

**Физика пәні бойынша**  
**Beyond Olympiad #2**  
**тапсырмалар жиынтығы**  
10-12 сыныптар  
27 ақпан 2022

## ОЛИМПИАДА РЕГЛАМЕНТІ

---

Олимпиаданы орындауға 3 сағат беріледі. Олимпиаданың басталуы: 15:00 (Алматы уақыты), олимпиаданың аяқталуы – 18:00. Олимпиаданы аяқтағаннан кейін шешімдеріңізді [Gradescope](#) платформасы арқылы жіберу керек.

### Орындау және ресімдеу жөніндегі нұсқаулық:

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

- Әр тапсырманы жеке парақта ресімдеу;
- Парақтың жоғарғы жағына тапсырма нөмірін жазу, бірақ өз аты-жөніңізді, инициалдарыңызды немесе басқа жеке мәліметтеріңізді жазуға тыйым салынады;
- Егер тапсырманы шешу үшін бірнеше парақ қажет болса, онда парақтың соңына "(тапсырманың жалғасы келесі бетте)" жазу керек. 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 18:00-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](#) сайтына жүктеу керек. P536BW.

### Қатысушыға жадынама:

- Кеңсе заттарынан тек қана қарындаштар, қаламдар (ручка), өшіргіш, сызғыш, циркуль, бағдарламаланбайтын калькулятор рұқсат етіледі, ;
- Бөтен адамдардың көмегі мен қосымша әдебиетті, интернет-дереккөздерді және оқу құралдарын пайдалануға **қатаң тыйым салынады**;
- Академиялық адалдықты бұзу және көшіру әрекеттері [ask.bc-pf.org](#)-та бір жылдық мерзімге **банмен жазаланады**.

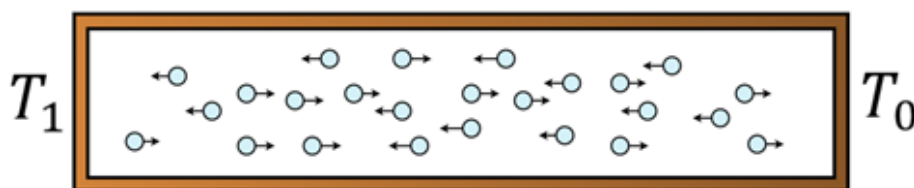
Нәтижелер 2022 жылдың 14 наурызына дейін жарияланады.

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

## 1 Қоспа (10 балл)

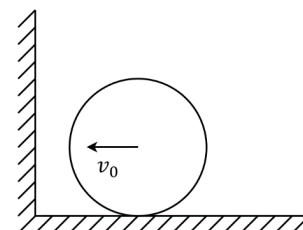
### 1А Жылу өткізгіш (4 балл)

Ұзындығы  $L = 20$  см болатын, қуыс мыс түтіктен тұратын, бір соңында температурасы  $T_1 = 27^\circ\text{C}$ , ал екінші соңында температурасы  $T_0 = 0^\circ\text{C}$  ұстанылатын жылу өткізгіштің прототипі ұсынылған. Түтіктің ішінде  $\nu = 7 \cdot 10^{-4}$  моль молярлы массасы  $\mu = 18\text{г/моль}$  болатын идеал газ бар. Түтіктің бір жағынан екінші жағына молекулалар қозғалып, соғылып, тиісті температураға дейін қызып не суи бастайды. Түтіктің ыстық соңынан суық соңына дейін жылу өткізгіштік қуаты  $P$  неге тең? Жылудың түтіктің жақтарынан қоршаған ортаға шығуын және молекулалардың түтік қабырғаларымен соқтығысын ескермеңіз; бір өлшемді қозғалыс кезінде молекуланың  $T$  температурадағы орташа жылдамдығы  $v = \sqrt{\frac{RT}{2\mu}}$ -ға тең, универсал газ тұрақтысы  $R = 8.31 \frac{\text{Дж}}{\cdot\text{моль}}$ .



### 1В Сырғанап соқтығысу (3 балл)

$R$  радиусты жұқа қабырғалы цилиндр  $v_0$  жылдамдығымен сырғанап келеді. Жылдамдығы 2 есе төмендейтіндей етіп, өрескел қабырғаға соғылады. Соққыдан кейін цилиндрдің  $\omega$  бұрыштық жылдамдығын және бағытын табыңыз. Цилиндр беті мен қабырға арасындағы үйкеліс коэффициенті  $\mu = 0.6$ .



### 1С Оптоталшық (3 балл)

Қазіргі таңда жарықтың арқасында электр энергиясының орнына сигнал тарататын оптикалық кабельдер кеңінен таралған. Жарық кабельдердің ішінде таралып, қырларымен толық шағылысудан сигналдың жоғалмауын қамтамасыз етеді.

Оптоталшықты кабельдің сыну көрсеткіші  $n$ , ұшы арқылы түсу бұрышы  $\alpha$  болатын ұзын цилиндр ретінде қарастырсақ болады.  $\alpha$  қандай мәнінде жарық сигналды жоғалтпай таралады? Барлық ықтимал жарықты қабылдау үшін сыну көрсеткіш  $n$  неге тең болу қажет?

## 2 Минималды энергия (10 балл)

Өздеріңіз білетіндей, біз білетін барлық табиғат заңдарында негізгі қағида бар: жүйенің энергиясы мүмкін болатын ең төменгі мәнге ұмтылады. Мұны келесі тапсырмаларда қарастырайық:

### А бөлімі (4 балл)

Ішкі бұрышы  $2\alpha$  болатын тегіс конустың ішінде массасы  $m$  шар бар. Конус  $\omega$  бұрыштық жылдамдығымен айналып тұр. Қандай  $h_0$  биіктігінде шар тұрақты күйде болады?

Шарға центрифугалық күш әсер ететіндіктен, оның «потенциалды энергиясы»

$$E_{\text{ц}} = -\frac{m\omega^2 r^2}{2}$$

мұндағы  $r$ -айналу осіне дейінгі қашықтық, ал минус белгісі күш бағытын көрсетеді. Бұл позицияда шардың жалпы потенциалдық энергиясы минималды екенін көрсетіңіз.

*Математикалық көмек: егерде  $f(x)$  функциясы  $f(x) = ax^2 + bx + c$  түріне келтіріле алса, оның минимал мәні келесі -те орындалады.*

$$x = -\frac{b}{2a}$$

### В бөлімі (3 балл)

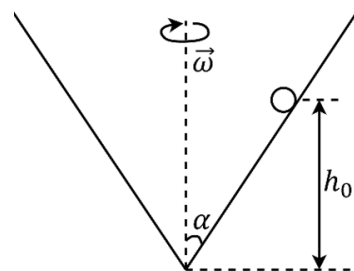
Массасы  $M$  радиусы  $R$  болатын планетаның төменгі дөңгелек орбитасына жіберілген спутниктің  $E_0$  толық механикалық энергиясы неге тең? Планетаның тартылысынан шығу үшін спутниктің  $E_1$  минимал толық энергиясын табыңыз? Шексіздікте спутниктің потенциалды энергиясы нөлге тең деп қарастырыңыз, гравитация тұрақтысы  $G$ -ге тең. (3 балл)

### С бөлімі (3 балл)

Микроскопиялық масштабта да минимум энергия принципі кездеседі; кейбір молекулалардың бір-бірімен әрекеттесуін қарастырайық. Олардың әрекеттесу энергиясы күрделі болғанымен, төмендегі теңдеумен жақсы сипатталады.

$$U(r) = \frac{a}{r^{12}} - \frac{b}{r^6},$$

$a$  және  $b$  – оң берілген тұрақтылар.



Қандай  $r_0$  қашықтықта осы молекулалар тұрақты күйде болады?  $U(r)$  графигінің үлгісін салыңыз және  $r_0$  графикте көрсетіңіз. (3 балл)

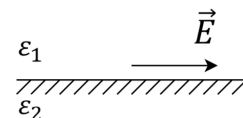
### 3 Электрлік керу күштері. (10 балл)

Олимпиадалық физикада конденсаторлар туралы есептер жиі таралып, оларды шешуде оқушылар көбінесе энергия тәсілін қолданады. Осы есепті шешу үшін сіз энергия тәсілін ғана емес, кеңістіктің гетерогенділігінің арқасында туындайтын Максвеллдың электрлік керу күштерін де қолданасыз. Электр тұрақтысы  $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

$S$  ауданды пластиналардың арасындағы  $d$  қашықтықты өткізу коэффициенті  $\varepsilon$  болатын диэлектрикпен толықтай толтырылған конденсаторды қарастырайық. Конденсаторды тұрақты  $U$  кернеу көзіне жалғады.

1. Конденсатордың  $C$  сыйымдылығын өрнектеңіз. Пластиналар арасында  $E$  электр өрісін табыңыз? (1 балл)
2. Конденсатордың  $W$  энергиясы неге тең? Сонымен қатар, электр энергиясының  $u$  тығыздығын, яғни бірлік көлемдегі конденсатор энергиясын, өрнектеңіз. Осы  $u$  тығыздықты  $E$  арқылы көрсетіңіз. (2 балл). *Алынған өрнек жалпы жағдайда электр өрісінің энергиясы үшін де жарамды.*
3. Керу күштерінің пайда болуы жұмыс істеу бойынша энергияның өзгеруіне әкелетіндіктен, келесі мәселені қарастырайық. Конденсатордың ені  $b$ . Диэлектрикті конденсатордың ішіне тұрақты  $v$  жылдамдығымен тартып жатыр. Конденсатордың электр энергиясының  $\Delta W/\Delta t$  өзгеру қарқыны неге тең? (3 балл)

Егер екі диэлектриктің арасында шекара болса, онда  $u$  энергиясының тығыздығы күрт өзгеріп, кернеу күштерінің пайда болуына себеп болады



4. Екі диэлектриктардың арасындағы шекарада аудан бірлігіне есептелген перпендикуляр бағытталған  $p$  керу күші пайда болады. Энергиялық тәсілмен шекараның кішкене жылжуын қарастыра отырып,  $p$  керілуін табыңыз?  $E$  берілген, Егер  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ ,  $p$  қалай бағытталған? (2 балл)
5.  $U = 48$  В кернеу көзіне қосылған диэлектриксіз, пластиналар арасындағы қашықтығы  $d = 1$  мм болатын конденсатор суға ішінара батырылды (су тығыздығы  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, өткізу коэффициенті  $\varepsilon = 81$ ). Су қандай биіктікке көтеріледі? Еркін құлау үдеуі  $g = 9.8$  м/с<sup>2</sup>, капиллярлы және шекті эффектерді ескермеңіз. (2 балл)