

# Latvijas Atklātās fizikas olimpiādes programma

Programma ir sagrupēta pa klašu grupām un tematiem. Pie dažiem programmas punktiem ir pierakstītas formulas, kuras, tāpat kā formulas no visc datu bukleta, var izmantot bez izveduma. Pievēršiet uzmanību, ka (i) dažas no šīm formulām var būt pielietotas tikai pie noteiktiem nosacījumiem un (ii) apzīmējumu interpretācija formulās ir jūsu atbildība.

## 9.–12. klašu grupas

**Kinemātika** Ķermeņa vienmērīga taisnlīnijas kustība, tās raksturlielumi: ātrums, ceļš. Ķermeņa nevienmērīga kustība: vidējais ātrums  $v = \frac{l}{t}$ .

**Termodinamika** Siltumapmaiņas procesi. Siltuma daudzums. Temperatūra. Vielas īpatnējā siltumietilpība  $c = \frac{Q}{m\Delta T}$ , īpatnējais kušanas siltums  $\lambda = \frac{Q}{m}$ . Īpatnējais iztvaikošanas siltums  $L = \frac{Q}{m}$ . Īpatnējais kurināmā sadegšanas siltums  $q = \frac{Q}{m}$ . Vielu kušana, sacietēšana, vārīšanās, iztvaikošana un kondensēšanās.

**Dinamika** Ķermeņu mijiedarbība un spēki: smaguma spēks  $F = mg$ , elastības spēks, berzes spēks un pretestības spēks, Arhimēda spēks  $F = \rho g V$ . Huka likums  $F = kx$ . Spēku saskaitīšana. Spiediens šķidrumos un gāzēs  $p = \rho gh$ . Ķermeņu peldēšanas nosacījumi.

**Saglabāšanās likumi** Darbs  $A = Fs$ , jauda  $P = \frac{A}{t}$  un enerģija. Kinētiskā enerģija  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ . Virs zemes paceltā ķermeņa potenciālā enerģija  $E_p = mgh$ . Elastīgi deformētā ķermeņa potenciālā enerģija  $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ . Enerģijas saglabāšanās likums  $E_k + E_p = \text{const}$ . Lietderības koeficients  $\eta = \frac{A^*}{A}$ . Vienkāršie mehānismi: svira, slīpā plakne, trīsis.

**Elektrodinamika** Ķermeņu elektrizācija. Uzlādētu ķermeņu mijiedarbība. Elektrostatiska indukcija. Elektriskās strāvas stiprums, spriegums. Vadītāja pretestība  $R = \rho \frac{l}{S}$ . Oma likums ķēdes posmam  $I = \frac{U}{R}$ . Vadītāju virknes, paralēlais un jauktais slēgums. Elektriskās strāvas darbs  $A = UI t$  un jauda  $P = UI$ . Elektroenerģijas patēriņš. Strāvas siltumdarbība. Džoula–Lenca likums  $Q = UI t$ .

**Ģeometriskā optika** Gaismas izplatīšanās ātrums. Aptumsumi. Gaismas atstarošanās likums  $\alpha = \beta$ . Gaismas laušana. Laušanas koeficients  $n = \frac{c_0}{c}$ . Snela likums  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$ . Pilnīgā iekšējā atsīrošanās. Gaismas staru gaita un attēlu veidošanās plakanajos spoguļos, savācēj- un izkliedētājlēcās. Lēcas optiskais stiprums  $D = \frac{1}{F}$ . Plānas lēcas formula  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$ . Gaismas un krāsas, baltās gaismas spektrs (kvalitatīvi).

## 10.–12. klašu grupas

**Translācijas kustības kinemātika** Vienmērīgi paātrināta kustība un tās raksturlielumi: koordināta, ceļš, pārvietojums  $s_x = v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$ , ātrums  $v_x = v_{0x} + a_x t$ , paātrinājums. Ķermeņu kustība gravitācijas laukā: brīvā krišana, horizontāls, vertikāls un slīps sviediens.

**Rotācijas kustības kinemātika** Vienmērīgā rotācija un tās raksturlielumi: rotācijas periods  $T = \frac{t}{N}$ , frekvence  $f = \frac{1}{T}$ , lineārais ātrums  $v = \frac{2\pi R}{T}$ , leņķiskais ātrums  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , centrīces paātrinājums  $a = \frac{v^2}{R}$ .

**Translācijas kustības dinamika** Ņūtona likumi:  $\vec{F} = m\vec{a}$ ,  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ . Ķermeņu kustība vairāku spēku iedarbībā (t. sk. paātrināta vertikāla kustība, kustība pa izliektu vai ieliektu virsmu, kustība pagriezienos, kustība pa slīpo plakni).

**Statika** Spēka moments  $M = rF \sin \alpha$ . Līdzsvara nosacījumi:  $\sum \vec{F}_i = \vec{0}$  un  $\sum M_i = 0$ . Absolūti elastīgs ķermenis. Absolūtā deformācija. Relatīvā deformācija  $\epsilon = \frac{x}{l_0}$ . Mehāniskais spriegums  $\sigma = \frac{F}{S}$ . Junga modulis  $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$ .

**Saglabāšanās likumi** Impulss  $\vec{p} = m\vec{v}$ . Impulsa saglabāšanās likums. Elastīgās un neelastīgās sadursmes.

**Gravitācija** Ņūtona gravitācijas likums  $F = G\frac{mM}{r^2}$ . Potenciālā enerģija ķermenim gravitācijas laukā  $E_p = -G\frac{mM}{r}$ . Pilnā enerģija gravitācijas laukā  $E = -G\frac{mM}{2a}$ . Kosmiskie ātrumi:  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ,  $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ . Planētu un satelītu kustība. Keplera likumi:  $\frac{\Delta S}{\Delta t} = \text{const}$ ,  $\frac{T^2}{a^3} = \text{const}$ .

**Hidrodinamika** Nepārtrauktības vienādojums  $\rho v S = \text{const}$ . Bernulli vienādojums  $p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{const}$ .

## 11.–12. klašu grupas

**Tuvinājumi** Darbības ar maziem lielumiem. Tuvinājumi pie  $x \ll 1$ :  $(1+x)^\alpha \doteq 1 + \alpha x$ ,  $\sin x \doteq x$ ,  $\cos x \doteq 1 - \frac{x^2}{2}$ ,  $\tan x \doteq x$ ,  $\arcsin x \doteq x$ ,  $\arctan x \doteq x$ ,  $e^x \doteq 1 + x$ ,  $\ln(1+x) \doteq x$ .

**Rotācijas kustības kinemātika** Vienmērīgi paātrināta rotācija un tās raksturlielumi: pagrieziena leņķis  $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2}\epsilon t^2$ , leņķiskais ātrums  $\omega = \omega_0 + \epsilon t$ , leņķiskais paātrinājums.

**Rotācijas kustības dinamika** Absolūti cietā ķermeņa rotācija ap fiksētu asi. Inerces moments (t. sk. homogēna cilindra  $\frac{1}{2}mR^2$ , tieva gredzena  $mR^2$ , stieņa  $\frac{1}{12}mL^2$ , lodes  $\frac{2}{5}mR^2$  un sfēras  $\frac{2}{3}mR^2$  centrālie momenti). Šteina teorēma  $J = J_0 + md^2$ . Neizslidēšanas nosācījums  $v = \omega R$ . Impulsa (leņķiskais) moments  $L = rp \sin \alpha = J\omega$ . Impulsa momenta saglabāšanās (ap fiksētu asi).

**Molekulāri kinētiskā teorija** Ideāla gāze. Molekulu vidējais kvadrātiskais ātrums. MKT pamatvienādojums  $p = \frac{1}{3}nm_0v^2$ . Absolūtā temperatūra kā molekulu vidējās kinētiskās enerģijas mērs:  $E_k = \frac{3}{2}kT$ . Ideālās gāzes stāvokļa (Mendeļejeva–Klapeirona) vienādojums  $pV = \nu RT$ . Izoparametriskie procesi.

**Termodinamika** Vienatoma un daudzatomu ideālas gāzes iekšējā enerģija  $U = \frac{1}{2}\nu RT$ . Gāzes izplešanās darbs  $\delta A = p dV$ . Pirmais termodinamikas likums  $\delta Q = dU + p dV$ . Atgriezeniskie un neatgriezeniskie procesi. Adiabātiskais process:  $pV^\gamma = \text{const}$  un  $\gamma = \frac{i+2}{i}$ . Siltuma mašīnas darbības princips. Siltuma dzinēju lietderības koeficients  $\eta \leq 1 - \frac{T_c}{T_h}$ . Karno cikls. Entropija: termodinamiskā  $dS = \frac{\delta Q}{T}$  un statistiskā  $S = k \ln \Omega$  definīcija.

**Vielu siltumīpašības** Lineārā termiskā izplešanās:  $l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$ . Siltumvadišana:  $P = \kappa S \frac{dT}{dx}$ . Fāžu pārejas. Gaisa mitrums. Virsmas spraigums  $\sigma = \frac{U}{S}$ . Laplasa spiediens  $p = \frac{2\sigma}{R}$ . Kapilaritāte.

**Elektrostatika** Kulona likums  $F = k\frac{qQ}{r^2}$ . Elektriskā lauka intensitāte  $E = \frac{F}{q}$  un potenciāls  $\varphi = \frac{W_p}{q}$ . Punktveida lādiņa  $k\frac{Q}{r^2}$ , bezgalīgā plaknes  $2\pi k\sigma$ , vienmērīgi uzlādētās lodes  $\left\{k\frac{Q}{R^3}r, k\frac{Q}{r^2}\right\}$  un sfēras  $\left\{0, k\frac{Q}{r^2}\right\}$  elektriskais lauks. Lauku superpozīcijas princips. Virsmas lādiņa blīvums  $\sigma = \frac{Q}{S}$ . Gausa teorēma  $\Phi = 4\pi kQ$ . Vadītāji un dielektriķi elektriskajā laukā. Elektriskā kapacitāte  $C = \frac{Q}{U}$ . Elektriskā lauka enerģija  $W = \frac{1}{2}CU^2$  un enerģijas blīvums  $w = \frac{1}{2}\epsilon\epsilon_0 E^2$ . Kondensatoru slēgumi.

**Elektrodinamika** Strāvas stiprums  $I = \frac{dq}{dt}$ . Strāvas blīvums  $j = \frac{dI}{dS}$ . Oma likums formā  $j = \frac{E}{\rho}$ . EDS un iekšējā pretestība. Oma likums pilnai ķēdei  $I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}$ . Kirhofa likumi:  $\sum I_i = 0$ ,  $\sum \mathcal{E}_i = \sum U_i$ . EDS avotu virknes un paralēlais slēgums. Voltampērraksturliķņu grafiskā analīze. Elektriskā strāva dažādās vidēs (pusvadītājos, šķidrumos, gāzēs, vakuumā). Pretestības atkarība no temperatūras  $R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$ .

**Elektromagnētisms** Magnētiskais lauks, tā indukcija. Magnētiskais lauks ap taisnu strāvas vadu  $\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ , taisnā un toroidālā solenoīdā  $\mu_0 In$ . Ampēra spēks  $F = IlB \sin \alpha$ . Lorenca spēks  $F = qvB \sin \alpha$ . Magnētiskais moments  $\mu = IS$ . Magnētiskā caurlaidība  $\mu = \frac{B}{H}$ . Elektromagnētiskā indukcija. Faradeja–Lenca likums  $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$ . Induktivitāte  $L = \frac{\Phi}{I}$ . Pašindukcija:  $\mathcal{E} = -L\frac{dI}{dt}$ . Magnētiskā lauka enerģija  $W = \frac{1}{2}LI^2$  un enerģijas blīvums  $w = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu\mu_0}$ . Maiņstrāvas momentānās un efektīvās  $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$  vērtības. Vektordiagrammas. Aktīvā, induktīvā  $X = \omega L$ , kapacitīvā  $X = \frac{1}{\omega C}$  un pilnā pretestība. Aktīvā, reaktīvā un pilnā jauda. Kondensatoru, spoļu un rezistoru slēgumi. Oma likums maiņstrāvas ķēdē  $\hat{I} = \frac{\hat{U}}{Z}$ . Transformators:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ . Elektroenerģijas ieguve un pārvade.

**Svārstības** Harmoniskās svārstības. Harmonisko svārstību vienādojums formā  $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$  un  $x = X_m \cos(\omega t + \varphi)$ . Cikliskā frekvence. Matemātiskais, atsperes un fizikālais svārsts, to parametri:  $\omega^2 = \frac{g}{L}$ ,

$\omega^2 = \frac{k}{m}$ ,  $\omega^2 = \frac{mgd}{J}$ . LC kontūrs, tā parametri:  $\omega^2 = \frac{1}{LC}$ . Svārstību enerģija. Brīvas un uzspiestas svārstības. Rezonanse.

**Viļņi** Viļņu raksturlielumi: amplitūda, viļņa garums, izplatīšanas ātrums  $c = \lambda f$ . Garen- un šķērsviļņi. Viļņa fronte un stari. Viļņa intensitāte un spiediens. Stāvviļņi. Klasiskais Doplera efekts  $f = f_0 \frac{c \pm v_r}{c \mp v_s}$ . Doplera efekts gaismai  $\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{v}{c}$ . Koherenti avoti. Ģeometriskā  $\delta$  un optiskā  $\Delta = n\delta$  gājuma difference. Viļņu interference, interference maksimuma  $\Delta = m\lambda$  un minimuma  $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$  nosacījumi. Junga dubultspraugas eksperiments:  $d \sin \varphi = m\lambda$ . Optikas dzidrināšana (iesk. nosacījumu pusviļņa zudumam pie atstarošanas). Ņūtona gredzeni. Difrakcija, difrakcijas režģis. Difrakcija uz vienas un divām spraugām:  $b \sin \varphi = m\lambda$ . Difrakcijas režģa izšķirtspēja  $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN$ . Šķērsviļņu polarizācija. Malī likums  $I = I_0 \cos^2 \varphi$ . Brjūstera leņķis:  $\tan \alpha = \frac{n_2}{n_1}$ . Viļņu dispersija.

**Ģeometriskā optika** Gaismas staru gaita un attēlu veidošanās sfēriskajos spoguļos un optiskajās sistēmās. Lineārais  $\Gamma = \frac{h'}{h}$  un leņķiskais  $\Gamma = \frac{\theta'}{\theta}$  palielinājums. Optiskās ierīces (lupa, mikroskops, teleskops).

**Fotometrija un radiometrija** Telpiskais leņķis  $\Omega = \frac{S}{R^2}$ . Gaismas avota stiprums, gaismas plūsma  $\Phi_v = I_v \Omega$ , starjauka, spožums  $L_v = \frac{I_v}{S}$ , apgaismojums  $E = \frac{I \cos \theta}{r^2}$ .

**Kvantu fizika** Absolūti melns ķermenis. Štefana–Bolcmaņa likums  $P = \sigma ST^4$ . Vīna nobīdes likums  $\lambda T = b$ . Planka formula  $E = hf$ . Fotoefekts. Einšteina fotoefekta vienādojums  $hf = E_k + A_0$ . Atoma uzbūve. Ūdeņraža atoma enerģijas līmeņi. Ridberga formula  $\Delta E_{mn} = R_y \left( \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$ . Emisijas un absorbcijas spektri. Masas–enerģijas sakarība  $E = mc^2$ . De Broļji viļņa garums  $\lambda = \frac{h}{p}$ . Komptona efekts  $\Delta\lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$ .

**Kodolfizika** Radioaktivitāte. Pussabrukšanas periods  $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$ . Radioaktīvās sabrukšanas likums  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ . Kodolreakcijas. Kodola saites enerģija. Masas defekts.

## Fizikālās konstantes

$$\begin{aligned} c &= 2,997\,924\,58 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \\ e &= 1,602\,176\,634 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ k &= 1,380\,649 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \\ N_A &= 6,022\,140\,76 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\ h &= 6,626\,070\,15 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \\ G &= 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \\ g &= 9,806\,65 \text{ m s}^{-2} \\ k &= 8,987\,551\,786 \cdot 10^9 \text{ m F}^{-1} \\ \epsilon_0 &= 8,854\,187\,819 \cdot 10^{-12} \text{ F m}^{-1} \\ \mu_0 &= 1,256\,637\,061\,3 \cdot 10^{-6} \text{ H m}^{-1} \\ \sigma &= 5,670\,374\,419 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4} \\ b &= 2,897\,771\,955 \cdot 10^{-3} \text{ m K} \\ R_y &= 13,605\,693\,122\,99 \text{ eV} \\ m_e &= 9,109\,383\,714 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{aligned}$$