beyond curriculum

Физика пәні бойынша

Beyond Olympiad #1

тапсырмалар жиынтығы

11-12 сыныптар

24 маусым 2021

Олимпиада регламенті

Олимпиаданы орындауға 4 сағат беріледі. Олимпиаданың басталуы: 10:00 (Алматы уақыты), олимпиаданың аяқталуы – 14:00. Олимпиаданы аяқтағаннан кейін шешімдеріңізді Gradescope платформасы арқылы жіберу керек. (Платформа арқылы жіберу нұсқаулығын төменнен қараңыз.)

Орындау және ресімдеу жөніндегі нұсқаулық:

Сіз тапсырмаларды кез-келген тәртіпте орындай аласыз, сондай-ақ сізден мына нәрселер **талап етіледі:**

- Әр тапсырманы жеке парақта ресімдеу
- Парақтың жоғарғы жағына тапсырма нөмірін жазу, бірақ өз атыңызды, тегіңізді немесе басқа жеке мәліметтеріңізді жазуға **тыйым салынады**
- Егер тапсырманы шешу үшін бірнеше парақ қажет болса, онда парақтың соңына жазу керек (№__ тапсырманың жалғасы келесі бетте). Сонымен қатар, келесі беттің жоғарғы жағында бұл белгілі бір тапсырманың жалғасы екенін белгілеу керек
- Жазуыңызды түсінікті және таза жазу; бояу мен артық сызуды болдырмау **ұсынылады**

Тапсырма шешімдерін жіберу бойынша нұсқаулық:

Тапсырмаларды орындауды Алматы уақыты бойынша 21:00-ден кешіктірмей аяқтау қажет. Жұмыстың соңында жауаптарыңыздың скан-нұсқасын бір pdf-файлға біріктіру керек. Google Play және AppStore-да осы мақсаттарға арналған көптеген қосымшалар бар (PDF scanner, scanner app, scanbot және басқалары). Бұл PDF-файлды міндетті түрде gradescope.com сайтына жүктеу керек. Курс коды: **P536BW**.

Қатысушыға жадынама:

- Кеңсе заттарынан тек қана қарындаштар, қаламдар (ручка), өшіргіш, сызғыш, циркуль **рұқсат етіледі**.
- Бөтен адамдардың көмегі мен қосымша әдебиетті, интернет-дереккөздерді және оқу құралдарын пайдалануға **қатаң тыйым салынады.**
- Академиялық адалдықты бұзу және сақтамау әрекеттер ask.bc-pf.org-та бір жыл мерзімге **бан тізіміне** алыну арқылы жазаланады.

Нәтижелер 2021 жылдың 10 шілдесіне дейін жарияланады.

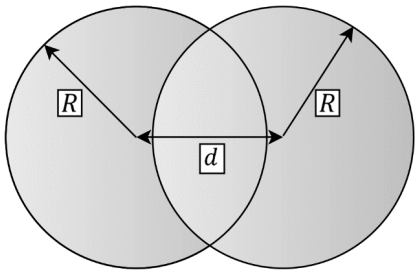
Олимпиадаға қатысты сұрақтарыңыз болса, ask.bc-pf.org форумына немесе ҚҚ «Beyond Curriculum» ресми әлеуметтік желілеріне жазыңыз.

Есеп 1. Қоспа (9 ұпай)

Бөлім A: Сымдардың магнит өрісі (4 ұпай)

a) z осінің оң бағыты бойынша күші I болатын ток радиусы R болатын цилиндрлік сым арқылы өтеді. Сымның көлденең жазықтығындағы магнит өрісін сызыңыз, сымның осінен r қашықтықта B магниттік индукциясының бағыты мен шамасын анықтаңыз. Радиус-векторын $\vec{r}$, бірлік векторын $\hat{z}$, радиусты R және магниттік тұрақты шама μ_0 қолдана отырып, $\vec{B}$ үшін теңдеуді векторлық тұрде жазыңыз. **(1.5 ұпай)**

b) Радиусы R болатын екі цилиндрлік сымның арақашықтығы $d < 2R$. Олар бойынша күші I болатын токтар z осі бойымен әртүрлі бағытта ағады. Олардың қиылысу орнында қуыс бар. Қуыс ішіндегі магнит индукциясының бағыты мен шамасын аңықтаңыз. **(2.5 ұпай)**



Бөлім B: Белгісіз зат. (5 ұпай)

Белгісіз заттың ішкі энергиясы оның көлемімен V және температурасымен T анықталады:

$$U = -\frac{am^2}{V} + bT.$$

Бұл зат үшін изохора теңдеуі:

$$\frac{P}{T - T_0} = const,$$

ал адиабаттық процесте заттың тығыздығы ρ температурамен T анықталады:

$$\rho(T) = \rho_1 + K \ln\frac{T}{T_1}$$

Белгісіз заттың массасы m және a, b, T_0 параметрлері берілген. Осы зат үшін изотерма теңдеуі қандай? K коэффициентін аңықтаңыз. **(5 ұпай)**

Бұл есепті шешкен кезде келісі формулалар сізге пайдалы болуы мүмкін:

$$(\vec{a} \times \vec{c}) - (\vec{b} \times \vec{c}) = \left((\vec{a} - \vec{b}) \times \vec{c}\right)$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$$

Жеке туынды индекс дифференциалдау кезінде бұл параметр тұрақты болып қалатынын көрсетеді.

Есеп авторы: Алишер Еркебаев.

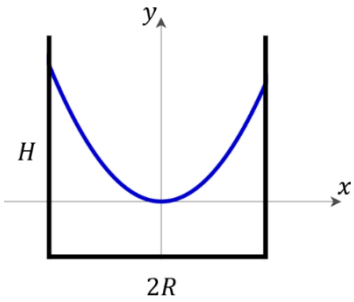
Есеп 2. Параболалық айна (8 ұпай)

Геометриялық оптика дамыған сайын адам әртүрлі оптикалық құрылғыларды ойлап тапты. Бұл есепте біз айнаның екі түрін қарастырамыз: сфералық және параболалық.

a) Жарықтың кең сәулесі қисықтық радиусы R және диаметрі D болатын сфералық айна осіне параллель түседі. Мұндай айнаның оптикалық фокусында дөңгелек диск орналастырылған. Айнадан шағылысқан барлық жарықты жинау үшін диск қандай радиуста r болуы керек? **(3 ұпай)**

Көріп отырғанымыздай, сфералық айна жағдайында оның фокусына тек *параксиалды* сәулелер түседі, яғни негізгі оптикалық оське жақын сәулелер түседі. Мұндай кемшілікті жою үшін астрономиялық зерттеулерде параболалық айналар кеңінен қолданылады.

Радиусы R және биіктігі H болатын сынабы бар цилиндрлік шелек өз осінің айналасында ω бұрыштық жылдамдықпен айнала бастады. Нәтижесінде сынаптың беті айналу бетін құрайды, оның қисығы $y(x)$ функциясын сипаттайды, мұндағы y – алынған беттің ең төменгі нүктесінен биіктік, ал x – шелек осіне дейінгі қашықтық. Еркін құлаудың үдеуі $g = 10$ м/с^2.



b) Сынаптың тепе-теңдік жағдайын ескере отырып, бұл қисықтың парабола екенін көрсетіп, $y(x)$ тәуелділігін табыңыз. **(2 ұпай)**

c) Кең жарық сәулесі шелекке өз осіне параллель түседі. Бүкіл шоқтың бір нүктеде жинақталатынын көрсетіңіз және оның F қашықтығын табыңыз. **(2 ұпай)**

d) $R = 15$ см және $H = 30$ см болсын. Шелектің ω_{max} максималды бұрыштық жылдамдығы қандай? V сынаптың қанша мөлшері қажет болады? **(1.5 ұпай)**

Бұл мәселені шешкен кезінде сізге келесі математикалық формулалар пайдалы болуы мүмкін:

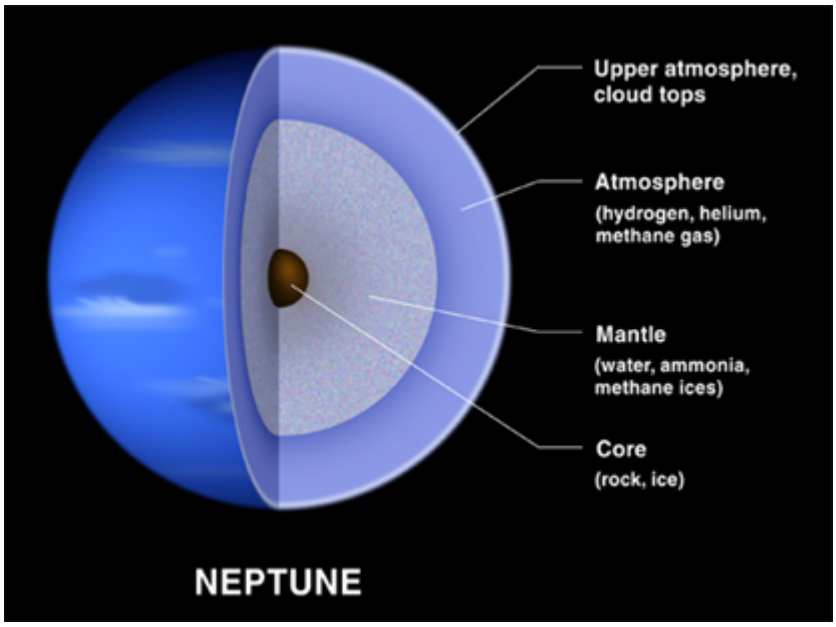
$$tan\, 2\alpha = \frac{2\, tan\, \alpha}{1 - tan^2\, \alpha}$$
$$\cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha.$$

Есеп авторы: Алишер Еркебаев.

Есеп 2. Планеталардың ядросының қозғалысын зерттеу. (13 ұпай)

Кіріспе

Планеталардың ядросының қозғалысын зерттеу – өте күрделі мәселе. Оны түсіну үшін тұтқырлық, гравитация, сұйықтықтағы қысымды және ядро айналасындағы мантия қозғалуын ескеру қажет. Ядро қозғалысы туралы есептер шығару – Жердің құрылымын жақсы түсінуге және геологиядағы көптеген процестерді түсіндіруге мүмкіндік береді. Келесі тапсырмада біз мантияның ядро қозғалысына әсерін оның тұтқырлығын есепке алмай қарастырамыз. Ядро тығыздығы ρ және радиусы r болатын ядро және радиусы R болатын мантиясы сығылмайтын тұтқыр емес сұйықтықтан (сұйықтық тығыздығы ρ_m) қандай да бір планета құралады делік. Мантиядағы атмосфера мен мұздың ядро қозғалысына әсерін ескермеген жағдайда, жоғарыда сипатталған құрылымға ие планета Нептун болып табылады.



Сурет 1. Нептунның құрылымы

Бөлім А. Ауырлық күшінің әсері (2 ұпай)

Ауырлық күшінің ядро қозғалысына әсерін ескеру үшін планетаның геометриялық центрінен x қашықтыққа центрі ығысқан ядроны қарастыру керек. x қашықтық R-ға қарағанда аз шама деп қарастырамыз.

А.1. Осы ығысу кезінде планета ядросының ішіндегі гравитациялық өрісті табыңыз. **(1.5 ұпай)**

А.2. Ядроға әсер ететін ауырлық күшін табыңыз **(0.5 ұпай)**

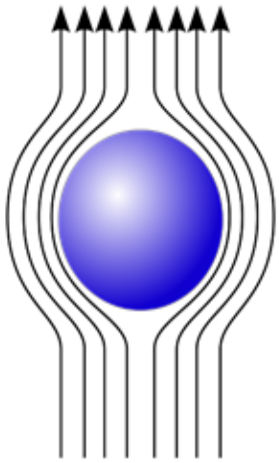
Бөлім В. Мантияның ядромен бірге қозғалысын есептеу (5 ұпай)

Бұл бөлімде магниттік диполь өрісінің формуласы пайдалы болуы мүмкін:

$$\vec{B} = \frac{3k(\vec{m}\cdot\vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{k\vec{m}}{r^3}, \qquad k = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

Енді біз мантияның ядромен бірге қозғалысының әсерін ескеруге тырысамыз. Сұйықтықтағы дененің қозғалысы бұл сұйықтықты да қозғалысқа келтіреді және соның арқасында дененің тиімді массасы артатыны бізге белгілі. Біз бұл бөлімде осы қосылған массаны табуға тырысамыз.

Дененің шексіз сұйықтықтағы қозғалысын қарастырайық. Денеміз радиусы R және массасы m шар болып, тығыздығы ρ сығылмайтын *тұтқыр емес* сұйықтықта v_0 жылдамдықпен бірқалыпты қозғалсын. Біздің сұйықтықта құйын жоқ, яғни айналым нөлге тең болады деп ойлаймыз. ($\oint \vec{v}\cdot\overrightarrow{dl} = 0$)



Сурет 2. Дене айналасындағы сұйықтық ағыны

Шармен байланысты санақ жүйесіне көшейік.

В.1. Сұйықтық жылдамдығының шекаралық шарттарын табыңыз. **(0.5 ұпай)**

В.2. Шардың айналасында ағып жатқан сұйықтық жылдамдығы мен асқын өткізгіш шарды біртекті магнит өрісіне салғандағы магниттік өрістің индукциясы арасында ұқсасатық жасауға болатынын көрсетіңіз. **(1 ұпай)**

Енді тыныштық күйдегі санақ жүйесіне орайлайық.

В.3. Шардың айналасындағы бүкіл кеңістіктегі сұйықтықтың тұрақталған жылдамдығын табыңыз. **(2 ұпай)**

Байқағандарыңыздай, сұйықтық нөлге тең емес жылдамдыққа ие. Сонда сұйықтың энергиясын

$$E_k = \frac{\mu v_0^2}{2}$$

түрінде ұсынуға болады, мұндағы μ - сұйықтықтың қосылған массасы.

B.4. Сол қосылған массаны μ табыңыз. **(1.5 ұпай)**

Бөлім C. Мантия қысымының әсерін қарастыру. (4.5 ұпай)

Енді мантия қысымының планета ядросының қозғалысына әсерін қарастырайық. Бұл бөлімде мантия қысымының ядроға әсер ету күшін табуға тырысамыз. Бірінші, φ гравитациялық потенциалы ($g = \mathrm{grad}\,\varphi$) бар белгілі бір өрістегі тығыздығы ρ сұйықтығының тепе-теңдігін қарастырайық.

C.1. Планета ішінде белгілі бір нүктесіндегі сұйықтық φ гравитациялық потенциалға тәуелділік функциясы ретінде көрсетіңіз. **(1 ұпай)**

Енді планетада әсер ететін сұйықтық қысымының күшін табайық.

C.2. Планета $\vec{r_1}$, ядро $\vec{r_2}$ орталығынан және ығысуы $\vec{x}$ функциясы ретінде ядроның ішіндегі гравитациялық потенциалды табыңыз **(2 ұпай)**

C.3. Планетаның ядросына әсер ететін сұйықтық қысымының күшін табыңыз**. (1.5 ұпай)**

Бөлім D. Планета ядросының қозғалысын анықтау. (1.5 ұпай)

Енді біз планетаның ядросы үшін қозғалыс теңдеуін анықтауға тырысамыз.

D.1. Планета ядросының кіші тербелістерінің жиілігін табыңыз. Мантия тығыздығы $\rho_m = 4{,}8\ \text{г/см}^3$, ал ядро тығыздығын $\rho = 12{,}7\ \text{г/см}^3$ деп қарастырыңыздар. **(1.5 ұпай)**

Есеп авторы: Ерсултан Пітебай.