Physik Zusammenfassung FS21

Robin Sieber

Kräfte

$F = m \cdot a$ (2. Newton)

$F_G = m \cdot g$ greift am Schwerpunkt an

$F_N = m \cdot g \cdot \cos\theta$ $\perp$ Auflagefläche

$F_{ZP} = m \frac{v^2}{r}$

$F_R \overset{\leq}{=} \mu F_N$ $\leq$ für Haftreibung, $=$ für Gleitreibung

Energie

$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$

$E_{pot} = mgh = -\int_a^b F \cdot ds$

$E_{Feder} = \frac{1}{2} k \Delta x^2$

$F_A = m \cdot g = \rho V g$ Auftrieb (m: Masse/Vol. des verdrängten Fluids)

$F_{Feder} = -k \cdot \Delta x$ $[k] = \frac{kg}{s^2}$

$F_C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ $F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$

$F_L = q\, v \times B = I\, \ell \times B$ Elektron $\Rightarrow$ Linkssystem!

$F = \frac{dp}{dt}$ $F_{ext} = 0 \Rightarrow$ Impulserhaltung

$E_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{L^2}{2I}$

$E_{El} = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} C U^2$ $W_{El} = qU$

$E_{mag} = \frac{1}{2} L I^2$ (in Spule gespeichert)

Leistung $P = \frac{dW}{dt} = F \cdot v$

Schräger Wurf $v_x = |v_0| \cos\theta$, $v_y = -gt + |v_0| \sin\theta$, $y(t) = y_0 + v_{0,y} t - \frac{1}{2} g t^2$

Fluide

Volumenstrom $I_V = A \cdot v = \text{konst.}$

$\Delta E_{pot} = \Delta m \cdot g \cdot y_2 - \Delta m \cdot g \cdot y_1 = \rho \cdot \Delta V (y_2 - y_1)$ $\Delta E_{kin} = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2)$

Verrichtete Arbeit: $W = F \cdot \Delta x = p \cdot A \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$

Bernoulli-Gleichung: $p + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{konst.}$ (p: Druck, ρ: Dichte)

Druck in einer statischen Flüssigkeit $p = p_0 + \rho g h$

Oszillator

E_{mech}: $\frac{1}{2} k x^2 + \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} k \underbrace{A^2}_{\text{Amplitude}}$ (bei voller Auslenkung $E_{kin} = 0$)

Dämpfung prop. zu Geschw. $F_D = -b \cdot v \Rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \underbrace{\frac{k}{m}}_{\omega_0^2} x = 0$ $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ Eigenfreq.

Arten von Dämpfung:
- $b/2m > \omega_0$ starke Dämpf., asymp. Annäherung an Ruhe.
- $b/2m < \omega_0$ schwache Dämpf., exp. Abfall der Amplitude
- $b/2m = \omega_0$ aperiodischer Grenzfall, wie starke Dämpf, aber schneller

Analytische Lösung: $x = A_0 e^{-b/2m \cdot t} \cos(\omega' t + \delta)$ mit $\omega' = \omega_0 \sqrt{1 - (b/2m\omega_0)^2}$

$x(t) = A \cos(\omega t + \delta)$ $v(t) = -A\omega \sin(\omega t + \delta)$ $a(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \delta) = -\omega^2 x$

$\omega = \sqrt{k/m}$ (Feder) $= \sqrt{g/\ell}$ (Pendel) $= \sqrt{mgd_{sp}/I}$ (physik. Pendel)

Signifikante Stellen

Addition: So viele Nachkommastellen wie die Zahl mit den wenigsten NKS

Multiplikation: So viele sign. Stellen wie die Zahl mit den wenigsten sign.

Impuls

Impulserhaltung $\Leftrightarrow F_{ext} = 0$

Kraftstoss = Impulsänderung $\Delta p = p_2 - p_1 = m(v_2 - v_1)$

Dauer eines Kraftstosses: unbedingt mittlere Geschw. nehmen (Bremsung)

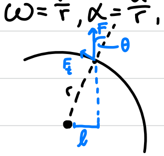
Elastisch: keine Verformung/Erwärmung, nur E_{mech} umgesetzt. Energie- + Impulserhaltung

Inelastisch: E-Erhaltung gilt nur, wenn Wärme etc. berücksichtigt wird

↳ $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_E$ v in m/s!

Aus Kepler II $\Rightarrow R_1 \cdot v_p = R_2 \cdot v_a$ p = Perihel sonnennächster Punkt, a = Aphel sonnenfernster Punkt

$\omega = \frac{v}{r}$, $\alpha = \frac{a}{r}$, $E_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2$, $I = \int r^2 dm = \rho \int r^2 dV$ $\rho = dm/dV$, $dV = 4\pi r^2 dr$ (Kugel), $dA = 2\pi r\, dr$ (Kreis)

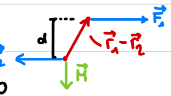


$F_t = m \cdot a_t$

$M = r \cdot F_t = r^2 \cdot m \cdot \alpha = F \cdot r \cdot \sin\theta = F \cdot \ell$

$\omega = d\theta/dt$	$v = dx/dt$	dW	$M \cdot d\theta$	$F \cdot ds$
$\alpha = d\omega/dt$	$a = dv/dt$	P	$M \cdot \omega$	$F \cdot v$
$\omega^2 = \omega_0^2 + 2\alpha \Delta\theta$	$v^2 = v_0^2 + 2a \Delta x$	L	$I \cdot \omega$, $F_t \cdot r = F \cdot \ell$	$m \cdot v$, $p_t \cdot r = p \cdot \ell$
E_{kin}: $\frac{1}{2} I \omega^2$	$\frac{1}{2} m v^2$		$M_{ext} = I\alpha = \frac{dL}{dt}$	$F_{ext} = m \cdot a = \frac{dp}{dt}$ (2. Newton)

Kräftepaar an unterschiedlichen Punkten verursacht Drehbewegung $|\vec{M}| = d \cdot |\vec{F}_1|$ $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0$



$\vec{M} = \vec{r}_1 \times \vec{F}_1 + \vec{r}_2 \times \vec{F}_2 = (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \times \vec{F}_2$

Körper im statischen GGW $\Leftrightarrow \vec{F}_{ext} = 0 \wedge \vec{M} = 0$

Drehimpulserhaltung: $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \Leftrightarrow \vec{L}$ konst. wenn kein äusseres Drehmoment wirkt.

Satz von Steiner: $I = I_{MMP} + md^2$ d: Distanz Drehpunkt-MMP

Rollbedingung: $s = r \cdot \theta$

Induktion $U_{ind} = -\frac{d\Phi_{mag}}{dt} = -L \frac{dI}{dt} = \oint_C E \cdot dl$

Lenz'sche Regel: Verursachte Induktionsspannung so gerichtet, dass sie ihrer Ursache entgegenwirkt.

Maschenregel: Durchlaufen einer gesch. Schleife $\Rightarrow$ Spannung $= 0$

Knotenregel: Summe eingehende Ströme = Summe ausgehende Ströme

Elektrizität

$F = q \cdot E \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{r^2}$ (Punktladung) Feldlinien von ⊕ zu ⊖

Gauss: $\Phi_{el} = \oint_A E \cdot dA = \frac{q_{innen}}{\varepsilon_0}$, Kondensator: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{U}{d}$

Ladungsverteilung $E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int_V \frac{1}{r^2} dq$ mit $dq = \rho dV = \sigma dA = \lambda dl$

Dipol: $p = q \cdot \ell$, $M = p \times E$, $E_{pot} = -p \cdot E$ Achtung: andere Richtung $\ominus \xrightarrow{\vec{\ell}} \oplus$

Potential $U = \Delta\phi = \frac{\Delta E_{El}}{q_0} = -\int_a^b E \cdot ds$, $d\phi = -E \cdot ds$ $E = -\nabla\phi$

↳ Punktladung: $\phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{r_a} - \frac{1}{r_b}\right)$ Ladungsverteilung: $\phi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \int \frac{1}{r} dq$

Kondensator $C = \frac{q}{U}$ [F (Farad)] Plattenk.: $C = \frac{\varepsilon_0 A}{d}$

Parallel: $C = C_1 + C_2 + \dots$ Serie: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

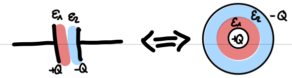
Aufladen: Strom fliesst so lange bis am Kond. dieselbe Spannung $U = \frac{q}{C}$ herrscht.

Situation: Zu Beginn leer. Schalter wird umgekippt, unmittelbar danach fliesst der gesamte Strom dort (noch keine Spannung). $t \to \infty$: Vollständig vollständig geladen, kein Strom fliesst.

Dielektrikum: $C = \varepsilon_{rel} C_0$, $U_0 = E \cdot d$, $U = \frac{E}{\varepsilon_{rel}} \cdot d < U_0$ schwächt Spannung. $\varepsilon = \varepsilon_{rel} \cdot \varepsilon_0$

↳ Falls Batterie angeschlossen: mehr Ladung fliesst auf Platten, um Spannung konst. zu halten

↳ Ohne Batterie: gleiche Ladung (dw.), Spannung kleiner → Kapazität erhöht sich



DGL zur Entladung $Q = CU = CRI = -\frac{C}{R} \frac{dQ}{dt}$

Ladung im Kondensator: $q(t_0) = 0$ $q(t) = CU(1 - e^{-t/RC})$, $I = I_0 e^{-t/RC}$

Entladung: $q(t) = q_0 e^{-t/RC}$ $(q_0 = U_0 \cdot C)$ $I(t) = I_0 e^{-t/RC}$ $(I_0 = U_0/R)$

$I = \frac{dq}{dt}$ $U = R \cdot I$ Spez. Widerstand $R = r \cdot \frac{\ell}{A}$ $[r] = \Omega \cdot m$

Widerstand Serie $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ | $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ Parallel: $R = R_1 + R_2$

Leistung $P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

Magnetfeld: Punktladung: $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q v \times \hat{r}}{r^2}$ Ladungsverteilung $\int \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I\, dl \times \hat{r}}{r^2}$

Im Inneren einer Spule: $B = \frac{n \mu_0 I}{\ell}$ Langer Leiter: $B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi r}$

$\Phi_{mag} = \int_A B \cdot dA$ Gauss: $\oint_A B \cdot dA = 0$

Lorentzkraft auf Leiterelement $dF = I\, dl \times B$

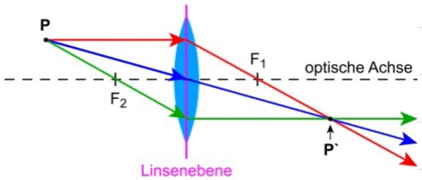
Punktladung auf Kreisbahn $F_L = F_{ZP}$

Magn. Dipolmoment $\mu = nIA$ Drehmoment $M = \mu \times B$ $E_{pot} = -\mu \cdot B$

Im Stromkreis: $\Phi_{mag} = LI$ Selbstinduktivität Zylinderspule $L = \mu_0 (n/\ell)^2 A \cdot \ell$

In Spule gesp. Energie: $E_{mag} = \frac{1}{2} L I^2$ Serie: $L = L_1 + L_2$ Parallel: $1/L = 1/L_1 + 1/L_2$

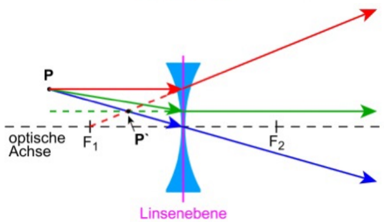
Optik



$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

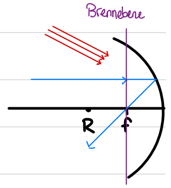
$$f = \frac{bg}{b+g}$$

$$V = \frac{B}{G} = -\frac{b}{g}$$



Reelles Bild: Im Bildpunkt treffen sich die Strahlen

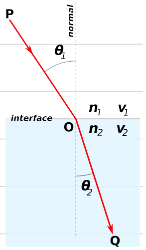
Virtuelles Bild: Die Verlängerung von Lichtstrahlen treffen sich im Bild.



Gekrümmter Spiegel: Parallele Strahlen treffen sich in der Brennebene, Achsenparallele im Brennpunkt

Vorzeichen: $g>0$ auf Einfallsseite, $b>0$ auf Transmissionsseite

$B, G > 0$, wenn Bild aufrecht



Snellius: $n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$

$\sin(\theta_{crit}) = \frac{n_2}{n_1}$

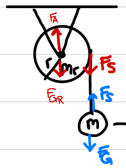
Wellenlänge: $\lambda_1 = \frac{c_1}{\nu} = \frac{c}{n_1} \frac{1}{\nu} = \frac{\lambda_2}{n_1}$

Tipler

S.340 Drehbewegung

S.680 Elektrizität

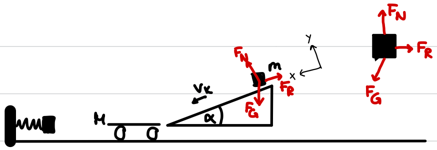
S.868 Magnetismus



$I = \frac{1}{2} m_r r^2$ Rollbedingung $a = r\alpha$

$M = F_S \cdot r = I\alpha \Leftrightarrow F_S = \frac{I\alpha}{r}$

$\rightarrow m \cdot a = -F_S + m \cdot g \Leftrightarrow F_S = mg - mr\alpha$ $\Big\} \Rightarrow \alpha = \frac{mgr}{I + mr^2}$



$F_R = \mu_R F_N$

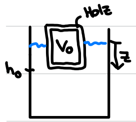
$F_N = F_G \cdot \cos(\alpha) = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$

$m \cdot a = F_G \cdot \sin(\alpha) - F_R$

$= mg(\sin(\alpha) - \mu_R \cos(\alpha))$

↳ Impuls beim Auftreffen auf den Wagen:

$m \cdot v_K \cdot \cos(\alpha) = (m+M) v_W$



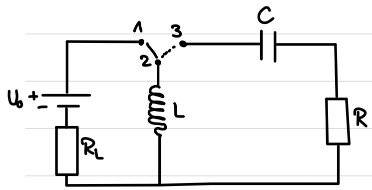
$F_A = \rho_W \cdot g \cdot V_T(z)$ Tauchvolumen $V_T(z) = \pi r^2 z$

$F_G = m_{Fass} \cdot g = g(V_{Holz} \cdot \rho_{Holz} + V_B \cdot \rho_{Bier})$

$\rightarrow$ Im GGW: $F_G = F_A \Rightarrow$ GGW-Eintauchshöhe h_0 bestimmen.

Arbeit beim Hochheben: $W = \Delta E_{mech} = \Delta E_{pot} = -\int_{h_0}^{0} F(z)\,dz$

$= -\int_{h_0}^{0} F_G - F_A(z)\,dz$



a) Schalter auf 1-2, Spannungsquelle an $\rightarrow$ Strom fliesst von oben nach unten durch Spule $U_0 = I_0 / R_L$. Kondensator wird nicht geladen, weil keine Spannungsdifferenz anliegt. (Schalter offen)

b) Schalter auf 2-3. Maschenregel: $U_L - U_R - U_C = 0$

Auslenkung

Als DGL: $U_L = -L\dot{I}$, $U_R = RI$, $U_C = \frac{Q}{C} \Rightarrow L\ddot{Q} + R\dot{Q} + \frac{Q}{C} = 0$

Masse Dämpfung Federkonst.

Für $R=0$ Oszillator ohne Dämpfung

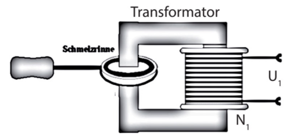
Energie im Schwingkreis: Im E-Feld (Kondensator) + B-Feld (Spule)

$\rightarrow E = \frac{1}{2} C U_C^2 + \frac{1}{2} L I^2$, zeitlich konstant

$R>0 \rightarrow$ El. Energie nimmt ab, wird in Wärme umgewandelt.

Um metallische Proben zu erhitzen kann man einen Induktionsofen benutzen. Hierbei handelt es sich schematisch um folgenden Aufbau: An die Primärwicklung eines Transformators mit $N_1 = 1000$ Windungen wird eine Wechsel-Spannung $U_1 = 230\,\mathrm{V}$ angelegt. Die Sekundärwicklung des Transformators besteht aus einer Windung des zu erhitzenden Materials. Ein Kupferring (spezifischer Widerstand $\sigma_{Cu} = 1.68 \cdot 10^{-2}\,\frac{\Omega\,\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}$) mit Radius $r = 3.00\,\mathrm{cm}$ und Querschnittsfläche $A = 1.00\,\mathrm{mm}^2$ soll zum Schmelzen gebracht werden.

1. Berechnen Sie die Heizleistung des Induktionsofens.
2. Wie gross ist der Strom, der in der Primärwicklung fliesst?
3. Um das Kupfer vollständig zu schmelzen müssen $E = 929\,\mathrm{J}$ Energie zugeführt werden. Wie lange dauert der Schmelzvorgang?



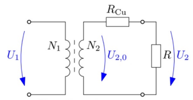
1. $R = \sigma_{Cu} \cdot 2\pi r / A$

$P_2 = U_2 I_2 = \frac{U_2^2}{R} = \left(\frac{U_1}{N_1}\right)^2 \cdot \frac{1}{R}$

2. $P_1 = P_2$ $I_1 = \frac{P_2}{U_1} = \frac{U_1}{N_1^2} \cdot \frac{1}{R}$

3. $t = E / P_2$

Ein Transformator wandelt eine Spannung $U_1 = 230\,\mathrm{V}$ in Niederspannung für einen elektrischen Verbraucher. Das Wicklungsverhältnis zwischen Primärwicklung und Sekundärwicklung betrage $N_1/N_2 = 46$. Ein einfaches Ersatzschaltbild, bei welchem alle Ummagnetisierungs- und Wicklungsverluste durch einen Innenwiderstand R_{Cu} im Sekundärkreis berücksichtigt werden, ist nebenan skizziert.



Transformator

1. Wie gross ist im Leerlauf die Spannung U_2 auf der Sekundärseite, d.h. ohne Last ($R = \infty$)?

Unter der Last eines elektrischen Verbrauchers von $R = 10\,\Omega$ habe der Transformator einen Wirkungsgrad von 90 %. Der Wirkungsgrad wird definiert als Quotient von nutzbarer Leistung an R und bezogener Leistung vom Eingang, das heisst $\eta = \frac{P_2}{P_1}$.
(*Bemerkung:* Bei einem idealen Tansformator, d.h. einem ohne Verluste, wäre $P_1 = P_2$.)

2. Wie gross ist nun U_2 unter dieser Last?
3. Wie gross ist R_{Cu}?
4. Bei welcher Last R kann am meisten Leistung auf der Verbraucherseite bezogen werden? (Die bezogene Leistung ist nur diejenige an R, die an R_{Cu} gilt als verloren.)

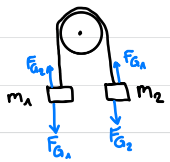
1. $\frac{U_{1,0}}{U_{2,0}} = \frac{N_1}{N_2}$

2. $U_{2,0} = U_{R_{Cu}} + U_2$ $\eta = 90\%$

$U_2 = \eta \cdot U_{2,0}$

3. $R_{Cu} = \frac{U_{R_{Cu}}}{I_2} = \frac{U_{2,0} - U_2}{U_2 / R}$

4. $P_2 = U_2 \cdot I_2$



$F = m_1 g - m_2 g = a(m_1 + m_2)$

$-a = \frac{F}{m_1 + m_2} = \frac{g(m_1 - m_2)}{m_1 + m_2}$