PHYS-A1110 Yliopistofysiikan perusteet (SCI)

Kertaus

29.11.2022

Yleistä

Kurssin suorittaminen

- Luentojen esitehtävät (LE), max 10 p.
- Laskuharjoitukset (LH), max 30 p.
- Laboratoriotyöt (LB), max 20 p (pakollinen suorittaminen).
- Tentti (T), max 40 p (pakollinen osallistuminen).
- TOT = LE + LH + LB + T = max 100 p.
- Kurssin läpäisemiseen riittää 50 p.
- Lisätietoa löytyy kurssisivuilta ja -esitteestä.

Yleistä

Tentti

- Tentti on salitentti.
- Tenttiin saa tuoda yhden A4-paperiarkin itse tehtyjä muistiinpanoja, max 2p. Ks. Materiaalit.
- Tentissä saa olla lisäksi mukana laskin ja muistiinpanovälineet.
- Taulukkokirjat ovat kiellettyjä.

Tentin rakenne

- Tentissä kaikkiaan viisi tehtävää, joista kustakin saa max 8 p.
- Tenttiaiheet: kinematiikka, dynamiikka, työ ja energia, liikemäärä ja törmäykset, pyöriminen sekä sähköoppi.
- Tenttialue: ks. Kurssiesite.
- Monivalinta-, selitys-, kaavanjohto- ja laskutehtäviä sopivassa suhteessa. Saattaa sisältää myös esseetehtävän.

Kinematiikka

Paikka x, nopeus v ja kiihtyvyys a:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt}$$

$$a(t) = \frac{dv(t)}{dt}$$

$$x(t) = \int v(t)dt$$

$$v(t) = \int a(t)dt$$

Kun $a(t)$, $v(t_0)$ ja $x(t_0)$ tunnetaan, niin kappaleen liike (paikka $x(t)$ ja nopeus $v(t)$) voidaan määrittää mv. ajanhetkellä t.

Kinematiikka

Tasaisesti kiihtyvä liike ($a =$ vakio)

$$
\begin{aligned}
v(t) &= \int a\,dt = at + C \\
v(0) &= a \cdot 0 + C = v_0 \quad \Rightarrow \qquad v(t) = v_0 + at \\
x(t) &= \int v(t)dt = v_0 t + \tfrac{1}{2}at^2 + C \\
x(0) &= C = x_0 \quad \Rightarrow \qquad x(t) = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2}at^2
\end{aligned}
$$

Eliminoimalla aika t saadaan $\quad v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$

Tasainen liike ($v_0 =$ vakio)

$$
\begin{aligned}
v(t) &= v_0 \\
x(t) &= x_0 + v_0 t
\end{aligned}
$$

Vino heittoliike: x-suunnassa tasainen liike, y-suunnassa tasaisesti kiihtyvä liike.

Dynamiikka

Newtonin lait

Newton I	määrittelee inertiaalikoordinaatistot
Newton II	$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$
Newton III	$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$

Voimat

kappaleen paino	$G = mg$	(*kohti maapalloa*)
normaalivoima	N	(*pinnan normaalin suuntainen*)
kitkavoima	$F_\mu \leq \mu_s N$	(*lepokitka*)
	$F_\mu = \mu_k N$	(*liikekitka liikettä vastaan*)
keskeisvoima	$F_\mathrm{r} = m\frac{v^2}{r}$	(*ympyrän keskipistettä kohti*)
narun jännitys	T	(*narun vedon suuntaan*)
jousivoima	$F = -kx$	(*aina kohti tasapainoasemaa*)
väliaineen vastus	$F = -bv^n$	($n = 1$ *tai* 2, *liikettä vastaan*)
Newtonin grav.laki	$F_\mathrm{G} = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$	(*vetovoima*)

Työ ja energia

Työ

$$W = \vec{F} \cdot \vec{s}$$

$$W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} \overset{\text{1D}}{=} \int_{x_1}^{x_2} F_x \, dx$$

Työ–energia-periaate

$$W_{\text{tot}} = \Delta K = \tfrac{1}{2} m v_2^2 - \tfrac{1}{2} m v_1^2$$

Liike-energia

$$K = \tfrac{1}{2} m v^2$$

Potentiaalienergia (konservatiivisille voimille)

$$W = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s} = U_1 - U_2 = -\Delta U$$

$$F_x(x) = -\frac{dU(x)}{dx} \quad (\text{1D})$$

Työ ja energia

Potentiaalienergiat

$$\begin{aligned} U(y) &= mgy + U_0 && \text{(painovoima)} \\ U(x) &= \tfrac{1}{2}kx^2 && \text{(jousivoima)} \\ U(r) &= -\frac{Gm_E m}{r} && \text{(gravitaatiovoima)} \end{aligned}$$

Energian säilyminen

$$K_a + U_a + W' = K_\ell + U_\ell$$

missä W' on ei-konservatiivisten voimien tekemä työ.
Jos $W' = 0$ (vain kons.voimia, ei kitkavoimia), niin

$$K_a + U_a = K_\ell + U_\ell$$

eli

$$E_{\text{mek}} = K + U = \text{vakio}.$$

Teho

$$P = \frac{dW}{dt} = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}.$$

Liikemäärä

Kappaleen liikemäärä

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Newton II

$$\vec{F}_{\mathrm{tot}} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

Impulssi–liikemäärä-teoreema

$$\vec{J} = \vec{F}\Delta t = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}\Delta t = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = \Delta\vec{p}$$

Hiukkasjoukon massakeskipiste

$$\vec{r}_{\mathrm{cm}} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{M}$$

Massakeskipisteen liike

$$\vec{F}_{\mathrm{tot}}^{\mathrm{ulk}} = M\vec{a}_{\mathrm{cm}} = \frac{d(M\vec{v}_{\mathrm{cm}})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt}$$

Liikemäärä

Liikemäärän säilyminen

$$\vec{F}_{\text{tot}}^{\text{ulk}} = \sum_i \vec{F}_i^{\text{ulk}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{P} = \sum_i \vec{p}_i = \sum_i m_i \vec{v}_i = \text{vakio.}$$

Törmäykset

- Elastisessa törmäyksessä sekä liikemäärä että liike-energia säilyvät.
- Epäelastisessa törmäyksessä vain liikemäärä säilyy.
- Täysin epäelastisessa törmäyksessä vain liikemäärä säilyy ja törmäävät kappaleet jäävät toisiinsa kiinni törmäyksen jälkeen.

Esim. kahden kappaleen (1 ja 2) törmäykselle

$$\vec{p}_{1a} + \vec{p}_{2a} = \vec{p}_{1\ell} + \vec{p}_{2\ell}$$

Pyörimisliike

Kulma, kulmanopeus, kulmakiihtyvyys

$$\theta = \frac{s}{r} \qquad \omega = \frac{d\theta}{dt} \qquad \alpha = \frac{d\omega}{dt}$$

Jäykälle kappaleelle

$$v = r\omega \qquad a_{\mathrm{t}} = r\alpha \qquad a_{\mathrm{r}} = r\omega^2$$

Vääntömomentti

$$\tau = F\ell, \quad \ell \text{ on vipuvarsi}$$

Hitausmomentti

$$I = \sum_i m_i r_i^2$$

Jäykälle kappaleelle NII

$$\tau = I\alpha$$

ja liike-energia

$$K = \tfrac{1}{2} I\omega^2$$

Pyörimisliike

Pyömismäärä

$$\vec{L} = I\vec{\omega}$$

Pyörimisliikkeen NII

$$\vec{\tau}_{\text{tot}}^{\text{ulk}} = \sum_i \vec{\tau}_i^{\text{ulk}} = I\vec{\alpha} = \frac{d\vec{L}}{dt}$$

Pyörimismäärän säilyminen

$$\vec{\tau}_{\text{tot}}^{\text{ulk}} = \sum_i \vec{\tau}_i^{\text{ulk}} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{L} = \text{vakio.}$$

Tasapainoehdot

$$\vec{F}_{\text{tot}}^{\text{ulk}} = 0 \quad \text{ja} \quad \vec{\tau}_{\text{tot}}^{\text{ulk}} = 0 \text{ (mv. pisteen suhteen)}$$

Huom. τ, I ja L määritetään aina jonkun pisteen suhteen.

Sähköoppi

Coulombin voima

$$\vec{F}_{\mathrm{C}} = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

Sähkökenttä

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{\mathrm{C}}}{q}$$

Sähköinen voima

$$\vec{F}_{\mathrm{C}} = q\vec{E} \overset{\mathrm{NII}}{=} m\vec{a}$$

Sähköinen potentiaali

$$V = \frac{U}{q}$$

Homogeenisen kentän potentiaalienergia

$$U = qEd + U_0$$

Homogeenisen kentän potentiaaliero eli jännite

$$V_{ab} = Ed$$

Sähköoppi

Coulombin voima $\vec{F}$	$\longleftrightarrow$	Työ $W_{a\to b}$	$\longleftrightarrow$	Potentiaalienergia U
$\updownarrow$		$\updownarrow$		$\updownarrow$
Sähkökenttä $\vec{E}$	$\longleftrightarrow$	Jännite $V_a - V_b$	$\longleftrightarrow$	Potentiaali V

$$W_{a\to b} = \int_a^b \vec{F}\cdot d\vec{\ell} = -\Delta U = U_a - U_b$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \qquad V_a - V_b = -\Delta V = \frac{W_{a\to b}}{q_0} \qquad V = \frac{U}{q_0}$$

$$E(x) = -\frac{dV(x)}{dx} \qquad V_a - V_b = \int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{\ell}$$

Kertaus

Sähkövirta

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Kondensaattorin kapasitanssi

$$C = \frac{Q}{V_{ab}}$$

Kondensaattorin energia

$$U = \frac{1}{2} C V_{ab}^2$$

Vastuksen resistanssi (Ohmin laki)

$$R = \frac{V_{ab}}{I}$$

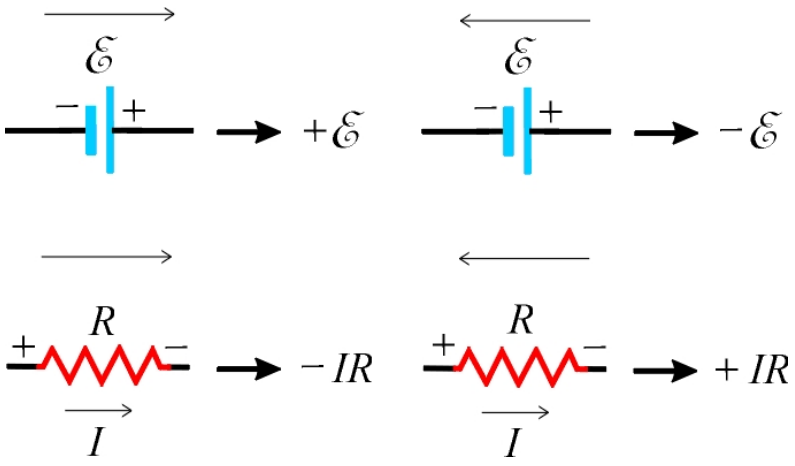
Jännitelähteen lähdejännite $\mathcal{E}$

Teho

$$P = I V_{ab}$$

Sähköoppi

Kirchhoffin lait

1. **Liitoskohtasääntö**: Missä tahansa liitoskohdassa, jossa virta voi jakautua, liitoskohtaan tulevien ja siitä lähtevien virtojen pitää olla yhtä suuret. *Varaus säilyy.*
2. **Silmukkasääntö**: Kun suljetussa johdinsilmukassa kulkee virta, niin potentiaalierojen summa silmukassa pitää olla nolla. *Energia säilyy.*

Merkkisäännöt