



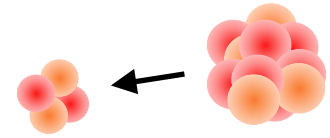
Engaging Physics Tutoring

Lektion 2

Radioaktivität
Kinematik (intro)

Konzepte + Tricks

Zusammenfassung Radioaktivität



Exponentielles Zerfallsgesetz

Radioaktivität

Aktivität

α, β, γ - Radioaktivität

instabile Atomkerne

Absorption

Wechselwirkungen

Strahlung und Materie

Bragg-Peak bei schweren Teilchen

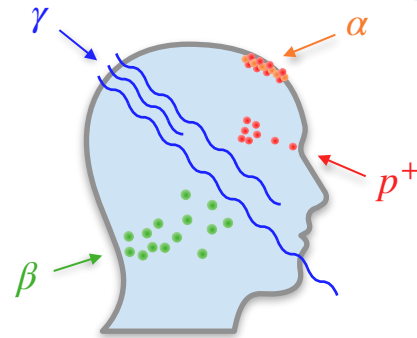
$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$

Wieviel Energie wird absorbiert?

Gray vs Sievert

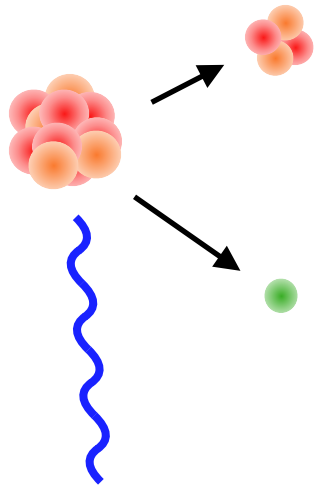
Dosis

Wie schädlich ist das?



Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



α -Zerfall: ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

β -Zerfall: e^- / e^+ , leicht

$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

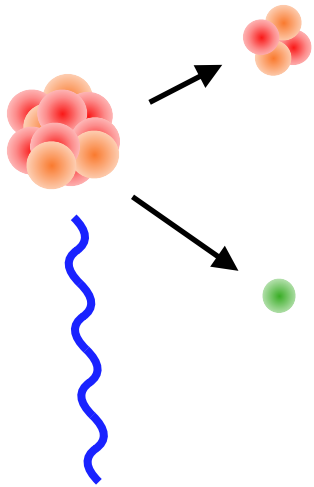
$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

γ -Zerfall: Photon

$$Z' = Z \quad A' = A$$

Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



α -Zerfall: ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

β -Zerfall: e^- / e^+ , leicht

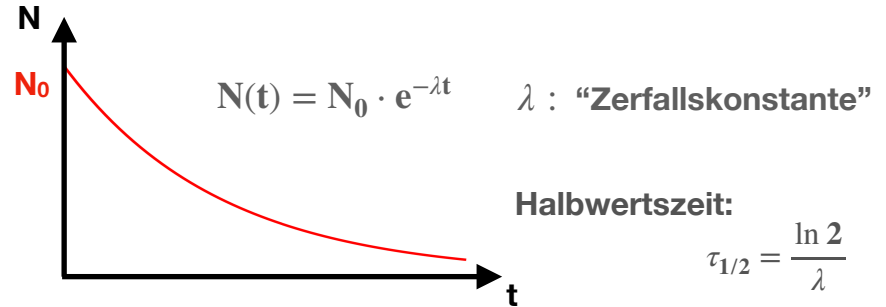
$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

γ -Zerfall: Photon

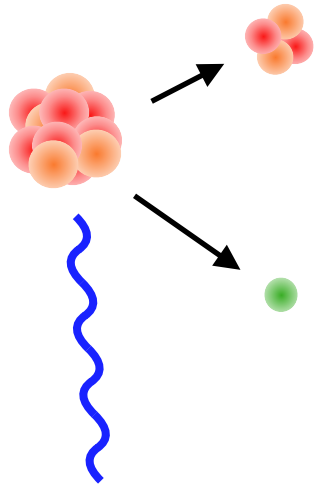
$$Z' = Z \quad A' = A$$

Anzahl Atome folgt exponentieller Funktion



Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



α -Zerfall: ${}^4\text{He}$ -Kern, schwer

$$Z' = Z - 2 \quad A' = A - 4$$

β -Zerfall: e^- / e^+ , leicht

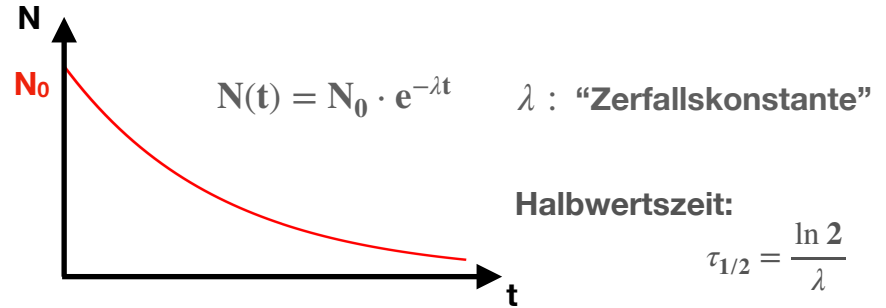
$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

$$\beta^+ \quad Z' = Z - 1$$

γ -Zerfall: Photon

$$Z' = Z \quad A' = A$$

Anzahl Atome folgt exponentieller Funktion



Aktivität

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda N(t) \quad [A] = \text{Bq} = \frac{1}{\text{s}}$$

Wieviele Atome einer Probe zerfallen pro Sekunde?

Beispiel: 1 g Radium hat eine Aktivität von $3.7 \cdot 10^{10}$ Bq

Absorption radioaktiver Strahlung

Wie stark radioaktive Strahlung in Material absorbiert wird, hängt von der Strahlungsart ab.

- dringt tief in Absorber ein
- etwa exponentielle Abnahme mit Tiefe $I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$

Deponieren meiste Energie vor Stillstand ("Bragg-Peak")

Anwendung: Krebsbestrahlung

- mittlere Eindringtiefe
- Energie weit in Absorber verteilt

Was passt wohin?

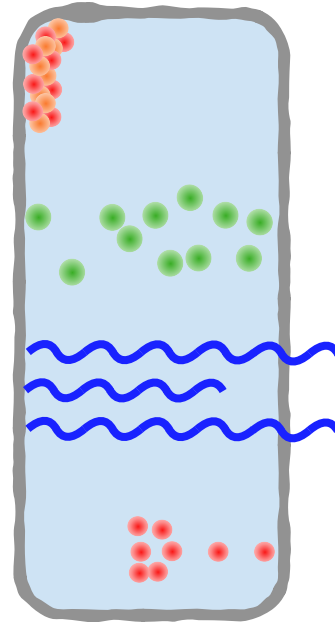
γ - Strahlung

α - Strahlung

β - Strahlung

Protonen

- stoppt nah an Oberfläche
- viel Energie an einem Ort

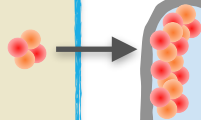


Absorption radioaktiver Strahlung

Wie stark radioaktive Strahlung in Material absorbiert wird, hängt von der Strahlungsart ab.

α - Strahlung:

- stoppt nah an Oberfläche
- viel Energie an einem Ort



γ - Strahlung:

- dringt tief in Absorber ein
 - etwa exponentielle Abnahme mit Tiefe
- $$I(d) = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$



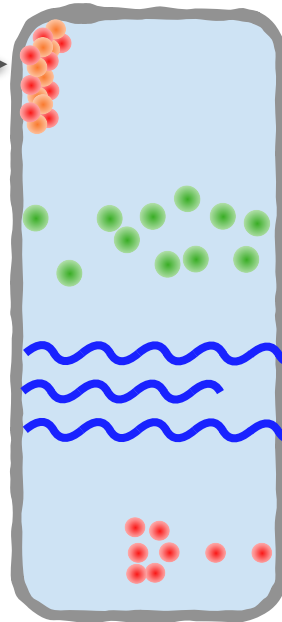
β - Strahlung:

- mittlere Eindringtiefe
- Energie weit in Absorber verteilt

Protonen:

Deponieren meiste Energie vor Stillstand ("Bragg-Peak")

Anwendung: Krebsbestrahlung



Strahlung und Gewebe

Wie vergleicht man radioaktive Dosis?

Energiedosis $D = \frac{dE}{dm}$ $[D] = \text{Gy} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

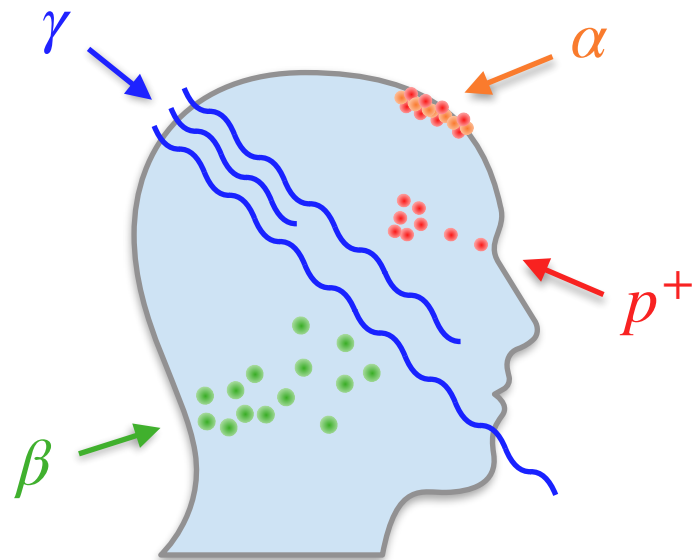
Wieviel Energie wird pro Masse deponiert?

Äquivalentdosis $[H] = \text{Sv}$

Wie schädlich ist die Strahlung für unser Gewebe?

Effektive Dosis $[H_E] = \text{Sv}$

Berücksichtigt zusätzlich Empfindlichkeit der betroffenen Organe



Gut zu wissen:

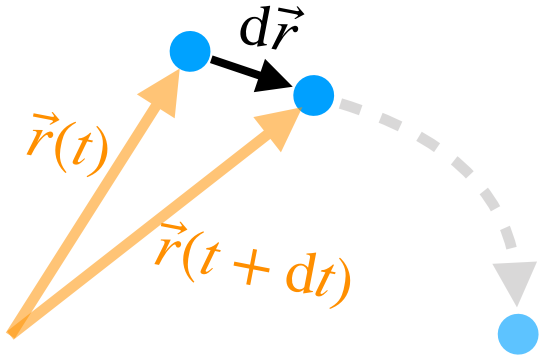
- α -Strahlung stoppt bereits in Hornhaut
aber: Gefahr bei Einatmen / Vergiftung
- Bragg-Peak: ermöglicht zielgenaue Tumorbestrahlung mit Protonen

Ortskurve und Geschwindigkeit

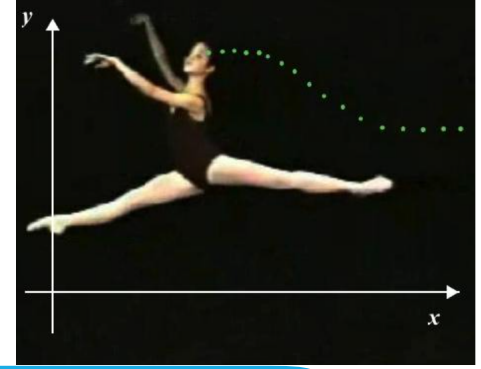
Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit t ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$



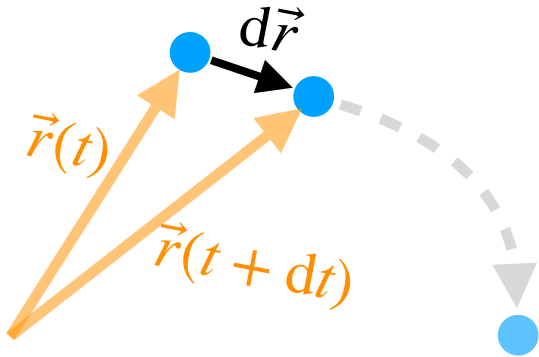
Ortskurve und Geschwindigkeit



Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit t ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$



Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit t ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$

Ortskurve und Geschwindigkeit



Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit t ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

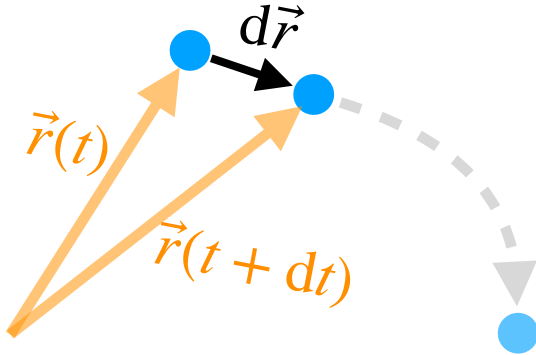
$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Geschwindigkeitsvektor

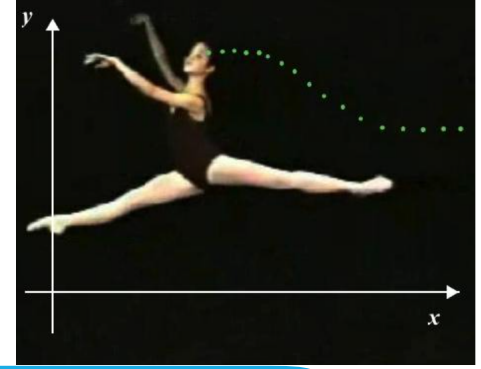
Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit t ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$



Ortskurve und Geschwindigkeit



Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit t ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

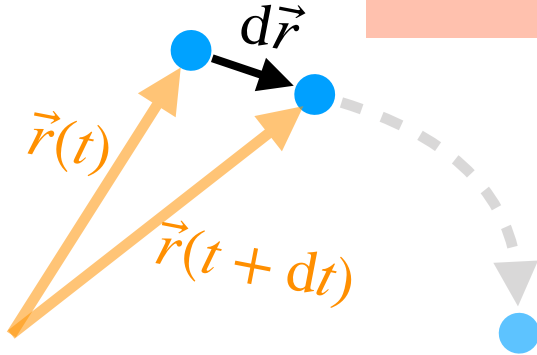
Integrieren

$$\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$$

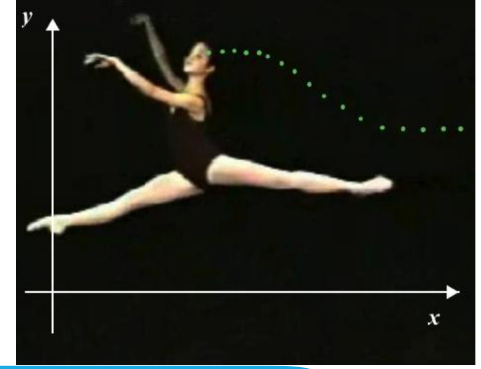
Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit t ?
Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$



Ortskurve und Geschwindigkeit



Ortskurve / Positionsvektor

Wo befindet sich das Objekt zur Zeit t ?

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} x(t) \\ y(t) \\ z(t) \end{pmatrix}$$

Ableiten

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}}{dt} = \dot{\vec{r}}$$

Integrieren

$$\vec{r}(t) - \vec{r}(t_0) = \int_{t_0}^t \vec{v}(t') dt'$$

Geschwindigkeitsvektor

Wohin bewegt sich das Objekt zur Zeit t ?

Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

$$\vec{v}(t) = \begin{pmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{z}(t) \end{pmatrix}$$

Bekannt aus Schule $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

Spezialfall für 1D & $v(t) = \text{konst.}$

allgemeiner: $v = \frac{ds}{dt}$

