

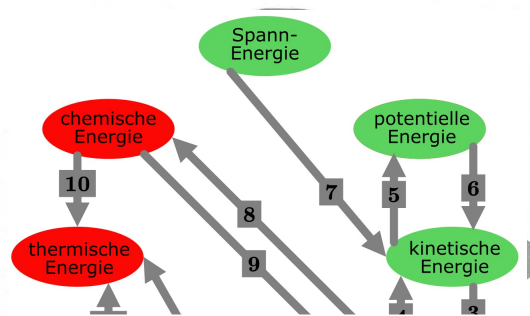

Energieumwandlungen

Suche für jede Nummer ein Gerät bzw. einen Vorgang, bei dem die skizzierte Energieumwandlung stattfindet.

Hinweise:

Es sind verschiedene Lösungen möglich.

Es gibt noch wesentlich mehr mögliche Energieumwandlungen zwischen den dargestellten Energieformen.



Thinking

Responding

Beschreibungen der Geräte/Prozesse

1. ****Solarzelle (Strahlungsenergie → elektrische Energie):****
Eine Solarzelle wandelt Sonnenlicht in elektrische Energie um und wird häufig für die Stromversorgung von Haushalten oder Geräten eingesetzt.
2. ****Leuchtdiode (elektrische Energie → Strahlungsenergie):****
Eine Leuchtdiode (LED) nutzt elektrische Energie, um Licht zu erzeugen, und wird zur Beleuchtung oder in Displays verwendet.
3. ****Dynamo/Generator (kinetische Energie → elektrische Energie):****
Ein Dynamo oder Generator wandelt Bewegungsenergie in elektrische Energie um, wie z. B. bei Fahrraddynamos oder Kraftwerken.
4. ****Wasserfall (elektrische Energie → kinetische Energie):****
Die Energie eines Wasserfalls kann in Wasserkraftwerken genutzt werden, um Turbinen anzutreiben und elektrische Energie zu erzeugen.
5. ****Wasserfall (potentielle Energie → kinetische Energie):****
Die potentielle Energie des Wassers wird durch den Fall in kinetische Energie umgewandelt, die zur Energiegewinnung genutzt werden kann.
6. ****Achterbahn bei Bergfahrt (kinetische Energie → potentielle Energie):****
Beim Hochfahren einer Achterbahn wird kinetische Energie in potentielle Energie umgewandelt, die später für die Abfahrt genutzt wird.
7. ****Armbrust (Spannenergie → kinetische Energie):****
Beim Abschießen eines Pfeils wird die gespeicherte Spannenergie der Armbrust in kinetische Energie umgewandelt, um den Pfeil anzutreiben.
8. ****Akku-Ladegerät (elektrische Energie → chemische Energie):****
Ein Akku-Ladegerät speichert elektrische Energie in chemischer Form, um sie später für Geräte bereitzustellen.
9. ****Entladung eines Akkus (chemische Energie → elektrische Energie):****
Beim Entladen eines Akkus wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt, um Geräte wie Smartphones oder Laptops zu betreiben.
10. ****Feuer (chemische Energie → thermische Energie):****
Beim Verbrennen von Holz oder anderen Stoffen wird die in ihnen gespeicherte chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt.
11. ****Warmwasserkollektor (Strahlungsenergie → thermische Energie):****
Ein Warmwasserkollektor nutzt die Sonnenstrahlung, um Wasser zu erwärmen, das z. B. für Haushalte oder Heizsysteme verwendet werden kann.
12. ****Atombombe (Kernenergie → thermische Energie):****
In einer Atombombe wird Kernenergie in thermische Energie und Druckwellen umgewandelt, was zu einer enormen Explosion führt.
13. ****Kernkraftwerk (Kernenergie → elektrische Energie):****

Einstieg: Die Potentielle Energie

New York

Du bist in New York im Urlaub und besichtigst das One World Trade Center. Auf dem Rücken hast du natürlich deinen Rucksack mit Verpflegung, Fotoausrüstung usw., der insgesamt die Masse $5,0\text{ kg}$ besitzt.

Zunächst fährst du mit dem Aufzug vom Erdgeschoss, wo dein Rucksack keine potentielle Energie besitzt, in den 27. Stock, der sich in 100 m Höhe (über dem Erdgeschoss) befindet.

a)

Berechne, wie sich die potentielle Energie des Rucksacks durch die Aufzugfahrt verändert hat.

b)

Erläutere, in welche Höhe bzw. in welches Stockwerk du mit dem Aufzug fahren müsstest, damit die potentielle Energie des Rucksacks dreimal so groß ist wie nach der Fahrt in den 27. Stock.

c)

Anschließend fährst du weiter auf die Aussichtsplattform. Hier hat dein Rucksack eine potentielle Energie von ungefähr 19000 J .

Berechne, in welcher Höhe über dem Erdgeschoss sich die Aussichtsplattform etwa befindet.

d)

Auf der Aussichtsplattform liest du, dass auf dem Mond der Ortsfaktor nur $1,6 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ beträgt.

Erläutere, ob sich die potentielle Energie deines Rucksackes bei der gleichen Aufzugfahrt auf dem Mond stärker oder weniger stark verändern würde als auf der Erde.

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

a)

$$\Delta E_{\text{pot}} = mg \cdot \Delta h = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100 \text{ m} = 4,9 \text{ kJ}$$

b) 300 m 81 Stock

c) $19000 \text{ J} = 5 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot h$

$$h = 387,4 \text{ m} \approx 104-105 \text{ Stock}$$

d) $g = 1,6 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

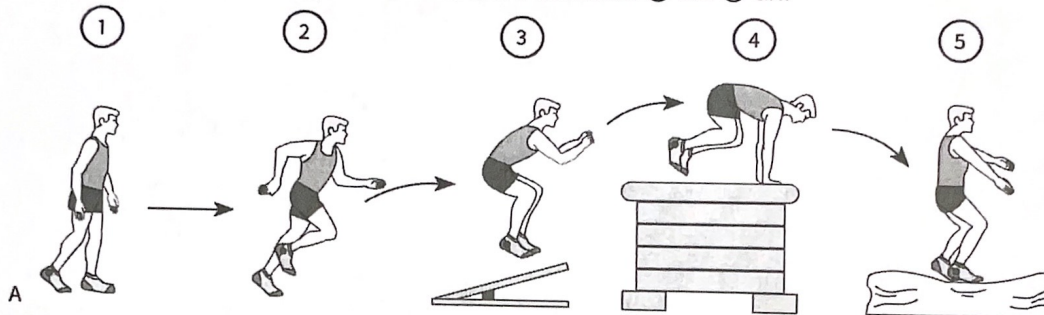
kleiner

Energie

Energieformen

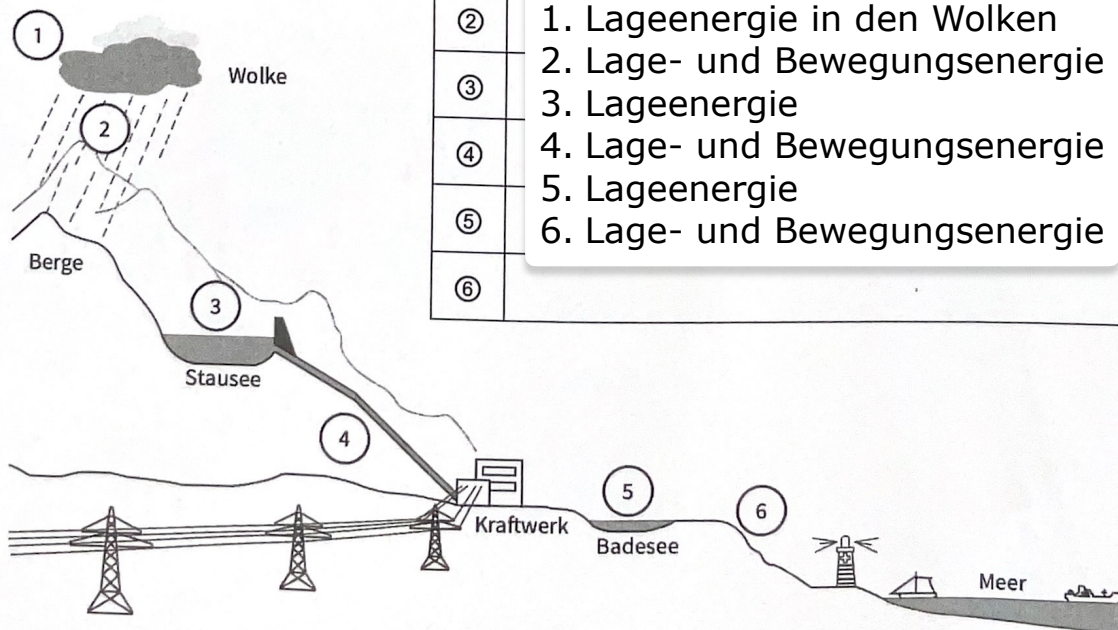
- 1 Ein Turner startet an der Stelle A, springt auf das Sprungbrett und über den Kasten, bevor er auf der Matte ankommt.

Gib die auftretenden Energieformen an den Positionen ① bis ⑤ an:

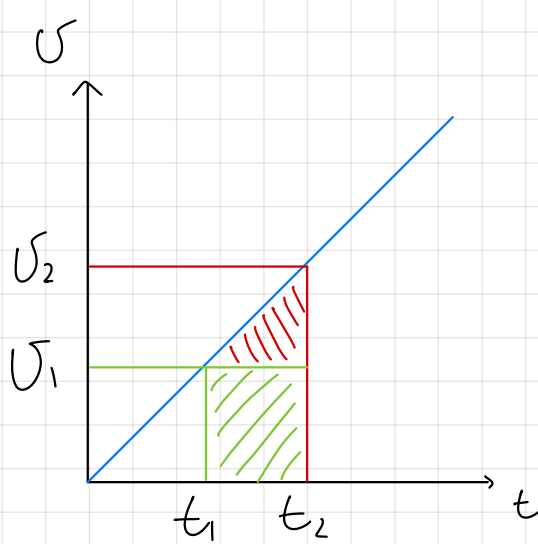


①	1. chemische	
②	2. + kinetische	
③	3. + kinetische + potenzielle	
④	4. - kinetische + potenzielle	
⑤	5. --- kinetische --- potenzielle	

- 2 Unten ist ein Regentropfen auf seinem Lebensweg dargestellt. Gib die auftretenden Energieformen an den Positionen ① bis ⑥ an. Dabei wird seine gesamte Energie immer geringer. Überlege, wo er etwas davon abgegeben hat. Zeichne entsprechende Energiepfeile ein.



①	
②	1. Lageenergie in den Wolken
③	2. Lage- und Bewegungsenergie
④	3. Lageenergie
⑤	4. Lage- und Bewegungsenergie
⑥	5. Lageenergie
⑦	6. Lage- und Bewegungsenergie



$$U_1 = U(t_1) \quad U_2 = U(t_2)$$

$$W = F \cdot s = m \cdot a \cdot \Delta s$$

$$\begin{aligned} \Delta s &= \Delta s_1 + \Delta s_2 = U_1 \cdot (t_2 - t_1) + \frac{1}{2}(U_2 - U_1) \cdot (t_2 - t_1) \\ &= U(t_1)t_2 - U(t_1)t_1 + \frac{1}{2} \cdot U(t_2) \cdot t_2 - \frac{1}{2} U(t_2)t_1 - \frac{1}{2} U(t_1)t_2 + \frac{1}{2} U(t_1)t_1 \\ &= \frac{1}{2} [U(t_1)t_2 - U(t_1)t_1 + U(t_2)t_2 - U(t_2)t_1] \quad (1) \end{aligned}$$

$$a = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{U(t_2) - U(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{U(t_2) - U(t_0)}{t_2 - t_0} = \frac{U(t_2)}{t_2} = \frac{U(t_1)}{t_1} \quad (2) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} W &= m \cdot a \cdot \Delta s = m \cdot \frac{1}{2} \cdot a (U(t_1)t_2 - U(t_1)t_1 + U(t_2)t_2 - U(t_2)t_1) = \\ &= m \cdot \frac{1}{2} \cdot [U(t_1)U(t_2) - U(t_1)U(t_1) + U(t_2)U(t_2) - U(t_2)U(t_1)] = \\ &= \frac{1}{2} m \cdot [U(t_2)^2 - U(t_1)^2] = \\ &= \frac{1}{2} m \cdot U_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot U_1^2 = E_{kin,2} - E_{kin,1} = \Delta E_{kin} = W \quad \text{Arbeit} \end{aligned}$$

$$v_{Ball} = 120 \frac{km}{h}$$

$$m = 0,4 \text{ kg}$$

$$a) E_{kin} = \frac{1}{2} m_b \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \text{ kg} \cdot \left(\frac{100}{3} \right)^2 \frac{m^2}{s^2} \approx 222 \text{ J}$$

$$b) E_{kin}' = \frac{1}{2} \cdot 2 m_b \cdot v_b^2 \approx 444 \text{ J}$$

$$c) E_{kin}'' = \frac{1}{2} \cdot m_b \cdot (2 v_b)^2 \approx 888 \text{ J}$$

$$S = 3,3 \cdot 10^6 \text{ km}^2$$

$$h = 50 \text{ km}$$

$$\rho = 3 \text{ g/cm}^3$$

d)

$$E_{kin} = m \cdot v^2 \cdot \frac{1}{2} = \rho \cdot V \cdot v^2 \cdot \frac{1}{2} = \rho \cdot S \cdot h \cdot v^2 \cdot \frac{1}{2} \approx$$

$$\approx 3 \text{ g/cm}^3 \cdot 3,3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^2 \cdot 50 \cdot 10^6 \text{ cm} \cdot \left(\frac{0,1 \text{ cm}}{60480 \text{ s}} \right)^2 \approx$$

$$\approx 1,35 \cdot 10^{10} \frac{\text{g} \cdot \text{cm}^2}{\text{s}^2} = 1353 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1353 \text{ J}$$

$$1) E_{\text{spann}} = \frac{k \cdot (\Delta x)^2}{2} = \frac{F \cdot \Delta s}{2}$$

$$(F = k \cdot \Delta x)$$

$$mgh = \frac{F \cdot \Delta s}{2}$$

$$h = \frac{F \cdot \Delta s}{2mg} = \frac{333 \text{ N} \cdot 0,3 \text{ m}}{2 \cdot 0,04 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 127 \text{ m}$$

$$2) a) E_{\text{pot}} = m_k gh = 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 8 \text{ m} = 5886 \text{ J}$$

$$b) m_k gh = m_k \cdot g \cdot \frac{h}{2} + \frac{m_k \cdot v^2}{2} + m_s g \cdot \frac{h}{2} + \frac{m_s \cdot v^2}{2}$$

$$v = 3,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c) m_k gh = m_s \cdot g \cdot h + \frac{m_k v^2}{2} + \frac{m_s \cdot v^2}{2}$$

$$v = 4,91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

K2

Energie

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$$



3



Stoß

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$$

Energie

Vor dem Stoß

$$\frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_2^2$$

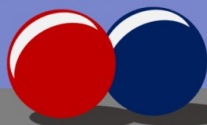
Nach dem Stoß

$$= \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot v_3^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot v_3^2 + \Delta E$$



K1

K2



$$\begin{cases} m_1 v_1' = m_1 v_1 + m_2 v_2 - m_2 v_2' \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 v_1'^2 + m_2 v_2'^2 - m_1 (v_1')^2 = m_2 (v_2')^2 \end{cases}$$

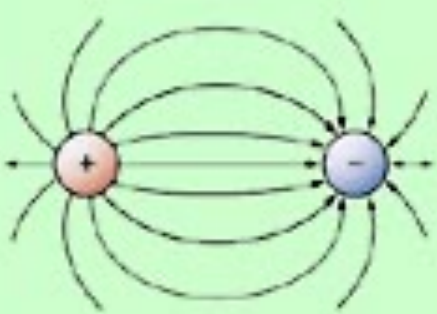
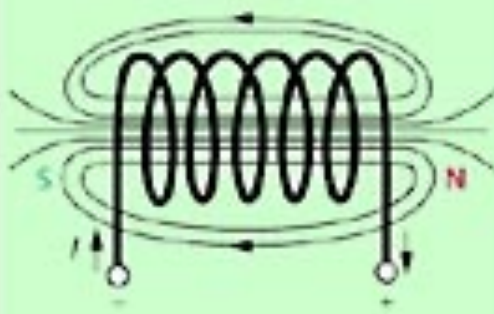
$$m_1 (v_1'^2) - m_1 (v_1')^2 = m_2 (v_2')^2 - m_2 v_2'^2$$

$$m_1 (v_1'^2 - (v_1')^2) = m_2 ((v_2')^2 - v_2'^2)$$

$$\begin{cases} m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2 (v_2' - v_2)(v_2' + v_2) \\ m_1 v_1 - m_1 v_1' = m_2 v_2' - m_2 v_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 (v_1 - v_1') = m_2 (v_2' - v_2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 (v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2 (v_2' - v_2)(v_2' + v_2) \end{cases}$$

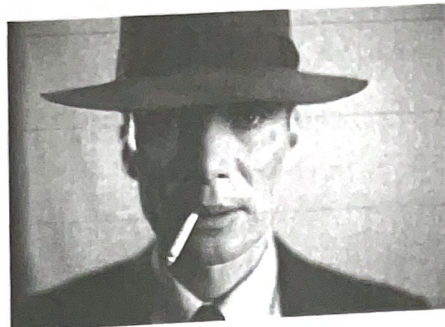
Gravitationsfeld	elektrisches Feld	magnetisches Feld
existiert um Körper mit einer Masse	existiert um elektrisch geladene Körper	existiert um Dauermagnete und um stromdurchflossene Leiter
kann mithilfe von Feldlinienbildern beschrieben werden	kann mithilfe von Feldlinienbildern beschrieben werden; Die Feldlinien beginnen und enden an Ladungen (wirbelfreies Quellenfeld).	kann mithilfe von Feldlinienbildern beschrieben werden; Die Feldlinien sind geschlossene Linien (quellenfreies Wirbelfeld).
		
wirkt auf alle Körper infolge ihrer Masse	wirkt auf geladene Körper und Teilchen (Elektronen, Protonen)	wirkt auf Magnete, magnetische Stoffe, stromdurchflossene Leiter und bewegte Ladungsträger
bewirkt bei Körpern in ihm keine nachweisbaren Veränderungen	bewirkt bei Körpern in ihm Ladungstrennung oder Ladungsverschiebung	bewirkt bei Körpern in ihm eine Magnetisierung

Arbeitsmaterial E 2

Nach dem Film

Wie war der Film?

Sie haben gerade den Spielfilm OPPENHEIMER gesehen. Wahrscheinlich überlegen Sie sofort, ob er Ihnen gefallen hat oder nicht. Das bedeutet: Sie haben eine Meinung zum Film, Sie bewerten ihn.



1) Sie können den Film jetzt mit Schulnoten bewerten:

Ich finde den Film

1 ☐ sehr gut2 ☒ gut3 ☐ befriedigend (mittelmäßig)4 ☐ ausreichend (eher nicht gut)5 ☐ mangelhaft (fast nur schlecht)6 ☐ ungenügend (richtig schlecht).

2) Unterstreichen Sie Begriffe oder finden Sie weitere, die den Film Ihrer Meinung nach beschreiben:

realistisch

abwechslungsreich

informativ

überraschend

bedrückend

unterhaltsam

kämpferisch

beängstigend

spannend

uninteressant

berührend

lehrreich

nichts für mich

gesellschaftsrelevant

motivierend

anstrengend

anregend

ernüchternd

nachdenklich

moralisch

wichtig (auch für andere)

3) Welche Filmszenen sind Ihnen am stärksten in Erinnerung geblieben und warum?

Der Film

Hinweise für Lehrkräfte

Arbeitsmaterialien für Schülerinnen und Schüler

Arbeitsmaterial E 2

Nach dem Film

4) Sprechen Sie danach im Plenum über die Ergebnisse.

- Welche Noten haben Sie dem Film gegeben? Erstellen Sie eine Übersicht, welche Note es wie oft gibt.
- Welche Gründe können Sie für Ihre Noten nennen?
- Welche Begriffe haben Sie unterstrichen oder selbst genannt?
- Welche Gründe können Sie für Ihre Auswahl nennen? Benennen Sie in diesem Zusammenhang auch Inhalte des Films.
- Welche Inhalte der Mindmap (siehe Arbeitsmaterial D 1) finden sich im Film wieder?

5) Würden Sie den Film jemandem empfehlen oder nicht?

- Schreiben Sie einen Kommentar, den Sie auch auf einem Filmblog posten könnten (schauen Sie sich zur Orientierung die Beiträge unter www.jugend-filmjury.com an).
- Verwenden Sie hier auch Ihre Bewertungen und Ihre ausgewählten Begriffe (siehe oben).



Der Film

Hinweise für Lehrkräfte

Arbeitsmaterialien für Schülerinnen und Schüler

Der Weg zur Atombombe – Vorbild für die Wissenschaft?

Hier ist eine mögliche Lösung für die Aufgabenstellung:

Teil 1: Recherche zum Manhattan-Projekt

Entstehung und Ablauf der Arbeiten

- Beginn: 1942 unter der Leitung der USA während des Zweiten Weltkriegs.
- Ziel: Entwicklung der ersten Atombombe, um einen strategischen Vorteil im Krieg zu erlangen.
- Finanziert durch die US-Regierung mit einem Budget von etwa 2 Milliarden Dollar.
- Wichtige Orte: Los Alamos (New Mexico), Oak Ridge (Tennessee), Hanford (Washington).
- Ergebnis: Erste erfolgreiche Atomtests im Juli 1945 ("Trinity-Test").

Wissenschaftliche Aspekte der Arbeiten

- Grundlagenforschung in Kernphysik und Uran-/Plutoniumspaltung.
- Entwicklung der Technologie für die Zündung einer Kernexplosion.
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Physikern, Chemikern, Ingenieuren und Militärs.

Beteiligte Personen/Gruppen

- Leitung: General Leslie Groves (Militär) und Robert Oppenheimer (Wissenschaft).
- Wissenschaftler: Enrico Fermi, Richard Feynman, Edward Teller, Niels Bohr u. a.
- Rund 130.000 Personen waren direkt oder indirekt beteiligt.

Standorte des Projekts

- Los Alamos: Hauptforschungszentrum.
- Oak Ridge: Urananreicherung.
- Hanford: Produktion von Plutonium.
- Weitere Standorte in den USA für unterstützende Arbeiten.

Teil 2: Kurztext/Kurzpräsentation zum Manhattan-Projekt

Das Manhattan-Projekt war ein streng geheimes Forschungs- und Entwicklungsprojekt der USA während des Zweiten Weltkriegs. Es hatte das Ziel, die erste Atombombe zu entwickeln und basierte auf den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen der Kernphysik. Unter der Leitung von General Leslie Groves und Robert Oppenheimer arbeiteten über 130.000 Menschen an verschiedenen Standorten zusammen, darunter Los Alamos, Oak Ridge und Hanford. Das Projekt führte 1945 zum ersten erfolgreichen Atomtest ("Trinity-Test") und der späteren Abwürfe auf Hiroshima und Nagasaki. Es gilt als eines der bedeutendsten, aber auch umstrittensten Forschungsvorhaben der Geschichte.

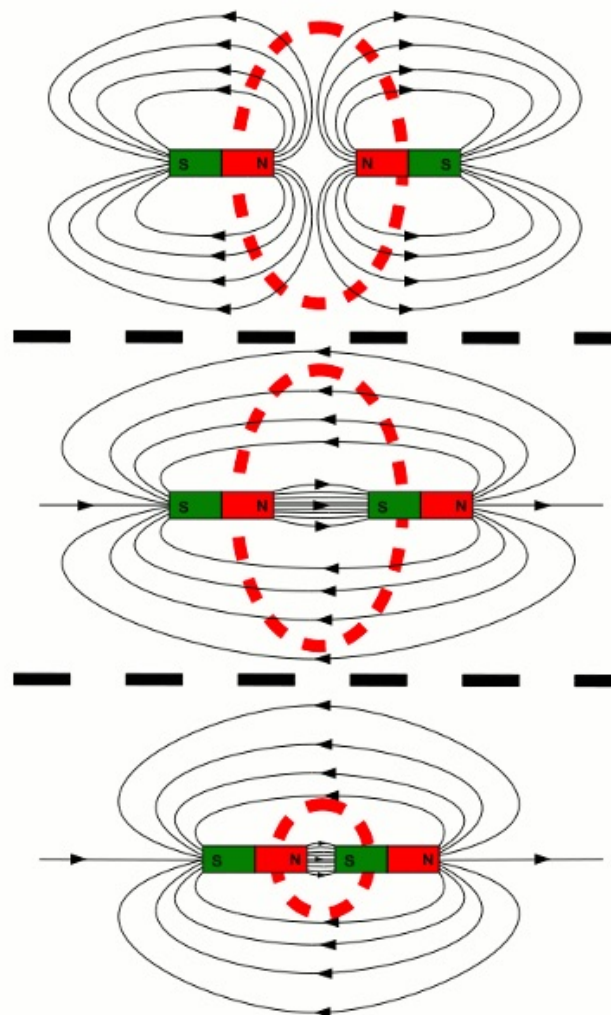
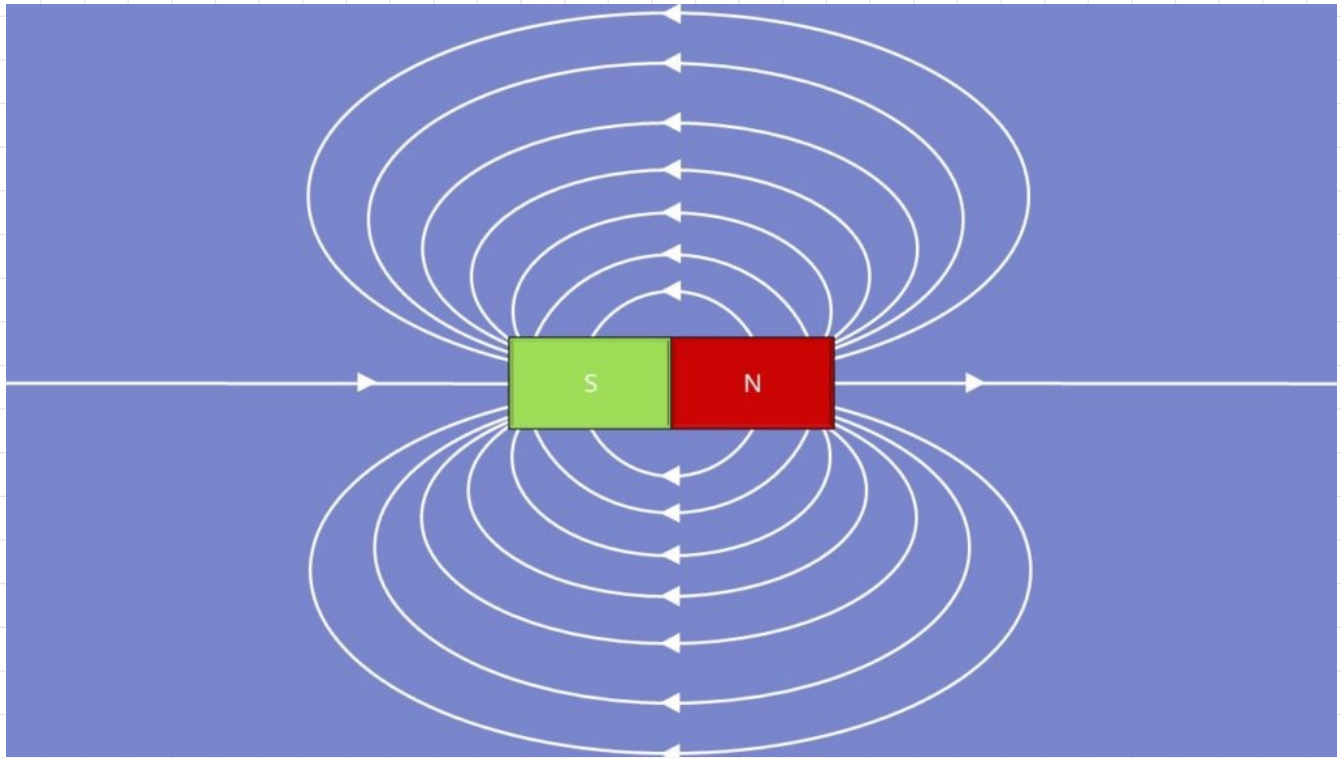
Diskussion (Fragen aus Teil 2)

1. War das Manhattan-Projekt wichtig und richtig oder übertrieben und falsch?
 - Pro: Es führte zur Beendigung des Zweiten Weltkriegs und stellte eine technologische Errungenschaft dar.
 - Contra: Die humanitären und ethischen Folgen, insbesondere die Zerstörung von Hiroshima und Nagasaki, wurden nicht ausreichend bedacht.
2. Wie könnte man das Projekt charakterisieren?
 - Ein ungewöhnliches interdisziplinäres Großprojekt in der Forschung.
 - Es war in seiner Zeit einzigartig und ein Vorreiter für internationale Zusammenarbeit in

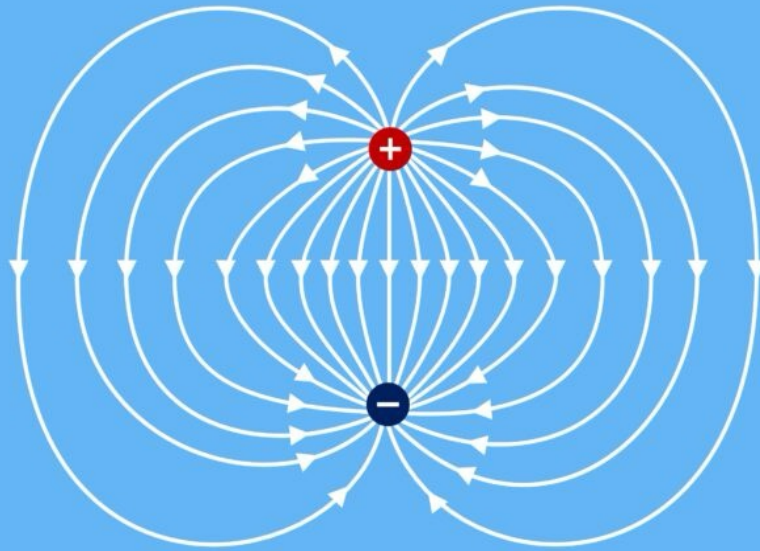
genauso intensiv bearbeitet werden:

Felder

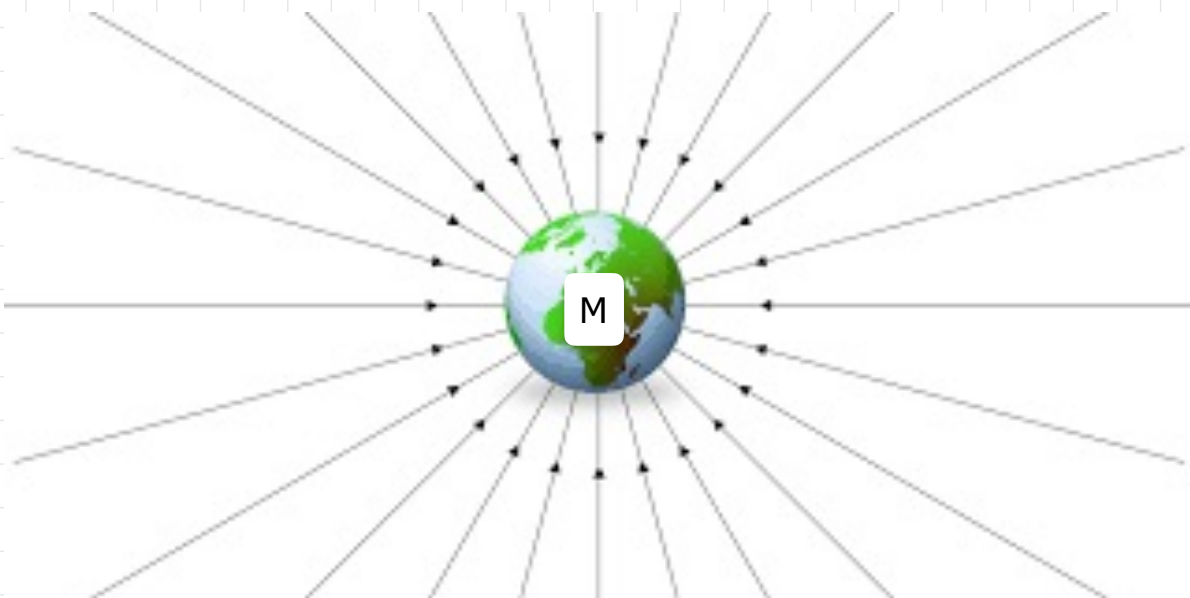
Zur Verdeutlichung der Eigenschaften eines Feldes, kann das Faradaysche Feldlinienbild genutzt werden.



Elektrische Feldlinien



Gravitationsfeld ($M = \text{Masse}$)



Aufgabe: Lest den Text und beschreibt in eigenen Worten nur mit Hilfe des Textes was Inklination und Deklination sind

Inklinationswinkel: Der Winkel zwischen einer zur Erdoberfläche parallelen Ebene und der Feldlinie

Deklination ist der Unterschied zwischen dem geographischen Nordpol und dem, den Kompass zeigt.

$$\frac{1}{2} m v^2 = m g h$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = 0,165 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{P_{\text{Zaus}}}{P}$$

$$P_{\text{Zaus}} = \frac{m g \sin \theta \cdot s}{P_{\text{Zaus}}} = 5,93$$

Das Faradaysche Feldlinienbild

Zur Visualisierung von Feldern, wird das Faradaysche Feldlinienbild genutzt. Zur Erstellung stellen wir uns vor, dass ein Feld mit einem Probekörper vermessen

Beim elektrischen Feld wird dafür eine positive Ladung genutzt. Die Feldliniendichte zeigt den Betrag der Feldstärke an. Die Tangente an die jeweilige Feldlinie zeigt dir Richtung der Kraft auf eine positive Ladung an. Elektrische Feldlinien starten auf positiven und enden auf negativen Ladungen. Feldlinien scheiden sich nie, da es in jedem Punkt eine eindeutige Richtung braucht. Ein Feld von mehreren Ladungen wird durch Überlagerung ein Gesamtfeld ergeben. Die Feldlinien stehen immer senkrecht auf elektrischen Leitern.

Die elektrische Feldstärke

Ein elektrisches Feld ist durch die Feldstärke E gekennzeichnet. Die Richtung von E ist die Richtung der Kraft auf eine positive Ladung.

$$E = N / C \text{ (Coulomb)} = V / m$$

$$E = F/q \text{ (elektrische Kraft / Ladung)}$$

$$F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$$

Elektrische Felder

Aufgabe 1

Ein elektrisches Feld ist der Raum um eine elektrische Ladung, in dem eine elektrische Kraft auf andere geladene Objekte wirkt. Die Richtung des Feldes wird durch die Bewegung einer positiven Testladung bestimmt.

Die Feldlinien eines elektrischen Feldes verlaufen von positiven zu negativen Ladungen und geben die Richtung der Feldstärke an.

Die Stärke des elektrischen Feldes E wird definiert als die Kraft pro Einheit Ladung und hat die Einheit N/C. Mathematisch wird sie durch die Formel

$$E = \frac{F}{q}$$

beschrieben, wobei F die Kraft ist, die auf die Ladung q wirkt.

Ein wichtiges Gesetz zur Beschreibung elektrischer Felder ist das Coulombsche Gesetz. Es besagt, dass die elektrische Feldstärke um eine Punktladung Q proportional zu $\frac{1}{r^2}$ abnimmt, wobei r den Abstand von der Ladung angibt.

Aufgabe 2

Berechne die Ladung der Erde unter der Annahme, dass ihr elektrisches Feld in der Nähe der Erdoberfläche einer Feldstärke von $E = 150 \text{ V/m}$ entspricht. Verwende für die Berechnung die Beziehung zur Feldstärke einer kugelförmigen Ladung.

Aufgabe 3

Zwei Punktladungen $Q_1 = 3 \times 10^{-6} \text{ C}$ und $Q_2 = -2 \times 10^{-6} \text{ C}$ befinden sich im Abstand $r = 0.05 \text{ m}$. Berechne die zwischen ihnen wirkende Coulomb-Kraft.

Der allgemeine Feldbegriff

In der Physik tritt der Begriff *FELD* in verschiedenen Zusammenhängen auf. Ein Feld ist im allgemeinen eine physikalische Größe Z , die nicht nur an einem einzigen Ort ('*Punkt*' im Raum), sondern im *gesamten* Raum wirksam und damit *messbar* ist. Mathematisch kann ein Feld daher wie folgt beschrieben werden:

$$Z = Z(x, y, z; t)$$

Die untenstehende Tabelle zeigt, dass Felder eingeteilt werden können je nach ihrer Unabhängigkeit bzw. Abhängigkeit von bestimmten Größen:

- Richtung

Richtungsunabhängige Felder sind *skalare* (z.B. Temperaturfelder) und *richtungsabhängige* Felder sind Vektorfelder.

- Ort

Im allgemeinen Fall sind Felder *abhängig vom Ort* (*inhomogen*). Nur in Sonderfällen sind sie *unabhängig vom Ort* (*homogen*), z.B. das elektrische Feld zwischen den Platten eines Plattenkondensators oder das magnetische Feld im Innenraum einer langgestreckten Spule.

- Zeit

Zeitunabhängige Felder werden *stationär* (z.B. das Magnetfeld eines ungestörten Dauermagneten) und *zeitabhängige* Felder werden *instationär* genannt. {Die exakte STATIONARITÄT ist eine weitgehende Idealisierung}

Einteilung der Felder

ABHÄNGIGKEITEN	unabhängig		abhängig
Richtung	skalar * Temperaturfeld T	FELD $Z = Z(x, y, z; t)$	vektoriell (vektoriell) * Gravitationsfeld * Impulsfeld der Moleküle in einer Flüssigkeit * elektrisches Feld * magnetisches Feld
Ort	homogen * E- Feld (Plattenkondensator) * Magnetfeld in langer Spule		inhomogen
Zeit	stationär * ungestörtes Dauermagnetfeld		instationär

Superpositionsprinzip

Die resultierende elektrische Kraft auf eine Probeladung q ist die Summe der elektrischen Kräfte aller im Raum verteilten punkt- und kugelformigen Ladungen. Die Kräfte werden dabei vektoriell addiert $F_{\text{ges}} = F_1 + F_2 + \dots + F_n$

Entsprechend ist die elektrische Feldstärke $E_{\text{ges}} = E_1 + E_2 + \dots + E_n$



$C^2 N^{-1} m^{-2}$, die
met wird.

der Betrag
nde, die größer
geben durch:

(2)

$Q < 0$ C in Rich-
> 0 C radial vom

ei punkt- oder
mit dem Ab-

eine Konstante
erbindungslinie
gesetz wird als

Ladungen. In den
etallische, geladene
htet, die sehr klein
abstand r . Das cou-
und R_2 ab und somit
ce in der Umgebung
Ladungsträger, wie
guter Näherung als

Superposition von Coulombfeldern. Bislang wurden sehr einfache Ladungsverteilungen betrachtet, also eine Probeladung q im Feld einer anderen Ladung Q . Oft sind es mehrere im Raum verteilte Ladungen oder aber eine Vielzahl von Ladungen, die sich auf Leiteroberflächen, z.B. Metallplatten oder -zylindern, verteilen.

Bild B3 zeigt den Fall, dass eine positive und eine negative punkt- oder kugelförmige Ladung von gleichem Betrag Q auf eine Probeladung q Kräfte ausüben. Die resultierende Gesamtkraft $\vec{F}$ setzt sich aus den einzelnen Coulombkräften $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ zusammen. $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ werden dazu wie in der Mechanik vektoriell addiert: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

Entsprechend ergibt sich die elektrische Feldstärke $\vec{E}$ am Ort der Probeladung q als vektorielle Addition der elektrischen Feldstärken der Coulombfelder beider Ladungen: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$.

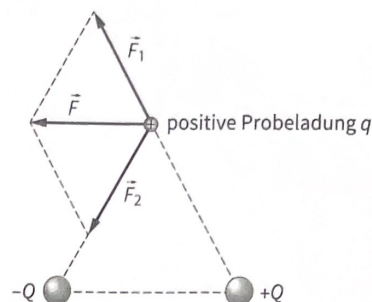
In der Physik bezeichnet man diese unabhängige Überlagerung von einzelnen Kräften oder Feldstärken zu einer resultierenden Kraft bzw. Feldstärke als **Superposition**. Sie findet sich in vielen Gebieten der Physik, so auch in der Mechanik beim waagerechten Wurf ohne Reibung als Überlagerung von zwei Bewegungen oder bei der Überlagerung von Wellen wieder.

Arbeitsaufträge

- 1 ➔ a) Zwei gleiche Kügelchen (0,5 g) sind jeweils an einem 1,0 m langen, oben am selben Punkt befestigten Faden aufgehängt und tragen die gleiche Ladung. Ihre Mitten haben wegen der Abstoßung 20 cm Abstand. Berechnen Sie die Ladungen.
b) Das rechte Kügelchen trägt doppelt so viel Ladung wie das linke. Erfahren beide Kugeln die gleiche Auslenkung? Begründen Sie. Bestimmen Sie die Ladungen für den Mittenabstand 20 cm.

- 2 ➔ Die Erde hat ein elektrisches Feld mit einem Betrag von $E \approx 130 \frac{V}{m}$. Schätzen Sie ab, ob nahe dem Erdboden eine kleine, geladene Kunststoffkugel (Ladung $1,5 \cdot 10^{-9}$ C, Masse 4 g) schweben kann.

- 3 ➔ Das coulombsche Gesetz ähnelt dem newtonschen Gravitationsgesetz. Vergleichen Sie mit Hilfe einer Recherche die strukturellen Ähnlichkeiten und Unterschiede der beiden Gesetze.



B3 Vektorielle Addition von zwei elektrischen Kräften auf eine positive Probeladung q

Die Betrachtung von Coulombkräften und Feldstärken mit zwei Ladungen wie in Bild B3 lässt sich auf mehrere punkt- oder kugelförmige Ladungen erweitern und resultierende Kräfte und elektrische Felder berechnen.

Merksatz

Superpositionsprinzip: Die resultierende elektrische Kraft auf eine Probeladung q ist die Summe der elektrischen Kräfte aller im Raum verteilten punkt- oder kugelförmigen Ladungen. Die Kräfte werden dabei vektoriell addiert $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$. Entsprechend ist das elektrische Feld der Ladungsverteilung die Summe der elektrischen Feldvektoren $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$.

- 4 ➔ Berechnen Sie die Kraft auf eine Probeladung q in der Mitte eines Quadrates der Kantenlänge a , an dessen Eckpunkten sich die ortsfesten Ladungen $-q$, $-2q$, $-3q$ und $-4q$ befinden. In welche Richtung bewegt sich die anfangs ruhende Ladung q ?

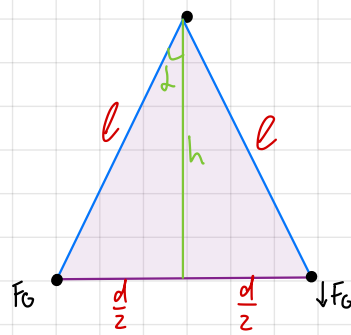
- 5 ➔ CHARLES COULOMB untersuchte die elektrischen Kräfte zwischen geladenen Körpern mit einer Torsionswaage. Recherchieren und beschreiben Sie deren Aufbau und Funktionsweise.

- 6 ↑ Die Kraft zwischen zwei geladenen Kugeln ($q_1 = 10$ nC, $q_2 = 200$ nC) wurde für verschiedene Abstände r der Kugelmitten bestimmt. Bestimmen Sie aus den Messwerten die Konstante k im coulombschen Gesetz. Berechnen Sie dazu eine Hilfsgröße x , sodass der Graph $F(x)$ annähernd linear ist.

r in cm	8	12	16	20	24	28
F in mN	2,81	1,25	0,70	0,45	0,31	0,23

① $m = 5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$ $d = 0,2 \text{ m}$
 $l = 1 \text{ m}$ $q_j = ?$

$$\frac{F_{el}}{F_G} = \frac{\frac{d}{2}}{h} = \tan \alpha$$



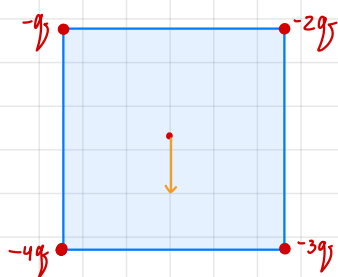
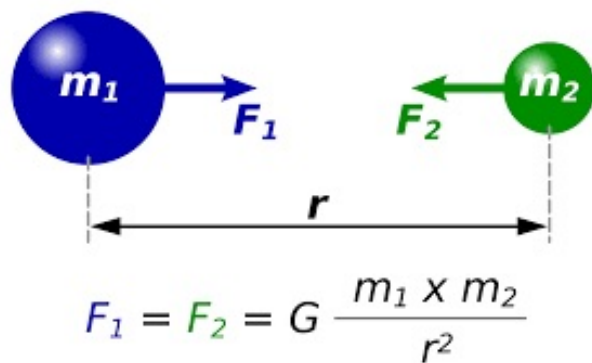
$$\frac{\frac{q_j^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot z^2}}{mg} = \frac{d}{2h} = \frac{d}{2\sqrt{l^2 - \frac{d^2}{4}}}$$

$$\frac{q_j^2}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot d^2 \cdot mg} = \frac{d}{2\sqrt{l^2 - \frac{d^2}{4}}}$$

$q_1 = 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ C}$
 $q_2 = 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$

$$q_j = 4,68 \cdot 10^{-8} \text{ C} = 46,8 \text{ nC}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



$$F = (-q - 2q) - (-3q - 4q) = -3q + 7q = 4q \quad (\downarrow)$$

$$2\sqrt{2} k \frac{q^2}{a^2}$$



$$\tan(\alpha) = \sin(\alpha) = \frac{\Delta x}{l} = \frac{F_{el}}{F_G}$$

Elektrische Influenz beschreibt die Verschiebung frei beweglicher Ladungen in einem Leiter, wenn ein äußeres elektrisches Feld angelegt wird. Dadurch sammeln sich entgegengesetzte Ladungen an den Enden des Materials, während es insgesamt neutral bleibt.

Polarisation tritt in Isolatoren auf, wo gebundene Ladungen im Material (z. B. Elektronen in Molekülen) leicht verschoben oder ausgerichtet werden, sodass das Material lokal getrennte Ladungsbereiche aufweist, ohne dass Ladungen abfließen.

Unterschied: Influenz betrifft freie Ladungen in Leitern, während Polarisation die Ausrichtung gebundener Ladungen in Isolatoren beschreibt.

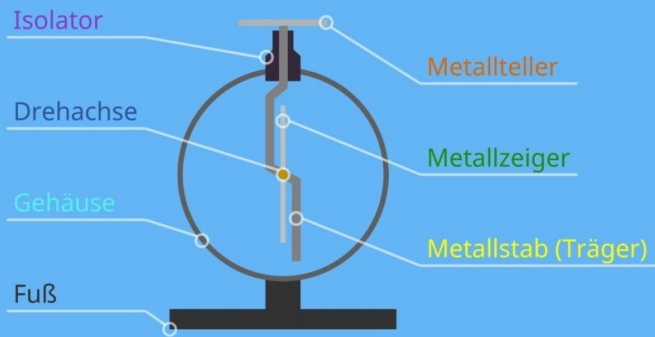
Influenz: Wird ein elektrisch geladener Körper an einen neutralen Leiter gebracht, so werden im Leiter die gleichnamigen Ladungen abstoßen und die ungleichnamigen angezogen.

```
+ < --- > +
+ --> <-- -
```

Polarisation: Wird ein elektrisch geladenen Körper an einen Isolator gebracht, so bilden sich Dipole, die sich dann gemäß des äußeren Feldes.

```
- -      - +      + -
- - -    + - +    ==> + + -
- - -    - + -    + - -
- -      + -      + -
```

Elektroskop Aufbau



Bringen wir einen geladenen Stab auf ein Elektroskop, so wird die Nadel sich bewegen. Dies liegt daran, dass zunächst die Ladungen getrennt werden und dann Ladungen zum Ausgleich des Überschusses auf dem Stab umverteilt werden.

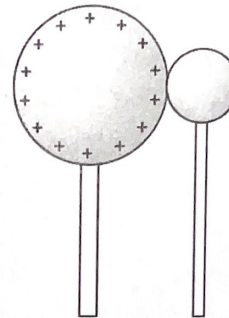
Elektrizität

Influenz

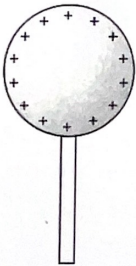
Trage die Ladungsverteilung durch Hinzufügen, Streichen oder Verschieben der Ladungsvorzeichen ein.



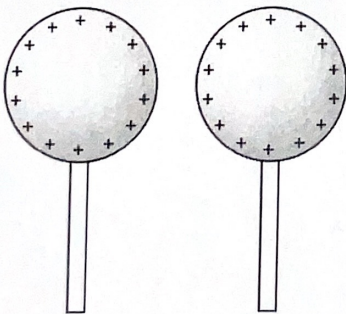
••• 1 Ohne Berührung, rechte Kugel neutral



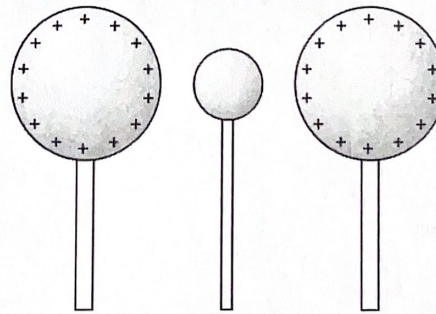
••• 2 Mit Berührung, rechte Kugel zunächst neutral



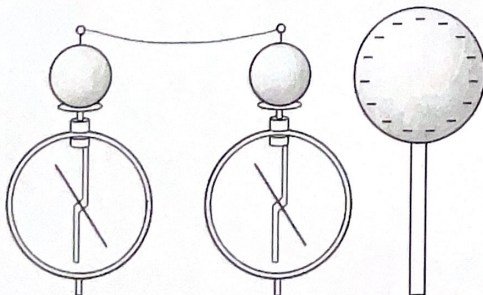
••• 3 Die rechten Kugeln sind neutral und berühren sich



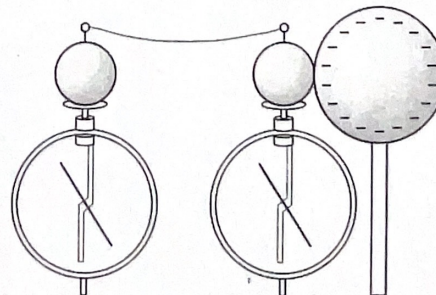
••• 4 Beide Kugeln sind positiv geladen.



••• 5 Die mittlere Kugel ist neutral und berührt nicht.



••• 6 Ohne Berührung



••• 7 Mit Berührung