

*Physik I für Medis 2021*



# Warm - up Clicker

Eine Probe mit dem Radium-Isotop  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  zerfällt mit einer Halbwertszeit von  $\tau_{1/2} = 1602 \text{ y}$  in das gasförmige Radon-Isotop  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ .

Welche Aussagen treffen zu?

- A) Es handelt sich um einen  $\alpha$ -Zerfall
- B) Die Anzahl verbliebener Radium-Atome über die Zeit lässt sich beschreiben mit 
$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{1/2}}}$$
- C) Auch bei nur äusserlicher Kontamination durchdringt die entstandene Strahlung den ganzen Körper
- D) Die Zeit, nach der nur noch ein e-tel des ursprünglichen Radiums übrig ist, berechnet sich durch 
$$\tau = \frac{\tau_{1/2}}{\ln 2}$$

## Radioaktivität / Strahlung

Arten der Strahlung

Zerfallsgesetz

Interaktion mit Materie

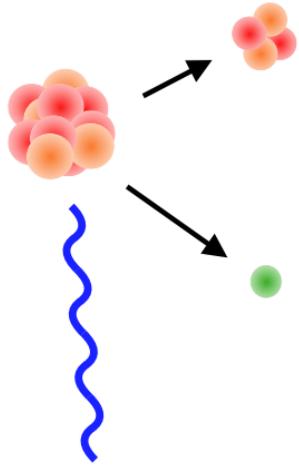
## Themen heute

### Einführung Kinematik

Ort und Geschwindigkeit

# Radioaktiver Zerfall

Instabile Kerne senden Energie in Form von radioaktiver Strahlung aus.



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

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

**$\beta$ -Zerfall:**  $e^- / e^+$ , leicht

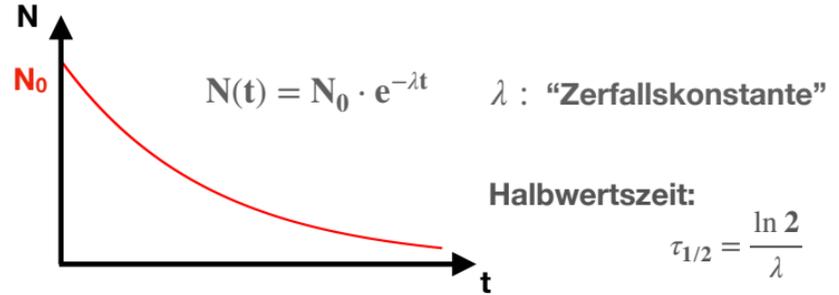
$$\beta^- \quad Z' = Z + 1 \quad A' = A$$

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

**$\gamma$ -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?

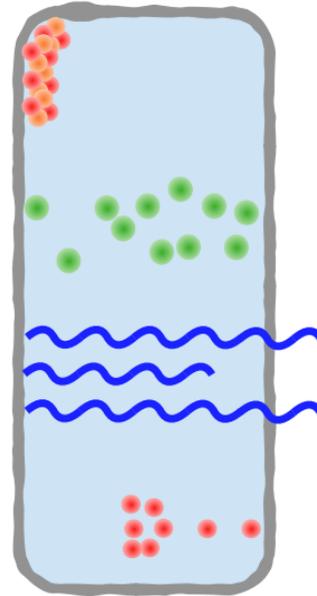
$\gamma$  - Strahlung

$\alpha$  - Strahlung

$\beta$  - 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.

## $\alpha$ - Strahlung:

- stoppt nah an Oberfläche
- viel Energie an einem Ort



## $\gamma$ - Strahlung:

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



## $\beta$ - Strahlung:

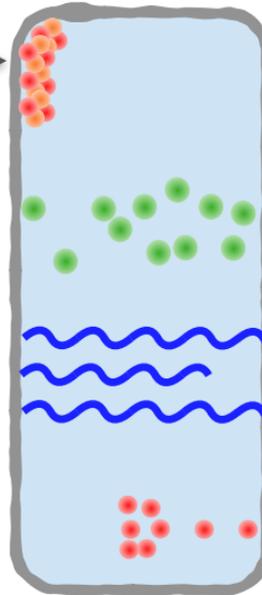
- mittlere Eindringtiefe
- Energie weit in Absorber verteilt



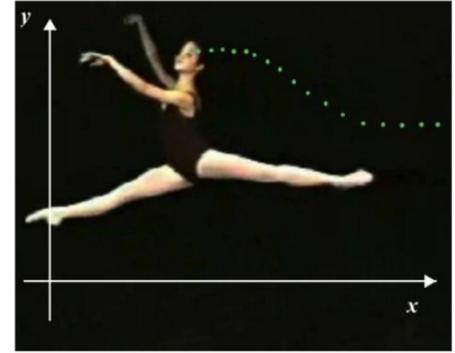
## Protonen:

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

*Anwendung: Krebsbestrahlung*



# 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  $t$ ?

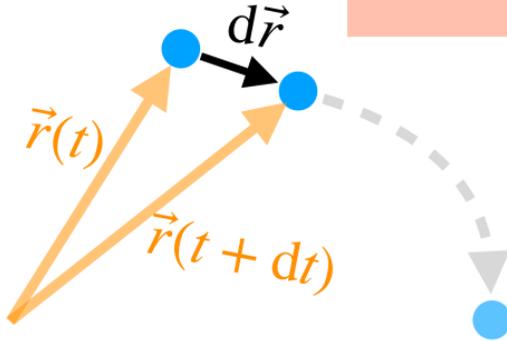
Wieviel ändert sich der Ort pro Zeiteinheit?

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

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

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

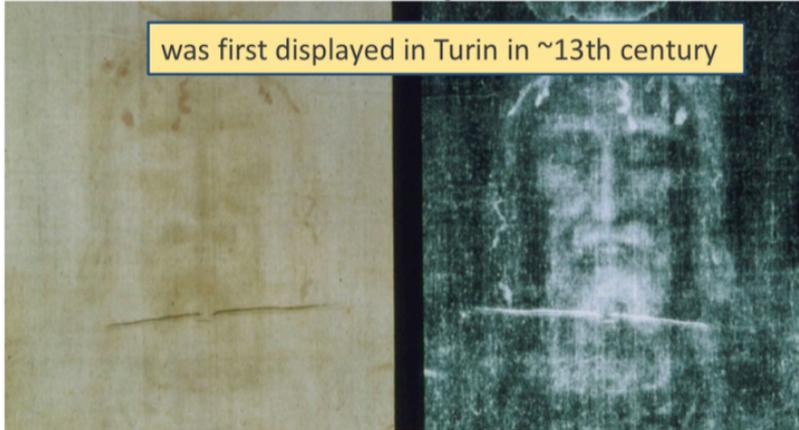
**allgemeiner:**  $v = \frac{ds}{dt}$



# Rechenbeispiel

# Rechnen mit dem Zerfallsgesetz

*..burial shroud of Jesus?*



was first displayed in Turin in ~13th century

$$\frac{N}{N_0} = 0.92$$

$$\tau_{1/2} = 5730 \text{ y}$$

---

The imprint of an apparently crucified body resembles the image of Jesus

➤ **The shroud remained controversial over the centuries**

Only in 1988 the carbon dating was performed by three independent laboratories with the result:

➤ **The shroud samples contain 92% of the  $^{14}\text{C}$  found in living tissues**

---

**Wie alt ist  
die Probe?**

# Rechnen mit dem Zerfallsgesetz

gegeben:  $\tau_{1/2} = 5730 \text{ y}$

gefragt: Wie alt ist die Probe?

$$\frac{N}{N_0} = 0.92$$

Formeln:

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}}$$

Rechnung:

$$\ln \frac{N(t)}{N_0} = -\lambda t$$

$$t = -\frac{\tau_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln \frac{N(t)}{N_0} \approx 690 \text{ y}$$

**viel jünger als Jesus!**

# Warm - up Clicker

Eine Probe mit dem Radium-Isotop  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  zerfällt mit einer Halbwertszeit von  $\tau_{1/2} = 1602 \text{ y}$  in das gasförmige Radon-Isotop  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ .

Welche Aussagen treffen zu?

- A) Es handelt sich um einen  $\alpha$ -Zerfall
- B) Die Anzahl verbliebener Radium-Atome über die Zeit lässt sich beschreiben mit 
$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{1/2}}}$$
- C) Auch bei nur äusserlicher Kontamination durchdringt die entstandene Strahlung den ganzen Körper
- D) Die Zeit, nach der nur noch ein e-tel des ursprünglichen Radiums übrig ist, berechnet sich durch 
$$\tau = \frac{\tau_{1/2}}{\ln 2}$$

# Warm - up Clicker

Eine Probe mit dem Radium-Isotop  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  zerfällt mit einer Halbwertszeit von  $\tau_{1/2} = 1602 \text{ y}$  in das gasförmige Radon-Isotop  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ .

Welche Aussagen treffen zu?



A) Es handelt sich um einen  $\alpha$ -Zerfall

Richtig sind entweder  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$   
oder  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{\tau_{1/2}}}$



B) Die Anzahl verbliebener Radium-Atome über die Zeit lässt sich beschreiben

mit  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau_{1/2}}}$

$\alpha$ -Strahlung stoppt schon  
in der Hornhaut. Einatmen  
/ Essen ist aber sehr gefährlich!



C) Auch bei nur äußerlicher Kontamination durchdringt die entstandene Strahlung den ganzen Körper



D) Die Zeit, nach der nur noch ein e-tel des ursprünglichen Radiums übrig ist, berechnet sich durch

$$\tau = \frac{\tau_{1/2}}{\ln 2}$$