

BOKMÅL

Kandidatnr.....

Studieretning.....

Norges teknisk-naturvitenskapelig universitet
 Institutt for fysikk, NTNU
 TFY4125 Fysikk, vår 2012

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Dag W. Breiby

Tlf.: 984 54213

EKSAMEN I EMNE TFY4125 – FYSIKK

Torsdag 31. mai 2012

Tid: 0900-1300

Tillatte hjelpemidler: Kode C:

Typegodkjent kalkulator, med tomt minne

K. Rottmann: Matematisk Formelsamling

S. Barnett & T.M. Cronin: Mathematical Formulae

Eksamenssettet er utarbeidet av førsteamanuensis Dag W. Breiby i samråd med prof. Eivind H. Hauge. Settet består av:

Forsiden (denne siden) som skal leveres inn som svar på flervalgsoppgaven (Oppgave 4).

Oppgavetekst til "vanlige" oppgaver 1-3

side 2-4

Ett sett med 10 flervalgsspørsmål i oppgave 4

side 5-7

Vedlegg: Formelark

side 8-10

Hvert delspørsmål a) b) etc. i oppgavene 1-3 teller likt, med til sammen 80 % for alle 10 delspørsmål. Oppgave 4 med flervalgsspørsmål teller 20 %.

Ved besvarelsen av flervalgsspørsmål skal bare ett av svaralternativene angis. Riktig svar gir 1 poeng, feil svar 0 poeng. Det gis ikke tilleggspoeng for notater i marg e.l.

Svar på flervalgsspørsmål i Oppgave 4

(riv av denne siden og lever den sammen med besvarelsen)

[illegible]

Oppgave 1

En kule med masse m blir kastet ut fra en posisjon $(0, y_0)$ med en horisontal hastighet v_0 . Samtidig blir en annen kule med samme masse m sluppet fra å være i ro i posisjonen (s, y_0) . Tyngdens akselerasjon er gitt ved g . Kulene kolliderer etter en tid t_1 .

Alle svar skal uttrykkes ved de oppgitte variablene m, s, y_0, v_0, g .

- a) Lag skisse. Finn tidspunktet t_1 for kollisjonen og koordinatene til kollisjonspunktet. Forklar kort, uten å regne, hvorfor det må være en øvre grense på s .

Etter kollisjonen fortsetter kulene som én masse.

- b) Finn uttrykk for hastigheten (V_x, V_y) de to sammenfiltrede kulene har umiddelbart etter kollisjonen.
Hvor stor andel av den kinetiske energien går tapt i kollisjonsøyeblikket?
- c) Kulene faller ned i punktet $(x, 0)$. Finn x .

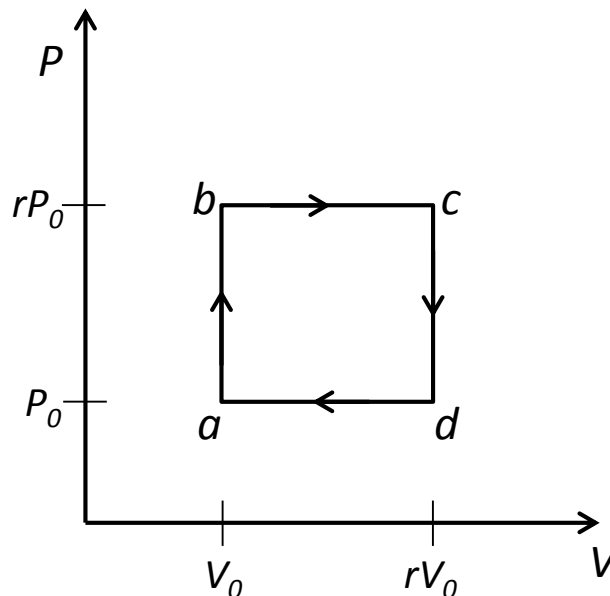
Oppgave 2

- a) Hva forstår vi med et legemes varmekapasitet? Forklar kort hvorfor varmekapasiteten ved konstant trykk C_p må være større enn varmekapasiteten ved konstant volum C_v for en ideell gass.

For n mol av en enatomig ideell gass er den indre energien gitt ved

$$U = \frac{3}{2} nRT$$

der R er den molare gasskonstant og T er den absolutte temperaturen. Hva er de molare varmekapasitetene C_v og C_p (altså, varmekapasitet per mol) for denne gassen?

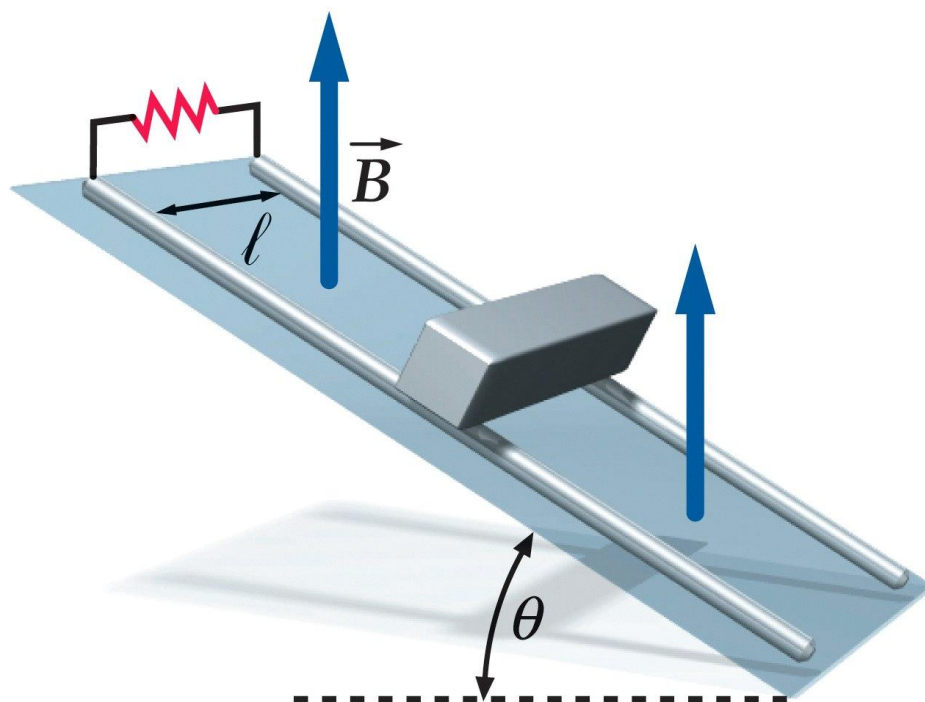


- b) Gassen beskrevet i a) gjennomgår en syklisk prosess $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow a$ illustrert i PV -diagrammet. Størrelsen $r > 1$ er ett tall.

Forklar uten regning hvorfor det i noen deler (hvilke?) av prosessen må tilføres varme, mens det i andre (hvilke?) må tas varme fra gassen.

- c) Finn de tilførte varmemengder og uttrykk dem ved r , P_0 og V_0 . Hva blir den totale tilførte varmemengde Q i løpet av kretsprosessen?
- d) Hvilket arbeid W utfører gassen under kretsprosessen? Hvorfor er det naturlig å definere prosessens virkningsgrad ved forholdet $\varepsilon = W / Q$? Hva blir ε her, når vi velger $r = 2$?

Oppgave 3



En kloss laget av elektrisk ledende materiale og med masse m kan skli friksjonsløst på to lange elektrisk ledende skinner montert på et skråplan med helningsvinkel θ , slik figuren viser. Det er en avstand l mellom skinnene, som er koblet sammen med en motstand med resistans R . Et uniformt magnetisk felt $\vec{B}$ er rettet oppover.

- Tegn en skisse av klossen med de kreftene som virker på den («kraft-legeme diagram»). Hvilke krefter virker på klossen? Hvilken retning har de?
- Finn den induserte spenningen (ems) ε som skyldes klossens bevegelse i det magnetiske feltet, uttrykt ved nevnte størrelser samt klossens hastighet v nedover langs skråplanet. Bruk dette til å vise at absoluttverdien av den magnetiske kraften F_m er gitt ved

$$F_m = \frac{1}{R} B^2 l^2 v \cos \theta$$

- Finn et uttrykk for *terminalhastigheten* v_f til klossen (dvs. den hastigheten klossen får etter å ha sklidd i lang tid nedover skråplanet).

Oppgave 4. Flervalgsoppgaver

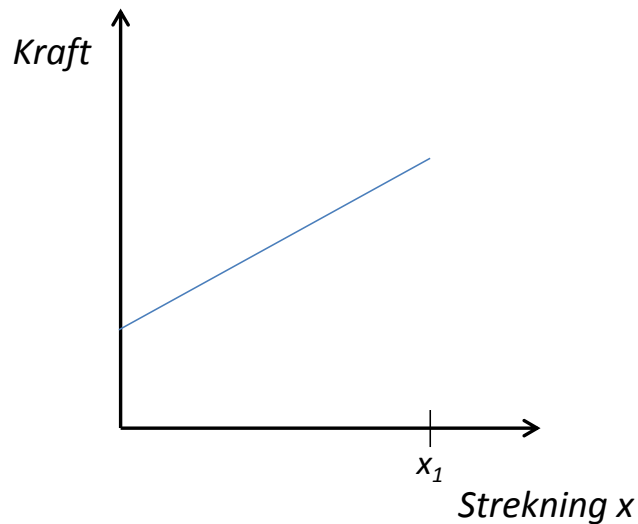
1) Ei kule med masse 2,0 kg er festet til enden av ei 5,0 m lang snor. Massen beveger seg i en sirkulær bane på et horisontalt friksjonsløst bord. Hvis snora tåler maksimalt 20 N strekk før den ryker, hva er maksimal banehastighet som du kan svinge kula med før tauet ryker?

- A) 4,0 m/s
- B) 7,1 m/s
- C) 10 m/s
- D) 20 m/s
- E) 0,20 km/s

2) Ei tynn, masseløs snor er trukket rundt en slipestein med radius 0,25 m. Steinen kan rotere friksjonsfritt om sin senter-akse. En konstant kraft på 40 N i snora får steinen til å øke vinkelhastigheten fra null til 60 rad/s på 12 sekunder. Da er treghetsmomentet til steinen

- A) 0,32 kg m²
- B) 1,00 kg m²
- C) 2,00 kg m²
- D) 4,00 kg m²
- E) 6,28 kg m²

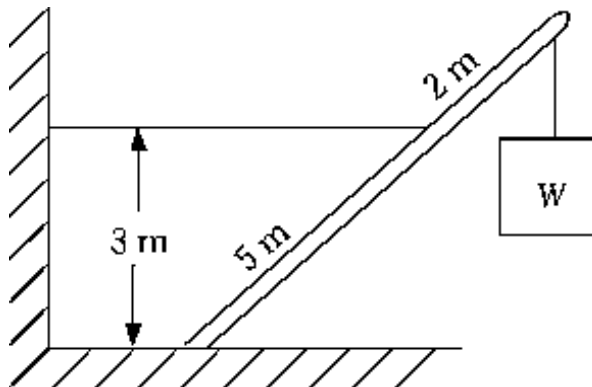
3)



Grafen representerer kraften som virker på et legeme, plottet som funksjon av strekningen legemet har blitt flyttet langs kraftretningen. Det totale arbeidet gjort av kraften fra $x = 0$ til $x = x_1$ er gitt ved (b er skjæringspunktet med 2. akse, m er stigningstallet til grafen):

- A) m B) $mx_1^2 + b$ C) $\frac{1}{2}mx_1^2 + b$ D) $mx_1 + b$ E) $\frac{1}{2}mx_1^2 + bx_1$

4)



Hvis vekten av bommen kan neglisjeres, hva er maksimumvekten W som kan henges i bommen, gitt at den horisontale snora ryker ved et snordrag på 5,60 kN? (Bommen er hengslet friksjonløst til underlaget.)

- A) 4,00 kN B) 5,60 kN C) 6,70 kN D) 4,23 kN E) 3,00 kN

5) To væsker, A og B, blandes sammen, og blandingen får temperaturen 22°C . Hvis væske A har masse m og opprinnelig hadde temperaturen 35°C , mens væske B har masse $3m$ og opprinnelig hadde temperaturen 11°C , beregn forholdstallet mellom de spesifikke varmekapasitetene (C_A / C_B).

- A) 0,85 B) 2,54 C) 1,22 D) 0,45 E) 0,94

- 6) En $5,0 \mu\text{C}$ ladning befinner seg i et uniformt elektrisk felt med styrke $3,5 \times 10^5 \text{ N/C}$. Hvor mye arbeid kreves for å flytte ladningen 50 cm langs en bane som danner en 33° vinkel med det elektriske feltet?
 A) 0,27 J B) 0,16 J C) 0,54 J D) 0,73 J E) 7,3 mJ

- 7) To ladninger Q_1 og Q_2 ligger begge i ro, i en avstand av 44 cm fra hverandre. Hvor mye arbeid må gjøres for å (sakte) flytte ladningene slik at de blir 33 cm fra hverandre?

($Q_1 = -4,2 \times 10^{-9} \text{ C}$ og $Q_2 = -2,2 \times 10^{-9} \text{ C}$)

- A) $-4,4 \times 10^{-7} \text{ J}$ D) $-6,3 \times 10^{-7} \text{ J}$
 B) $-3,3 \times 10^{-9} \text{ J}$ E) $4,4 \times 10^{-7} \text{ J}$
 C) $6,3 \times 10^{-8} \text{ J}$

- 8) Den magnetiske fluksen gjennom en gitt spole er gitt ved

$$\phi_m = (1/50\pi) \cos 100\pi t$$

(SI enheter er brukt). Spolen har 100 viklinger. Størrelsen på den induserte emsen ved tiden $t = 1/200 \text{ s}$ er

- A) 100 V B) 200 V C) null D) $2/\pi \text{ V}$ E) $1/50\pi \text{ V}$

- 9) Hvor mye endres den maksimale emsen produsert i en generator (med roterende spole) hvis perioden T til rotasjonen dobles?

- A) Den er uendret. D) Den halveres.
 B) Den dobles. E) Den avtar med en faktor 4.
 C) Den øker med en faktor 4.

- 10) Hvilken av Maxwells ligninger må endres dersom det skulle vise seg å finnes magnetiske monopoler?

A) $\oint_s \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \oint_s E_n dA = \frac{Q_{inni}}{\epsilon_0}$

B) $\oint_s \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = \oint_s B_n dA = 0$

C) $\oint_c \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_s B_n dA = -\int_s \frac{\partial B_n}{\partial t} dA$

D) $\oint_c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 (I_{inni} + I_D), I_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_0 \int_s \frac{\partial E_n}{\partial t} dA$

- E) Alle ville fortsatt være gyldige.

Vedlegg: Formelliste for emnet TFY4125 FysikkVektorstørrelser er i **uthevet** skrift.**Fysiske konstanter:**

$$\begin{array}{lll}
 \text{Ett mol: } M(^{12}\text{C}) = 12 \text{ g} & 1\text{u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} & N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\
 k_B = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} & R = N_A k_B = 8,3145 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} & 0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K} \\
 \varepsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2 & \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2 & \\
 e = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} & m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg} & \\
 c = 2,9997 \cdot 10^8 \text{ m/s} & h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js} & g = 9,81 \text{ m/s}^2
 \end{array}$$

Mekanikk:

$$\frac{d\mathbf{p}}{dt} = \mathbf{F}(\mathbf{r}, t), \text{ der } \mathbf{p}(\mathbf{r}, t) = m\mathbf{v} = m d\mathbf{r} / dt; \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

$$\text{Konstant } a: \mathbf{v} = \mathbf{v}_0 + a\mathbf{t}; s = s_0 + \mathbf{v}_0 \cdot \mathbf{t} + \frac{1}{2} a\mathbf{t}^2; 2as = v^2 - v_0^2$$

$$dW = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}; K = \frac{1}{2} m v^2; U(\mathbf{r}) = \text{potensiell energi. (tyngde: } mgh; \text{ fjær: } \frac{1}{2} kx^2)$$

$$\mathbf{F} = -\nabla U; F_x = -\frac{\partial}{\partial x} U(x, y, z); E = \frac{1}{2} m v^2 + U(\mathbf{r}) + \text{friksjonsarbeid} = \text{konst.}$$

$$\text{Tørr friksjon: } |F_f| \leq \mu_s \cdot F_\perp \text{ eller } |F_f| = \mu_k \cdot F_\perp; \text{Viskøs friksjon: } \mathbf{F}_f = -k_f \mathbf{v}$$

$$\text{Dreiemoment: } \boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} - \mathbf{r}_0 \times \mathbf{F} = I\boldsymbol{\alpha}, \text{ der } \mathbf{r}_0 \text{ er valgt ref. punkt og } I \text{ treghetsmomentet. } dW = \boldsymbol{\tau} \cdot d\boldsymbol{\theta}$$

$$\text{Statisk likevekt: } \mathbf{F} = \sum_i \mathbf{F}_i = \mathbf{0}, \boldsymbol{\tau} = \sum_i \boldsymbol{\tau}_i = \mathbf{0}.$$

$$\text{Massemiddelpunkt (tyngdepunkt): } \mathbf{R} = \frac{1}{M} \sum_i m_i \mathbf{r}_i, M = \sum_i m_i$$

$$\text{Elastisk støt: } \Sigma_i \mathbf{p}_i = \text{konstant}; \Sigma_i E_i = \text{konstant. Uelastisk støt: } \Sigma_i \mathbf{p}_i = \text{konstant.}$$

$$\text{Impuls: } \mathbf{I} = \Delta \mathbf{p}, \mathbf{I} = \int \mathbf{F}(t) dt.$$

$$\text{Vinkelhast.: } \boldsymbol{\omega} = \omega \hat{\mathbf{z}}; |\boldsymbol{\omega}| = \omega = d\theta / dt; \text{Vinkelakselerasjon: } \boldsymbol{\alpha} = d\boldsymbol{\omega} / dt; \alpha = d\omega / dt = d^2\theta / dt^2$$

$$\text{Sirkelbevegelse: } \mathbf{v} = \omega \mathbf{r}; \text{Sentripetalakselerasjon } a_r = -v\omega = -v^2 / r = -r\omega^2$$

$$\text{Baneaks.: } a_\theta = dv / dt = r d\omega / dt = r\alpha; \text{Rotasjonsenergi: } K_{rot} = \frac{1}{2} I \omega^2, \text{ der } I \text{ er treghetsmomentet.}$$

$$I \equiv \sum_i m_i r_{\perp i}^2 \rightarrow \int_V dV \rho r_\perp^2. \text{ Akse gjennom masseiddelpunktet: } I \rightarrow I_0.$$

$$\text{Massiv kule: } I_0 = \frac{2}{5} MR^2; \text{Kuleskall: } I_0 = \frac{2}{3} MR^2; \text{Kompakt sylinder / skive: } I_0 = \frac{1}{2} MR^2;$$

Lang, tynn stav: $I_0 = \frac{1}{12} ML^2$; Parallellakse teoremet (Steiners sats): $I = I_0 + Mb^2$

Betingelser for ren rulling: $v = \omega R$; $a = \alpha R$.

_____ **Svingninger:** _____

Udempet svingning: $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = \sqrt{k/m}$; $T = 2\pi/\omega_0$; $f_0 = 1/T = \omega_0/2\pi$

Pendel: $\ddot{\theta} + \omega_0^2 \sin \theta = 0$; Fysisk pendel: $\omega_0 = \sqrt{gmd/I}$; Matematisk pendel: $\omega_0 = \sqrt{g/l}$

_____ **Termisk fysikk:** _____

n = antall mol; $N = nN_A$ = antall molekyler; $\alpha = l^{-1} dl/dT$

$Q_{in} = \Delta U + W$; $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$; (Varmekapasiteten kan være gitt per masseenhet eller per mol)

$PV = nRT = Nk_B T$; $PV = N \frac{2}{3} \langle K \rangle$; $\langle K \rangle = \frac{1}{2} m \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} m \langle v_x^2 \rangle$; $\Delta W = P \Delta V$; $W = \int_1^2 P dV$

Molar varmekapasitet: $C_V = \frac{3}{2} R$ (en-atomig); $C_V = \frac{5}{2} R$ (to-atomig); $C_P = C_V + R$. $dU = C_V \cdot dT$.

For ideell gass: $\gamma \equiv C_P / C_V$. Adibat: $PV^\gamma = \text{konst.}$; $TV^{\gamma-1} = \text{konst.}$

Virkningsgrader for varmekraftmaskiner: $\varepsilon = W/Q_V$; Carnot: $\varepsilon = 1 - T_k/T_v$; Otto: $\varepsilon = 1 - 1/r^{\gamma-1}$

Kjøleskap: $\eta_K = \left| \frac{Q_k}{W} \right| \frac{\text{Carnot}}{T_v - T_k}$; Varmepumpe: $\eta_{VP} = \left| \frac{Q_v}{W} \right| \frac{\text{Carnot}}{T_v - T_k}$

Clausius: $\sum \frac{\Delta Q}{T} \leq 0$; $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$; Entropi: $dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$; $\Delta S_{12} = \int_1^2 \frac{dQ_{rev}}{T}$; $S = k_B \ln W$

Entropiendring i en ideell gass (per mol): $\Delta S_{12} = C_V \ln(T_2/T_1) + R \ln(V_2/V_1)$

Elektrisitet og magnetisme:

Coulomb: $\mathbf{F}(\mathbf{r}) = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{\mathbf{r}}; \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{\mathbf{r}}; V(r) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}.$

Elektrisk felt: $\mathbf{E} = -\nabla V = -\left\langle \frac{\partial V}{\partial x}, \frac{\partial V}{\partial y}, \frac{\partial V}{\partial z} \right\rangle; E_x = -\frac{dV}{dx} \hat{\mathbf{x}}.$

Elektrisk potensial: $\Delta V = V_b - V_a = -\int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s}. \Delta U = Q\Delta V$

1. Gauss lov $\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \oint_S E_n dA = \frac{Q_{inni}}{\epsilon_0}$

2. Gauss lov for magnetisme $\oint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = \oint_S B_n dA = 0$

3. Faradays lov $\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = \mathcal{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S B_n dA = -\int_S \frac{\partial B_n}{\partial t} dA$

4. Amperes lov $\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 (I_{inni} + I_D), I_D = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \epsilon_0 \int_S \frac{\partial E_n}{\partial t} dA$

Fluks: $\Phi_E = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \int_S E_n \cdot dA; \Phi_M = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = \int_S B_n \cdot dA.$

Kapasitans: $C \equiv \frac{Q}{V}. U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} Q^2 / C. \text{ For platekondensator: } C = \frac{\epsilon_0 A}{d}.$

Energitetthet: $u_E = \frac{U_E}{\text{'volum'}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2; u_B = \frac{U_B}{\text{'volum'}} = \frac{1}{2\mu_0} B^2$

Biot-Savarts lov: $d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}. \quad \mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Q\mathbf{v} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$

Lorentzkraften: $\mathbf{F} = Q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}); d\mathbf{F} = I(d\mathbf{l} \times \mathbf{B}).$