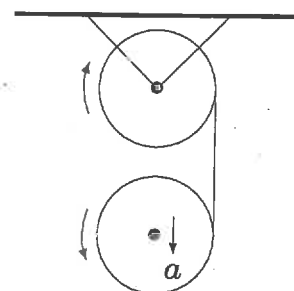


Sallitut apuvälineet: kirjoitusvälineet ja graafinen laskin. Muun oman materiaalin tuominen ei sallittu. Kokeen viimeisellä sivulla on muistin tueksi kaavoja ja tarvittavia vakioita. Perustele vastauksissasi käyttämäsi kaavat ja esitele niissä esiintyvät symbolit ja niiden merkitykset. Ratkaise jokainen tehtävä omalle sivulleen.

*On tärkeää että ainakin yrität jokaista tehtävää. Onnea!*

- Määrittele seuraavien termien merkitys enintään noin 30 sanalla / termi. Pelkkä kaava ei ole riittävä vastaus. a) Vapaakappalekuva b) voiman impulssi c) Hooken laki d) hitausmomentti e) Pascalin laki f) kimmoisa törmäys
- Vastaa seuraaviin kysymyksiin käyttäen enintään noin 300 sanaa per kohta, mutta täsmällisesti. Käytä tarvittaessa piirroksia vastauksen tukena. Pelkkä piirros ei kuitenkaan ole riittävä vastaus.
  - Mikä on Newtonin toinen laki ja miten se on yhteydessä liikemäärään?
  - Suuren taivaankappaleen vetovoimaa voidaan käyttää avaruusaluksen nopeuden lisäämiseen, ohittamalla se hyvin läheltä. Aluksen rataa planeetan läheisyydessä voidaan approksimoida ellipsillä, jonka polttopisteessä planeetta on. Selitä Keplerin toisen lain pohjalta mihin tämä nopeuden lisäys perustuu?
- Eräs kappale kelluu pystyssä nesteessä, jonka tiheys on  $\rho$ . Kappaleen massa on  $M$ , korkeus  $h$  ja vakio poikkipinta-ala  $A$ .
  - Laske nesteen pinnan ja kelluvan kappaleen pohjan välinen etäisyys, eli kuinka paljon kappale uppoaa nesteeseen tasapainossa.
  - Kuinka paljon syvemmillä nesteessä kappale kelluu kun sitä painetaan alaspäin voimalla  $F$ ? Voit olettaa ettei kappale uppoa kokonaan.
- Oheisessa kuvassa ylempi kiekko voi pyöriä vapaasti kiinteän akselinsa ympäri. Molempien kiekkojen ympärille on kääritty naru, joka yhdistää kiekot. Alempi kiekko päästetään putoamaan vapaasti. Identtisten kiekkojen säde on  $R$  ja massa  $m$ .
  - Määritä alemman kiekon lineaarinen kiihtyvyys  $a$ .
  - Määritä narun jännitys.
  - Määritä molempien kiekkojen kulmakiihtyvyydet.
- Raketti lähtee liikkeelle lepotilasta avaruudessa. Raketin massasta 81 % on polttoainetta, jonka purkautumisnopeus raketin suhteen on 2300 m/s. Olettaen, ettei rakettiin vaikuta ulkoisia voimia, laske viimeisten pakokaasujen nopeus suhteessa paikallaan olevaan havait-sijaan.



Tehtävä 4.

$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$	$\Delta K = \frac{1}{2} I \omega_2^2 - \frac{1}{2} I \omega_1^2$	$x_{PA} = x_{PB} + x_{BA}$
$g = \frac{GM_E}{R_E^2}$	$\sigma_T = \frac{F_{\parallel}}{A}$	$\alpha = \frac{d\omega}{dt}$
$P_{ave} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$	$r_{PA} = r_{PB} + r_{BA}$	$a_T = \frac{dv}{dt}$
$U = M y_{cm} g$	$P = F \cdot v$	$\omega_{ave} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}$
$r_{cm} = \frac{\sum_i m_i r_i}{\sum_i m_i}$	$\Delta L = \int_{t_1}^{t_2} \tau_{net} dt$	$F_{AB} = -F_{BA}$
$p = \frac{df_{\perp}}{dA}$	$f = -k v$	$\theta = \arctan \frac{A_y}{A_x}$
$a = -\frac{v_{ex} dm}{m dt}$	$I = \sum_i m_i r_i^2$	$f_k = \mu_k N$
$v_{ave} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$	$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2 x}{dt^2}$	$P = \tau \omega$
$P = \frac{dW}{dt}$	$\tau_{tot} = I \alpha$	$2a_0(x - x_0) = v^2 - v_0^2$
$\omega = 2\pi f$	$\omega = \frac{d\theta}{dt}$	$p = mv$
$a_N = \frac{v^2}{R}$	$v = \frac{dr}{dt}$	$P = \frac{dW}{dt}$
$dW = F_{tan} ds = \tau d\theta$	$T = \frac{2\pi r^{3/2}}{\sqrt{GM_E}}$	$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{2} r \frac{d\theta}{dt}$
$v = \frac{dx}{dt}$	$\frac{dL}{dt} = \tau$	$v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}$
$E_k = \frac{1}{2} m v^2$	$a = \frac{dv}{dt}$	$K_1 + U_1 + U_{int,1} = K_2 + U_2 + U_{int,2}$
$p + \rho g y + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{const}$	$\frac{dL}{dt} = r \times F$	$P = p_1 + p_2 + \dots$
$v_{cm} = \frac{\sum_i m_i v_i}{\sum_i m_i}$	$v = \frac{dx}{dt}$	$M v_{cm} = \sum m_i v_i = P$
$\tau = r \times F$	$a = \frac{d^2 r}{dt^2}$	$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}} a^{\frac{3}{2}}$
$v = \sqrt{G \frac{M_E}{r}}$	$L = r \times p$	$W_{grav} = -\Delta U$
$W = K_2 - K_1 = \Delta K$	$U = -G \frac{m_1 m_2}{r}$	$\rho = \frac{dm}{dV}$
$F = \rho g V$	$v = v_0 + v_{ex} \ln \left[ \frac{m_0}{m} \right]$	$W = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$
$U = mgy$	$\sigma = \frac{F_{\perp}}{A}$	$f = -D v^2 e_T$
$W_{el} = \frac{1}{2} k x_1^2 - \frac{1}{2} k x_2^2$	$K = \frac{1}{2} I \omega^2$	$a = \sqrt{a_T^2 + a_N^2}$
$J = \int_{t_1}^{t_2} F_{net}(t) dt$	$L = I \omega$	$U = \frac{1}{2} k x^2$
$f_s \leq \mu_s N$	$L = m \sqrt{GM a (1 - e^2)}$	$W = \int_{P_1}^{P_2} F \cdot dl$
$s = r\theta$	$F = -\nabla U$	$I_p = I_{cm} + M d^2$
$F_{net} = m a_{rad} = m \frac{v^2}{R}$	$\frac{\Delta w}{w} = -v \frac{\Delta \ell}{\ell}$	$a_T = r \alpha$
$v_{PA} = v_{PB} + v_{BA}$	$F_{net} = \frac{dP}{dt}$	$a = \frac{dv}{dt}$
$\alpha_{ave} = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$	$I = \int r^2 dm$	$r = x \hat{i} + y \hat{j} + z \hat{k}$
$f_r = \mu_r N$	$a = \frac{dv}{dt}$	$m = \rho V$
$F_{net} = ma$	$v = \frac{ds}{dt} = r \frac{d\theta}{dt} = r \omega$	$v(t) = v_0 + a_{ave} t$
$k = \frac{1}{B} = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta p}$	$w = mg$	$a_{ave} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$
$M a_{cm} = \sum F_{ext}$	$E_k = \frac{1}{2} I \omega^2$	

## Fundamental Constants

Constant	Symbol	Value
Velocity of light	$c$	$2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Elementary charge	$e$	$1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$
Electron rest mass	$m_e$	$9.1091 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Proton rest mass	$m_p$	$1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron rest mass	$m_n$	$1.6748 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Planck constant	$h$	$6.6256 \times 10^{-34} \text{ J s}$
	$\hbar = h/2\pi$	$1.0545 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Charge-to-mass ratio for electron	$e/m_e$	$1.7588 \times 10^{11} \text{ kg}^{-1} \text{ C}$
Quantum charge ratio	$h/e$	$4.1356 \times 10^{-15} \text{ J s C}^{-1}$
Bohr radius	$a_0$	$5.2917 \times 10^{-11} \text{ m}$
Compton wavelength:		
	of electron	$\lambda_{C,e}$
of proton	$\lambda_{C,p}$	$1.3214 \times 10^{-15} \text{ m}$
Rydberg constant	$R$	$1.0974 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
Bohr magneton	$\mu_B$	$9.2732 \times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$
Avogadro constant	$N_A$	$6.0225 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmann constant	$k$	$1.3805 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Gas constant	$R$	$8.3143 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Ideal gas normal volume (STP)	$V_0$	$2.2414 \times 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$
Faraday constant	$F$	$9.6487 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Coulomb constant	$K_e$	$8.9874 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$
Vacuum permittivity	$\epsilon_0$	$8.8544 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$
Magnetic constant	$K_m$	$1.0000 \times 10^{-7} \text{ m kg C}^{-2}$
Vacuum permeability	$\mu_0$	$1.2566 \times 10^{-6} \text{ m kg C}^{-2}$
Gravitational constant	$\gamma$	$6.670 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Acceleration of gravity at sea level and at equator	$g$	$9.7805 \text{ m s}^{-2}$

Numerical constants:  $\pi = 3.1416$ ;  $e = 2.7183$ ;  $\sqrt{2} = 1.4142$ ;  $\sqrt{3} = 1.7320$