I.F.8

Atom- und Kernphysik

Die Kernphysik – interaktive Erarbeitung und Festigung

Ein Beitrag von Alexander Friedrich

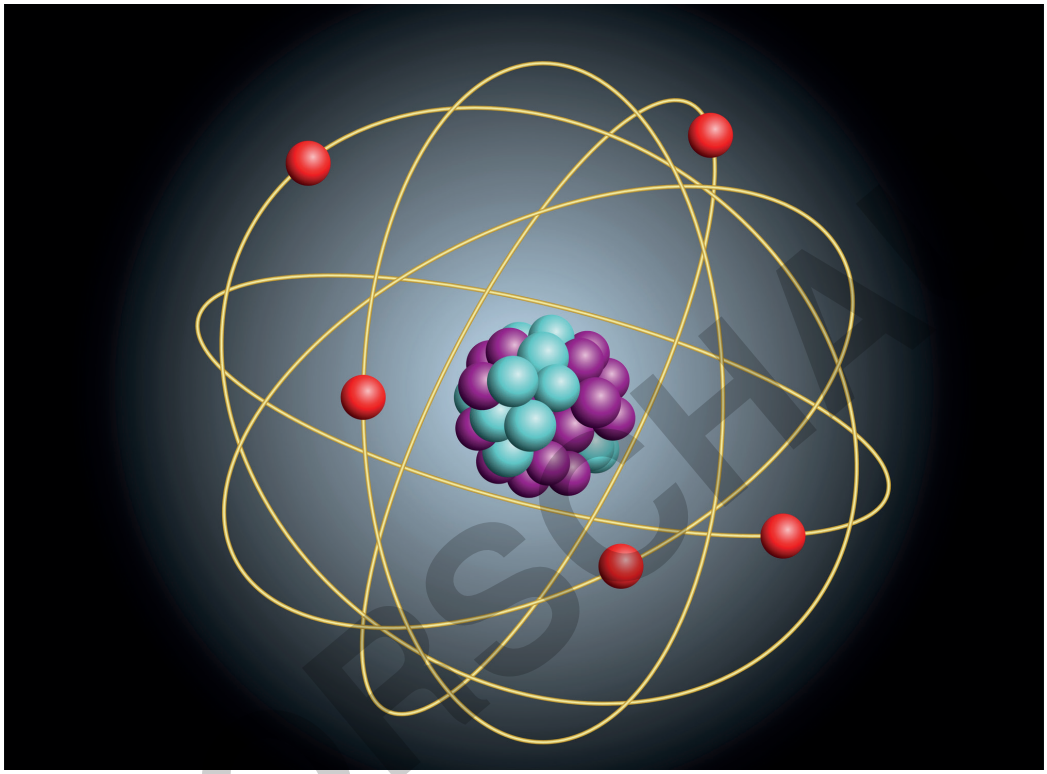


Foto: vchal/iStock/Getty Images Plus

VORSCHAU

Woraus besteht die Materie im Universum und welche Kräfte wirken zwischen den Bestandteilen? Die moderne Physik geht der Ursache auf den Grund und findet immer neue Elementarteilchen, welche die Grundstruktur von allem, was wir kennen, darstellen. Wir richten unseren Blick auf das Kleinste im Universum – die Elementarteilchen im Bereich der Kernphysik.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	ab 10. Klasse
Dauer:	10 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 6)
Kompetenzen:	1. Allgemeiner Aufbau eines Atoms, 2. Kenntnis der Elementarteilchen, 3. Entdeckung der Radioaktivität, 4. Strahlungsarten, 5. Bewertung von kernphysikalischen Themen
Thematische Bereiche:	Atommodelle, Elementarteilchen, radioaktiver Zerfall, Strahlungsarten, Kernkraftdebatte
Medien:	Texte, Grafiken, Taschenrechner, interaktive PowerPoint-Datei, Internet

netzwerk lernen

zur Vollversion

inhaltlichen Aspekt dar und sollte unbedingt behandelt werden. Dieses Themengebiet kann mittels weiterer Zerfallskurven von anderen Elementen untermauert werden.
Zum inhaltlichen Abschluss dient Material **M 11**, welches eine Diskussion über die Kernenergie anregen soll. Gerade in Zeiten der erneuerbaren Energien und des Klimawandels stellt die Atomkraft zwar eine relativ saubere, jedoch gefährliche Energiealternative dar. Um den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in diesen Bereich zu geben, sind in **M 11** verschiedene Quellen gegeben. Es bietet sich dabei an, die Schülerinnen und Schüler zunächst in Gruppen und anschließend im Plenum diskutieren zu lassen.

Internetadressen

M 1 Entwicklung der Atomvorstellung – Von den Griechen bis zur Moderne

- Entwicklung zur Atomvorstellung
  https://www.youtube.com/watch?v=ZD2HWNkA6WI
- Rutherford'sches Atommodell
  https://www.youtube.com/watch?v=81kI-gmTSrA
- Bohr'sches Atommodell
  https://www.youtube.com/watch?v=aaCrbQcHsDM

M 3 Aufbau der Materie – die kleinsten Teilchen

- Atomaufbau
  https://www.youtube.com/watch?v=BqeSHBgIRWI

M 5 Das Standardmodell

- Allgemeines zum Standardmodell
  https://www.youtube.com/watch?v=i9HgolTQlrE
- Erklärung zum Higgs-Teilchen
  https://www.youtube.com/watch?v=ACD_qndPwws

M 6 Fundamentale Wechselwirkung

- Die vier Grundkräfte erklärt
  https://www.youtube.com/watch?v=kistC_EjkgY

M 7 Radioaktivität

- Erklärungen zu den unterschiedlichen Strahlungsarten
  https://www.youtube.com/watch?v=rHUJMVDOMtM

M 11 Kernenergie

- Atomkraft jetzt! Rettung für das Klima?
  https://www.youtube.com/watch?v=qdAH4019or0
- Sind Mini-Kernkraftwerke die Lösung?
  https://www.youtube.com/watch?v=7SZGGnrXb1M
- Übereilter Atomausstieg? Fukushimas Erbe
  https://www.youtube.com/watch?v=dVKWuGdarn8

[Letzter Abruf der Internetadressen: 15.03.2022]

VORSCHAU

© RAABE 2022

zur Vollversion

Auf einen Blick

1. Stunde

Thema: **Entwicklung der Atomvorstellung**

M 1 (Ab) **Entwicklung der Atomvorstellung – Von den Griechen bis zur Moderne**
Benötigt: ☐ Computer oder Tablet

M 2 (LEK) **Wissenstest: „Ich habe – wer hat"-Spiel"**

2.–3. Stunde

Thema: **Aufbau der Materie – die kleinsten Teilchen**

M 3 (Ab) **Aufbau von Atomen**
M 4 (Ab) **Aufgaben zum Aufbau der Materie**

4.–5. Stunde

Thema: **Struktur der Materie – Aufbau der kleinsten Teilchen**

M 5 (Ab) **Das Standardmodell**
Benötigt: ☐ Computer oder Tablet

M 6 (Ab) **Fundamentale Wechselwirkungen – was das Universum zusammenhält**

6.–7. Stunde

Thema: **Radioaktivität – Grundlegende Eigenschaften und Strahlungsarten**

M 7 (Ab) **Radioaktive Elemente – die Entdeckung der Radioaktivität**
M 8 (Ab) **Strahlungsarten im Überblick – ein Gruppenpuzzle**

8.–9. Stunde

Thema: **Das Zerfallsgesetz**

M 9 (Ab) **Das Zerfallsgesetz**
M 10 (Ab) **Aufgabe zum Zerfallsgesetz**

10. Stunde

Thema: **Kernenergie im Fokus**

M 11 (Ab) **Kernenergie im Fokus – Chance oder Risiko?**

© RAABE 2022

VORSCHAU

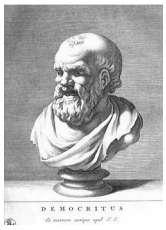
netzwerk lernen
zur Vollversion

Die Atomvorstellung im Wandel der Zeit

Name: _____

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name: _____

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):

© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name: _____

Wichtige Erkenntnisse:

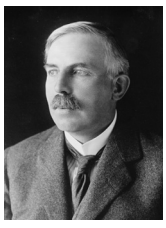
Atomvorstellung (Skizze):

© Wikimedia Commons, gemeinfrei

Name: _____

Wichtige Erkenntnisse:

Atomvorstellung (Skizze):



© Wikimedia Commons, gemeinfrei

© RAABE 2022

VORSCHAU

netzwerk lernen

zur Vollversion

Wissenstest: „Ich habe – wer hat"-Spiel

M 2

Atomvorstellung im Wandel der Zeit **Start** Ich prägte den Begriff des Atoms und beschrieb, dass diese unteilbar seien. **Wer bin ich?**	**Ich bin Demokrit und lebte von 460–370 v. Chr.** Ich entwickelte ein Atommodell, welches das erste Mal aus Teilchen unterschiedlicher Ladung bestand. **Wer bin ich?**	**Das war ich, Joseph John Thomson, im Jahre 1903.** Ich legte die wesentliche Grundlage für ein neues Fachgebiet in der Physik – die Quantenmechanik. **Wer bin ich?**	**Das war ich, Erwin Schrödinger. Meine berühmte Gleichung ist noch heute von Bedeutung.** Ich entdeckte, dass es noch kleinere Teilchen als Protonen und Neutronen gibt – die Quarks. **Wer bin ich?**
Das kann nur ich sein, Murray Gell-Mann im Jahre 1964. In meinen Experimenten zeigten sich ganz andere Ergebnisse als erwartet. Daher stellte ich eine neue Theorie auf. **Wer bin ich?**	**Na ich, Ernest Rutherford, und meine Mitarbeiter.** Thomsons Atomrezept zeigte neue Erkenntnisse. **Welche sind es?**	**Atome besitzen gleichmäßig verteilte positive Ladungen. In dieser Masse bewegen sich Elektronen.** Nach meiner Theorie kann die Geschwindigkeit und der Ort von Elektronen nie genau bestimmt werden. **Welche Theorie ist gemeint?**	**Die Unschärferelation.** Durch ein Experiment erkannte man, dass der Raum in einem Atom größtenteils leer ist. **Welches Experiment war das?**
Das Streuexperiment Ich führte das Streuexperiment mit meinen Mitarbeitern durch. **Wer bin ich?**	**Ernest Rutherford und seine Mitarbeiter** Ich stellte mir die Atome als Kugel vor. Jedes Element besitzt aber die gleiche Atomsorte und gleiche Masse. **Wer bin ich?**	**Ich, John Dalton.** Ich entdeckte, dass der Ort von Elektronen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit beschrieben werden kann. **Wer bin ich?**	**Werner Heisenberg** Quarks sind die kleinsten Teilchen. Aus diesen bilden sich Protonen und Neutronen. **Wie viele Quarks bilden ein Neutron und Proton?**
Jeweils 3 Quarks. In meinem Atommodell konnten sich Elektronen nur noch auf den Bahnen bewegen, die auch ihrer diskreten Energie entsprechen. **Wer bin ich?**	**Niels Bohr** Meine Erwartung im Streuexperiment wurde widerlegt. **Welche Erwartung hatte ich gehabt?**	**Dass Alpha-Teilchen keinen großen Einfluss auf Atome haben und diese unabgelenkt passieren.** In meinem Streuversuch benötigte ich ein bestimmtes Element. **Welches Element war das?**	**Gold, welches zu einer dünnen Folie gepresst ist.** Ich entwickelte das Atommodell von Rutherford weiter. **Wer ist gemeint?**
Niels Bohr Ich erstellte das Konzept des sogenannten „Rosinenkuchenmodells". **Wer bin ich?**	**Joseph John Thomson** Ich stellte die berühmte Schrödinger Gleichung auf. **Wann war das?**	**1926** Ich führte das berühmte Streuexperiment durch. **Wann war das?**	**1921** **Ende**

© RAABE 2022

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

Aufbau von Atomen

M 3

Durch viel Forschung und Entdeckergeist wissen wir heute, dass jede Materie im Universum aus Atomen besteht. Doch woraus genau bestehen Atome? Um den Aufbau von Atomen zu verstehen, muss man die einzelnen Bestandteile kennen und ihre Eigenschaften nachvollziehen können.

Allgemein

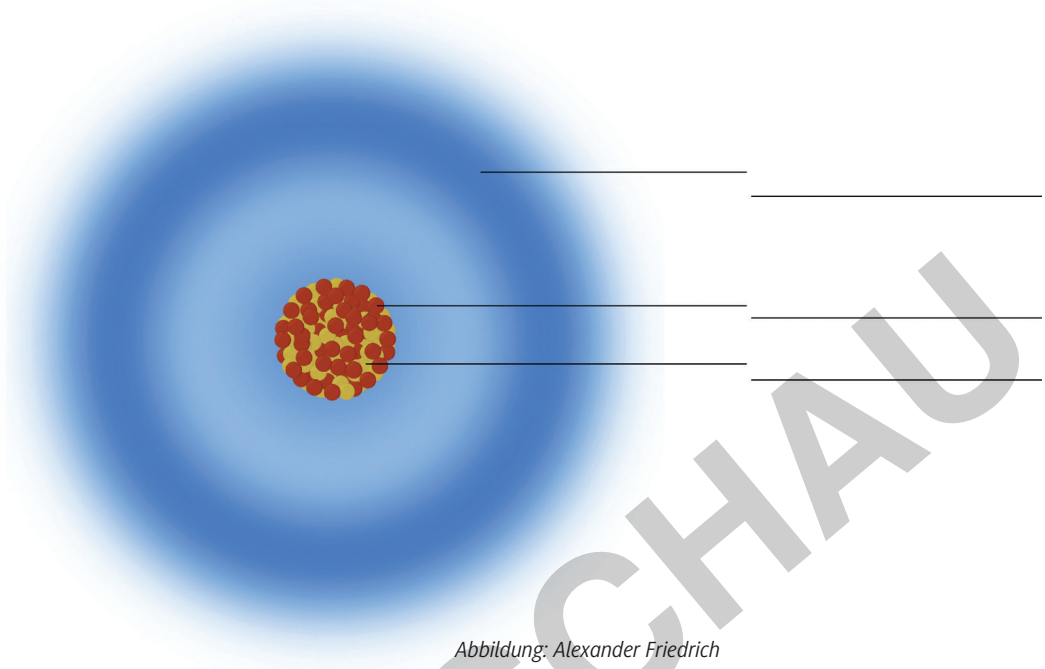


Abbildung: Alexander Friedrich

Eine grobe Beschreibung des Atomaufbaus erhält man durch das Kern-Hülle-Modell, welches von Ernest Rutherford und seinen Mitarbeitern aufgestellt und in den darauffolgenden Jahren weiter verbessert wurde. Nutze die interaktive PowerPoint-Datei zur Beschriftung der Abbildung.

Das Zentrum

Der Atomkern beinhaltet fast die gesamte Masse des Atoms und hat einen Durchmesser von ca. 10^{-14} m. Dieser besteht aus einer definierten Anzahl von Protonen und Neutronen. Jedes Element hat hierbei eine bestimmte Anzahl von diesen zwei Teilchen, welche dem Element charakteristische Eigenschaft geben.
Daher werden diese Werte genutzt, um die Elemente im Periodensystem der Elemente (kurz: PSE) zu systematisieren. Dabei wird folgende Schreibweise genutzt:

Z **=** *Anzahl positiv geladener Protonen*
N **=** *Anzahl der neutralen Neutronen*

Die Summe aus diesen beiden Werten ergibt die **Massenzahl *A*** oder auch Nukleonenzahl genannt.

Merksatz

Die Summe aus der Anzahl der positiv geladenen Protonen und neutral geladenen Neutronen ergibt die **Massenzahl A.**

A = Z + N

© RAABE 2022

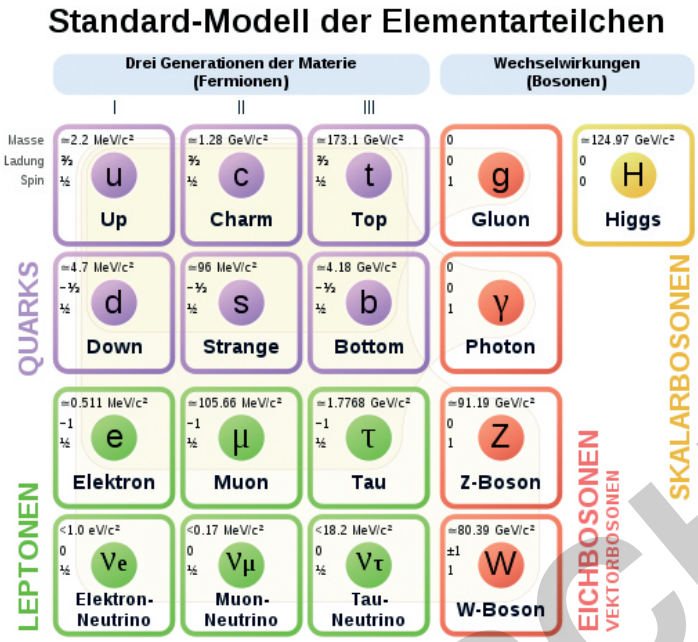
VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

Das Standardmodell

M 5

Das Standardmodell ist ein grundlegendes Modell zur Beschreibung von Elementarteilchen in der Teilchenphysik. Es beschreibt, wie die bekannte Materie zusammengesetzt ist und die Wechselwirkung der elementarsten Teilchen untereinander. Grundlage für die Entstehung dieses Modells legte Murray Gell-Mann mit der Theorie der Quarks. Doch was sind Quarks? Und gibt es noch weitere Teilchen, aus denen unsere Materie besteht?



Quelle: Cush, Public domain, via Wikimedia Commons

VORSCHAU

© RAABE 2022

Elementarteilchen

Elementarteilchen sind die kleinsten Teilchen, aus welchen sich die gesamte Materie zusammensetzt. Zu den Elementarteilchen gehören Protonen und Neutronen, die selbst aus noch kleineren Elementarteilchen, den Quarks, bestehen. Weil sich die Materie aus Quarks zusammensetzt, gehören diese Teilchen zu den sogenannten „Materieteilchen". Aber Quarks sind nicht die einzigen Materieteilchen. Auch Leptonen gehören zu dieser Art von Teilchen. Quarks und Leptonen bezeichnet man auch als elementare Teilchen, da sie (zumindest nach derzeitigem Forschungsstand) nicht teilbar und punktförmig sind. Doch was sind Leptonen und welche Teilchen gehören dazu?

Wechselwirkungsteilchen

Neben den Materieteilchen beschreibt das Standardmodell auch „Wechselwirkungsteilchen". Diese beschreiben die Wechselwirkung der Teilchen untereinander und entstehen bei dieser. Das Standardmodell spielt eine wesentliche Rolle in der Physik und für die Stabilität des Universums. Für einen genaueren Überblick über alle Teilchen des Standardmodells steht die interaktive PowerPoint-Datei zur Verfügung. Alle Teilchen sind mit ihren speziellen Eigenschaften aufgelistet.

Hinweise zur Nutzung der interaktiven PowerPoint-Datei

Die PowerPoint-Datei enthält gekennzeichnete „Schaltflächen", wodurch es möglich ist, durch Klicken mit der Maus auf diese, durch die Präsentation zu navigieren.
In der PowerPoint-Datei selbst ist das Überspringen der Folien gesperrt. Das bedeutet, dass man nur durch das Anklicken der verschiedenen Schaltflächen in der Präsentation weiterkommt.

netzwerk lernen
zur Vollversion

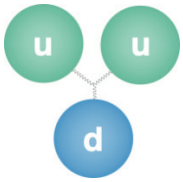
Fundamentale Wechselwirkungen – was das Universum zusammenhält

M 6

Wechselwirkung – dieses Wort ist sehr präsent im Standardmodell der Kernphysik. Durch die bekannten Wechselwirkungsteilchen werden vier verschiedene Wechselwirkungen erzeugt. Mit diesen Wechselwirkungen können nahezu alle physikalischen Phänomene und Reaktionen beschrieben werden.
Jedoch muss man genau unterscheiden, welches Teilchen für welche Wechselwirkung verantwortlich ist.

Aufgabe
Fülle mithilfe der Informationen aus dem Video die untenstehende Tabelle richtig **aus**.

https://www.youtube.com/watch?v=kistC_EjkgY

	 **Starke Wechselwirkung**	**Elektromagnetische Wechselwirkung**	**Schwache Wechselwirkung**	**Gravitation**
Wechselwirkungsteilchen		Photonen		Graviton*
Reichweite			Protonendurchmesser	
Beispiel der Wirkung				
Stärke	stark (1^{-10})			

* noch nicht experimentell nachgewiesen

© RAABE 2022

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

Gamma-Strahlung

Gamma-Strahlung entsteht häufig, wenn ein Atom von einem angeregten Zustand in den Grundzustand übergeht. Dabei können große Beträge von Energie frei werden, welche als Gamma-Strahlungen bezeichnet werden.

Besonderheiten

Gamma-Strahlung kann nahezu von jedem chemischen Element ausgehen, wenn es sich in einem angeregten Zustand befindet. Wichtig anzumerken ist, dass sich die Anzahl der Neutronen und Protonen nicht ändert. Lediglich der Energiezustand des Atomkerns ändert sich. Daher kann man die Reaktionsgleichung folgendermaßen zusammenfassen:

$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{0}\gamma$$

Gerade durch die freigesetzte Energie geht jedoch große Gefahr aus. Trifft Gamma-Strahlung ungehindert auf einen biologischen Organismus, können schwere Schäden entstehen. Beispielsweise können Mutationen auftreten und das Erbgut beeinflussen. Dazu kommt, dass diese Strahlung theoretisch eine unbegrenzte Reichweite hat. Sie kann, wenn sie nicht absorbiert wird, viele Lichtjahre zurücklegen.

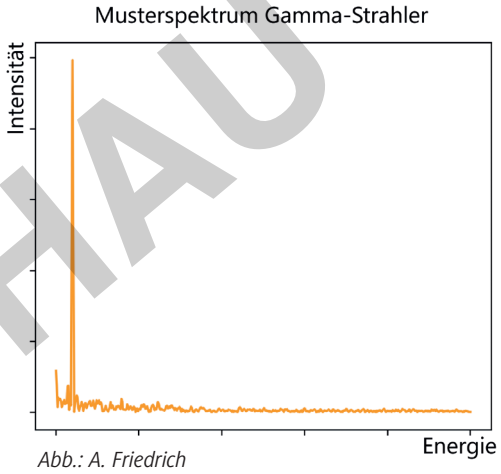


Abb.: A. Friedrich

Trotzdem weist das Spektrum der Gamma-Strahlung Besonderheiten auf. Zunächst wird es durch ein diskretes Energiespektrum beschrieben. Das bedeutet, dass die Energie nur diskrete Werte annehmen kann. Dadurch kann man gut auf das Nuklid schließen, von welchem die Strahlung ausgesandt wurde.

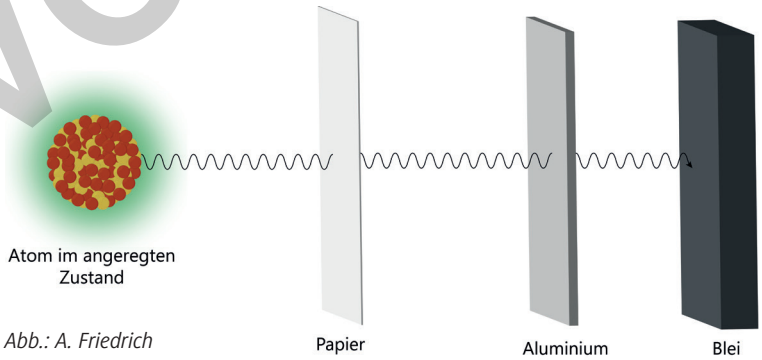


Abb.: A. Friedrich

Es ist sehr wichtig, sich vor dieser Strahlung zu schützen. Abschirmen kann man Gamma-Strahlung durch eine sehr dicke Schicht Blei (mind. 1 cm, besser 1 m) oder alternativ mehrere Meter dicke Betonwände. Gamma-Strahlung kann nicht in einem Magnetfeld abgelenkt werden, da diese keine Ladung besitzt. Ein typisches Beispiel für einen Gamma-Übergang stellt Polonium dar.

Schreibe die entsprechende Reaktionsgleichung für Polonium auf:

VORSCHAU

© RAABE 2022

zur Vollversion