

Elektrik

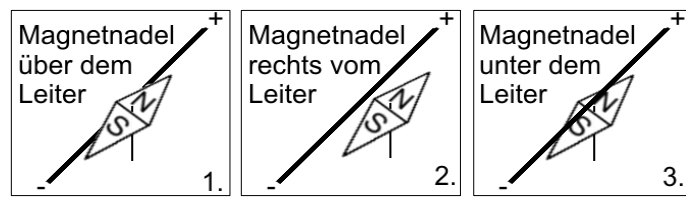
Elektrisches Feld:
Elektrische Ladungen sind von einem elektrischen Feld umgeben. Das elektrische Feld beschreibt man durch elektrische Feldlinien, die die Richtung der Kraft auf positive Probeladungen angeben.

Magnetisches Feld:
Stromdurchflossene Leiter und Stabmagnete sind von einem Magnetfeld umgeben. Das Magnetfeld wird durch Feldlinien beschrieben, die in die gleiche Richtung zeigen wie der Nordpol einer Magnetnadel.

Die Stärke des Magnetfelds einer stromdurchflossenen Spule ist umso größer

- je größer die Stromstärke in der Spule ist.
- je größer die Windungszahl der Spule ist.

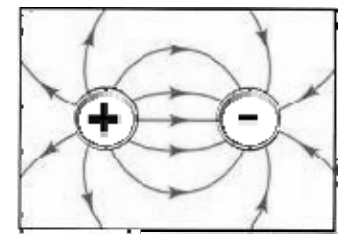
Beispielaufgabe:
Ein stromdurchflossener Leiter ist in Nord-Süd-Richtung aufgestellt. Die Kompassnadel ist in der horizontalen Ebene drehbar, kann sich aber auch geringfügig in der Vertikalen bewegen.



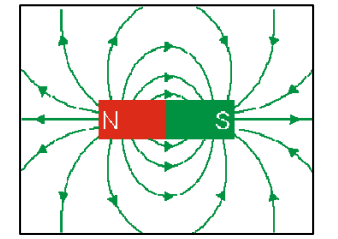
1. Magnetnadel über dem Leiter
2. Magnetnadel rechts vom Leiter
3. Magnetnadel unter dem Leiter

Wohin bewegt sich die Nadel?

Lösung: 1. Nadel dreht gegen den Uhrzeigersinn. 2. Nadel wird am Nordpol nach oben, am Südpol nach unten gedrückt. 3. Nadel dreht im Uhrzeigersinn.



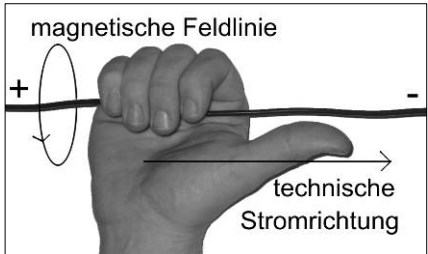
Elektrische Feldlinien zweier unterschiedlicher elektrischer Ladungen.



Magnetische Feldlinien eines Stabmagneten.

Rechte-Hand-Regel:

Zeigt der Daumen der rechten Hand von Plus nach Minus, so geben die gekrümmten Finger die Richtung der Feldlinien an.



Magnetische Feldlinien eines stromdurchflossenen Leiters

Lorentz-Kraft:
Auf bewegte Ladungen wirkt im Magnetfeld die Lorentz-Kraft. Diese wirkt

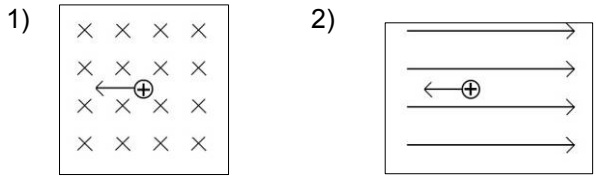
- senkrecht zu den Feldlinien
- senkrecht zur Bewegungsrichtung der Ladungen.

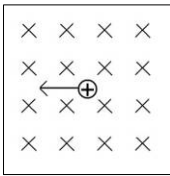
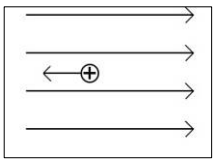
Die Richtung der Lorentz-Kraft ergibt sich aus der Drei-Finger-Regel (siehe Abbildung rechts).

Die Lorentz-Kraft ist umso größer,

- je größer die Geschwindigkeit der Ladung ist.
- je stärker das Magnetfeld ist.
- je größer die elektrische Ladung des Teilchens ist.

Beispielaufgabe: In welche Richtung wirkt die Lorentz-Kraft auf den Bildern?

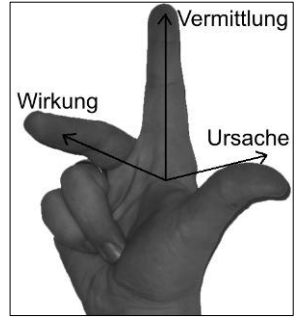


1)  2) 

Lösung: 1) nach unten
2) keine Lorentz-Kraft vorhanden

Drei-Finger-Regel:

Zeigt der Daumen der rechten Hand in die technische Stromrichtung (Ursache) und der Zeigefinger in Magnetfeldrichtung (Vermittlung), so zeigt der Mittelfinger in Richtung der Lorentz-Kraft (Wirkung).



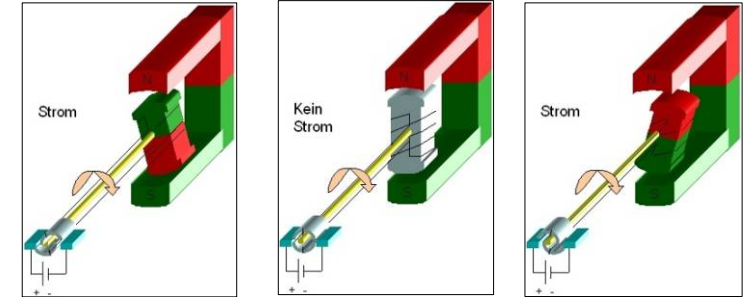
Hinweis: Der Daumen zeigt also in Bewegungsrichtung von **positiven** Ladungsträgern und entgegen der Bewegungsrichtung negativer Ladungsträger.

Elektromotor:

Wegen der Lorentz-Kraft wirkt auf einen stromdurchflossenen Leiter in einem Magnetfeld eine Kraft. Ein Elektromotor wandelt elektrische Energie in kinetische Energie (bzw. Rotationsenergie) um.

Die wesentlichen Teile eines Elektromotors sind:

1. ein feststehender Feldmagnet
2. ein drehbar gelagerter Anker (Rotor)
3. der Kommutator (Polwender)
4. die Kohlebürsten, über die die Stromzufuhr erfolgt.

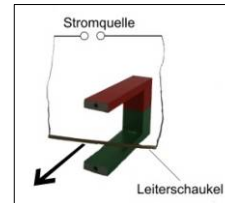


Induktion:

Ändert sich das Magnetfeld in einer Leiterschleife, dann entsteht zwischen den Enden der Schleife eine Induktionsspannung. Dabei ist egal, ob sich der Magnet oder die Leiterschleife bewegt. Der Betrag der Induktionsspannung ist umso größer, je schneller die Änderung des Magnetfeldes erfolgt und je größer sie ist.

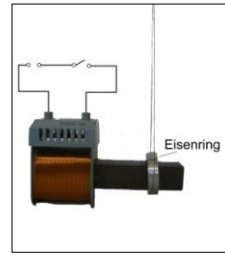
In welcher Richtung fließen die Elektronen durch den Draht? (Leiterschaukel)

Lösung: von links nach rechts.



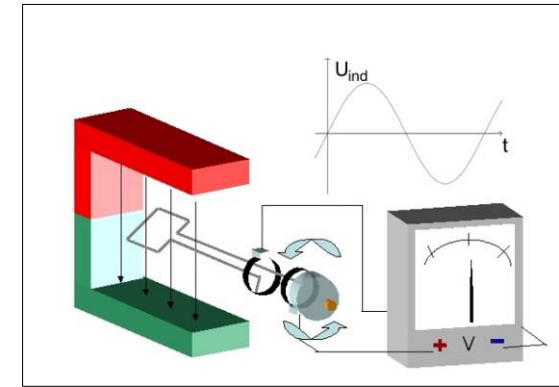
Was geschieht, wenn der Elektromagnet eingeschaltet wird? (Ringspendel)

Lösung: Wegen der Regel von Lenz wird der Ring abgestoßen.



Generator:

Durch die Drehung einer Leiterschleife (Spule) in einem Magnetfeld wird eine Wechselspannung induziert.



Transformator:

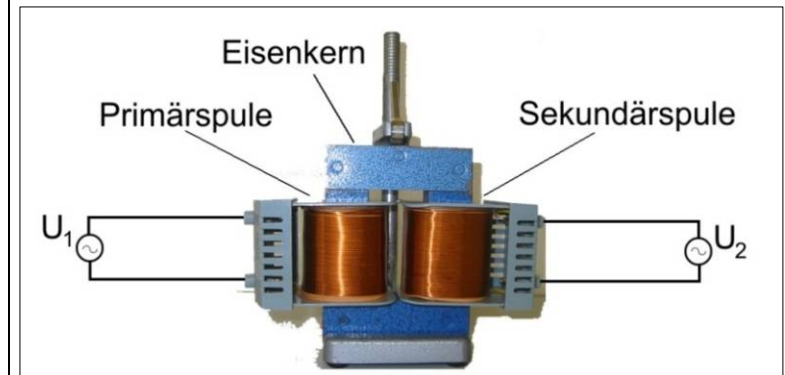
Ein Transformator besteht aus einer Primär- und einer Sekundärspule mit einem gemeinsamen Eisenkern. Ein Wechselstrom in der Primärspule ruft ein magnetisches Wechselfeld hervor, das seinerseits in der Sekundärspule eine Wechselspannung induziert. Der Eisenkern dient der Verstärkung der induzierten Spannung.

Beispielaufgabe:

Generatoren in einem Kraftwerk liefern eine Spannung von 20 kV. Für die Fernleitung muss diese Spannung auf 380 kV hochtransformiert werden. Gib an, in welchem Verhältnis die Windungszahlen des entsprechenden Hochspannungstransformators stehen müssen!

Lösung:
$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{U_2}{U_1} = \frac{380kV}{20kV} = 19 : 1$$

Transformatoraufbau:



Für die beteiligten Spannungen und Stromstärken gelten folgende Regeln:

Unbelasteter Transformator:

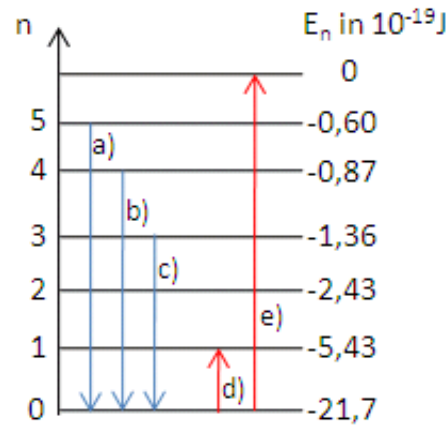
$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

Belasteter Transformator:

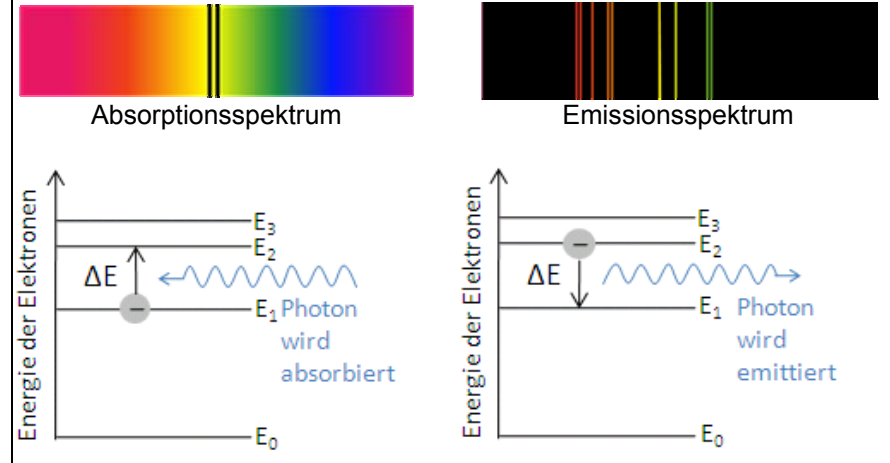
$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

- Licht besteht aus sogenannten Photonen, sie besitzen eine bestimmte Energiemenge.
- Photonen können ihre Energie nur ganz oder gar nicht abgeben.
- Die Elektronen eines Atoms befinden sich auf bestimmten Energieniveaus.
- Um ein Elektron von einem niedrigen Energieniveau auf ein höheres zu bringen muss Energie von außen zugeführt werden (z.B. durch Photonen, deren Energie genau der Energiedifferenz der beiden Energieniveaus entspricht). Man sagt dann: Photonen bestimmter Energie werden absorbiert.
- Wechselt ein Elektron von einem höheren auf ein niedrigeres Energieniveau, so wird Energie in Form von Photonen ausgesendet. Den Unterschied zweier Energieniveaus findet man im Spektrum als Linien, man bezeichnet dieses Spektrum auch als Emissionsspektrum. Das Spektrum ist diskret (d.h. nicht kontinuierlich).

Beispielaufgabe:



1. Berechne die Energie der Photonen, die bei den Übergängen a), b) und c) frei werden.
2. Welche Energie muss ein Photon haben, damit es durch Absorption den Übergang d) verursacht.
3. Was passiert, wenn man dem Wasserstoff im Grundzustand E_0 die Energie $21,7 \cdot 10^{-19}$ J zuführt?



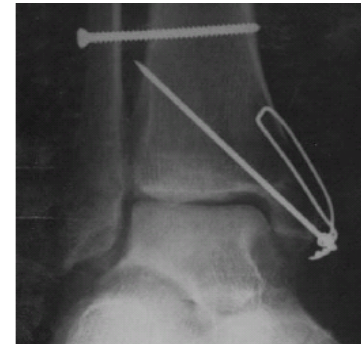
Lösung:

1. a) $E_5 - E_0 = -0,60 \cdot 10^{-19} \text{ J} - (-21,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 21,1 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 b) $E_4 - E_0 = -0,87 \cdot 10^{-19} \text{ J} - (-21,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 20,83 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
 c) $E_3 - E_0 = -1,36 \cdot 10^{-19} \text{ J} - (-21,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 20,34 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
2. $E_1 - E_0 = -5,43 \cdot 10^{-19} \text{ J} - (-21,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}) = 16,27 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
3. Das Elektron wird vom Atom abgelöst, man sagt auch das Atom wird ionisiert.

Röntgenstrahlung

- Zur Erzeugung von Röntgenstrahlung kann man z. B. stark beschleunigte Elektronen im Vakuum auf eine Metalloberfläche schießen. Durch die Stöße mit den Elektronen werden dann die Metallatome zur Emission von Röntgenphotonen angeregt. Dies geschieht in einer Röntgenröhre.
- Bei der Röntgenstrahlung gibt es einen charakteristischen Anteil und einen kontinuierlichen Anteil (Bremsstrahlung). Die charakteristische Strahlung hängt vom Material, welches beschossen wird, ab.

- Röntgenstrahlung hat so hohe Energien, dass sie Zellen schädigen kann.
- Röntgenstrahlung durchdringt viele Stoffe und wird von verschiedenen Stoffen verschieden stark absorbiert. Dies und die Tatsache dass Röntgenstrahlung Filme schwärzt, macht man sich bei Röntgenaufnahmen zu Nutze.



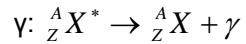
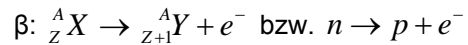
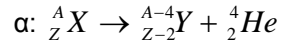
(Bildquelle: isb Handreichung Atome und Quanten)

Knochen absorbieren Röntgenstrahlung sehr stark, daher sind sie auf Röntgenaufnahmen sehr gut zu sehen. Sie werden weiß abgebildet, da aufgrund der starken Absorption die Fotoplatte hier nicht oder nur wenig geschwärzt wird.

Kernzerfälle:

Strahlungsarten:

α-, β-, γ-Strahlung



Ionisation:

Erzeugung eines elektrisch geladenen Atoms, z.B. durch Herausschlagen von Elektronen aus der Atomhülle.

Wirkungen der radioaktiven Strahlung:

- ionisiert Gase
- schwärzt Fotoplatten
- schädigt Körperzellen

Nachweisgeräte:

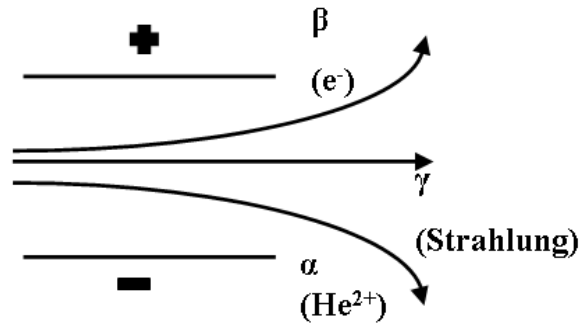
z.B. Ionisationskammer, Geiger-Müller-Zählrohr, Nebelkammer

Funktionsprinzip:

Strahlung ionisiert die Moleküle der Luft. Diese geladenen Teilchen können nachgewiesen werden.

Wie können die verschiedenen radioaktiven Strahlungsarten unterschieden werden? (siehe Eigenschaften)
Radioaktive Strahlung wird zwischen zwei elektrisch geladenen Platten aufgespalten. Gib an, wie sich die einzelnen Strahlungsarten verhalten und begründe deine Antwort.

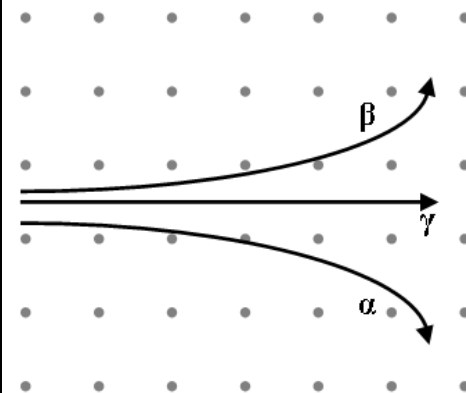
Ablenkung im elektrischen Feld:



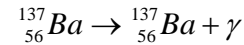
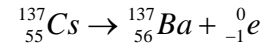
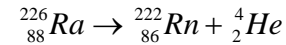
Radioaktive Strahlung wird in einem Magnetfeld abgelenkt. Begründe!

Ablenkung im Magnetfeld:

Die Richtung der Ablenkung ergibt sich aus der Rechte-Hand –Regel (siehe Seite 1):



Beispiele:



Eigenschaften:

	α-Strahlung	β-Strahlung	γ-Strahlung
Teilchen	Helium-Kerne	Elektronen	Hochenergetische elektromagnetische Strahlung
Ionisationsvermögen	sehr hoch	mittel	gering
Reichweite in Luft	einige cm	einige dm	mehrere Meter
Abschirmung durch:	Papier	mehrere mm-dicke Aluminiumfolie	Blei

Halbwertszeit:

Die Halbwertszeit $T_{1/2}$ gibt an, in welcher Zeit sich jeweils die Hälfte der vorhandenen instabilen Atomkerne umwandelt.

Welcher der einzelnen Kerne sich aber umwandelt, kann man nicht voraussagen.

$$N(t) = N_o \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}}$$

$N(t)$: Anzahl der zum Zeitpunkt t vorhandenen Kerne

N_o : ursprünglich vorhandene Kerne

t : Zeit

$T_{1/2}$: Halbwertszeit

Beispielaufgabe::

Erkläre den Begriff Halbwertszeit!

Das radioaktive Isotop Radium 226 hat eine Halbwertszeit von 1600 Jahren.

Zunächst sind 64 g Radium 226 vorhanden.

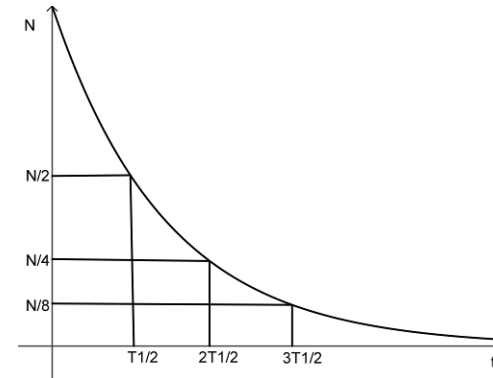
Berechne ausführlich, nach wie vielen Jahren nur noch 1 g Radium 226 vorhanden ist!

Lösung:

$$N = \frac{m}{M_{Ra216}}, \quad M_{Ra216}: \text{Masse eines Radiumkerns}$$

$$N(t)/N_o = \frac{m(t)}{M_{Ra216}} / \frac{m_o}{M_{Ra216}} = \frac{m(t)}{m_o} = \frac{1}{64} = \frac{1}{2^6}$$

$$\Rightarrow t = 6 \cdot T_{1/2} = 9600 \text{ a}$$

**Beispiele:**

Uran-238: $T_{1/2} = 45$ Mrd. Jahre

Polonium-216: $T_{1/2} = 0,15$ Sekunden

Altersbestimmung:

Die ^{14}C -Methode kann zur Altersbestimmung genutzt werden.

Kernreaktionen:**Kernspaltung:**

Durch Beschuss mit langsamen Neutronen können schwere Atomkerne in mittelschwere Atomkerne aufgespalten werden. Dabei werden sekundäre Neutronen freigesetzt und es wird Energie abgegeben.

Kettenreaktion: Treffen die sekundären Neutronen auf spaltbares Material, werden weitere Kernspaltungen hervorgerufen.

Kernfusion:

Bei der Verschmelzung leichter Atomkerne zu schwereren wird Energie freigesetzt.

Bindungsenergie:

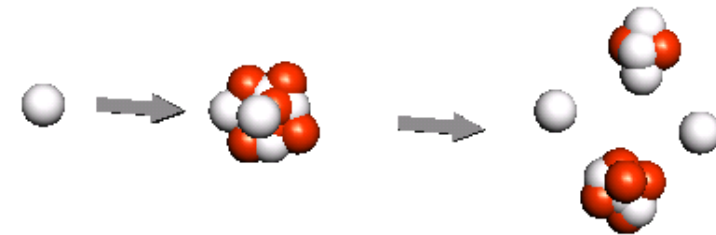
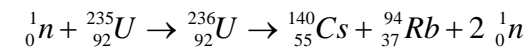
Bei der Entstehung eines Atomkerns aus Protonen und Neutronen wird Energie frei.

Massendefekt:

Die Masse des Atomkerns ist kleiner als die Summe der Massen der enthaltenen Protonen und Neutronen.

Energie (berühmte Formel von Albert Einstein):

$$E = m \cdot c^2 = \text{Masse} \cdot (\text{Lichtgeschwindigkeit})^2$$

**Beispiel:****Anwendungen:**

Kernkraftwerk
Atombombe

Heliumschmelze:

Gleichförmige Bewegung

Bei einer gleichförmigen Bewegung ist die Geschwindigkeit v **konstant**, d.h. sie bleibt für alle t gleich.

$$\text{Es gilt: } v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \text{ mit}$$

v = Geschwindigkeit

s = Weg

t = Zeit

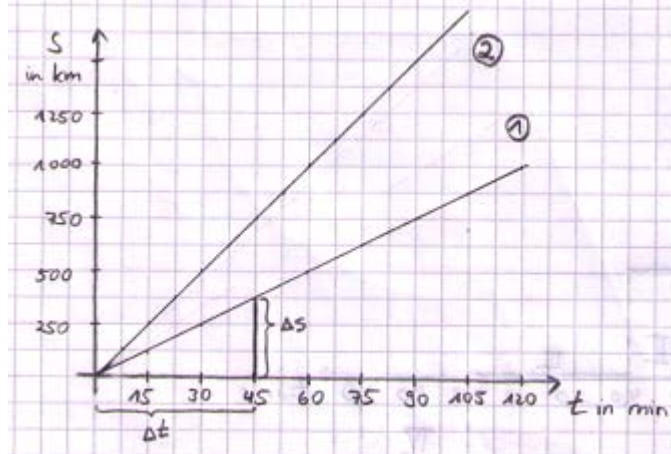
Ist der Anfangsweg $s_0 = 0$, so gilt $s = v \cdot t$,

$$\text{sonst } \boxed{s = v \cdot t + s_0}.$$

Für die Einheiten der Geschwindigkeit gilt:

$$1 \frac{m}{s} = 1 \cdot 3,6 \frac{km}{h}, \text{ also auch } 1 \frac{km}{h} = (1 : 3,6) \frac{m}{s}.$$

zugehöriges **t-s**-Diagramm:

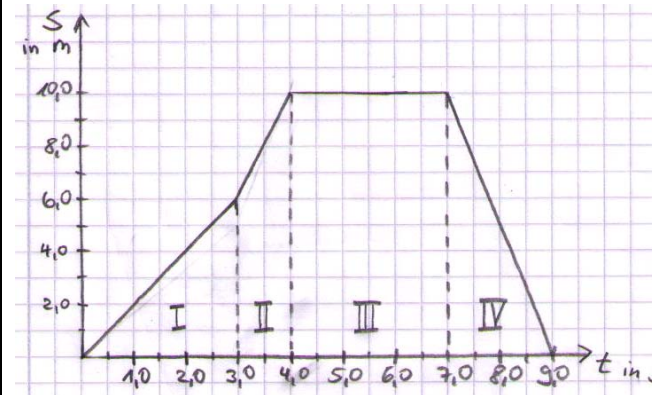


In der gleichen Zeit legt Fahrzeug 2 einen weiteren Weg zurück bzw. für den gleichen Weg braucht Fahrzeug 2 weniger Zeit als Fahrzeug 1. Die Geschwindigkeit von Fahrzeug 2 ist daher größer als die von Fahrzeug 1.

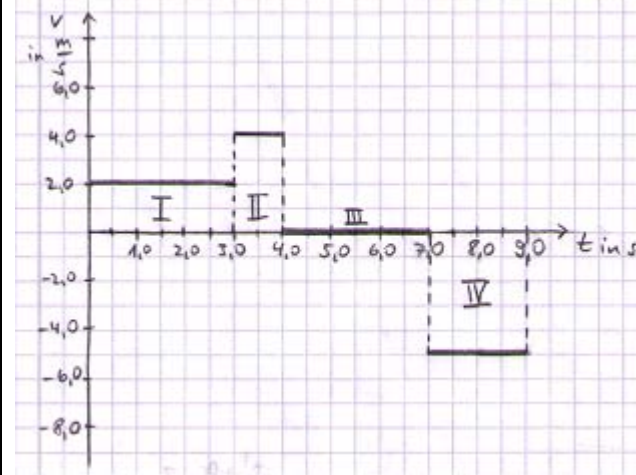
=> Je steiler die Gerade im t-s-Diagramm, desto schneller ist die Bewegung, desto größer ist also die Geschwindigkeit.

Beispielaufgabe:

Ein Fahrzeug bewegt sich dem vorliegenden **t-s**-Diagramm entsprechend:



Darstellung dieser Bewegung in einem **t-v**-Diagramm:



Lösung:

$$v_I = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{6,0m - 0m}{3,0s - 0s} = \frac{6,0m}{3,0s} = 2,0 \frac{m}{s} \quad (3,0 \text{ s lang})$$

$$v_{II} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10,0m - 6,0m}{4,0s - 3,0s} = \frac{4,0m}{1,0s} = 4,0 \frac{m}{s} \quad (1,0 \text{ s lang})$$

$$v_{III} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10m - 10m}{7,0s - 4,0s} = \frac{0m}{3,0s} = 0 \frac{m}{s}$$

(Fahrzeug 3,0 s **in Ruhe**)

$$v_{IV} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{0m - 10,0m}{9,0s - 7,0s} = \frac{-10,0m}{2,0s} = -5,0 \frac{m}{s}$$

(Bewegung **zurück** zum Ausgangspunkt, Dauer: 2,0 s)

Die **Momentangeschwindigkeit** zum Zeitpunkt $t = 3,5$ s

$$\text{beträgt } v_M = v_{II} = 4,0 \frac{m}{s}.$$

Die **Durchschnittsgeschwindigkeit** in den Abschnitten

$$\text{I und II beträgt: } v_D = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{10,0m}{4,0s} = 2,5 \frac{m}{s}.$$

Gleichförmig beschleunigte Bewegung

Bei einer gleichförmig beschleunigten Bewegung ist die Beschleunigung **a konstant**.

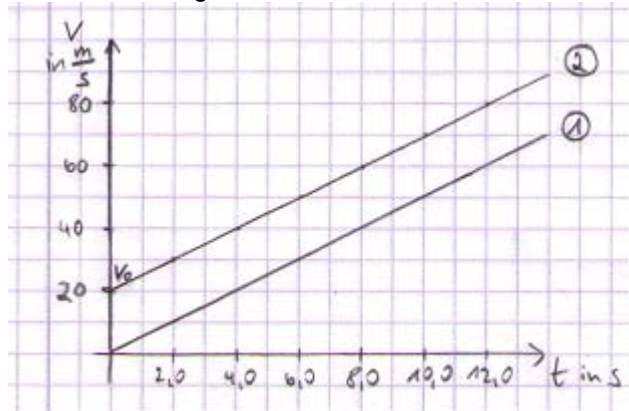
Es gilt: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ mit $[a] = 1 \frac{m}{s} = 1 \frac{m}{s^2} = 3,6 \frac{km}{s^2}$.

Für die Geschwindigkeit **v** gilt:

$v = a \cdot t + v_0$ bzw.

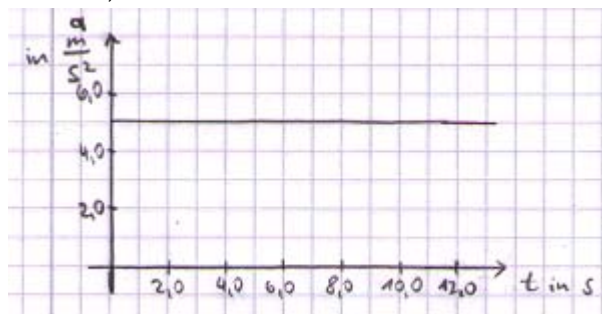
$v = a \cdot t$, wenn die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ ist.

Im **t-v**-Diagramm ergibt sich eine Gerade. Die Geschwindigkeit wächst linear:



$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ist dabei die Steigung der Geraden im vorliegenden Diagramm.

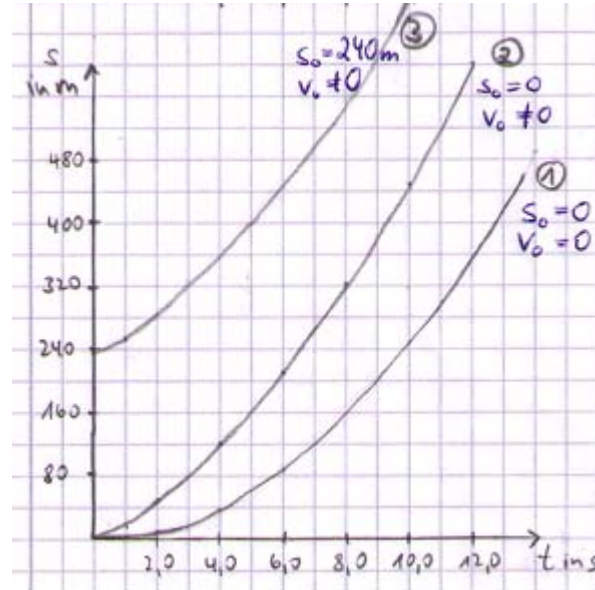
Das zugehörige **t-a**-Diagramm ist also eine Parallele zur t-Achse, da a konstant ist.



Für den zurückgelegten Weg **s** gilt:

$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t + s_0$ mit s_0 als Anfangsweg.

Im **t-s**-Diagramm erhält man Parabeläste.



s ergibt sich als **Fläche** unter dem **t-v**- Diagramm.

Beispiel siehe nächste Seite!

Grundgleichung der Mechanik

Die Ursache für die Beschleunigung a ist eine Kraft F.

Es gilt: $F = m \cdot a$

Der Freie Fall:

- Die beschleunigende Kraft ist die Gewichtskraft F_G .
- Es gilt $F_G = m \cdot g$, wobei g die Fallbeschleunigung (/der Ortsfaktor) ist.

Die Fallbeschleunigung ist für alle Körper gleich groß. Alle Körper fallen daher (ohne Luftreibung) gleich schnell.

Beispielaufgabe:

- Wie lange braucht ein Apfel mit $m = 150g$, um von einem 5m hohen Baum zu fallen?

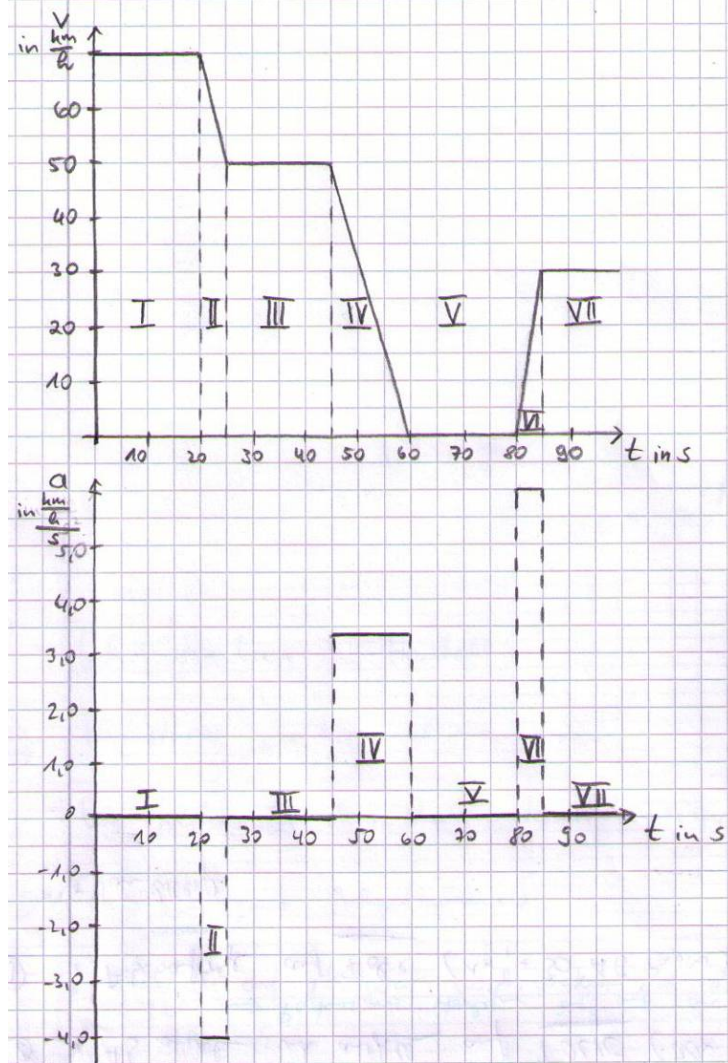
Lösung:

Mit $s = 5m$ erhält man aus der Bewegungsgleichung $s = \frac{1}{2}g \cdot t^2$ für die Fallzeit

$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5m}{9,81 \frac{m}{s^2}}} = 1s.$

- Umgekehrt lässt sich aus dieser Gleichung auch die Frage beantworten, wie tief man in 2s fällt, nämlich $s = \frac{1}{2}g \cdot t^2 = \frac{1}{2} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot (2s)^2 = 20m.$

Beispielaufgabe:



Interpretiere das t-v-Diagramm!

Welchen Weg legt das Fahrzeug im Abschnitt I bis VII jeweils zurück? Welchen Wert hat dort jeweils die Beschleunigung?

Lösung:

In I hat das Fahrzeug (FZ) die konstante Geschwindigkeit $v_I = 70 \frac{km}{h}$, mit der es 20s lang fährt.

In II bremst das FZ innerhalb von 5s von $70 \frac{km}{h}$ auf $50 \frac{km}{h}$ ab.

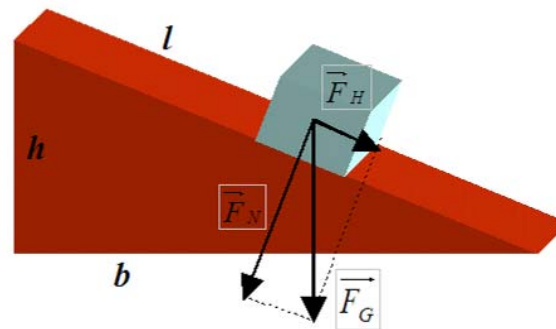
In III fährt das FZ 20s mit $v_{III} = 50 \frac{km}{h}$ weiter.

In IV bremst das FZ innerhalb von 15s von $50 \frac{km}{h}$ auf $0 \frac{km}{h}$ ab.

Anschließend bleibt es in V 20s in Ruhe.

In VI beschleunigt das FZ von $0 \frac{km}{h}$ auf $30 \frac{km}{h}$ innerhalb von 5s, bevor es in VII 15s lang mit der konstanten Geschwindigkeit von $30 \frac{km}{h}$ weiter fährt.

Kräftezerlegung an der schiefen Ebene



Eine Kraft kann in Komponenten zerlegt werden.

$$I: \begin{cases} a_I = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 \frac{m}{s}}{20s} = 0 \frac{m}{s^2} \\ s_I = v_I \cdot t = 70 \frac{km}{h} \cdot 20s = (70 : 3,6) \frac{m}{s} \cdot 20s = 0,39 km \end{cases}$$

$$II: \begin{cases} a_{II} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-20 \frac{km}{h}}{5s} = -4 \frac{km}{h \cdot s} = -1,1 \frac{m}{s^2} \\ s_I = \frac{1}{2} a_{II} \cdot t^2 + v_I \cdot t = \frac{1}{2} \cdot \left(-1,1 \frac{m}{s^2}\right) \cdot (5s)^2 + 19 \frac{m}{s} \cdot 5s \\ = 0,083 km \end{cases}$$

Als weitere Ergebnisse für a und s erhält man:

$$a_{III} = 0 \frac{m}{s^2}; a_{IV} = -0,92 \frac{m}{s^2}; a_V = 0 \frac{m}{s^2}; a_{VI} = 1,7 \frac{m}{s^2};$$

$$a_{VII} = 0 \frac{m}{s^2}$$

$$s_{III} = 0,28 km; s_{IV} = 0,10 km; s_V = 0 km; s_{VI} = 0,021 km; s_{VII} = 0,13 km$$

Bei der **schiefen Ebene** wird die Gewichtskraft \vec{F}_G des Körpers in die Hangabtriebskraft \vec{F}_H und die (senkrecht zur Unterlage wirkende!) Normalkraft \vec{F}_N zerlegt.

$$\text{Es gilt: } \frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{l} \text{ und } \frac{F_N}{F_G} = \frac{b}{l} \text{ und } \frac{F_H}{F_N} = \frac{h}{b}$$