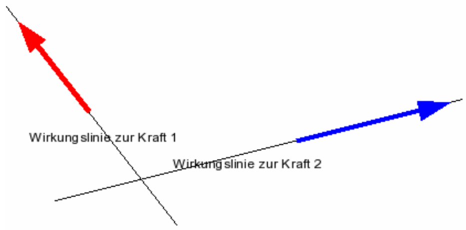
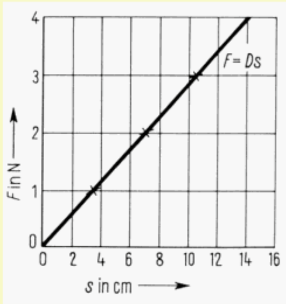
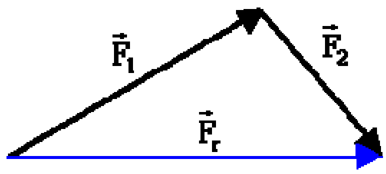
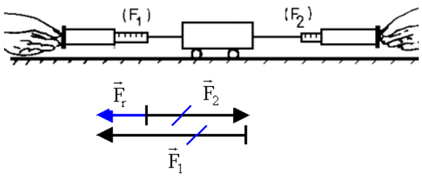
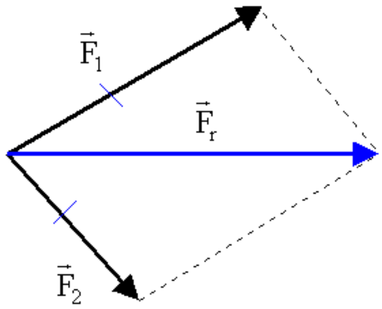
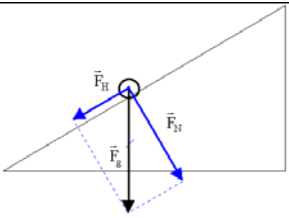
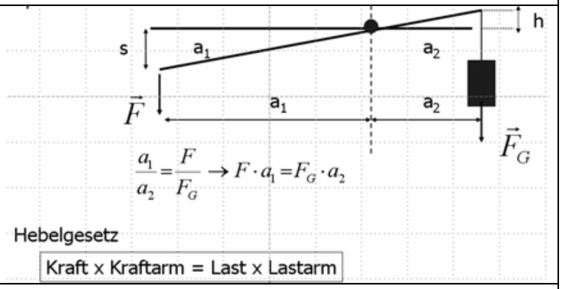
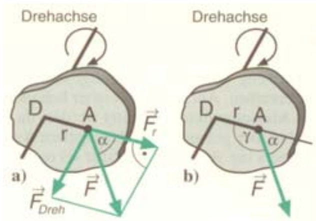
Formelsammlung

Thema	Formel	Bemerkungen/Beispiele
Kräfte	Kräfte → Verformung → Bewegungszustand ändern Kräfte sind Vektoren → gerichtete Größen Schreib weise: $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3,...$	Darstellung der Kräfte durch Kraftpfeile 
	Kräfte greifen an einem **Angriffspunkt** an Kräfte wirken **entlang einer Wirkungslinie** $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3,...$ ➔ gibt die Lage und die Richtung der Kraft an! F_1 = 10 N, F_2 = 25 N ➔ gibt den Betrag („Menge, Größe“ der Kraft an	
		Einheit der Kraft: 1 N (Newton) **1 Newton** ist die Kraft, die einen Körper der Masse m = 1 kg in 1 s auf die Geschwindigkeit 1 m/s beschleunigt. $1N = \frac{1kg \cdot 1m}{1s^2}$
	Gewichtskraft : $F_G \sim m \rightarrow \frac{F_G}{m} = konst \rightarrow g = 9{,}81 \frac{N}{kg}\left[\frac{m}{s^2}\right]$	g : Ortsfaktor zum Rechnen meist: g = 10 m/s²
	Dichte: $\rho = \frac{Masse}{Volumen} = \frac{m}{V}$ **Wichte:** $\gamma = \frac{Gewichtskraft}{Volumen} = \frac{F_G}{V}$	ρ: Dichte - Stoffkonstante (überall gleich) γ: Wichte vom Ort abhängig m: Masse V: Volumen Einheit m: 1 kg Einheit V: 1 m³

Hookesches Gesetz	• Die Verlängerung s einer Feder ist proportional zur wirkenden Kraft F. • $F \sim s$ $\vec{F} \sim -\vec{s}$ • oder: • $F = D \cdot s$ $\vec{F} = -D \cdot \vec{s}$ • D = Federkonstante • Einheit von D: $1\ \mathrm{N\ m^{-1}}$ 	Ausdehnung eines elastischen Körpers ist proportional der ausdehnenden Kraft s : Verlängerung /Ausdehnung D : Direktionsgröße / Federkonstante Einheit D: N/m
Kräftepaare	**actio = reactio**	Kräfte treten immer paarweise als **Wechselwirkungspaare** auf
Addition von Kräften	Kräfte werden **addiert**, indem man das Ende eines Kraftpfeiles in die Spitze eines anderen legt (Richtung und Länge wird beibehalten). Die resultierende Kraft ergibt sich aus dem Pfeil, der vom Anfang des ersten, bis zur Spitze des letzten Peiles reicht.  **Vektoraddition:** $\vec{F}_{res} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$	 
		Betragsaddition: - Pythagoras (rechtwinklig) $F_{res}^{\ 2} = F_1^{\ 2} + F_2^{\ 2}$ - Cosinus-Satz $F_{res}^{\ 2} = F_1^{\ 2} + F_2^{\ 2} - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos \angle F_1, F_2$ - Sinus-Satz $\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$
Grundgesetz der Statik	**Ein Körper bleibt genau dann in Ruhe, wenn die Summe aller an einem Punkt angreifenden Kräfte Null ist (→ den Null-Vektor ergibt)** $\vec{F}_{res} = \vec{0} = \sum \vec{F}_i$	
Kräftezerlegung	Eine an einem Punkt angreifende Kraft $\vec{F}_{res}$ kann in zwei oder mehrer Komponenten zerlegt werden. Die Zerlegung erfolgt in physikalisch sinnvolle Richtungen (Wirkungslinien)	**Beispiel:** Schiefe Ebene Hangabtriebskraft: $F_H = F_G \cdot \sin\alpha$ Normalkraft: $F_N = F_G \cdot \cos\alpha$ α : Neigungswinkel der Ebne

		
Reibung	Reibung (Reibungskraft) ist die die reactio auf eine angreifende Kraft Reibungsarten: - Haftreibung: $F_{h,max}$ - Gleitreibung: F_{gl} - Rollreibung:F_{roll} **Reibungskraft:** $F_R = \mu \cdot F_N$	F_N: Normalkraft – Kraft, die senkrecht auf die Unterlage wirkt µ : Reibungszahl, Reibungsfaktor → Erfahrungswert, Abhängig von den Reibungspartner, Stoffkonstante, entsprechenden Tabellen zu entnehmen $\mu_{h,max} > \mu_{gl}, > \mu_r$
Hebelgesetz	Last*Lastarm = Kraft*Kraftarm $a_1 * F_1 = a_2 * F_2$	
Drehmoment	$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{r}$	F: drehende Kraft r: Abstand zum Drehzentrum 

Bewegungs-lehre	**Gleichmäßige Bewegung:** Weg-Zeit-Gesetz: $s = v \cdot t$ Geschw.– Zeit-Gesetz: $v = \Delta s / \Delta t \rightarrow v =$ konst. **Gleichm. beschleunigte Bewegung:** Beschleunigung: $a = \Delta v / \Delta t$ Weg-Zeit-Gesetz: $s = ½ \cdot v \cdot t = ½ \cdot a \cdot t^2$	Änderung der Geschwindigkeit
Freier Fall	Der Freie Fall ist eine beschleunigte Bewegung aufgrund der Gewichtskraft eines Körpers. Geschw. – Zeit-Gesetz: $v = g \cdot t$ Weg-Zeit-Gesetz: $s = ½ \cdot a \cdot t^2$	
Bewegungen mit Anfangs-geschwindig-keit	Geschw. Zeit-Gesetz: $v = v_o \pm a \cdot t$ Weg-Zeit-Gesetz: $s = v_o \cdot t \pm ½ \cdot a \cdot t^2$	+ : Beschleunigung - . Bremsbewegung
Impuls	**Def.:** $p = m \cdot v$	Impuls ist ein Bewegungszustand
Impuls-erhaltungs-satz **IES**	**Impulserhaltung:** Gesamtimpuls eines Systems ist konstant $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 =$ konst Elastischer Stoß: $p_{vor} = p_{nach} =$ konst Unelastischer Stoß: $m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = (m_1 + m_2) \cdot u$	$v_1, v_2 \rightarrow$ Geschw. **vor** dem Stoß $u_1, u_2 \rightarrow$ Geschw. **nach** dem Stoß Stoßpartner bleiben zusammen und haben gemeinsame Geschwindigkeit u
Impuls-**änderung**	$\Delta p = m \cdot \Delta v$ – Geschwindigkeitsänderung $\Delta p = \Delta m \cdot v$ – Massenänderung $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$	z.B. Rakete Ursache einer Impulsänderung ist stets eine Kraft!
Dynamik	Ist die Summe aller an einem Körper angreifenden Kräfte F_{res} <> 0, folgt daraus eine beschleunigte Bewegung: $F_{res} = m \cdot a$	Eine (resultierende) Kraft bewirkt stets eine Beschleunigung. (Grundgesetz der Mechanik)
Schiefe Ebene	Hangabtriebskraft: $F_H = m \cdot g \cdot$ sind α Normalkraft: $F_N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$	
Kraftstoß	$F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v = \Delta p$	Ein Kraftstoß entspricht der Änderung des Impulses. Im F-t-Diagramm entspr. der Kraftstoß der Fläche unter der Kurve.
Arbeit	**Def.:** $W = F_s \cdot s$	Arbeit = Kraft mal Weg in der Wegrichtung. z.B.: $F = F \cdot s \cdot \sin <(F,s)$
Arbeits-formen	Hubarbeit: $W_H = m \cdot g \cdot h$	h : Verschiebungsweg g = 9,81 m/s² - Ortsfaktor m: Masse Um Körper von v1<v2 auf v2 zu

	Beschleunigungs-arbeit: $W_B = ½·m·v^2$ Spannarbeit: $W_{sp} = ½·D·s^2$ Reibungsarbeit: $W_R = µ·F_N·s$	beschleunigen: $W_B = ½·m·(v_2^2 - v_1^2)$ D: Federkonstant aus dem Gesetz von Hooke: $F = D·s$; s: Strecke, um die die Feder gedrückt oder gezogen wird. µ: Reibungszahl F_N: Normalkraft s: Verschiebungsweg
Energie	Wird an einem Körper Arbeit verrichtet, gewinnt er an Energie! Kann der Körper Energie frei geben, wird Arbeit verrichtet! Energie ist ein **Zustand** erhöhter Arbeitsfähigkeit!	Arbeit = Vorgang Energie = Zustand
Energie-erhaltungs-Satz **EES:**	Im energetisch abgeschlossenen System ist die Gesamtenergie konstant. Die Energieformen wandeln sich lediglich ineinander um.	
	Hubarbeit ←→ Lageenergie - $W_L = m·g·h$ Beschleunigungsarb. ←→ Kinetische Energie- $W_{kin} = ½·m·v^2$ Spannarbeit ←→ Spannenergie - $W_{Sp} = ½·D·s^2$ Reibungsarbeit ←→ Verlust → Wärme	

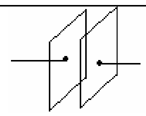
Wärme- **Lehre**	**Längendehnung:** $\Delta l = l_o \cdot \alpha \cdot \Delta\vartheta$ Länge bei der Temp. ϑ: $l_\vartheta = l_o \cdot (1+\alpha \bullet \Delta\vartheta)$	$\Delta l \rightarrow$ Verlängerung $l_o \rightarrow$ Länge bei 0°C $\alpha \rightarrow$ Längenausd. Zahl $\Delta\vartheta \rightarrow$ Temperaturdifferenz $l_\vartheta \rightarrow$ Länge bei der Temp. ϑ
	Volumenausdehnung: Flüssigkeiten: $V_\vartheta = V_o\ (1+\beta \bullet \Delta\vartheta)$ Gase: $V_\vartheta = V_o\ (1+\gamma \cdot \Delta\vartheta)$	V_ϑ --> Volumen bei der Temp. ϑ V_o --> Volumen bei 0 °C β––> Volumenausdehungszahl $\gamma \rightarrow$ für Gase gilt: γ = 1/ 273,15 K
Gasgesetze	**Boyle+Mariotte:** $p \cdot V$ = konst (T=konst) $P_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = .. =$ konst **Gay-Lussac**: V/T = konst (p=konst) $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = .. = konst$ **Amontons:** p/T = konst (V=konst) $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = .. = konst$	P $\rightarrow$ Druck : p = F/A Einheit: $\left[\frac{1N}{1m^2} = 1Pa\right]$ Alt: 1 bar = 1000 mbar $\rightarrow 1 \cdot 10^5$ Pa $= 1000 \cdot 10^2$ Pa = **1000 hPa**
Allgemeines **Gasgesetz**	$\frac{p \cdot V}{T} = konst$ $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = .. = konst$	
Universelles **Gasgesetz**	$\frac{p \cdot V}{T} = \upsilon \cdot R$	ν --> Stoffmenge des Gases in mol $R \rightarrow$ unverselle Gaskonstante R = 8,31 J/mol·K
	- 1 mol wiegt m_r Gramm - in 1 mol eines Stoffes sind $N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$ Teilchen - 1 mol eines Gases nimmt bei 273 K und 1013 hPa ein Volumen von 22,4 dm³ ein	N_A : Avogadrozahl m_r : relative Atommasse in Gramm Normalbedingungen: P_o = 1013 hPa T_o = 263 K

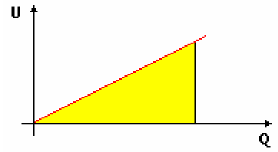
Würfe	Der Waagerechte Wurf ergibt sich aus der Überlagerung aus einer gleichförmigen horizontalen Bewegung und einer beschleunigten vertikalen Bewegung (Freier Fall)	
	Geschw.-Zeit-Gesetz: - x-Richtung: $v_x=v_o=konst$ - y-Richtung: $v_y=g*t$	Flugzeit = Fallzeit !
	Weg-Zeit-Gesetz - x-Richtung: $x = v_o*t$ - y-Richtung: $y = ½*g*t^2$	Wurfparabel: $y=\frac{g}{2\cdot v_o{}^2}\cdot x^2$
	Auftreffwinkel bei Landung: $\tan\alpha = v_y / v_x$	
	Der Senkrechte Wurf nach oben/unten ergibt sich aus einer Überlagerung einer gleichförmigen Bewegung auf- / abwärts und einer beschleunigten Bewegung abwärts (Freier Fall).	
	Geschw.-Zeit-Gesetz: - y-Richtung: $v_y = v_o \pm g*t$	
	Weg-Zeit-Gesetz - y-Richtung: $y(t) = v_o*t \pm ½*g*t^2$	
	Der Schiefe Wurf setzt sich aus einer gleichförmigen, schräg auf / abwärts gerichteten Bewegung und einer beschleunigten Bewegung abwärts (Freier Fall) zusammen.	
	Geschw.-Zeit-Gesetz: - y-Richtung: $v_y = v_o*\sin\alpha-g*t$ - x-Richtung: $v_x = v_o*\cos\alpha = konst$	α : Abwurfwinkel (zur horizontalen) v_o: Abschussgeschwindigkeit
	Weg-Zeit-Gesetz: - y-Richtung: $y(t) = v_o.\sin\alpha*t - ½*g*t^2$ - x-Richtung: $x(t) = v_o.\cos\alpha*t$	
	Steigzeit: $T=\frac{v_o\cdot\sin\alpha}{g}$ Scheitelhöhe: $\hat{y}=\frac{v_o{}^2\cdot\sin^2\alpha}{2\cdot g}$ Wurfdauer → 2xSteigzeit Wurfweite: y(t=Wrfdauer) $\hat{x}=\frac{v_o{}^2\cdot\sin(2\alpha)}{g}$	→Abschuss und Landung auf gleicher Höhe! **Hinweis:** bei unterschiedlicher Lande- und Abschusshöhe sind die Funktionen y(t) und x(t) zu berechnen. Dabei ist oft notwendig, eine Quadratische Gleichung zu lösen.

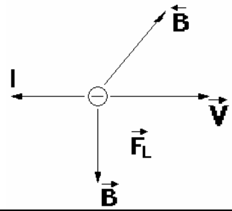
Kreisbewegung	T : Umlaufdauer $T = \frac{t}{n}$ in s f : Frequenz / Drehzahl $f = \frac{n}{t}$ in 1/s = Hz Bahngeschwindigkeit: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$ Drehfrequenz: $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ Bahngeschwindigkeit bei konstanter Rotation: $v = \omega \cdot r = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot r$	Größen: n : Umdrehungszahl in t: Zeit Betrag der Bahngeschw. Ist konstant, die Richtung $\vec{v}$ ändert sich Bogenwinkel φ ; Winkelgeschwindigkeit / Drehfrequenz in rad/s → 1/s
Zentripetalkraft	Damit sich ein Körper auf einer Kreisbahn bewegen kann, muss er von einer Kraft → der Zentripetalkraft, dazu **gezwungen** werden. Die F_z steht stets senkrecht zur Kreisbahn ($\vec{v}$ - tangential)	
	$F_z = m \cdot a_z = m \cdot \frac{v^2}{r}$ $F_z = m \cdot \omega^2 \cdot r = m \cdot \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot r}{T^2}$	a_z → Zentripetalbeschleunigung T: Umlaufdauer r: Bahnradius
Zentrifugalkraft	Sie ist die Gegenkraft zur Zentripetalkraft. Die Zentrifugalkraft wird jedoch nur im mitrotierenden Bezugssystem wahrgenommen. Man nennt sie auch eine Scheinkraft.	**Beispiel:** damit ein Fahrzeug um die Kurve fährt, muss es durch die Zentripetalkraft(→ Reibung) in radialer Richtung <u>nach innen</u> auf eine Kreisbahn gezwungen werden. Der im Fahrzeug sitzende Fahrer (→mitrotierend) spürt eine Kraft in radialer Richtung <u>nach außen</u>. Beide Kräfte sind entgegengesetzt und gleich groß.

Planeten-bewegung	1. Keplersches Gesetz: die Planeten eines Zentralkörpers bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne (der Zentralkörper) steht 2. Keplersches Gesetz: der Fahrstrahl, Planet→Sonne überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen („Flächensatz“) 3. Keplersches Gesetz: die Quadrate der Umlaufdauern verhalten sich wie die dritten Potenzen der Halbachsen: $\frac{T_1^2}{T_2^2}=\frac{a_1^3}{a_2^3}$ Planetenkostante C* $\frac{T^2}{r^3}=C$ → oft auch als Kehrwert: $\frac{r^3}{T^2}=C**$	In vielen Fällen ist der Sonderfall der Ellipse der Kreis! Fahrstrahl entspricht bei Annahme der Kreisbahn dem Radius Die s.g. Sonnenkonstante C bezieht sich auf alle Körper, die um die Sonne kreisen. Für die Kombination aus Mond/Erde bzw. Satelliten/Erde gibt es eine andere Zahl.
Gravitations-gesetz	$F_G=\gamma\cdot\frac{m\cdot M}{r^2}$ $\gamma=6{,}673\cdot10^{-11}\ \frac{m^3}{kg\cdot s^2}$ → Gravitationskonstante	Nach Newton, beschreibt die Anziehung zweier großer Massen m_1 und m_2 oder M – große Masse und m – Probemasse r ist dabei der direkte Abstand Mittelpunkt→Mittelpunkt der Körper
Bahnbeweg-ung der Planeten	$F_z=F_G$ $m\cdot\frac{v^2}{r}=\gamma\cdot\frac{m\cdot M}{r^2}$	Je nach Aufgabe kann man nach M, nach r oder über $v=\frac{2\cdot\pi\cdot r}{T}$ Die Umlaufdauer ausrechnen.
Energie auf einer Umlauf-bahn **Potenzielle-Energie**	Potenzielle Energie: Allgemein: $W_{pot}=\int F(r)\cdot dr$ Überführungsarbeit von einer Stelle r_1 nach einer anderen Stelle r_2 im Gravitationsfeld: $\Delta W=\gamma\cdot m\cdot M\cdot(\frac{1}{r_1}-\frac{1}{r_2})$ Legt man das Null-Niveau der Potenzellen Energie ins ∞, ist die Energie an einer beliebigen Stelle r : $W_{pot}=-\gamma\cdot m\cdot M\cdot\frac{1}{r}$	Da die Kraft F eine Funktion von r ist (F ~ 1/r²) ergibt die Lösung des Intergrals für ein Intervall von r_1 bis r_2 Da die Gravitation anziehneder Natur ist, „gewinnt“ ein Körper bei Annäherung an den Zentralkörper an Potenzieller Energie – d.h. das Vorzeichen ist „-„.
Kinetische Energie	$W_{kin}=\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2$ in $W_{kin}=\gamma\cdot m\cdot M\cdot\frac{1}{2\cdot r}$	mit $v^2=\frac{\gamma\cdot M}{r}$

Gesamt-Energie auf Kreisbahn	$W_{ges} = W_{pot} + W_{kin}$ $W_{ges} = -\gamma \cdot m \cdot M \frac{1}{r} + \gamma \cdot m \cdot M \cdot \frac{1}{2 \cdot r}$ $W_{ges}(r) = -\gamma \cdot m \cdot M \cdot \frac{1}{2r}$	Gesamtenergie eines Körpers (z.B. Satelliten) der Masse m, der auf einer Umlaufbahn um den Zentralkörper der Masse M im Abstand r kreist! Will man einen Körper der Masse m dorthin befördern, ist dazu die kinetische Energie $W_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ notwendig.

Elektrisches Feld	Feldlinien von ⊕→⊖ (Quellen +Senken) $q, Q = z \cdot e, \quad e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\,As$ $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \rightarrow \quad F = E \cdot q$	Feldlinien überkreuzen sich nicht, stehen ⊥ auf Metallflächen q = Probeladung Q = Felderzeugende Ladung <u>Einheit</u> E: 1N/1C
Arbeit im elektrischen Feld	$W = F \cdot s \quad s = d$ (z.B. im Kondensator) $W = E \cdot q \cdot d$ Def.: Spannung : $\frac{W}{q} = U = E \cdot d$	
Coulomsches Gesetz	$F_C = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}$ $E_{(r)} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$	Radiales Feld (Feld von Punktladungen oder kugelförmigen Ladungsverteilung)
Arbeit im Radialen Feld	$W(r) = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot Q(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$	Analog zum Gravitationsgesetz
Flächenladungs-dichte	$\sigma = \frac{Q}{A} \quad : Flächenladungsdichte$ $\sigma = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot E \quad : Grundgleichung\ des\ Elektrischenfeldes$ ↑ Ursache ↑ Wirkung $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\,\frac{F}{M}$ $\varepsilon_r = \frac{E_{mit}}{E_{ohne}} \quad Stoffkonstante$	Positive und negative Ladungen; Ladungen sitzen stets an der Oberfläche (A) von Leitern; ε_0 → Elektrische Feldkonstante
Kondensator	$Kondensator$ $C = \frac{Q}{U} \quad Einheit: 1\frac{As}{V} = 1F$	Definition der Kapazität 1 F (Farad ↔ Faraday) oft: µF, pF, nF…
	Speziell: Plattenkondensator $C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$ Kapazität einer <u>Kugel</u>: $C = 4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot R$	
Schaltung von Kondensatoren	Parallel: $C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots \quad \varepsilon_r = \frac{C_{mit}}{C_{ohne}}$ Reihe: $\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \ldots$	

Energie des Kondensators	$W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U$ $W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$ $W = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$ $\qquad C = \frac{Q}{U}$	 Arbeit entspr. Fläche im Q-U-Diagramm!
Anziehungskraft zweier Kondensatorplatten	$F_p = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot E$	
Stromstärke:	$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$	Einheit I: As/s = 1A
Leistung:	$P = U \cdot I \qquad Einheit\ 1VA = 1W$ $W = P \cdot t \quad \rightarrow \ Einheit\ 1VAs = 1Ws$ kWh	
Magnetfeld	Natürlich ⟹ Elementarmagnete im Stoff sind bereits ausgerichtet Probedipol → **Kompass zeigt Nord** ↔ **Süd** Feldmodell mit „Eisenfeilspäne" (Probedipole). Feldlinien treten im Nordpol aus, im Südpol ein ⟶ im Magneten geschlossene Feldlinien (Quellenfrei)	
Strom erzeugt Magnetfeld **Lange Spule**:	- konz. Kreise um Leiter - Feldrichtung: rechte Faust Regel Daumen (Stromrichtung) ⟶ Finger der rechten Faust → Feldrichtung - Leiter im Magnetfeld erfährt Kraft 3-Finger-Regel (Lorentzkraft) $F = I \cdot l \cdot B$ ∢ l ,B,I = 90° - Spulen: $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n}{l} \cdot I_{err}$	
Alt:	$\mu_0 = 1{,}2566 \cdot 10^{-6} \frac{Vs}{Am}$ $\mu_r = \frac{B_{mit}}{B_{ohne}}$ $B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$ $\qquad H = \frac{n}{l} \cdot I$ Wirkung (Kraft) Ursache (Strom) magnetische Feldstärke	l : Länge der Spule n: Windungszahl „lange Spule" μ_0 → Magnetische Feldkonstante
Magn. Feldstärke - Definition: <u>Kraft</u> auf einen stromdurchfl. Leiter:	$B = \frac{F}{I_p \cdot l}$ $\qquad Einheit\ B: \frac{1N}{1A \cdot 1m} = 1T\ (Tesla)$ I_p : Prüfstrom $\qquad l$: Leiterlänge im B – Feld $F = I_p \cdot l \cdot B$	B: Magnetische ***Feldstärke*** <u>auch</u> magnetische ***Flussdichte*** <u>und</u> magnetische ***Induktion***

Ladungen in Feldern	Probeladung: $q = z \cdot e$ e: Elementarladung	<u>Millikan:</u> bestimmt die Elemtarladung aus der Messung der Tröpfchen-ladung im Elektrischen Feld (Schweben oder Sinken)
Erzeugung von freien Elektronen	Glühemission ⟶ Braunsche Röre $\left.\begin{array}{l} -\text{Kathode geglüht} \\ +\text{Anode} \end{array}\right\rangle \begin{array}{l} \textit{Elektr. werden} \\ \textit{beschleunigt} \end{array}$ $\boxed{\text{Kathode} \rightarrow \text{Anode}}$ = Beschleuniger $W_{kin} = W_{el}$ $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = e \cdot U \Rightarrow v = \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot U}$	Ladungen bewegen sich in Elektrischenfeldern auf Parabelbahnen (Analog waagrechter Wurf) Ladungen in magnetischen Feldern werden durch die „Lorentzkraft“ auf Kreisbahnen gezwungen.
Ladungen in magnetischen Feldern:	Lorentzkraft: $F_L = e \cdot v \cdot B$ $(\vec{F}_L = e \cdot \vec{v} \times \vec{B})$ $F_L = e \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha$	
Bestimmung spez. Ladung im Magnetfeld:	$F_Z = F_L$ $m \cdot \frac{v^2}{r} = e \cdot v \cdot B \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v}{r \cdot B}$ $v = \sqrt{2 \frac{e}{m} \cdot U}$	
Induktion	Bewegter Leiter im Magnetfeld $U_{ind} = l \cdot v \cdot B$	B:Magnetfeldstärke l : Leiterlänge v: Geschwindigkeit
	Änderung der vom Magnetfeld durchsetzten Fläche: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta A = \Delta s \cdot l$ $U_{ind} = n \cdot B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} \text{ oder } U_{ind} = n \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$	n : Windungszahl der Leiterschleife
	Magnetischer Fluss: $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos\varphi$	Einheit ϕ = Vs = Wb (Weber)
	Induktionsgesetz: $U_{ind} = -n \cdot \dot{\Phi}$	Vorzeichen „-„, da die Spannung so gepolt ist, dass sie ihrer Ursache entgegengerichtet ist → Lenzsche Regel n : Windungszahl der Induktionsspule

	Rotierende Leiterschleife im Magnetfeld: $\varphi = \omega \cdot t$ $U_{ind} = -n \cdot B \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t)$	Hinweis: ob sin / cos, hängt von Anfangsbedingungen ab! Ist Fluss für t = 0 max, dann cos (0) = 1, ist Fluss für t = 0 min (0), dann sin. n: Windungszahl der Induktionsspule
	Leiterschleife im magnetischen Wechselfeld: $U_{ind} = -n_i \cdot A \cdot \dot{B} = -n_i \cdot A \cdot \mu_o \cdot \frac{n_F}{l} \cdot \dot{I}$ $I = \hat{I} \cdot \sin(\omega \cdot t) \rightarrow \dot{I} = \hat{I} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$ $U_{ind} = -n_i \cdot A \cdot \mu_o \cdot \frac{n_F}{l} \cdot \hat{I} \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$ $\underbrace{n \cdot A \cdot \mu_o \cdot \frac{n}{l} \cdot \hat{I} \cdot \omega}_{\hat{U}}$	Alle konstanten Faktoren ergeben zusammen die Scheitelspannung der Induktionsspannung. n_i : Induktionsspule n_F : Feldspule
Selbstinduktion	Beobachtung: beim Einschalten des Stromes an einer Langen Spule ist der Stromanstieg verzögert. Ursache: in der Spule wird eine Spannung induziert, die der angelegten Spannung entgegengerichtet ist: Selbstinduktion Zum Zeitpunkt t = 0 (Einschalten) ist die Selbstinduktionsspannung genau so groß wie die von außen Angelegte Spannung U_o. Beim Ausschalten (Δt sehr klein) entsteht ein hoher Spannungsstoß, der gleich gerichtet ist, wie die ursprünglich von außen angelegte Spannung U_o	Oft: „Ausschaltfunke“
	$U_{ind} = -n_i \cdot A \cdot \mu_o \cdot \frac{n_F}{l} \cdot \dot{I}$ $\underbrace{A \cdot \frac{n^2}{l} \cdot \mu_o}_{L}$ $U_{ind} = -L \cdot \dot{I}$	L: Induktiviät (Eigeninduktivität) Einheit L: 1 H (Henry)
Energie des magnetischen Feldes:	**Leistung:** $P(t) = U(t) \cdot I(t)$ $P(t) = -L \cdot \dot{I} \cdot I$ $dW = \int P \cdot dt = -L \int I \cdot dI = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = W_{magn}$ $W_{magn} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$	„-„ fällt bei Integration weg

Eigene Notizen: