eine 130x70x2 mm³ große Platte aus weißem Polystyrol, wird mit einem Holzbrettchen gerieben und dabei auf -20000 V aufgeladen. Die Platte wird auf vier Kunststoffstäbchen, die senkrecht in einer Grundplatte stecken, am offenen Fenster fünf Minuten der Außenluft ausgesetzt. Mit einem Geigerzähler wird vorher und nachher die Radioaktivität auf der Platte gemessen. Man stellt fest, dass sich die Radioaktivität der Platte nach der Exposition um ein Mehrfaches erhöht hat.



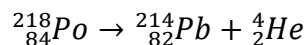
V3: Eine neue Philion-Platte wird gerieben und fünf Minuten der Außenluft ausgesetzt. Anschließend wird die Platte zunächst eine Minute lang direkt, danach eine Minute lang mit Papier zwischen Platte und Zählfenster gemessen. Die Messung wird nach zehn Minuten wiederholt. Man konstatiert, dass unmittelbar nach der Exposition die α -Strahlung den größten Teil der gemessenen Radioaktivität einnimmt, ungefähr das Doppelte der anderen beiden Strahlungsarten. Nach zehn Minuten ist der Anteil der α -Strahlung nur noch die Hälfte der anderen beiden Strahlungsarten.

Man stellt also fest, dass es in der Umgebungsluft radioaktiv geladenen Teilchen gibt, die von einem entsprechend empfindlichen Geiger-Müller-Zählrohr registriert werden. Auf einer Kunststoffplatte mit hoher negativer Ladung lassen sich solche Teilchen sammeln. Deshalb muss es sich um positive Teilchen handeln, die zunächst mehr α -Strahlung aussenden und nach einer gewissen Zeit mehr β -Strahlung. Der α -Strahler muss sich also in einen β -Strahler umgewandelt haben.

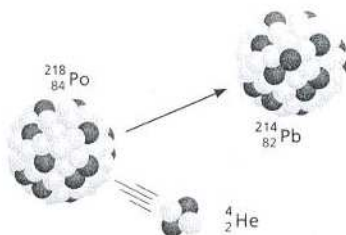
3. SICHERUNG:

Die folgenden Ergebnisse werden mit Hilfe eines Arbeitsblattes, das die Schüler ergänzen müssen, festgehalten.

Der Lehrer erklärt, dass man mit weiteren Experimenten mit radioaktiven Materialien herausgefunden hat, dass sich alle radioaktiven Elemente in andere Elemente umwandeln, die ihrerseits wieder radioaktiv sein können und sich dann weiter umwandeln oder stabil sind. Wissenschaftliche Experimente zeigten, dass α -Strahlung aus zwei Protonen und zwei Neutronen besteht, also aus He-Atomkernen (sind stabil siehe Gruppenexperiment). Deshalb ist es auch zweifach positiv geladen und wird mit dem Symbol He^{2+} bezeichnet. Bei der Philion-Platte wurde Polonium-218 gesammelt was über

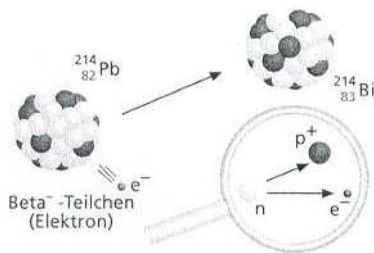
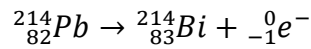


in das radioaktive Isotop Blei-214 zerfällt.

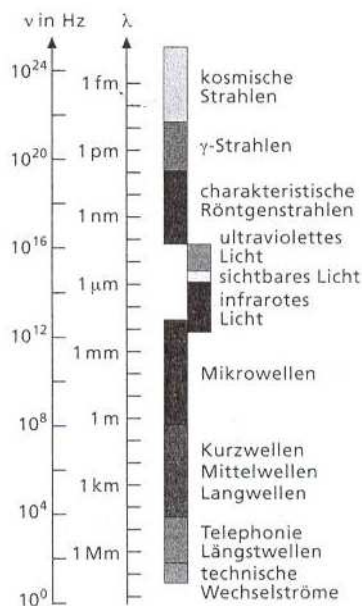


Außerdem hat man mit wissenschaftlichen Experimenten herausgefunden, dass β -Strahlung aus sehr schnellen Elektronen besteht. Bei der Aussendung von β -Strahlung

entsteht ein neues Element, weshalb das Elektron nicht aus der Atomhülle stammen kann. Es muss also eine Kernumwandlung stattgefunden haben. Nach der Theorie wandelt sich ein Neutron des Kerns in ein Proton und ein Elektron um. Das Elektron durchfliegt die Atomhülle und tritt als schnelles β -Teilchen aus. Im Kern ist dann ein Proton mehr und ein Neutron weniger vorhanden. Dabei erhöht sich die Kernladungszahl um 1 und es entsteht ein neues Element. Beim Versuch mit der Philion-Platte entsteht aus Blei-214 das ebenfalls radioaktive Bismut-214

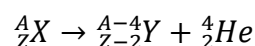


γ -Strahlung besitzt keine Ladung, da sie im Magnetfeld nicht abgelenkt wird. Sie ist elektromagnetische Strahlung mit ähnlichen Eigenschaften wie das sichtbare Licht, aber energiereicher als Röntgenstrahlung. Bei jedem α - oder β -Zerfall kann auch γ -Strahlung auftreten. Das Vorhandensein von γ -Strahlung bei einem radioaktiven Zerfall bedeutet die Abgabe von Energie.

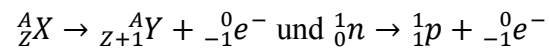


Als Merksatz wird formuliert:

1. Beim α -Zerfall wandelt sich ein Element X unter Aussendung eines α -Teilchens (Helium-Atomkern) in ein neues Element Y um:



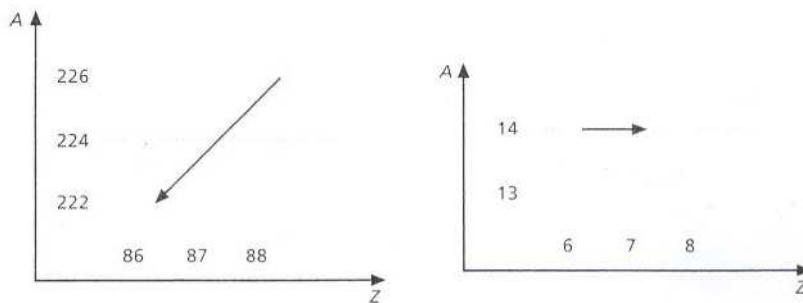
2. Beim β -Zerfall wandelt sich ein Element X unter Aussendung eines β -Teilchens (schnelles Elektron) in ein neues Element Y um. Im Kern zerfällt dabei ein Neutron in ein Proton und ein Elektron:



3. γ -Strahlung ist energiereiche, elektromagnetische Strahlung.

4. VERTIEFUNG:

Nun werden die Zerfallsdiagramme für den α -Zerfall von Radon-226 und den β -Zerfall von C-14 betrachtet und diskutiert.



Als Hausaufgabe sollen sich die Schüler über die C14-Methode im Internet informieren.