

**Організація, проведення, результати  
II, III та IV етапів  
Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
(2017-2018 н.р., Сумська область)**

Інформаційно-аналітичний бюлетень

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Комунального закладу Сумський обласний інститут післядипломної  
педагогічної освіти \_\_\_\_\_ .2018 р., протокол № \_\_\_\_.*

Рецензенти:

Ю.А. Зимак – доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики,  
директор центру доуніверситетської освіти Сумського  
державного університету, кандидат технічних наук;  
С.П. Лабудько – старший викладач кафедри освітніх та інформаційних  
технологій Сумського ОІППО.

Укладач:

В.М. Карпуша – методист фізики та астрономії Сумського ОІППО.

Організація, проведення, результати II, III та IV етапів Всеукраїнської  
учнівської олімпіади з фізики (2017-2018 н.р., Сумська область):  
інформаційно-аналітичний бюлетень / уклад. В.М. Карпуша. – Суми: НВВ  
СОІППО, 2018. – 60 с.

Інформаційно-аналітичний бюлетень містить умови організації та  
проведення, завдання, їх розв'язки, звітні аналітичні матеріали проведення  
II, III та IV етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики.

Бюлетень рекомендується методистам районних (міських) відділів  
(управлінь) освіти для використання в роботі як інформаційний матеріал та  
зразок оформлення відповідної документації, а також учителям  
фізики – для підготовки учнів до II-IV етапів олімпіади.

© НВВ СОІППО, 2018

Передмова . . . . .	4
1. Методичні рекомендації щодо підготовки учнів до участі в II етапі Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році та його проведення. . . . .	5
2. Завдання та розв'язки II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	7
3. III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	15
3.1. Склад журі III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році. . . . .	15
3.2. Завдання та розв'язки теоретичного туру III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	17
3.3. Завдання та розв'язки експериментального туру III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	42
4. Звіт про проведення I, II, III етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики у 2017-2018 навчальному році . . . . .	47
4. Аналітичний звіт про проведення III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	48
5. Список учнів-переможців III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	50
6. Список учителів, які підготували переможців III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році . . . . .	52
7. Річний та загальний рейтинг команд Сумської області III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики . . . . .	54
9. Заявка на участь команди Сумської області у IV етапі Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики в 2017-2018 навчальному році . . . . .	55
10 Довідка про результати участі команди Сумської області у LV Всеукраїнській олімпіади з фізики. . . . .	57
11 Методичні рекомендації щодо підготовки учнів до участі в теоретичному турі IV етапі Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики . . . . .	58

## Передмова

Обдаровані діти – майбутній цвіт нації, інтелектуальна еліта, гордість і честь України, її світовий авторитет, а тому перед кожним педагогічним колективом, вчителем стоїть завдання забезпечити формування інтелектуального потенціалу нації шляхом створення оптимальних умов для всебічного розвитку обдарованої молоді. Однією з ефективних форм практичної реалізації даного завдання є Всеукраїнські учнівські олімпіади.

У 2017-2018 навчальному році відбулася LV Всеукраїнська олімпіада з фізики, IV етап якої проходив у місті Суми. Команда Сумської області у складі 4-х учнів виборола два призових місця, що свідчить про систематичну та цілеспрямовану роботу із здібними та обдарованими учнями.

Підготовка до участі в олімпіаді з фізики – важлива складова навчально-виховного процесу, що сприяє не тільки підвищенню зацікавленості у навчанні, але й формуванню важливих інтелектуальних та загальнонавчальних умінь: аналізувати, узагальнювати та систематизувати фактичний і теоретичний матеріал, працювати з різними інформаційними джерелами, формулювати відповідь на запитання проблемного характеру, встановлювати внутрішні та міжпредметні зв'язки, конкретизувати набуті знання, логічно й послідовно викладати свою думку.

Здійснюючи педагогічний супровід підготовки до різних етапів олімпіади учитель розробляє своєрідну стратегію збагачення, яка дає дитині змогу в середовищі своїх однолітків розвивати інтелектуальні здібності на відповідному рівні. Складовими такої стратегії є навчальні ситуації, які максимально навантажують провідну здібність обдарованої дитини, розробка спеціальних навчальних індивідуальних програм, орієнтованих схем-планів індивідуального освітнього маршруту учня, тобто своєрідних траєкторій руху обдарованої дитини до успіху.

Працюючи з обдарованими дітьми, вчитель створює необхідні дидактичні умови, які включають своєчасну діагностику знань, розробку системи творчих завдань, визначення витрат часу на опанування певного розділу фізики.

Пропонований бюлетень зорієнтований на поглиблення знань учнів закладів загальної середньої освіти, які проявляють інтерес до вивчення фізики, а також для орієнтації вчителів та методистів у роботі з обдарованими та талановитими учнями.

Бюлетень може бути використаний учнями та вчителями для аудиторних та самостійних занять під час підготовки до олімпіад з фізики, для організації факультативів та гурткової роботи з учнями.

**Методичні рекомендації  
щодо проведення II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з  
фізики  
у 2017 – 2018 навчальному році**

Документом, що визначає мету, завдання, структуру, технологію проведення Всеукраїнських олімпіад є Положення про Всеукраїнські учнівські олімпіади, турніри, конкурси з навчальних предметів, конкурси-захисти науково-дослідницьких робіт, олімпіади зі спеціальних дисциплін та конкурси фахової майстерності (наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 22.09.2011 № 1099), яким повинні керуватися оргкомітети та журі під час проведення II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики у 2017 – 2018 навчальному році.

*Інструктивні рекомендації щодо проведення  
II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
у 2017 – 2018 навчальному році*

1. У II етапі Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики беруть участь учні 7-11 класів, що стали переможцями I етапу.
2. Час на виконання завдань з фізики для учнів 7-го класу – 2 години (120 хвилин), 8-11 класів – 3 години (180 хвилин).
3. Оргкомітетами забезпечуються однакові умови виконання запропонованих завдань для всіх учасників та дотримання однакових вимог при перевірці робіт.
4. Звертаємо увагу, що коректування змісту завдань неприпустиме. Завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики (відповідно до Положення про Всеукраїнські учнівські олімпіади, турніри, конкурси з навчальних предметів, конкурси-захисти науково-дослідницьких робіт, олімпіади зі спеціальних дисциплін та конкурси фахової майстерності), розроблені Сумським інститутом післядипломної педагогічної освіти та є його інтелектуальною власністю.
5. Оргкомітетами здійснюються всі необхідні заходи щодо забезпечення секретності змісту завдань та публічного оголошення тексту завдань.
6. Зміст завдань копіюється індивідуально для кожного учня (з розрахунку: по 1 аркушу формату А-4 (7, 8, 9, 10, 11 класи) та оприлюднюються безпосередньо перед початком олімпіади.
7. Під час виконання завдань не дозволяється користуватися довідковою літературою, таблицями. В процесі обчислення учні можуть використовувати калькулятори.
8. Для виконання завдань кожен учень на початок олімпіади повинен мати: ручку, олівець, лінійку, гумку.
9. При виконанні письмових робіт, які підлягають шифруванню, забороняється використання будь-яких позначок, різних кольорів написання, які сприяли б дешифруванню роботи.
10. Журі перевіряє тільки завдання, що записані в чистовик учасника олімпіади. Чернетка членами журі не розглядається.

11. Перед початком змагання оргкомітет повідомляє учасників про строки подання апеляцій.

*Критерії оцінювання завдань  
II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
у 2017 – 2018 навчальному році*

При оцінюванні завдань олімпіадних робіт з фізики: максимальна оцінка за кожне правильно розв'язане завдання – 5 балів, максимальна кількість балів, яку може отримати учасник II етапу олімпіади з фізики – 20 балів (8-11 клас), 15 (7 клас).

*Методичні рекомендації щодо підготовки учнів  
до II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
у 2017 – 2018 навчальному році*

Для успішного виконання завдань на момент проведення II етапу олімпіади учні повинні опрацювати:

Клас	
7	За програмою 7-го класу: розділи «Фізика як природнича наука. Пізнання природи», «Механічний рух» (крім знань про механічні коливання)
8	За програмою 7-го класу: розділи «Фізика як природнича наука. Пізнання природи», «Механічний рух», «Взаємодія тіл. Сила», «Механічна робота та енергія». За програмою 8-го класу: розділ «Теплові явища. Теплові машини і механізми» (крім знань про згорання палива та принцип дії теплових двигунів)
9	За програмою 7-го класу: розділи «Фізика як природнича наука. Пізнання природи», «Механічний рух», «Взаємодія тіл. Сила», «Механічна робота та енергія». За програмою 8-го класу: розділи «Теплові явища», «Електричні явища. Електричний струм». За програмою 9-го класу: розділи «Магнітне поле», «Світлові явища» (до теми «Заломлення світла на межі поділу двох середовищ»).
10	Знання за програмою основної школи (7-9 клас) За програмою 10-го класу: механіка: розділи «Кінематика», «Динаміка» (крім знань про рух рідин та умови рівноваги тіла).
11	Знання за програмою основної школи (7-9 клас). За програмою 10-го класу: механіка: розділи «Кінематика», «Динаміка», «Закони збереження в механіці», «Механічні коливання та хвилі», «Релятивістська механіка». молекулярна фізики та термодинаміка: розділи «Властивості газів, рідин, твердих тіл», «Основи термодинаміки». За програмою 11-го класу: електродинаміка: розділи «Електричне поле», «Електричний струм» (крім знань про електричний струм у напівпровідниках та вакуумі).

**Завдання та розв'язки**  
**II етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики**  
**в 2017 – 2018 навчальному році**

Задача 1 (7 клас)

Артем грався на піщаному березі річки. Він штовхнув м'яч та полічив, що до зупинки без проковзування той зробив 20 обертів. Потім хлопчик виміряв слід, який залишив м'яч. Він мав довжину 15,7 м. Який діаметр Артемового м'яча?

Розв'язок

Довжину сліду м'яча  $l$  під час одного оберту можна розрахувати як

$$l = \frac{S}{n}, \quad (1)$$

де  $S$  – довжина сліду, який залишив м'яч на березі,  $n$  – кількість обертів.

Також довжина сліду м'яча під час одного оберту дорівнює довжині кола, яке утворюється тією частиною м'яча, яка дотикається до поверхні землі:  $l = \pi d$  (2).

Прирівняємо вирази (1) та (2):  $\frac{S}{n} = \pi d$ . Звідси  $d = \frac{S}{\pi n}$ .

$$d = \frac{15,7 \text{ м}}{3,14 \cdot 20} \approx 0,25 \text{ м}$$

Задача 2 (7 клас)

Супутники Марса Фобос і Деймос обертаються навколо нього в один бік. Але для спостерігача, що перебуває на Марсі, вони рухаються в протилежні боки. Чим зумовлений цей ефект?

Розв'язок

Період обертання одного із супутників менший за період добового обертання Марса, а період обертання другого супутника – більший.

Задача 3 (7 клас)

Спеліологи – вчені, які досліджують природні печери (їх походження, еволюцію, вік, склад мінералів, рух підземних вод, тваринний та рослинний світ, залишки давніх матеріальних культур, тощо).

Дослідники можуть спускатися в печери в два рази швидше й підійматися в два рази повільніше, ніж коли рухаються по горизонтальній ділянці печери з швидкістю 0,9 км/год. Зазвичай керівник спеліологів наймає серед місцевих жителів провідника, який повинен довести дослідників до входу в печеру, зустріти на її виході та повернути назад до місця зустрічі.

Одного разу спеліологи досліджували печеру в горах, яка мала план, зображений на малюнку. Поки спеліологи перебували в печері, провідник зі швидкістю 4 км/год перейшов від входу до виходу печери. Скільки часу він чекав дослідників на виході?

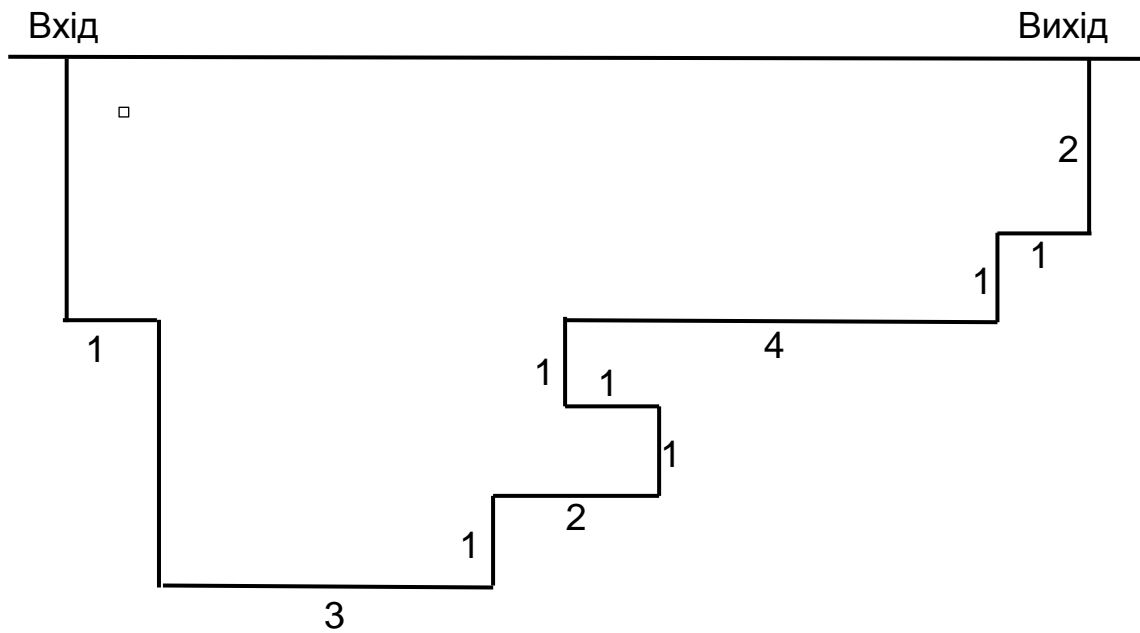


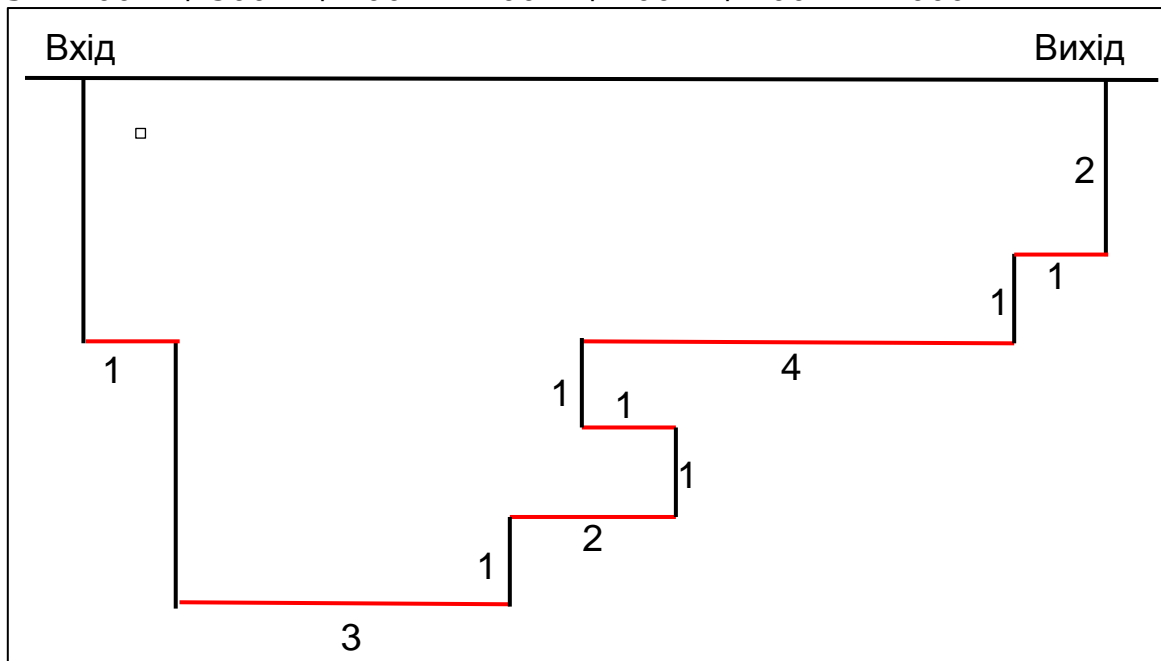
Схема печери:

Ділянки 1 мають протяжність 100 м, 2 – 200 м, 3 – 300 м, 4 – 400 м.

Розв'язок

Переміщення провідника, це довжина горизонтальних ділянок печери у напрямку від входу до виходу печери

$$S = 100 \text{ м} + 300 \text{ м} + 200 \text{ м} - 100 \text{ м} + 400 \text{ м} + 100 \text{ м} = 1000 \text{ м} = 1 \text{ км.}$$



Цю відстань провідник проходить за час

$$t_{\text{пр}} = \frac{S}{v} = \frac{1 \text{ км}}{4 \frac{\text{км}}{\text{год}}} = 0,25 \text{ год} = 15 \text{ хв.}$$

Щоб визначити час перебування спеліологів у печері, необхідно просумувати час їх спуску, підйому та руху по горизонтальних ділянках:

$$t_{\text{сп}} = \frac{S_{\text{спуск}}}{2v_{\text{гор}}} + \frac{S_{\text{підйому}}}{\frac{v_{\text{гор}}}{2}} + \frac{S_{\text{гор}}}{v_{\text{гор}}} = \frac{S_{\text{спуск}}}{2v_{\text{гор}}} + \frac{2S_{\text{підйому}}}{v_{\text{гор}}} + \frac{S_{\text{гор}}}{v_{\text{гор}}};$$



$$t_{\text{сп}} = \frac{600 \text{ м}}{2v_{\text{гор}}} + \frac{2 \cdot 600 \text{ м}}{v_{\text{гор}}} + \frac{1300 \text{ м}}{v_{\text{гор}}} = \frac{2100 \text{ м}}{v_{\text{гор}}} = \frac{2,1 \text{ км}}{0,9 \text{ км/год}} = 3 \text{ год.}$$

Отже, провідник чекав спеліологів 2 години 45 хвилин.

#### Задача 4 (8, 9 клас)

Після сильного граду допитливий учень вирішив визначити температуру градин. Для цього він зібрав 1 кг градин, засипав їх у дволітрову пляшку з-під води й долив до заповнення гарячою водою за температури  $97^\circ\text{C}$ . Після того, як лід розтанув, він знову виміряв температуру. Виявилось, що температура знизилася до  $3^\circ\text{C}$ . Якою була температура льоду? Теплообміном із довір'ям знехтувати. Питома теплоємність води  $c_{\text{В}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$ , льоду  $c_{\text{Л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}}$ , питома теплота плавлення льоду  $\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ , густина льоду  $\rho_{\text{Л}} = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

#### Розв'язок

Між льодом і водою відбувався теплообмін. Гаряча вода охолоджувалася від температури  $t_{\text{В}} = 97^\circ\text{C}$  до температури  $t = 3^\circ\text{C}$ . Кількість теплоти, яку віддала гаряча вода, дорівнює  $Q_{\text{В}} = c_{\text{В}}m_{\text{В}}(t_{\text{В}} - t)$  [1].

Масу гарячої води, яку долив хлопчик у пляшку, визначимо як  $m_{\text{В}} = \rho_{\text{В}}V_{\text{В}}$ .

Врахуємо, що об'єм долитої води – це різниця між об'ємом пляшки та об'ємом льоду  $V_{\text{Л}} = \frac{m_{\text{Л}}}{\rho_{\text{Л}}}$ . Тоді  $m_{\text{В}} = \rho_{\text{В}}V_{\text{В}} = \rho_{\text{В}}(V - V_{\text{Л}}) = \rho_{\text{В}}\left(V - \frac{m_{\text{Л}}}{\rho_{\text{Л}}}\right)$  [2].

Підставимо вираз [2] у вираз [1] і отримаємо, що

$$Q_{\text{В}} = c_{\text{В}}\rho_{\text{В}}\left(V - \frac{m_{\text{Л}}}{\rho_{\text{Л}}}\right)(t_{\text{В}} - t);$$

$$Q_{\text{В}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \left(2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - \frac{1 \text{ кг}}{900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}\right) (97^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) \approx 350933 \text{ Дж.}$$

З умови задачі видно, що лід градин розтанув та утворена з нього вода нагрілася від  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  до  $t = 3^\circ\text{C}$ . Загальна кількість теплоти для цих процесів:

$$Q = Q_{\text{пл}} + Q_{\text{Л}} = \lambda m_{\text{Л}} + c_{\text{В}}m_{\text{Л}}(t - t_0);$$

$$Q = 330 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 1 \text{ кг} + 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot (3^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 342600 \text{ Дж.}$$

Порівнявши  $Q_{\text{В}}$  та  $Q$ , стає очевидно, що лід отримав іще додаткову кількість теплоти  $Q_{\text{НЛ}} = Q_{\text{В}} - Q \approx 8333 \text{ Дж}$ . Отже, лід мав початкову температуру, меншу від температури його плавлення  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ , а кількість теплоти  $Q_{\text{НЛ}}$  витратилася на нагрівання льоду до температури плавлення.

Оскільки  $Q_{\text{НЛ}} = c_{\text{Л}}m_{\text{Л}}(t_0 - t_1)$ , де  $t_1$  – початкова температура льоду, то  $t_1 = t_0 - \frac{Q_{\text{НЛ}}}{c_{\text{Л}}m_{\text{Л}}} = 0^\circ\text{C} - \frac{8333 \text{ Дж}}{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 1 \text{ кг}} \approx -4^\circ\text{C}$ .

#### Задача 5 (8, 9 клас)

Підкинувши камінець, маса якого 1 кг, Олег приклав силу 40 Н на шляху 0,5 м. На яку висоту підніметься камінь після того, як відірветься від руки хлопця?

### Розв'язок

Підкидаючи камінь, Олег виконав механічну роботу  $A = FS$  [1], яка надала каменю повну механічну енергію рівну його кінетичній енергії:

$$A = W_k = \frac{mv^2}{2}.$$

Після відриву від руки Олега повна механічна енергія каменя зберігається, оскільки його швидкість не велика й силою опору повітря можна знехтувати. На висоті  $h$  повна механічна енергія каменя дорівнює потенціальній енергії  $W_{\text{п}} = mgh$ [2].

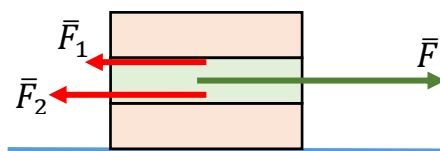
Прирівняємо вирази [1] та [2]:  $FS = mgh$ . Звідси  $h = \frac{FS}{mg}$ .

### Задача 6 (8 клас)

На робочому столі Івана гіркою лежали три книги, маса кожної з яких 200 г. Щоб витягнути другу книгу, Іван прикладав до неї силу 1,8 Н, не притискав і не підіймав верхню книгу, а лише її притримував. Який повинен бути мінімальний коефіцієнт тертя стола, щоб нижня книга не зрушила з місця? Усі поверхні книг однакові.

### Розв'язок

Розглянемо сили, які діють на другу книгу, коли Іван витягує її з гірки (мал. 1):  $\vec{F}$  – сила, з якою Іван витягував другу книгу,  $\vec{F}_1$  – сила тертя ковзання, між поверхнями першої та другої книг,  $\vec{F}_2$  – сила тертя ковзання, між поверхнями третьої та другої книг.



Мал. 1

Оскільки рух книги рівномірний, то  $F = F_1 + F_2$ .

Врахуємо, що  $F_1 = \mu N_1 = \mu mg$ ,  $F_2 = \mu N_2 = 2\mu mg$ .

Тоді  $F = \mu mg + 2\mu mg = 3\mu mg$ . Звідси  $\mu = \frac{F}{3mg}$  [1].

Розглянемо сили, які діють на третю книгу. Відповідно до III закону Ньютона на верхню поверхню третьої сили діє сила тертя ковзання  $F_2$ , але її напрямок протилежний, ніж при дії на нижню поверхню другої книги. Також на третю книгу буде діяти сила тертя спокою столу  $F_{\text{ст}}$  (мал.2).



Мал. 2

Ці дві сили урівноважені, оскільки третя книга зберігає стан спокою:

$$F_{\text{ст}} = F_2.$$

Врахуємо, що  $F_2 = \mu N_2 = 2\mu mg$ ,  $F_{\text{ст}} = \mu N_{\text{ст}} = 3\mu_{\text{ст}} mg$ .

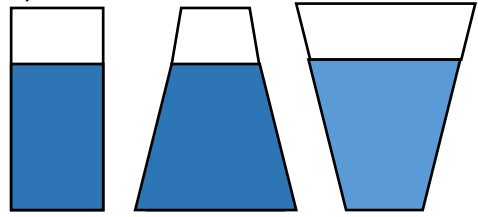
Тоді  $2\mu mg = 3\mu_{\text{ст}} mg$  або  $\mu_{\text{ст}} = \frac{2\mu}{3}$  [2].

Підставимо вираз [1] у вираз [2] та отримаємо, що

$$\mu_{\text{ст}} = \frac{2F}{9mg} = \frac{2 \cdot 1,8 \text{ Н}}{9 \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,2.$$

### Задача 7 (8 клас)

Як буде змінюватися тиск на дно трьох посудин різної форми за нагрівання води? Відповідь поясніть



#### Розв'язок

Гідростатичний тиск визначається висотою стовпчика рідини та її густиною. Якщо знехтувати тепловим розширенням посудини, тиск на дно першої посудини змінюватися не буде, незалежно від того, нагрівають воду чи охолоджують, оскільки вплив на тиск підвищення стовпчика води при нагріванні компенсується зменшенням її густини. У другій та третій посудинах у вертикальному напрямку на рідину крім сили тяжіння та сили реакції опори зі сторони дна, будуть діяти сили реакції опори зі сторони стінок посудини. У третій посудині стінки ніби підтримують воду, а у другій – навпаки, немов притискають її до дна. Якщо вважати, що початкова температура води перевищує  $4^\circ$ , то під час нагрівання рівень води збільшиться за рахунок зменшення її густини. У третій посудині додатковий об'єм води розподілиться по більшій площі, ніж площа дна, тому тиск на її дно зменшиться; у другій посудині, навпаки, додатковий об'єм розподілиться по меншій площі, що приведе до значного підвищення рівня води й збільшення тиску на дно посудини.

### Задача 8 (9, 10 клас)

Дві електричні лампи, які розраховані на однакову напругу, потужністю  $P_1 = 25$  Вт і  $P_2 = 200$  Вт увімкнуті послідовно в електричне коло. Яка з ламп горітиме яскравіше?

#### Розв'язок

Потужніша лампа має менший опір ( $R_2 = \frac{U^2}{P_2}$ ), а сила струму, що проходить через лампи, однакова. Із закону Джоуля-Ленца слідує, що  $P'_1 = I^2 R_1$ ,  $P'_2 = I^2 R_2$ . Тому менш потужна лампа горітиме яскравіше.

### Задача 9 (9 клас)

На аркуш картону рівномірно насипані металеві ошурки. Цей аркуш вносять у магнітне поле. Якщо легенько постукати по картону, то ошурки розмістяться в ланцюжки в напрямку силових ліній поля. Для чого необхідно постукувати по картону? Чому ошурки не просто орієнтуються по полю, а з'єднуються в ланцюжки?

#### Розв'язок

Постукувати треба, щоб змусити частинки рухатися. Поки частинки перебувають у спокої, магнітні сили не можуть подолати сили тертя спокою. За рахунок намагнічування частинки в повздовжньому напрямі, поле біля її кінців зростає. Це створює умови для з'єднання частинок в ланцюжок.

### Задача 10 (10 клас)

З якою швидкістю треба кинути вертикально вгору тіло, щоб воно пройшло шлях 100 м за час 6 с?

Розв'язок

Умова передбачає можливість трьох випадків руху.

По-перше, якщо тілу надана така початкова швидкість  $v_0$ , що воно пройде шлях  $S$ , не досягнувши максимальної висоти підйому  $H$ .

По-друге, тіло досягне максимальної висоти  $H$ , яка буде співпадати з шляхом  $S$ .

По-третьє, тіло досягне максимальної висоти  $H$ , яка менша шляху  $S$ . Тоді  $S = H + S_1$ , де  $S_1$  – шлях, пройдений тілом при русі вниз.

Оцінимо другий випадок. Визначимо початкову швидкість тіла:

$$v = v_0 - gt;$$

$0 = v_0 - gt \Rightarrow v_0 = gt \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 6 \text{ с} = 60 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Зясуємо, якою повинна бути висота при такій початковій швидкості:

$S = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \approx 60 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 6 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (6 \text{ с})^2}{2} = 180 \text{ м}$ . Отже, для другого випадку умови задачі не виконуються.

Тоді повинні реалізуватися перший та третій випадки.

$$\text{Для першого} - v_0 = \frac{S}{t} + \frac{gt}{2} = 47 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Для третього,  $H = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2}$ , де  $t_1$  – час підйому тіла, який можна розрахувати з формули швидкості  $0 = v_0 - gt_1 \Rightarrow v_0 = gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g}$

$$S_1 = \frac{gt_2^2}{2}, \text{ де } t_2 - \text{ час падіння тіла. Також } t_1 + t_2 = t.$$

Із записаних рівнянь знайдемо, що

$$v_{01} = \frac{gt + \sqrt{4gs - g^2 t^2}}{2} = 40 \text{ м}, \quad v_{02} = \frac{gt - \sqrt{4gs - g^2 t^2}}{2} = 20 \text{ м}.$$

Друга відповідь відповідає випадку, коли тіло в кінці шляху опиниться нижче точки кидання.

### Задача 11 (10, 11 клас)

Автомобіль, маса якого дорівнює 5 т, рушає з місця на підйомі з нахилом 0,02 і, рухаючись рівноприскорено, за 40 с проходить 200 м. Скільки бензину він витратить на цьому шляху, якщо ККД двигуна – 25 %, коефіцієнт опору – 0,02? Питома теплота згорання бензину -  $44000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ?

Розв'язок

$$\text{ККД двигуна } \eta = \frac{A_{\text{к}}}{A_{\text{п}}} = \frac{FS}{qm}, \text{ звідси } m = \frac{FS}{q\eta}.$$

$$\text{Сила тяги двигуна } F = Ma + Mg \sin \alpha + kMg \cos \alpha, \text{ де } \alpha = \frac{2S}{t^2} -$$

прискорення автомобіля. Тоді  $m = \frac{M(\frac{2S}{t^2} + g \sin \alpha + kg \cos \alpha)S}{q\eta} = 0,057 \text{ кг}$ .

### Задача 12 (10 клас)

Чи перебуватиме в стані невагомості космонавт, який здійснює міжпланетний переліт, рухаючись з другою космічною швидкістю?

Розв'язок

Так, якщо будуть вимкнені двигуни, оскільки в цей час корабель рухатиметься тільки під дією гравітації?

### Задача 13 (11 клас)

Рибалка, сидячи в човні, кидає камінь під кутом  $\alpha = 60^\circ$  до горизонту. Маса каменя  $m = 1$  кг, маса рибалки й човна  $M = 150$  кг, початкова швидкість каменя  $v_0 = 10 \frac{m}{c}$ . Визначити відстань між точкою падіння каменя та човном у момент, коли камінь доторкнувся до води. Тертя човна об воду не враховувати.

Розв'язок

Горизонтальна складова швидкості каменя дорівнює

$$v_k = v_0 \cos \alpha = 5 \frac{m}{c}.$$

Оскільки горизонтальна складова імпульсу системи зберігається, то  $Mv_q = mv_k$ , де  $v_q$  – швидкість човна. Отже,  $v_q = \frac{mv_k}{M} \approx 0,033 \frac{m}{c}$ . Час польоту каменя  $t = \frac{2v_0 \cos \alpha}{g} \approx 1,73$  с. Відстань між точкою падіння каменя і човном у момент падіння складається зі шляху, пройденого човном, та горизонтального переміщення каменя:

$$S = S_k + S_q = (v_k + v_q)t \approx 8,71 \text{ м.}$$

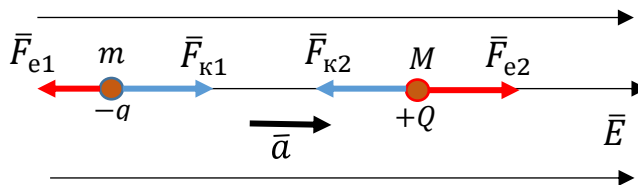
### Задача 14 (11 клас)

Точкові заряди  $-q$  та  $+Q$ , маси яких відповідно дорівнюють  $m$  і  $M$ , як одне ціле рухаються в однорідному електричному полі, напруженість якого  $E$  і направлена вздовж прямої, що сполучає заряди. Визначте відстань між зарядами.

Розв'язок

Заряди рухаються як одне ціле, якщо мають однакове прискорення  $a_1 = a_2 = a$ .

На кожен заряд діють сили однорідного електричного поля та сила Кулона



Оскільки  $F_{k1} = F_{k2} = \frac{kqQ}{r^2}$ , то за другим законом Ньютона для кожного з зарядів:

$$ma = \frac{kqQ}{r^2} - qE; Ma = QE - \frac{kqQ}{r^2}.$$

$$\text{Звідси, } r = \sqrt{\frac{kqQ(M+m)}{E(Mq+mQ)}}.$$

### Задача 15 (11 клас)

У який спосіб заряджений провідник може віддати весь свій заряд іншому провіднику?

#### Розв'язок

Необхідно заряджений провідник помістити всередину незарядженого провідника й доторкнутися до його внутрішньої стінки. Весь заряд перейде на зовнішню поверхню сферичного незарядженого провідника.

### 3. III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році

#### 3.1. Склад журі III етап Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році

Голова журі: Зимак Юрій Анатолійович, директор центру доуніверситетської освіти Сумського державного університету, доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики, кандидат технічних наук.

Заступник голови журі: Каленик Михайло Вікторович, в.о. декана фізико-математичного факультету, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка, кандидат педагогічних наук.

Секретар: Карпуша Валентина Михайлівна, методист з фізики та астрономії Сумського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти.

#### Члени журі:

- 1 Салтикова Алла Іванівна – доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка, кандидат фізико-математичних наук;
- 2 Кравченко Володимир Олексійович – доцент кафедри енергетики в АПК Сумського національного аграрного університету, кандидат фізико-математичних наук;
- 3 Коваль Віталій Вікторович – старший викладач кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, кандидат фізико-математичних наук;
- 4 Демків Олександр Степанович – учитель фізики вищої категорії класичної гімназії Сумської міської ради, старший учитель;
- 5 Донченко Віталій Іванович – учитель фізики I категорії Сумської обласної гімназії-інтернат для талановитих та творчо обдарованих дітей Сумської обласної ради;

- 6 Колесник Максим Миколайович – доцент кафедри прикладної математики та моделювання складних систем Сумського державного університету, кандидат фізико-математичних наук;
- 7 Мащенко Олександр Васильович – учитель фізики вищої категорії Косівщинської загальноосвітньої школи I-III ступенів Сумської районної ради, старший учитель;
- 8 Шпакова Лариса Миколаївна – учитель фізики вищої категорії Сумської спеціалізованої школи I-III ступенів № 17 м. Суми, старший учитель.
- Експерт-консультант: Нефедченко Василь Федорович, доцент кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики Сумського державного університету, кандидат фізико-математичних наук.

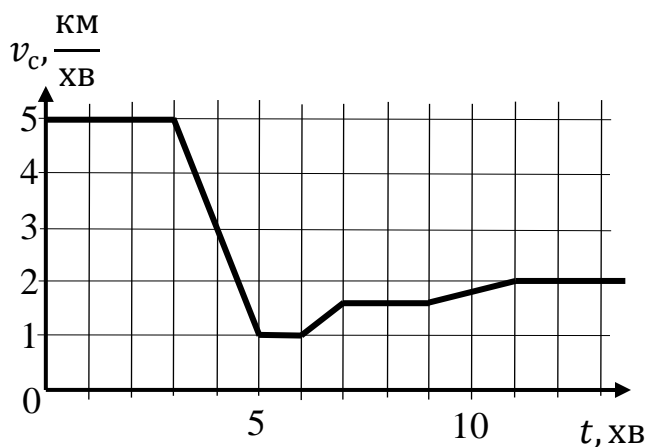


**Завдання та розв'язки теоретичного туру  
III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
в 2017 – 2018 навчальному році**

**Задача 1 (8 клас)**

**«GPS-спідометр».**

Винахідник випробовує на прямій дорозі свій новий автомобіль. Спідометр в його машині в кожний момент часу визначає за допомогою супутника відстань до точки старту й обчислює за цими даними середню швидкість автомобіля з моменту старту. На малюнку показано графік показів спідометра від часу під час випробувань. Винахідник хоче визначити, у який момент часу він знаходився на відстані  $L = 12$  км від місця старту.



**Розв'язок**

Графік у деякий момент часу показує значення середньої швидкості, тому повне переміщення автомобіля в цей час дорівнює  $S = v_c t$ , тобто достатньо перемножити координати графіка, щоб отримати значення переміщення.

Розглянемо рух на окремих ділянках та визначимо мінімальне та максимальне значення  $S$  на кожній з них.

Для наглядності подамо дані в таблиці:

Ділянка	Проміжок часу, $t$	мінімальне та максимальне значення переміщення, $S$
1-а	від 0 до 3 хвилин	від 0 до 15 км
2-а	від 3 до 5 хвилин	від 15 км до 5 км
3-я	від 5 до 6 хвилин	від 5 км до 6 км
4-а	від 6 до 7 хвилин	від 6 км до 10,5 км
5-а	від 7 до 9 хвилин	від 10,5 км до 13,5 км
6-а	від 9 до 11 хвилин	від 13,5 км до 22 км
7-а	від 11 до 13 хвилин	від 22 км до 26 км

Отже, на відстані 12 км від місця старту винахідник знаходився під час руху на першій, другій та п'ятій ділянках.

Щоб визначити моменти часу, скористаємося знову даними з графіка.

На першій ділянці середня швидкість була постійною  $5 \frac{\text{км}}{\text{хв}}$ , тому на відстані 12 км автомобіль винахідника знаходився в момент часу  $t = \frac{L}{v_c} = \frac{12 \text{ км}}{5 \frac{\text{км}}{\text{хв}}} = 2,4 \text{ хв}$ .

На другій ділянці, оцінимо положення (оскільки середня швидкість змінюється з часом), підбравши час та середню швидкість, й розрахуємо переміщення. Нехай  $t = 4 \text{ хв}$ . Даному моменту часу відповідає середня швидкість  $v_c = 3 \frac{\text{км}}{\text{хв}}$ . Тоді  $L = v_c t = 3 \frac{\text{км}}{\text{хв}} \cdot 4 \text{ хв} = 12 \text{ км}$ .

На п'ятій ділянці середня швидкість  $v_c = 1,5 \frac{\text{км}}{\text{хв}}$ . Тому  $t = \frac{L}{v_c} = \frac{12 \text{ км}}{1,5 \frac{\text{км}}{\text{хв}}} = 8 \text{ хв}$ .

Отже, винахідник знаходився на відстані  $L = 12 \text{ км}$  від місця старту через 2,4 хв, 4 хв та 8 хв.

№ з/п	Критерії оцінювання	Кількість балів
1	Аналіз руху за графіком середньої швидкості від часу.	3
2	Визначення ділянок, на яких винахідник знаходився на відстані 12 км від місця старту.	3
3	Розрахунок моменту часу в положенні 12 км від місця старту	4
	Усього	10

### **Методичний коментар.**

Кількість учнів, які розв'язали задачу повністю – 1; частково – 13.

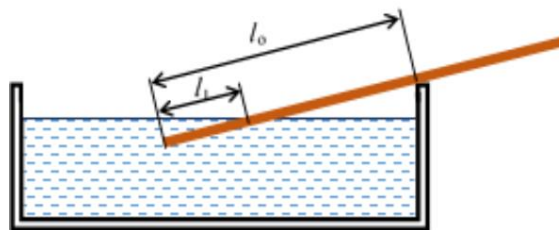
Дана задача є графічною та передбачає аналіз графіків руху. На відміну від графіків залежності миттєвої швидкості від часу, які наведені в чинних підручниках та збірниках задач з фізики для 7-го класу, у даній задачі використано графік залежності середньої швидкості від часу, що зробило дану задачу нестандартною для учнів 8-го класу.

Типовим шляхом розв'язування задачі учнями став не аналіз графіку, а підбір даних з нього. Тому учні не змогли оцінити мінімальне та максимальне переміщення на кожній ділянці руху та визначити 3 ділянки, на яких винахідник знаходився на відстані 12 км. В основному учні зосередилися на аналізі руху перших двох ділянок. Якщо визначення часу на відстані 12 км на першій ділянці не викликало труднощів у учнів, то під час розрахунків часу на другій ділянці учні не врахували, що графік надає значення середніх швидкостей, а не миттєвих. Тому визначали за значеннями швидкості другої ділянки середню швидкість. Окремі учні розраховували середню швидкість за формулою  $v_c = \frac{v_1 \cdot v_2}{v_1 + v_2}$ , де  $v_1$  та  $v_2$  – вважали миттєвими швидкостями на початку та вкінці другої ділянки. Дана формула використовувалася без виведення та пояснення її походження. Отже, ці учні не розуміють зміст поняття «середня швидкість».

## Задача 2 (8 клас)

### «Незвичайний ареометр»

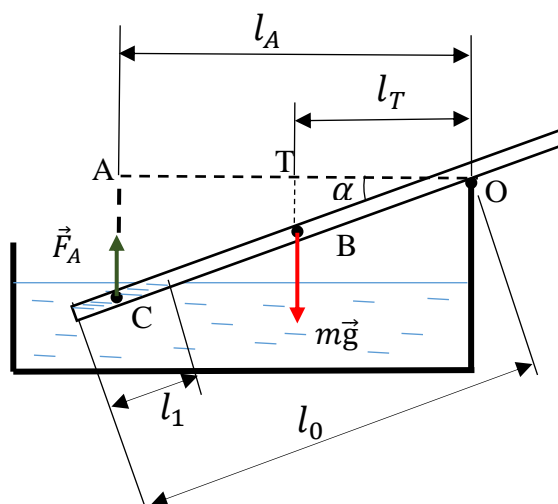
Широка посудина майже повністю заповнена водою. На стінку посудини учень кладе лінійку так, що вона спирається на стінку в точці під поділкою  $l_0 = 20$  см на шкалі лінійки (початок шкали співпадає з нижнім кінцем лінійки). Частина, яка знаходиться над поверхнею води переважає і занурюється у воду до відмітки  $l_1 = 6$  см. Учень здогадується, що таким чином можна вимірювати густину інших рідин, використовуючи відому густину води  $\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Визначте густину рідини, якщо так само покладена лінійка занурюється в неї до відмітки 5 см?



Розв'язок

Спочатку розглянемо випадок, коли в посудину налито воду.

На лінійку діють сила Архімеда  $\vec{F}_A$  та сила тяжіння  $\vec{F}_T$ . Точка прикладання сили Архімеда розміщена посередині зануреної у воду частини лінійки та направлена вгору. Точка прикладання сили тяжіння розміщена посередині лінійки та направлена вниз.



Лінійка спирається на край посудини в точці О й може обертатися навколо неї. Запишемо умову рівноваги лінійки відносно точки О:

$$F_A \cdot l_A = F_T \cdot l_T \quad (1).$$

Відношення плечей сил  $l_A$  та  $l_T$  визначимо із співвідношення сторін подібних трикутників  $\Delta AOC$  та  $\Delta TOB$ :

$$\frac{l_A}{l_T} = \frac{l_0 - \frac{l_1}{2}}{l_0 - \frac{l_1}{2}} = \frac{2l_0 - l_1}{2l_0 - l_1} \rightarrow l_A = l_T \cdot \frac{2l_0 - l_1}{2l_0 - l_1} \quad (2).$$

Сила тяжіння  $F_T = mg = \rho_L V_L g = \rho_L S l g$  (3), де  $S$  – площа поперечного перерізу лінійки.

Сила Архімеда, що діє на занурену частину лінійки

$$F_A = \rho_B g V = \rho_B g S l_1 \quad (4).$$

Підставимо вирази (2), (3) та (4) у вираз (1).

$$\rho_B g S l_1 l_T \cdot \frac{2l_0 - l_1}{2l_0 - l_1} = \rho_L S l g l_T \text{ або } \rho_B l_1 \cdot \frac{2l_0 - l_1}{2l_0 - l_1} = \rho_L l \quad (5).$$

Розглянемо випадок, коли в посудину налито невідому рідину, яка має невідому густину  $\rho$ .

Заміна рідини не впливає на ситуацію задачі, лише змінює довжину зануреної лінійки. Позначимо її  $l_2$ .

Міркуючи подібно до ситуації з водою в посудині, отримуємо вираз аналогічний виразу (5):

$$\rho l_2 \cdot \frac{2l_0 - l_2}{2l_0 - l} = \rho_l l \quad (6).$$

Очевидно, що ліві частини виразів (5) та (6) можна прирівняти:

$$\rho_B l_1 \cdot \frac{2l_0 - l_1}{2l_0 - l} = \rho l_2 \cdot \frac{2l_0 - l_2}{2l_0 - l}.$$

Звідси,  $\rho = \rho_B \frac{l_1(2l_0 - l_1)}{l_2(2l_0 - l_2)}$ .

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{0,06 \text{ м}(2 \cdot 0,2 \text{ м} - 0,06 \text{ м})}{0,05 \text{ м}(2 \cdot 0,2 \text{ м} - 0,05 \text{ м})} \approx 1166 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Невідома рідина може бути гліцерином або водним розчином кухонної солі, цукру, мідного купоросу.

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	На малюнку вказано точки прикладання та напрями векторів сили Архімеда та сили тяжіння. Зазначено вісь обертання лінійки. Вказані плечі сили тяжіння та сили Архімеда.	2
2.	Визначено довжину плеча сили тяжіння та плеча сили Архімеда	2
3.	Записана умова рівноваги лінійки у воді	2
4.	Записана умова рівноваги лінійки у невідомій рідині	2
5.	Виведена формула для розрахунку густини невідомої речовини	1
6.	Зроблено числові розрахунки та їх оцінка	1
	Усього	10

Методичний коментар.

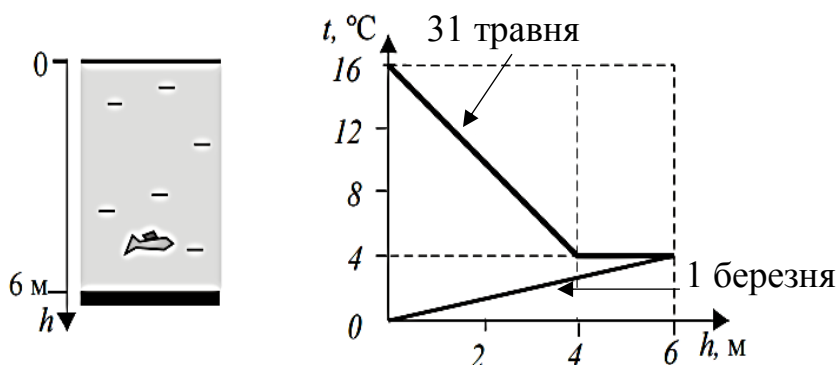
На відміну від типових задач для 7-го класу на застосування умови рівноваги важеля, у яких змодельована ситуація, де відсутня дія сили тяжіння, дана задача передбачає знаходження моменту цієї сили, а також моменту сили Архімеда, що теж робить розв'язок нестандартним для учнів 8-го класу. З метою визначення моментів цих сил учні успішно визначили вісь обертання лінійки, але не змогли вказати точки прикладання сил.

Окрім того, нетиповою для учнів є ситуація, коли плече та вектор сили утворюють кут відмінний від прямого. Лише ґрунтовне розуміння поняття «плече сили» дозволило 14 % учнів записати умову рівноваги лінійки та отримати формулу для визначення густини невідомої речовини. 71 % не змогли виконати задачу навіть частково.

### Задача 3 (8 клас)

#### «Весняне потепління».

На початку (1 березня о 0.00 годин) та вкінці (31 травня о 24.00) весни виміряли залежність температури води в озері від глибини (рис. 1).



Використовуючи дані графіка, визначте середню кількість теплоти, яку за одну добу отримує поверхня озера площею  $S = 1 \text{ м}^2$ . Густина води  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , питома теплоємність води  $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

Розв'язок

Варіант I

Спочатку визначимо кількість теплоти, яку отримує стовпчик води з площею основи  $S = 1 \text{ м}^2$  під час нагрівання від зимової до літньої температури, а потім розділимо отримане число на кількість діб ( $t = 92$  доби).

Оскільки температура стовпчика не постійна, а лінійно залежить від глибини, то для розрахунку кількості теплоти використаємо такий прийом: подумки «розмішаємо» воду у стовпчику й отримаємо однорідну рідину з постійною температурою, яка дорівнює середній арифметичній температурі стовпчика. Доказати це можна, використовуючи, наприклад, метод Гауса, коли змішуються однакові кількості рідин, які лежать на одній і тій же відстані вище та нижче середньої точки.

Стовпчик води висотою  $h_1 = 6 \text{ м}$  та площею основи  $S_0 = 1 \text{ м}^2$  при нагріванні від «зимової» температури до температури  $4^\circ\text{C}$  отримає кількість теплоти  $Q_1 = cm_1\Delta t_1$ , де маса рідини цього стовпчика  $m_1 = \rho h_1 S_0$ , середня температура напочатку весни  $t_3 = 2^\circ\text{C}$ , зміна температури нагрівання  $\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$ . Отже,  $Q_1 = c\rho h_1 S_0 \Delta t_1$ .

Стовпчик води висотою  $h_2 = 4 \text{ м}$  та площею основи  $S_0 = 1 \text{ м}^2$  при нагріванні від  $4^\circ\text{C}$  до «літньої» температури отримає кількість теплоти  $Q_2 = cm_2\Delta t_2$ , де маса рідини цього стовпчика  $m_2 = \rho h_2 S_0$ , середня температура вкінці весни  $t_{\text{л}} = 10^\circ\text{C}$ , зміна температури нагрівання  $\Delta t_2 = 6^\circ\text{C}$ . Отже,  $Q_2 = c\rho h_2 S_0 \Delta t_2$ .

Середня кількість теплоти, яку отримує поверхня рідини за одну добу:

$$Q_c = \frac{Q_1 + Q_2}{t} = \frac{c\rho S_0 (h_1 \Delta t_1 + h_2 \Delta t_2)}{t}$$

$$Q_c = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \text{ м}^2 (6 \text{ м} \cdot 2^\circ\text{C} + 4 \text{ м} \cdot 6^\circ\text{C})}{92 \text{ доби}} = 1,64 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{дїб} \cdot \text{м}^2}$$

## Варіант II

Оскільки температура води не постійна, то знаходимо середню температуру, яку б одержали при перемішуванні стовпчика води висотою  $h = 6$  м і площею  $S = 1$  м<sup>2</sup>.

Для 1 березня температура води зростає лінійно, тому середня температура стовпчика перемішаної води  $t_{c6}$  дорівнює середньому арифметичному значенню:

$$t_{c6} = \frac{0^{\circ}\text{C} + 4^{\circ}\text{C}}{2} = 2^{\circ}\text{C}.$$

Для 31 травня лише для глибини від 0 м до 4 м ( $h_1 = 4$  м) температура води змінюється лінійно, тому середня температура цієї частини стовпчика води  $t_{c1}$  складає  $t_{c1} = \frac{16^{\circ}\text{C} + 4^{\circ}\text{C}}{2} = 10^{\circ}\text{C}$ . Температура нижньої частини стовпчика води  $h_2 = 2$  м (з графіка – від 4 м до 6 м) дорівнює  $t_{c2} = 4^{\circ}\text{C}$ . Середню температуру всього стовпчика води  $t_{cT}$  знаходимо як температуру, одержану при змішуванні маси води  $m_1 = \rho Sh_1$  з температурою  $t_{c1} = 10^{\circ}\text{C}$  та маси води  $m_2 = \rho Sh_2$  з температурою  $t_{c2} = 4^{\circ}\text{C}$ :

$$t_{cT} = \frac{m_1 t_{c1} + m_2 t_{c2}}{m_1 + m_2} = \frac{\rho Sh_1 t_{c1} + \rho Sh_2 t_{c2}}{\rho Sh_1 + \rho Sh_2} = \frac{h_1 t_{c1} + h_2 t_{c2}}{h_1 + h_2}$$

$$t_{cT} = \frac{4 \text{ м} \cdot 10^{\circ}\text{C} + 2 \text{ м} \cdot 4^{\circ}\text{C}}{4 \text{ м} + 2 \text{ м}} = 8^{\circ}\text{C}$$

Кількість теплоти, яку отримує вода вибраного стовпчика за всю весну протягом  $\tau = 92$  доби:

$$Q = cm(t_{cT} - t_{c6}) = c\rho Sh(t_{cT} - t_{c6}).$$

Середня кількість теплоти, одержана водою за 1 добу:

$$Q_c = \frac{Q}{\tau} = \frac{c\rho Sh(t_{cT} - t_{c6})}{\tau};$$

$$Q_c = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 1 \text{ м}^2 \cdot 6 \text{ м} \cdot (8^{\circ}\text{C} - 2^{\circ}\text{C})}{92 \text{ доби}} \approx 1,64 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Застосовано формулу для розрахунку кількості теплоти	2
2.	Запропоновано метод розрахунку кількості теплоти для стовпчика із змінною температурою	4
3.	Виведено формулу для розрахунку кількості теплоти води із змінною температурою	3
4.	Зроблено числові розрахунки та їх оцінка	1
	Усього	10

Методичний коментар.

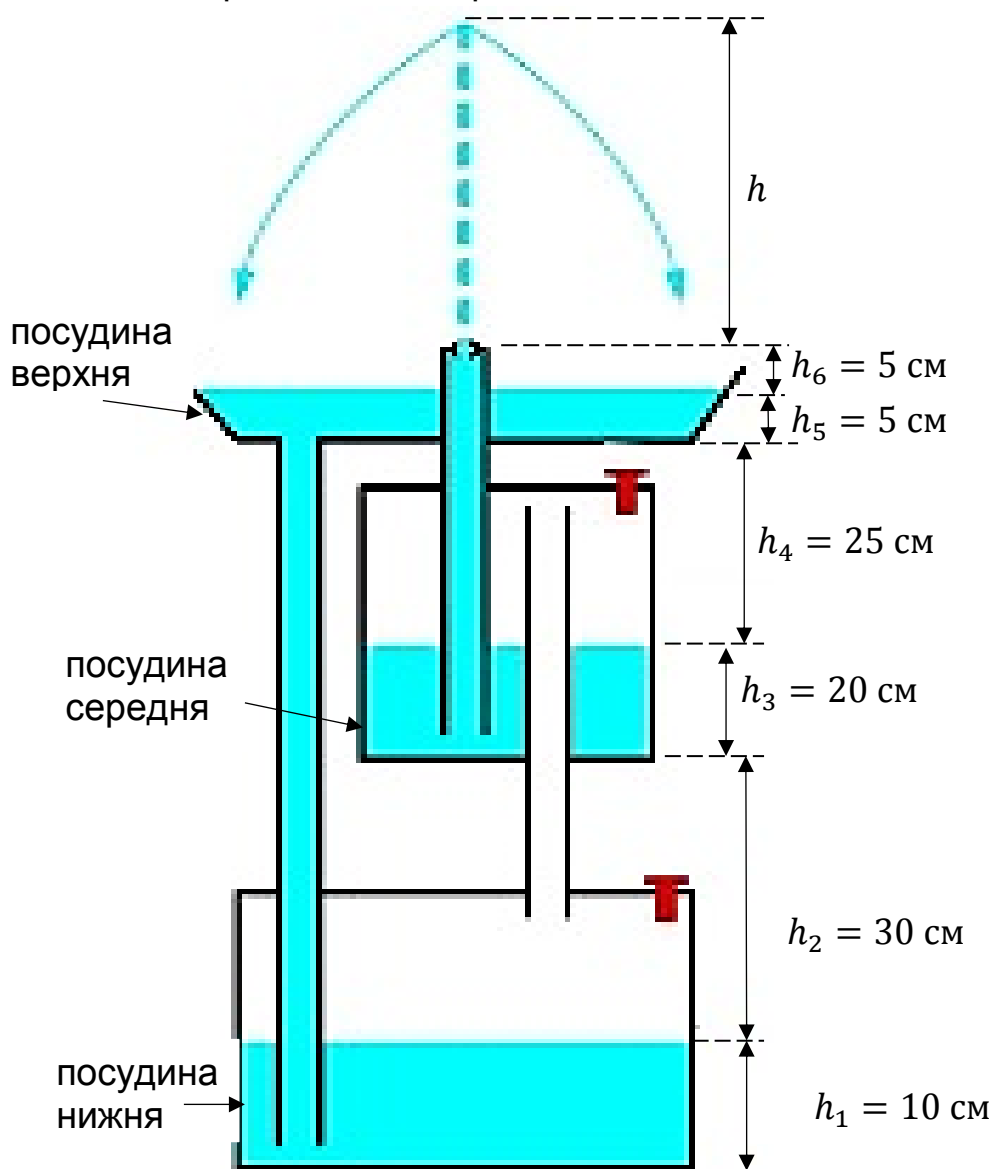
Програма з фізики 8 класу не передбачає аналіз ситуацій з розподілом температури в речовині, тому учні повинні були запропонувати метод розрахунку середньої кількості теплоти (або середньої температури) для

стовпчика рідини. Дану проблему частково вирішили 64 % учнів. Але лише 2 учня запропонували метод розрахунку середніх значень у травні місяці, коли нагрівається частина стовпчика води.

#### Задача 4 (8, 9 клас)

#### «Фонтан Герона»

На Всеукраїнському турнірі «Юних фізиків» у 2017 році в одній з задач пропонувалося дослідити властивості стародавнього кмітливого винаходу – фонтану Герона. Прилад складається з трьох посудин, розміщених одна під одною і сполучених між собою. Дві нижні посудини закриті, верхня – у формі чаші. Яка швидкість витікання води з сопла фонтану при параметрах, вказаних на рисунку? Як можна збільшити висоту струменя води в фонтані? Не враховувати в'язкість рідини та повітря.



#### Розв'язок

Струмінь води виходить з сопла фонтану під тиском, що утворюється в середній посудині. Цей тиск передається по трубці з повітрям, яка виходить

з нижньої посудини. Тиск повітря в нижній посудині встановлюється при втіканні в неї води з верхньої чаші. Тиск повітря в середній посудині дорівнює тиску в нижній та визначається різницею рівнів води у верхній чаші й нижній посудині:  $p = \rho g(h_2 + h_3 + h_4 + h_5)$ .

Якщо не враховувати в'язкість рідини та опір повітря, то струмінь підіймається на висоту, що дорівнює рівню води в посудині, з якої вона витікає, подібно до витікання води з сполучених посудин. Тому рівень верхівки струменя відносно рівня води в середній посудині дорівнює рівню води у чаші відносно рівня води у нижній посудині:

$$h + h_6 + h_5 + h_4 = h_5 + h_4 + h_3 + h_2.$$

$$\text{Отже, } h = h_3 + h_2 - h_6.$$

Далі застосуємо закон збереження енергії. Виділимо уявно невелику частину рідини масою  $\Delta m$ , що виходить із сопла з швидкістю  $v$ . Вона має кінетичну енергію  $E_k = \frac{\Delta m v^2}{2}$ , яка у верхній точці струменя перетворюється в потенціальну енергію  $E_{\text{п}} = \Delta m g h$ .

$$\text{Тоді } \frac{\Delta m v^2}{2} = \Delta m g h. \text{ Звідси } v = \sqrt{2g(h_3 + h_2 - h_6)}.$$

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \frac{v}{c^2} (0,2 \text{ м} + 0,3 \text{ м} - 0,05 \text{ м})} = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Для збільшення висоти струменя води необхідно збільшувати тиск у нижній посудині, підіймаючи верхню чашу, а також підіймати середню посудину ближче до верхньої чаші.

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Обгрунтовано принцип дії фонтана	3
2.	Виведена формула висоти струменя рідини	2
3.	Використано закон збереження енергії для виведення формули швидкості витікання рідини	2
4.	Зроблено обчислення та перевірено розмірність	1
5.	Здійснено аналіз залежності висоти струменя рідини та запропоновано спосіб збільшення висоти струменя води в фонтані	2
	Усього	10

Методичний коментар.

У шкільному курсі фізики 7-го класу представлені задачі на визначення напрямку перетікання рідини з однієї посудини в іншу в залежності від різниці гідростатичних тисків у посудинах, створених постійними стовпчиками рідин, а також задачі на встановлення тисків газів у балонах, приєднаних до колін сполучених посудин, наповнених рідиною. Дана задача передбачає застосування умінь, сформованих у зазначених ситуаціях, для пояснення дії незвичайної установки (фонтану Герона) як сполученої посудини, у якій відбувається перетікання рідини. Лише 17 % учнів 9-го класу повністю обгрунтували принцип дії фонтану та порівняли тиски рідин та газів у



посудинах фонтану, а 7 % учнів 8-го класу та 37,5 % учнів 9-го класу – частково.

Окрім того, необхідність застосування закону збереження енергії для потоку рідини ускладнює розв'язок задачі, адже типові задачі на застосування даного закону передбачають його використання для пояснення руху твердих тіл. Тому усі учні 8-го класу та більшість учнів 9-го класу тільки розмірковували над тим, як збільшити висоту струменя води у фонтані. Лише 12,5 % учнів 9-го класу правильно показали взаємозв'язок висоти струменя з швидкістю витікання води з його сопла та 8,3 % учнів запропонували спосіб збільшення висоти струменя води.

Максимальний бал, який отримали учні за розв'язок даної задачі, становив у 8-у класі – 7 балів, у 9-у класі – 8 балів.

### Задача 5 (9 клас)

#### «Розкручування циліндру».

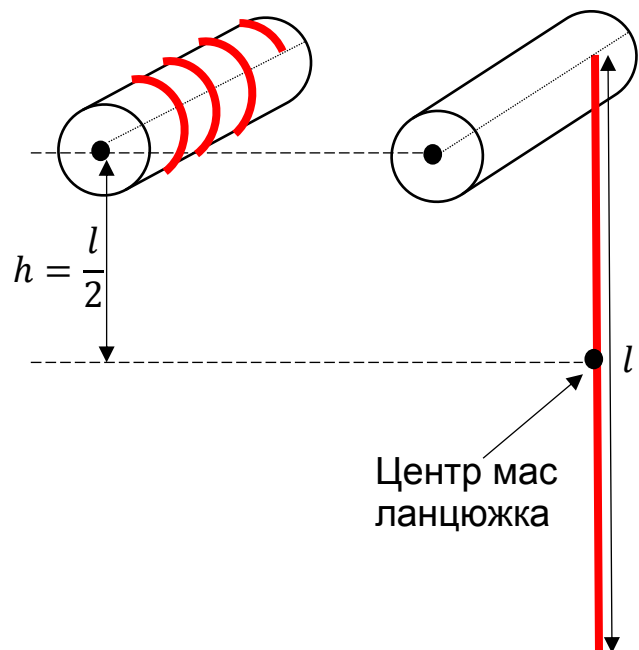
На тонкостінний циліндр радіусом 20 см масою 5 кг намотано 50 обертів тонкого ланцюжка. Циліндр тонкими невагомими спицями закріплений на горизонтальній осі, яка може обертатися без тертя на нерухомих опорах. Маса 1 метра ланцюжка 100 г. Від незначного зміщення рівновага системи порушується і ланцюжок починає розмотуватися. Якою буде частота обертання (кількість обертів за 1 с) циліндру в момент коли весь ланцюжок розмотається? Висота розташування циліндра більша за довжину ланцюжка.

#### Розв'язок

Довжина ланцюжка  $l$  перевищує радіус циліндра  $R$  більш ніж у 300 разів, тому положення початку та кінця ланцюжка не суттєві для аналізу ситуації. Нехай кінець ланцюжка знаходиться на рівні осі обертання циліндра.

При обертанні циліндра маса розмотаної частини ланцюжка зростає й на неї діє змінна сила тяжіння, тому будемо розглядати рух центра мас розмотаної частини ланцюжка.

Окрім того, оскільки за умовою задачі циліндр тонкостінний, то його можна представити як такий, що складається з окремих частин, які подібно «пазлам» утворюють циліндр. Ці частини при розкручуванні циліндра будуть рухатися по колам з однаковими радіусами та однаковими швидкостями  $v_{ц}$ . Також врахуємо, що швидкість обертання частин циліндра та швидкість поступального руху ланцюжка однакові:  $v_{ц} = v_{л} = v$ .



Застосуємо закон збереження енергії. За нульовий рівень потенціальної енергії ланцюжка приймемо положення центра мас розмотаного ланцюжка. Вісь циліндра знаходиться на висоті  $h = \frac{l}{2}$ .

Оскільки перед розмотуванням циліндр був нерухомий, то повна механічна енергія циліндра з мотузкою  $E_1$  дорівнювала потенціальній енергії системи:

$$E_1 = E_{кл} + E_{кц} = (m_{л} + m_{ц})gh = (m_{л} + m_{ц})g\frac{l}{2} \quad (1).$$

У момент, коли весь ланцюжок розмотається, повна механічна енергія системи  $E_2$  складатиметься з потенціальної енергії циліндра  $E_{пц}$  та кінетичних енергій ланцюжка  $E_{кл}$  та циліндра  $E_{кц}$ :

$$E_2 = E_{ккл} + E_{ккц} + E_{пц} = \frac{m_{л}v^2}{2} + \frac{m_{ц}v^2}{2} + m_{ц}g\frac{l}{2} \quad (2).$$

За умовою задачі циліндр обертається без тертя, тому повна механічна енергія системи зберігається й можна прирівняти вирази (1) та (2):

$$(m_{л} + m_{ц})g\frac{l}{2} = \frac{m_{л}v^2}{2} + \frac{m_{ц}v^2}{2} + m_{ц}g\frac{l}{2}.$$

Після математичних перетворень отримаємо:  $v = \sqrt{\frac{m_{л}gl}{m_{л}+m_{ц}}}$ .

Довжина та маса розмотаної частини ланцюжка  $l$  залежить від кількості обертів циліндра  $N$ :

$$l = 2\pi RN,$$

$$m_{л} = 2\pi RNm \quad (3), \text{ де } m - \text{ маса } 1 \text{ м ланцюжка.}$$

$$\text{Тому } v = \sqrt{\frac{m_{л}gl}{m_{л}+m_{ц}}} = \sqrt{\frac{2\pi RNm \cdot g \cdot 2\pi RN}{2\pi RNm + m_{ц}}} = 2\pi RN \sqrt{\frac{mg}{2\pi RNm + m_{ц}}} \quad (4).$$

$$\text{Швидкість обертання циліндра } v = 2\pi R\nu \rightarrow \nu = \frac{v}{2\pi R} \quad (5).$$

$$\text{Підставимо вираз (4) у (5): } \nu = \frac{2\pi RN \sqrt{\frac{mg}{2\pi RNm + m_{ц}}}}{2\pi R} = N \sqrt{\frac{mg}{2\pi RNm + m_{ц}}}.$$

$$\nu = 50 \sqrt{\frac{0,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}} \cdot 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 50 \cdot 0,1 \frac{\text{кг}}{\text{м}} + 5 \text{ кг}}} \approx 14,7 \text{ Гц.}$$

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Оцінена маса та довжина ланцюжка	2
2.	Здійснено аналіз руху та записано закон збереження енергії	3
3.	Отримана формула для швидкості	2
4.	Записана формула частоти обертання циліндра	2
5.	Здійснено розрахунки та перевірка розмірностей	1
	Усього	10

Методичний коментар.

Задача виявилася складною для учнів 9-го класу в багатьох аспектах. По-перше, розглядається нетипова для них ситуація нерівномірного обертання твердого тіла; по-друге, рух тіла під дією змінної сили тяжіння. Для успішного виконання задачі учні повинні знати поняття «центр мас» та застосувати закон збереження енергії для тіл, одне з яких рухається поступально та його центр мас має кінетичну енергію, а друге – обертається.

Оскільки на момент проведення III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики в Сумській області учні ознайомлені з законом збереження енергії лише для тіл з поступальним рухом, то вони навіть не передбачили, що циліндр має кінетичну енергію (окрім одного учня), та всі неправильно записали закон збереження енергії для наведеної в умові системи.

Також учні не врахували, що частота обертання циліндра зростає, і визначали частоту не через значення миттєвої швидкості обертання циліндра, а через кількість його обертів.

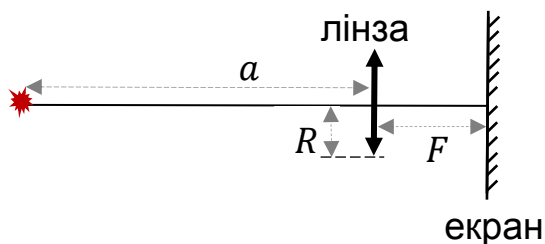
Окрім того, деякі учні допускали помилки в формулі довжини кола.

Максимальний бал, який отримали учні за розв'язок даної задачі, становив 6 бали.

### Задача 6 (9 клас)

#### «Тінь лінзи»

Збиральна тонка лінза з фокусною відстанню  $F$  освітлюється точковим джерелом, яке розташоване на головній оптичній осі на відстані  $d = 3F$  від лінзи. За лінзою в фокальній площині розміщено екран. Визначте площу тіні від лінзи на екрані. Лінза має форму круга радіусом  $R$ .



#### Розв'язок

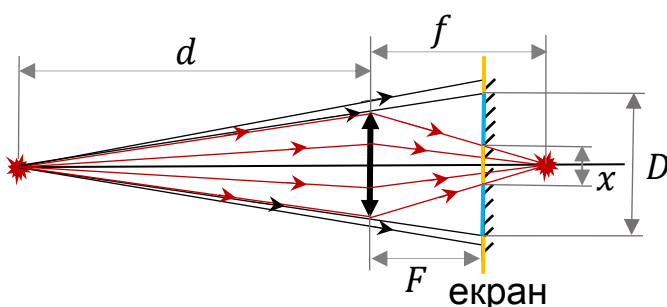


Рис. 1. Хід променів.

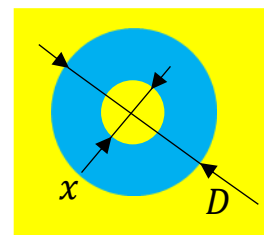


Рис. 2. Зображення на екрані

Побудуємо зображення точкового джерела (рис. 1).

Лінза створює дійсне зображення джерела за екраном на відстані  $f$  від лінзи, яку визначаємо за формулою тонкої лінзи:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \quad \rightarrow \quad f = \frac{F \cdot d}{d - F} = \frac{F \cdot 3F}{3F - F} = \frac{3F}{2} \quad (1).$$

На екрані утвориться темне кільце тіні (синього кольору на рис. 2), у центрі якого яскравий круг зображення джерела, утворений променями, які пройшли через лінзу, а зовні – освітлений екран променями, які пройшли за межами лінзи.

Щоб визначити площу кільця тіні, необхідно від площі зовнішнього круга тіні  $S_T$  відняти площу центрального яскравого круга зображення джерела  $S_L$ , утвореного лінзою:

$$S = S_T - S_L = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{x}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - x^2), \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр зовнішнього круга тіні,  $x$  – діаметр яскравого круга зображення джерела (рис. 2).

Діаметр зовнішнього круга тіні  $D$  визначимо з співвідношення сторін подібних трикутників, утворених променями, що пройшли повз лінзу:

$$\frac{d}{R} = \frac{d+F}{\frac{D}{2}} \quad \rightarrow \quad D = \frac{2R \cdot (d+F)}{d} = \frac{2R \cdot (3F+F)}{3F} = \frac{8R}{3}. \quad (3)$$

Діаметр яскравого круга зображення джерела  $x$  визначимо з співвідношення сторін подібних трикутників, утворених променями, що пройшли через лінзу:

$$\frac{f}{R} = \frac{f-F}{\frac{x}{2}} \quad \rightarrow \quad x = \frac{2R \cdot (f-F)}{f}.$$

Врахувавши вираз (1), отримаємо  $x = \frac{2R \cdot \left(\frac{3F}{2} - F\right)}{\frac{3F}{2}} = \frac{2R}{3}. \quad (4)$

Підставимо (3) та (4) у вираз (2):

$$S = \frac{\pi}{4} \left( \left(\frac{8R}{3}\right)^2 - \left(\frac{2R}{3}\right)^2 \right) = \frac{5\pi R^2}{3}.$$

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Побудовано зображення джерела, яке створює лінза	2
2.	Застосовано формулу тонкої лінзи для визначення відстані від лінзи до зображення	3
3.	Зроблено малюнок утвореної тіні та обгрунтовано спосіб визначення площі тіні	2
4.	Запропоновано спосіб розрахунку радіусів (або діаметрів) кільця та виведені формули	2
5.	Отримана робоча формула	1
	Усього	10

Методичний коментар.

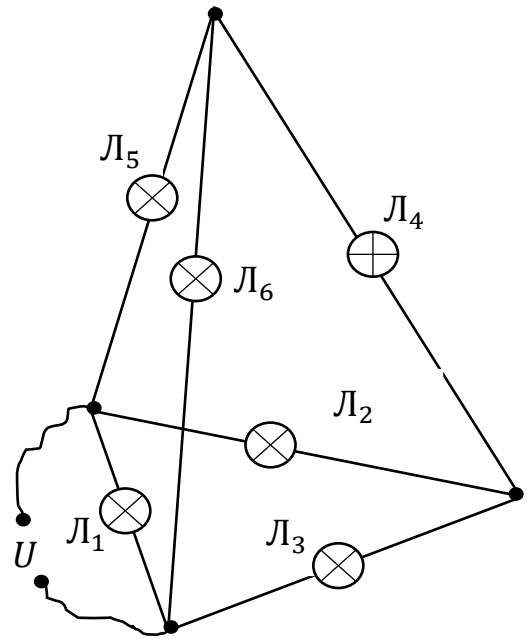
Задачу повністю розв'язали 16,7 % учнів 9-го класу та отримали максимальний бал (10 балів); частково – 83,3 % учнів.

Незважаючи на те, що фізична ситуація задачі є типовою, більшість учнів не зрозуміла процес утворення тіні за допомогою лінзи. Вони помилково вважали лінзу непрозорим тілом та продемонстрували утворення тіні подібно до ситуацій сонячного та місячного затемнень, які розглядаються в підручниках фізики 9-го класу.

### Задача 7 (9, 10 клас)

#### «Електропіраміда»

Електричне коло зібрано з відрізків провідників та лампочок у вигляді пірамідки (тетраедра) – по одній лампочці на кожному ребрі. Усі лампочки однакові й мають потужність 5 Вт при напрузі 12 В. З якою потужністю буде світити кожна лампочка, якщо до будь-яких двох вершин пірамідки підключити джерело напруги 12 В?



#### Розв'язок

Намалюємо еквівалентну схему електричного кола (рис. 1).

Оскільки лампочки  $L_2, L_3, L_5, L_6$  мають однакові опори, а електричне коло симетричне, то через лампочкам будуть проходити однакові струми й них будуть однакові напруги:  $I_2R = I_3R = I_5R = I_6R$ . Тому між точками А і В різниця потенціалів дорівнює нулю й струм через лампочку  $L_4$  проходити не буде. Лампочку  $L_4$  можна вилучити із схеми (рис. 2).

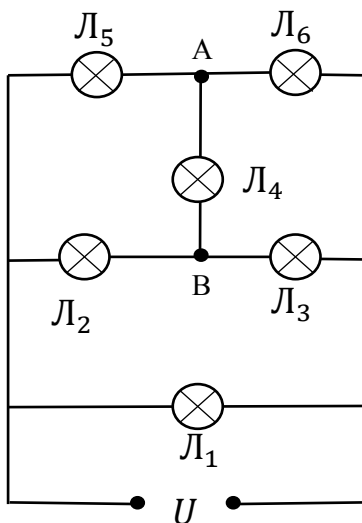


Рис. 1.

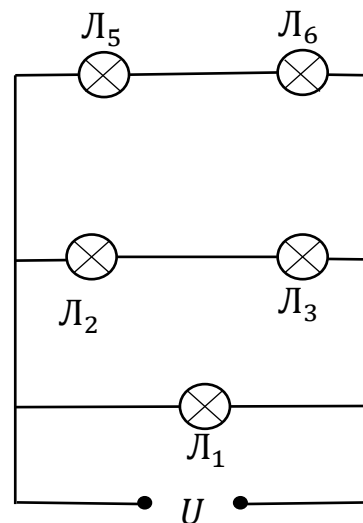


Рис. 2.

Отримуємо паралельне з'єднання трьох ділянок. На лампочці  $L_1$  напруга  $U = 12$  В, тому  $P_1 = P_H = \frac{U^2}{R} = 5$  Вт, тобто лампочка світить з номінальною потужністю.

На інших ділянках:  $U_2 = U_3 = \frac{U}{2}$ ,  $U_5 = U_6 = \frac{U}{2}$ .

Отже,  $P_2 = P_3 = P_6 = P_5 = \frac{\left(\frac{U}{2}\right)^2}{R} = \frac{U^2}{4 \cdot \left(\frac{U^2}{P_H}\right)} = \frac{U^2 \cdot P_H}{4U^2} = \frac{P_H}{4} = \frac{5 \text{ Вт}}{4} = 1,25$  Вт.

Відповідь:  $P_1 = 5$  Вт,  $P_2 = P_3 = P_6 = P_5 = 1,25$  Вт,  $P_4 = 0$ .

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Здійснено аналіз електричного кола та складена еквівалентна схема	4
2.	Здійснено аналіз еквівалентної схеми та визначено потужність на лампочці 1	2
3.	Виведено формулу потужності інших лампочок	2
4.	Зроблено числові розрахунки	2
	Усього	10

Методичний коментар.

Задача є комбінацією типових задач, які розглядаються в шкільному курсі фізики 9-го класу з теми «Електричний струм». Її розв'язок передбачає використання умінь оцінювати напругу на ділянках кола, складати та спрощувати еквівалентні схеми електричних кіл, застосовувати формулу потужності електричного струму. Тому дану задачу повністю виконали 12,5 % учнів 9-го класу та 43 % учнів 10-го класу.

Але, незважаючи на типовість ситуації задачі, учні допускали помилки у встановленні виду з'єднань елементів кола та як результат – у малюнку еквівалентної схеми. Тому задачу розв'язали частково 66,7 % учнів 9-го класу та 28,7 % учнів 10-го класу.

### Задача 8 (10 клас)

#### «Мотузка»

Розпрямлена мотузка лежить на горизонтальному столі перпендикулярно його краю. Частина мотузки звисає зі столу. Якщо частину, що звисає, повільно збільшити до  $\frac{1}{3}$  довжини мотузки, то мотузка почне зісковзувати зі столу. Якою буде швидкість мотузки в момент, коли вона повністю зісковзне з горизонтальної поверхні столу? Довжина мотузки менше висоти стола і дорівнює 72 см.

Розв'язок

На мотузку діє сила тяжіння і сила тертя – на частину мотузки, яка знаходиться на поверхні стола. На скругленні столу нехтуємо силою тертя. Позначимо масу одиниці довжини

мотузки  $m_0$ . Коли сила тяжіння, що діє на звисаючу частину досягає максимального значення тертя спокою, що діє на горизонтальну частину, мотузка починає зісковзувати:

$$\mu m_1 g = m_2 g;$$

$$\mu m_0 l_1 = m_0 l_1;$$

$$\mu \frac{2}{3} l = \frac{1}{3} l, \text{ де } l - \text{довжина мотузки, } \mu = 0,5.$$

Зміна потенціальної енергії мотузки дорівнює сумі кінетичної енергії, яку набуває мотузка, і роботі проти дії сили тертя:  $\Delta E_{\text{пот}} = E_{\text{кін}} + A_{\text{тертя}}$ .

Сила тертя  $F_T = \mu m_0 l_1 g$  змінюється пропорційно довжині горизонтальної частини мотузки, тому її середнє значення можна

знайти як середнє арифметичне  $(F_T)_{\text{сеп}} = \frac{F_{\text{мін}} + F_{\text{мак}}}{2} = \frac{\mu m_0 \frac{2}{3} l g}{2}$ , а

$$\text{робота } A_T = (F_T)_{\text{сеп}} \cdot \frac{2}{3} l = \frac{1}{2} \mu m_0 \cdot \frac{2}{3} l g \cdot \frac{2}{3} l = \frac{2}{9} \mu m_0 g l^2.$$

$$E_{\text{пот1}} = E_{\text{пот2}} + E_{\text{кін}} + A_{\text{тертя}},$$

$$m_0 \cdot \frac{2}{3} l g \cdot l + m_0 \cdot \frac{1}{3} l g \left( l - \frac{l}{6} \right) = m_0 l g \cdot \frac{l}{2} + \frac{m_0 l v^2}{2} + \frac{2}{9} \mu m_0 g l^2$$

(приймаємо за нульовий рівень потенціальної енергії рівень на  $l$  нижче поверхні стола).

$$l g \left( \frac{2}{3} + \frac{5}{18} - \frac{1}{2} - \frac{1}{9} \right) = \frac{1}{2} v^2;$$

$$\frac{6}{18} l g = \frac{1}{2} v^2;$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{3} l g} \approx 2,17 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Визначено коефіцієнт тертя	2
2.	Розраховано силу тертя	1
3.	Визначено роботу сили тертя	2
4.	Записано закон збереження енергії	4
5.	Зроблено математичні перетворення та виведена формула швидкості мотузки	1
	Усього	10

Методичний коментар.

У шкільному курсі фізики старшої школи передбачено ознайомлення з механічним рухом зв'язаних тіл під дією постійних сил тертя та тяжіння. Відповідно до умови даної задачі відбувається рух тіла під дією змінних сил,

величина яких залежать від довжини окремих частин тіла. Тому перша складність задачі – це уміння врахувати зміну сили тертя відповідно до довжини горизонтальної мотузки. Дану операцію виконали лише 29 % десятикласників. Решта – вважали, що сила тертя відсутня.

По-друге, 57 % учнів помилково розглядали рух мотузки як рівноприскорений, тому застосували не закон збереження енергії (як універсальний закон, що застосовується для будь-яких видів рухів), а II закон Ньютона, застосування якого за програмою фізики 10-го класу розглядається лише для рівноприскореного прямолінійного руху. Але навіть у даному варіанті розв'язку учні не змогли визначити переміщення центра мас мотузки.

Закон збереження енергії застосували 43 % учнів, а майже повністю задачу розв'язали 29 % учасників у паралелі 10-х класів.

### Задача 9 (10 клас)

#### «Зважування температури»

Металеву кульку підвішують до пружини, яка при цьому розтягується на  $x_0$ . Потім кульку занурюють у воду, в наслідок чого видовження пружини стає рівним  $x_1$ . Кульку охолоджують у спеціальній камері, а потім знову підвішують до тієї ж пружини й занурюють у воду, що має температуру  $0^\circ\text{C}$  (об'єм води значно більший за об'єм кульки). Видовження пружини поступово змінюється й стає рівним  $x_2$ . Визначте, до якої температури була охолоджена кулька. Теплообміном з оточуючим середовищем знехтувати. Густина води  $\rho_B$ , густина льоду  $\rho_L$ , питома теплоємність матеріалу кульки  $c$ , питома теплота плавлення льоду  $\lambda$ .

#### Розв'язок

Розглянемо сили, які діють на кульку в трьох випадках, описаних в умові задачі.

По-перше, на кульку, підвішену до пружини в повітрі, діють сила тяжіння  $m_K \vec{g}$  та сила пружності  $\vec{F}_{\text{пр}0}$ , які врівноважують одна одну (рис. 1):

$$m_K g = F_{\text{пр}0}. \text{ Звідси } m_K = \frac{F_{\text{пр}0}}{g} = \frac{kx_0}{g} \quad (1).$$

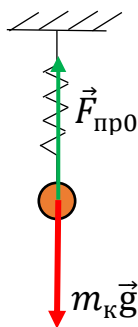


Рис. 1

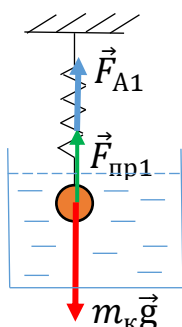


Рис. 2

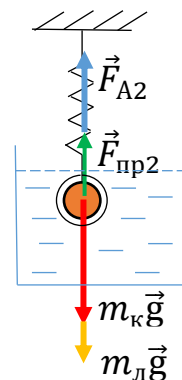


Рис. 3



У другій ситуації на кульку, занурену у воду, окрім сили тяжіння та сили пружності  $\vec{F}_{\text{пр1}}$  додатково виникає сила Архімеда  $\vec{F}_{\text{А1}}$ . Оскільки сили урівноважені, то  $m_{\text{к}}g = F_{\text{пр1}} + F_{\text{А1}}$  або  $m_{\text{к}}g = kx_1 + \rho_{\text{в}}gV_{\text{к}}$  (2).

У третій ситуації, коли охолоджену кульку занурюють у воду при  $0^\circ\text{C}$ , видовження пружини змінюється. Це означає, що кульку охолодили до температури, яка нижча від  $0^\circ\text{C}$  (для помітного зменшення видовження кульку необхідно охолодити значно нижче  $0^\circ\text{C}$ ). Тепер на кульці намерзає лід. Сила тяжіння льоду  $m_{\text{л}}g$  змінює величини сил, але оскільки усі вони знову врівноважуються, то  $m_{\text{к}}g + m_{\text{л}}g = kx_2 + \rho_{\text{в}}g(V_{\text{к}} + V_{\text{л}})$  (3).

Віднімемо рівняння (3) від (2):

$$-m_{\text{л}}g = -kx_2 + kx_1 - \rho_{\text{в}}gV_{\text{л}}$$

Врахуємо, що  $V_{\text{л}} = \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}}$ , та отримаємо після перетворень

$$m_{\text{л}} = \frac{k(x_1 - x_2)}{g\left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} - 1\right)} \quad (4).$$

Масу намерзлого льоду визначимо з рівняння теплового балансу:

$\lambda m_{\text{л}} = cm_{\text{к}}\Delta t$  або  $\lambda m_{\text{л}} = cm_{\text{к}}t$ , оскільки кінцева температура нагрівання охолодженої кульку у воді  $0^\circ\text{C}$ . Звідси  $t = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{cm_{\text{к}}}$  (5).

Підставимо вирази (1) та (4) у вираз (5):

$$t = \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{k(x_1 - x_2)}{g\left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} - 1\right)} \cdot \frac{g}{kx_0} = \frac{\lambda(x_1 - x_2)}{c\left(\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{л}}} - 1\right)x_0}$$

#### Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Визначено сили та їх рівнодійна для кульки в повітрі	1
2.	Визначено сили та їх рівнодійна для кульки у воді	2
3.	Записано рівняння теплового балансу для охолодженої кульки та води	2,5
4.	Визначено сили та їх рівнодійна для охолодженої кульки у воді	2,5
5.	Виведена робоча формула та визначено температуру охолодженої кульки	2
	Усього	10

#### Методичний коментар.

У задачі описано 3 ситуації, з яких 2 є стандартними та розглядаються в підручниках фізики 7 класу в темі «Сила Архімеда». Аналіз третьої ситуації передбачав виявлення зміни видовження пружини після охолодження кульки та процесу намерзання льоду на кульці. З цією підзадачею справилися всі учні, але один з них помилково вважав, що кристали льоду утворюються у воді.

Наступний крок – це складання рівняння теплового балансу під час теплообміну кульки з водою та утворення льоду на ній. 29 % учнів допустили помилки в рівнянні і, як результат, помилилися в значеннях об'єму льоду та сили Архімеда.

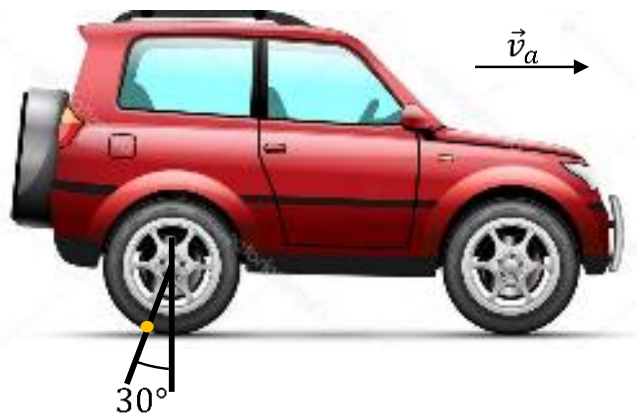
Окрім того, 57 % учнів не змогли записати рівнодійну сил для третьої ситуації.

У цілому, задача була не складною і її майже повністю виконали 43 % учнів.

### Задача 10 (10, 11 клас)

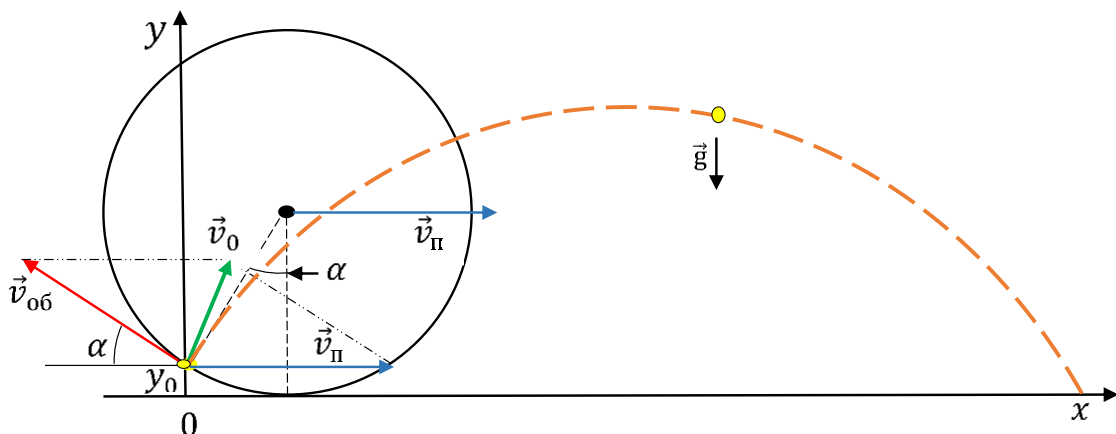
#### «Небезпечний камінець»

Автомобіль рухається по горизонтальній дорозі з швидкістю 72 км/год. У протекторі шини застряв камінець, який потім злітає з шини в точці А (на малюнку – крапка жовтого кольору). Радіус-вектор точки А спрямований під кутом  $30^\circ$  до вертикалі. Визначте відстань по горизонталі до точки падіння камінця на дорогу.



#### Розв'язок

Оскільки камінець до відриву відносно колеса нерухомий, то його швидкість така ж як і швидкість точок колеса автомобіля. Рух точок колеса та камінця складний і є сумою двох видів руху – поступального руху автомобіля й обертального руху колеса. Значення швидкостей цих видів рухів камінця  $v_{об} = v_{п} = 20 \frac{м}{с}$ .



Після відриву від колеса камінець рухається під дією сили тяжіння й його прискорення дорівнює  $\vec{a} = \vec{g}$ .

Рівняння руху камінця:

$$\begin{cases} a_x = 0; \\ a_y = -g; \end{cases} \quad \begin{cases} v_{0x} = v_{\Pi} - v_{06} \cos \alpha; \\ v_{0y} = v_{06} \sin \alpha; \end{cases} \quad \begin{cases} x = v_{0x}t = v_{\Pi}(1 - \cos \alpha)t; \\ y = y_0 + v_{\Pi} \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}, \end{cases}$$

де  $y_0 = R - R \cos \alpha$ .

У момент падіння  $t_{\Pi}$  координата  $y = 0$ , тому

$$0 = y_0 + v_{\Pi} \sin \alpha t_{\Pi} - \frac{gt_{\Pi}^2}{2}.$$

Звідси,  $t_{\Pi} = \frac{v_{\Pi} \sin \alpha \mp \sqrt{v_{\Pi}^2 \sin^2 \alpha + 4y_0 \frac{g}{2}}}{2 \cdot \frac{g}{2}}$ .

Оскільки  $t_{\Pi}$  не може бути від'ємним, то розв'язок задовільняє лише одне значення

$$t_{\Pi} = \frac{v_{\Pi} \sin \alpha + \sqrt{v_{\Pi}^2 \sin^2 \alpha + 2gy_0}}{g}.$$

Дальність польоту  $S$  камінця - це його координата  $x$  в момент падіння  $t_{\Pi}$ :

$$S = x(t_{\Pi}) = v_{\Pi}(1 - \cos \alpha)t_{\Pi} = v_{\Pi}(1 - \cos \alpha) \frac{v_{\Pi} \sin \alpha + \sqrt{v_{\Pi}^2 \sin^2 \alpha + 2gy_0}}{g}$$

Для автомобіля, зображеного на малюнку, радіус колеса орієнтовно 30 см. Тоді початкова координата камінця:

$$y_0 = R - R \cos \alpha \approx 4 \text{ см.}$$

Порівнюючи  $(v_{\Pi} \sin \alpha)^2 = 100 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$  та  $2gy_0 = 0,8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2$ , бачимо, що останнім значенням доцільно знехтувати, і це суттєво спростить кінцевий вираз для дальності польоту камінця:

$$S = \frac{2v_{\Pi}^2 \sin \alpha (1 - \cos \alpha)}{g} \approx 5,5 \text{ м/с.}$$

#### Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Зроблено малюнок з позначенням початкової швидкості каменя та її складових, інше.	1
2.	Зроблена оцінка початкової швидкості каменя	4
3.	Здійснено аналіз польоту каменя як руху тіла, кинутого під кутом до горизонту	3
4.	Виведена робоча формула	1,5
5.	Виконані математичні розрахунки	0,5
	Усього	10

Методичний коментар.

Розв'язок даної задачі ґрунтується на аналізі двох ситуацій та їх послідовному переході з однієї в іншу.

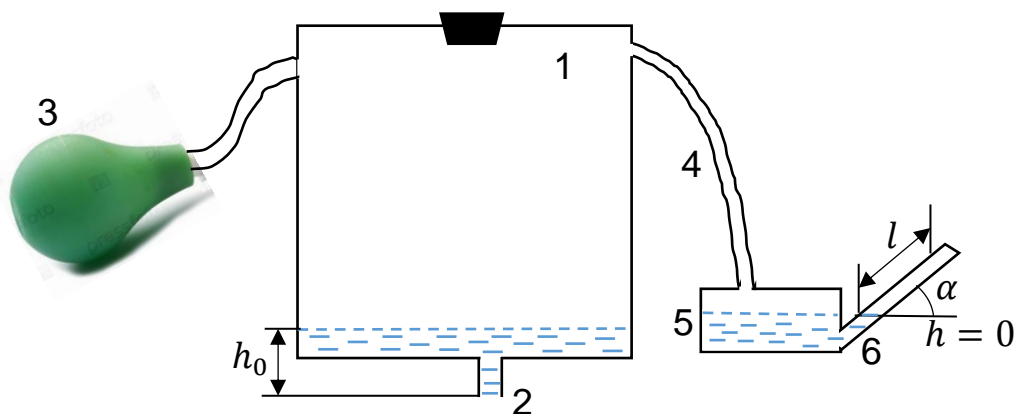
Перша ситуація передбачала аналіз руху камінця, причепленого до колеса, під час руху автомобіля та оцінку його швидкості в момент відриву від колеса, адже ця швидкість є початковою під час його польоту. Дана ситуація виявилася незнайомою учням. Лише один учень серед усіх учнів 10-го та 11-го класів розглядав рух каменя як складний, що є сумою поступального руху автомобіля та обертального руху колеса. Інші учні помилково вважали, що швидкість каменя в момент відриву дорівнює швидкості поступального руху або лише визначали значення швидкостей цих рухів і не знали, що далі необхідно знаходити їх суму. Це й стало основною причиною, що лише 1 учень з двох паралелей майже повністю розв'язав задачу.

Друга ситуація передбачає аналіз польоту камінця як тіла, кинутого під кутом до горизонту. Оскільки тема «Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту» розглядається в підручниках фізики 10-го класу, то 36 % учнів склали рівняння руху камінця та вивели формулу дальності його польоту. Але інші 36 % учнів використали дану формулу по пам'яті, що допускається лише тоді, коли учні вивчають фізику за програмою рівня стандарту, і ні в якому разі за профільною програмою або під час підготовки до участі в олімпіаді з фізики. 28 % учнів взагалі не аналізували політ камінця.

### Задача 11 (11 клас)

#### «Поверхневий натяг»

Для вимірювання коефіцієнту поверхневого натягу рідин учень сконструював оригінальний прилад (див. рисунок): посудина 1, що містить тонкий досліджуваної рідини; тонка трубка 2 у дні посудини; гумова «груша» 3, якою можна повільно збільшувати тиск повітря у посудині 1; герметично з'єднана гнучкою трубкою 4 з посудиною 1 посудина 5, з якої виходить похила прозора трубка 6 з відкритим верхнім кінцем, посудина 5 і трубка 6 частково заповнені водою. Опишіть процедуру вимірювання коефіцієнту поверхневого натягу та виведіть формулу для його розрахунку. Задайте самостійно необхідні параметри приладу та рідини та оцініть мінімальну довжину трубки 6 для вимірювання цим приладом коефіцієнту поверхневого натягу до 80 мН/м.



## Розв'язок

Введемо позначення:  $h_0$  – висота рідини в посудині 1;  $\alpha$  – кут нахилу трубки;  $l$  – довжина підняття рідини в трубці 6.

Будемо вважати, що рідина повністю змочує матеріал трубки 2. У нижній частині трубки 2 діють сили поверхневого натягу  $F_{\text{пов}}$  та сила гідростатичного тиску рідини  $F_p$  (рис. 1). Тиск повітря зверху та знизу однаковий – атмосферний.

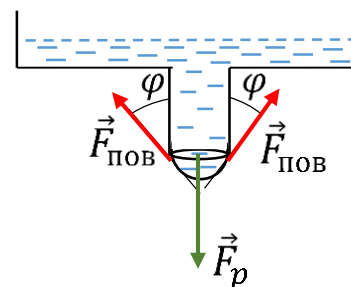


Рис. 1

Сила поверхневого натягу напрямлена по дотичній до шару рідини, яка прогинається, а  $F_{\text{пов}} =$

$$\sigma l = \sigma \pi d \quad (\text{рис. 1}). \quad \text{Сила гідростатичного тиску рідини} - F_p = \rho g h_0 S = \rho g h_0 \frac{\pi d^2}{4}.$$

Оскільки вертикальна складова сили поверхневого натягу та гідростатичного тиску врівноважуються, то

$$(F_{\text{пов}})_y = F_p \quad \text{або} \quad \sigma \pi d \cos \varphi = \rho g h_0 \frac{\pi d^2}{4}.$$

### Процедура вимірювання:

- 1) налити в посудину 1 тонкий шар досліджуваною рідини;
- 2) визначити нульовий рівень води в трубці 6;
- 3) закрити пробку в посудині 1, відділивши повітря в ній від атмосферного;
- 4) плавно натискаючи на «грушу» 3 збільшити тиск повітря в посудині 1 до моменту утворення краплі на кінці трубки 2;
- 5) зафіксувати максимальний рівень води в похилій трубці у момент утворення краплі (зміну довжини  $l$  з водою).

**Формула для розрахунку поверхневого натягу  $\sigma$ :** при збільшенні тиску повітря в посудині 1 на  $\Delta p$ , який перевищує атмосферний тиск, поверхневий шар рідини вигинається, кут  $\varphi$  зменшується, а вертикальна складова сили поверхневого натягу зростає, досягаючи максимального значення при куті  $\varphi = 0$ , а радіус кривизни поверхневого шару зменшується до радіуса трубки 2  $r = \frac{d}{2}$  (рис. 2).

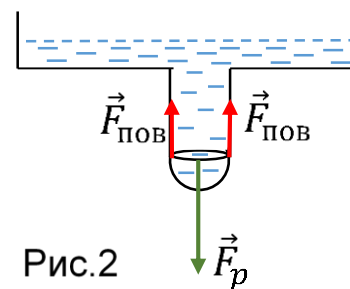


Рис.2

Під час наступного збільшення  $\Delta p$  поверхневий шар рідини «продавлюється» і різко зростає об'єм краплі. Для «критичного» значення  $\Delta p$ :  $\sigma \pi d \cos 0^\circ = (\rho g h_0 + \Delta p) \cdot \frac{\pi d^2}{4}$ . Звідси,  $\sigma = (\rho g h_0 + \Delta p) \cdot \frac{d}{4}$  (1).

Додатковий тиск  $\Delta p$  визначається за рівнем рідини в трубці 6 відносно нульового рівня, коли в посудинах 1 та 5 тиск дорівнював атмосферному:

$$\Delta p = \rho g h = \rho g l \sin \alpha \quad (2).$$

$$\text{Підставивши вираз (1) в (2), отримаємо} \quad \sigma = \rho g (h_0 + l \sin \alpha) \cdot \frac{d}{4} \quad (5).$$

### Оцінка мінімальної довжини похилої трубки.

Задаємо необхідні для розрахунку  $l$  параметри приладу:

- для підвищення точності вимірювання діаметр трубки 2 повинен бути як можна меншим, наприклад  $d = 0,4$  мм;
- чим менший кут нахилу  $\alpha$ , тим більшими будуть зміни довжини  $l$  у трубці 6 і точніші вимірювання, але для простоти розрахунків нехай  $\alpha = 30^\circ$ ;
- нехай рівень рідини в посудині 1  $h_0 = 5$  мм, густина рідини дорівнює густині води  $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;
- прийmemo  $g \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

Виразимо  $l$  з виразу (5):  $l = 2 \left( \frac{4\sigma}{\rho g d} - h_0 \right)$ ;

$$l = 2 \left( \frac{4 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}} - 5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \right) \approx 150 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 150 \text{ мм.}$$

#### Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Описано процедуру вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу рідини приладом	1
2.	Визначено умови утримання рідини в трубці 2	2
3.	Визначено додатковий тиск у посудині	2
4.	Виведено формулу коефіцієнта поверхневого натягу	3
5.	Зроблено оцінку мінімальної довжини трубки 6	2
	Усього	10

#### Методичний коментар.

Дана задача є нетрадиційною для задач Всеукраїнської олімпіади з фізики. Вона передбачає використання не лише знань про закономірності фізичних процесів, а й досвіду конструкторської та експериментальної діяльності. Завдання з опису послідовності дій під час вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу робить дану задачу спорідненою з експериментальними дослідженнями, коли учню необхідно скласти план дій з вимірювання експериментальних даних. Також дана задача наближена до конструкторських задач, у яких необхідно оцінювати параметри елементів конструкції приладу.

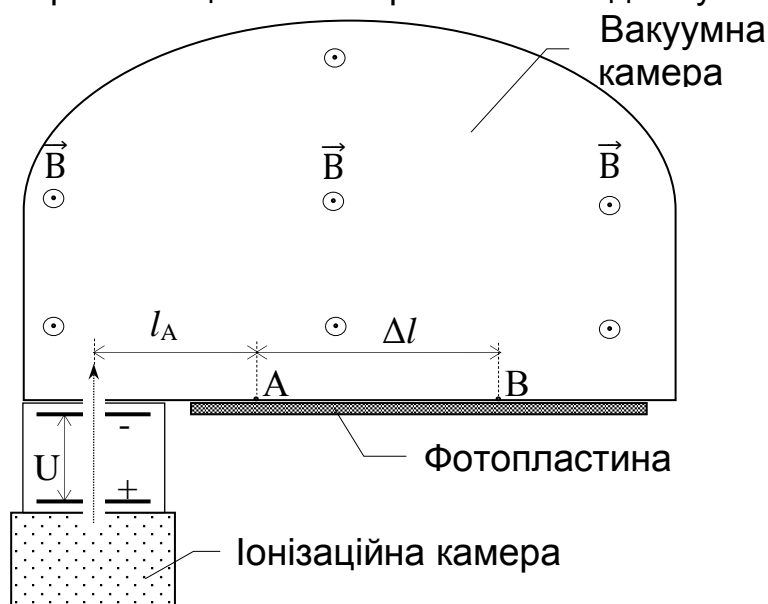
Результати виконання задачі учнями свідчать, що лише 18 % учнів володіють навичками експериментальних досліджень і змогли описати послідовність дій у користуванні приладом. Частково аналіз фізичних процесів, що покладені в роботу приладу, зробив лише 1 учень (9 %).

#### Задача 12 (11 клас)

#### «Мас-спектрометр»

Найбільш точними сучасними приладами для кількісного аналізу хімічного та ізотопного складу речовин є мас-спектрометри, основним виробником яких було НВО «Selmi» (м. Суми). Спрощений принцип дії одного

з типів мас-спектрометрів такий: прискорені електричним полем з напругою  $U$  іони тонким пучком влітають перпендикулярно лініям магнітної індукції у вакуумну камеру, що знаходиться в однорідному магнітному полі; при русі в цій камері іони різних мас розподіляються в просторі й потрапляють у різні точки фотопластини, на якій утворюються лінії мас-спектру. При налаштуванні приладу досягли того, що іони гелію масою 4 а.о.м. влучають на фотопластинку в точці А на відстані  $l_A = 4$  см від входу іонів в іонізаційну камеру. Розрахуйте, іони якої маси (в а.о.м.) попадатимуть в точку В, віддалену на  $\Delta l = 6$  см від точки А? У яку точку попадатимуть ці іони, якщо прискорювальну напругу  $U$  зменшити на 36 %? Вважайте, що всі іони однозарядні, тобто при іонізації атоми втрачають по одному електрону.



### Розв'язок

Під час руху іона в електричному полі, поле виконує роботу  $A = qU$ , яка приводить до зростання кінетичної енергії іона  $E_{\text{кін}} = \frac{mv^2}{2}$ :  $qU = \frac{mv^2}{2}$ . Звідси швидкість іона в той момент, коли він влітає у вакуумну камеру з магнітним полем –  $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$  (1).

У магнітному полі з індукцією  $\vec{B}$  іон рухається під дією сили Лоренца  $F_{\text{л}} = Bvq \sin 90^\circ = Bvq$ , яка надає йому доцентрове прискорення  $a_{\text{д}} = \frac{v^2}{R}$ . За другим законом Ньютона  $F_{\text{л}} = ma_{\text{д}}$  або  $Bvq = m \frac{v^2}{R}$  (2).

Підставивши вираз (1) у (2) та перетворивши формулу, отримаємо радіус траєкторії іона масою  $m$ :

$$R = \frac{mv}{Bq} = \frac{m}{Bq} \sqrt{\frac{2qU}{m}} = \sqrt{\frac{2mU}{qB^2}}$$

$$\text{Відповідно для іонів з масами } m_1 \text{ та } m_2: R_1 = \sqrt{\frac{2m_1U}{qB^2}}, R_2 = \sqrt{\frac{2m_2U}{qB^2}}.$$

Розділивши ці два вирази, отримаємо:  $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}}$ .

Звідси,  $m_2 = m_1 \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2$ .

За умовою задачі  $R_1 = \frac{l_A}{2} = 2 \text{ см}$ ,  $R_2 = \frac{l_A + \Delta l}{2} = \frac{4 \text{ см} + 6 \text{ см}}{2} = 5 \text{ см}$ ,  
 $m_1 = 4 \text{ а. о. м.}$

Тому  $m_2 = m_1 \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 = 4 \text{ а. о. м.} \left(\frac{5 \text{ см}}{2 \text{ см}}\right)^2 = 25 \text{ а. о. м.}$

При зменшенні напруги до  $U' = U - \Delta U = U - 0,36U = 0,64U$ , радіус траєкторії  $R_2$  іона  $m_2$  стане  $R_3 = \sqrt{\frac{2m_2 \cdot 0,64U}{qB^2}}$ .

Тоді  $\frac{R_3}{R_2} = \sqrt{\frac{0,64U}{U}} = 0,8$  або  $R_3 = 0,8R_2 = 0,8 \cdot 10 \text{ см} = 8 \text{ см}$

Отже, якщо прискорювальну напругу  $U$  зменшити на 36 %, то іони попадатимуть в точку на відстані  $D = 2R_3 = 16 \text{ см}$ .

#### Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Визначено кінцеву швидкість руху іона в електричному полі	2
2.	Враховано дію сили Лоренца на іон та визначено його доцентрове прискорення під час руху в вакуумній камері	2
3.	Оцінено радіус траєкторії іона	2
4.	Визначено масу іона, який влучає в точку В	2
5.	Визначено точку попадання іона на фотопластину після зменшення напруги	2
	Усього	10

#### Методичний коментар.

Як і в задачі № 10, у даній задачі розв'язок ґрунтується на аналізі двох послідовних процесів: рух іона в електричному полі, а потім – в магнітному полі. Обидві ситуації детально розглядаються в типових задачах, представлених у збірниках задач з фізики 11-го класу, тому дану задачу можна вважати стандартною, яка ускладнюється лише тим, що учням необхідно знаходити положення іона в момент влучення в фотопластинку.

Для опису руху в першій ситуації (руху частинки в електричному полі) лише 18 % учнів застосували закон збереження енергії, решта – обмежилася роздумами без використання кількісних розрахунків. У другій ситуації уже 55 % учнів використали II закон Ньютона до аналізу рухів, але визначили радіуси траєкторій частково лише 9 %.

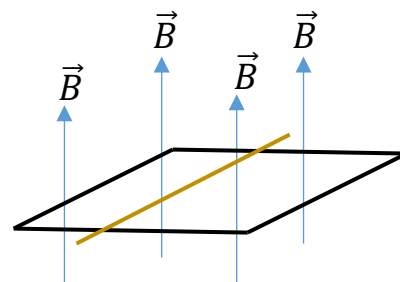
У цілому, всього один учень виконав задачу на 50 %.



## Задача 13 (11 клас)

### «Перемичка»

На закріпленій горизонтально тонкій квадратній рамці зі стороною 20 см лежить перемичка масою 20 г на відстані 5 см від однієї з сторін рамки. Рамка й перемичка виготовлені з неізолюваного дроту діаметром 3 мм і матеріалу, який має питомий опір  $2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ . У деякий момент майже миттєво включається однорідне вертикальне магнітне поле з магнітною індукцією 0,1 Тл. Яку швидкість набуває перемичка за час включення магнітного поля? Опором у точках контакту, тертям та зміщенням перемички за час включення поля знехтувати.



### Розв'язок

Перемичка розділяє рамку на два контури. Під час включення магнітного поля зростає магнітний потік  $\Phi = BS$  через рамку і в кожному контурі виникає ЕРС індукції:

$$\mathcal{E}_1 = \left| \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} \right| = \frac{\Delta B l \cdot \frac{l}{4}}{\Delta t} = \frac{\Delta B l^2}{4\Delta t},$$

$$\mathcal{E}_2 = \left| \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} \right| = \frac{\Delta B l \cdot \frac{3l}{4}}{\Delta t} = \frac{3\Delta B l^2}{4\Delta t}$$

ЕРС індукції створюють струми в контурах:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{R_1} = \frac{\Delta B l^2}{4\Delta t R_1}, \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{R_2} = \frac{3\Delta B l^2}{4\Delta t R_2} \quad (1).$$

Опір контурів дорівнює  $R_1 = \rho \frac{l_1}{S} = \rho \frac{2l + 2 \cdot \frac{l}{4}}{S} = \rho \frac{5l}{2S},$

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S} = \rho \frac{2l + 2 \cdot \frac{3l}{4}}{S} = \rho \frac{7l}{2S}, \quad (2)$$

де  $l_1, l_2$  – довжина провідників першого та другого контурів,  $S$  – площа поперечного перерізу дроту.

Підставимо вирази (2) у вирази (1):  $I_1 = \frac{\Delta B l^2 \cdot 2S}{4\Delta t \cdot \rho \cdot 5l} = \frac{\Delta B l S}{10\Delta t \rho}, \quad I_2 = \frac{3\Delta B l^2 \cdot 2S}{4\Delta t \rho \cdot 7l} = \frac{3\Delta B l S}{14\Delta t \rho}.$

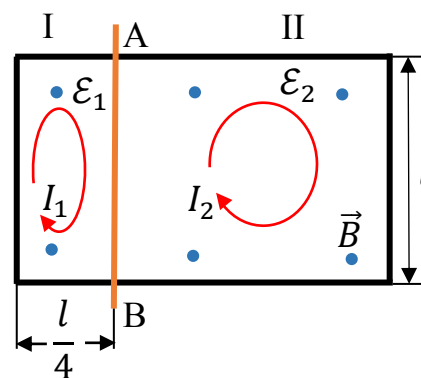
Напрями струмів у контурах показані на малюнку.

Під час одночасної дії ЕРС у двох контурах у перемичці між точками А і В виникає струм  $I_{AB} = I_2 - I_1 = \left( \frac{3}{14} - \frac{1}{10} \right) \frac{\Delta B l S}{\Delta t \rho} = \frac{4}{35} \frac{l S}{\rho} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t}$

Різке зростання струму приводить до різкого зростання сили Ампера, яка створює імпульсну «ударну» дію на перемичку й надає їй швидкість.

Сила Ампера, що діє на перемичку, дорівнює  $F_A = I_{AB} B l = \frac{4}{35} \cdot \frac{l^2 S}{\rho} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot B.$

Магнітна індукція  $B$  змінюється від 0 до  $B_{max} = 0,1 \text{ Тл}$  ( $\Delta B = B_{max}$ ), тому відповідно змінюється сила Ампера. Оскільки сила Ампера прямопропорційна  $B$ , то



$$F_{\text{Асер}} = \frac{F_{\text{А(0)}} + F_{\text{А(Bmax)}}}{2} = \frac{F_{\text{А(Bmax)}}}{2} = \frac{2}{35} \cdot \frac{l^2 S}{\rho} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot B_{\text{max}} = \frac{2}{35} \cdot \frac{l^2 S}{\rho} \cdot \frac{B_{\text{max}}^2}{\Delta t} \quad (4).$$

За час зростання магнітної індукції «удар» сили Ампера надає перемичці імпульс  $mv = F_{\text{Асер}} \cdot \Delta t$ .

Враховавши вираз (4), отримаємо  $mv = \frac{2}{35} \cdot \frac{l^2 S}{\rho} \cdot B_{\text{max}}^2$ . Звідси, перемичка отримує швидкість  $v = \frac{2}{35} \cdot \frac{l^2 S}{\rho m} \cdot B_{\text{max}}^2$ . Якщо врахувати площу поперечного перерізу дроту  $S = \pi \frac{d^2}{4}$ , де  $d$  – діаметр дроту, то отримаємо

$$v = \frac{\pi}{70} \cdot \frac{(ldB_{\text{max}})^2}{\rho m}$$

$$v = \frac{3,14}{70} \cdot \frac{(0,2 \text{ м} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 0,1 \text{ Тл})^2}{2 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 0,02 \text{ кг}} \approx 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

### Критерії оцінювання

№ з/п	Критерії оцінювання:	Кількість балів
1.	Враховано, що ЕРС виникає в двох контурах	1
2.	Розраховано ЕРС та силу струму в I та II контурах	2
3.	Застосовано правило Ленца та визначено напрями струмів у перемичці	2
4.	Застосовано правило лівої руки та визначено напрям сили Ампера, розраховано її значення в загальному вигляді	2
5.	Застосовано II закон Ньютона та записано формулу для імпульсу перемички	2
6.	Виведено формулу для швидкості перемички, зроблено числові розрахунки	1
	Усього	10

### Методичний коментар.

Задача виявилася складною: лише 27 % одинадцятикласників виконали її частково. Основною причиною такого результату розв'язання задачі було те, що учні не врахували одночасність виникнення ЕРС у двох контурах та існуванні двох струмів у перемичці.

## Завдання та розв'язки експериментального туру III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році

### Завдання 1 (8, 9 клас)

#### **Обладнання:**

*індивідуальне:* термометр, посудина пластикова з поділкою 40 мл, тарілка одноразова глибока, вода холодна, вода гаряча, металеве тіло з невідомою теплоємністю, кусок полістиролу у формі прямокутного паралелепіпеда, секундомір, лінійка.

*групове:* ємність з гарячою водою, термометр.

**Завдання.** Визначити питому теплоємність металевого тіла.

#### **У звіті:**

1. Теоретично обґрунтуйте спосіб визначення питомої теплоємності металевого тіла.
2. Опишіть методику експерименту.
3. Виконайте експериментальні вимірювання.
4. Зробіть висновок.

Довідкові дані: питома теплоємність води –  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ , густина води –  $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Хід роботи

#### **Теоретичне обґрунтування методу**

Для визначення питомої теплоємності металевого тіла скористаємося явищем теплообміну між водою кімнатної температури та гарячим металевим тілом.

Позначимо: об'єм води кімнатної температури –  $V$ , маса металевого тіла –  $m$ ; потужність теплообміну з оточуючим середовищем –  $P$ ; час теплообміну –  $\tau$ .

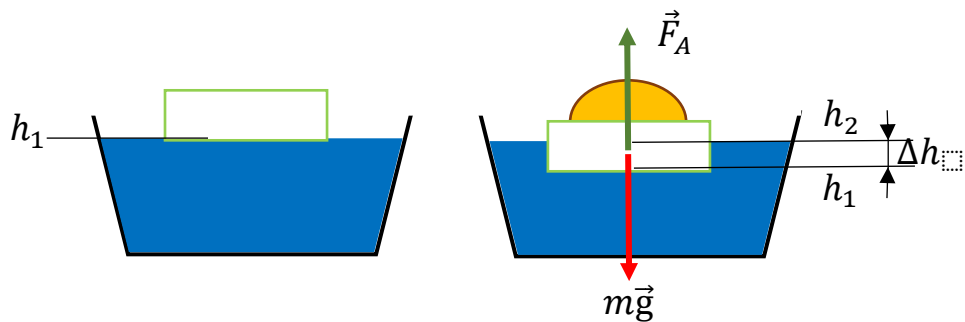
Рівняння теплового балансу:  $c_M m (t - t_M) = c\rho V(t_B - t) + P\tau$ , де  $t_M$  – початкова температура металевого тіла;  $t_B$  – початкова температура води;  $t$  – температура теплової рівноваги.

$$\text{Звідси, } c_M = \frac{c\rho V(t_B - t) + P\tau}{m(t - t_M)} \quad (1).$$

Потужність теплообміну води з оточуючим середовищем розраховуємо як  $P = \frac{Q_B}{\tau_1} = \frac{c\rho V(t_B - t)}{\tau_1}$  (2), де  $\tau_1$  – час охолодження води від температури теплової рівноваги до кімнатної температури.

Для вимірювання маси металевого тіла скористаємося умовою плавання тіла, навантаженого іншим тілом (рис.). Масою полістиролової основи знехтуємо в порівнянні з масою металевого тіла.

$F_A = mg \rightarrow \rho g V = mg$  або  $\rho g a b \cdot \Delta h = mg$ , де  $a, b$  – довжина сторін основи полістиролового паралелепіпеда. Звідси  $m = \rho a b \cdot \Delta h$  (3).



### **Методика експерименту**

Для вимірювання питомої теплоємності металевого тіла необхідно провести три експериментальні вимірювання – температур та часу теплообміну гарячого металевого тіла з водою кімнатної температури, потужність теплообміну з оточуючим середовищем, маси металевого тіла.

1. Вимірювання температур та часу теплообміну гарячого металевого тіла з водою кімнатної температури.

Металеві тіла покладемо в посудину з гарячою водою й витримає певний час, щоб між тілами та гарячою водою встановилася теплова рівновага. Температуру теплової рівноваги, а також температуру гарячого металевого тіла  $t_M$ , вимірюємо термометром, який надається як групове обладнання.

У пластикову посудину наливаємо 40 мл води кімнатної температури й вимірюємо її температуру  $t_B$  індивідуальним термометром.

Гарячі металеві тіла переносимо в пластикову посудину. У момент опускання тіл включаємо секундомір, який вимірюватиме час  $\tau$  до моменту, коли індивідуальний термометр зафіксує температуру теплової рівноваги  $t$  між водою та металевими тілами.

2. Вимірювання потужності теплообміну з оточуючим середовищем.

У пластикову посудину наливаємо 40 мл теплої води, яка має температуру дещо більшу, ніж температура теплової рівноваги, яка встановилася в результаті теплообміну гарячих тіл та води кімнатної температури. Вода починає холонути. У момент, коли температура дорівнюватиме температурі теплової рівноваги  $t$ , включаємо секундомір, який вимірюватиме час  $\tau_1$  охолодження води до кімнатної температури.

3. Вимірювання маси металевого тіла.

Скористаємося умовою плавання тіл. У широку посудину наливаємо воду й кладемо кусок полістиролу, який має форму паралелепіпеда. Позначкою зафіксуємо рівень його занурення у воду  $h_1$ . Потім покладемо на полістирол металеві тіла й знову позначкою зафіксуємо рівень його занурення  $h_2$ .

За допомогою лінійки виміряємо лінійні розміри сторін основи полістиролу  $a$  та  $b$ , а також глибину занурення полістиролу  $\Delta h = h_2 - h_1$ .

## Експериментальні дані

### Експеримент 2

Температура води, $t, ^\circ\text{C}$	29	26,5	24,5
Покази секундоміра, $\tau_1, \text{хв}$	0	16	37

З експериментальних даних – теплообмін теплої води з оточуючим середовищем відбувається нерівномірно. Для усереднення виберемо інтервал температур від  $t = 26,5^\circ\text{C}$  до  $t_B = 24,5^\circ\text{C}$  - вважатимемо, що в даному інтервалі теплообмін відбувається рівномірно. Час  $\tau_1$  охолодження води 21 хв або 1260 с.

Здійснимо обчислення за формулою (2):

$$P = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{м}^3 \cdot (26,5^\circ\text{C} - 24,5^\circ\text{C})}{1260 \text{ с}} \approx 0,27 \text{ Вт.}$$

### Експеримент 3

Довжина сторін основи паралелепіпеда  $a = 0,069 \text{ м}$ ,  $b = 0,07 \text{ м}$ .

Глибина занурення полістиролу, $\Delta h, \text{м}$				$\Delta h_{\text{ср}}, \text{м}$
0,015	0,014	0,013	0,014	0,014

Здійснимо обчислення за формулою (3):

$$m = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,069 \text{ м} \cdot 0,07 \text{ м} \cdot 0,014 \text{ м} \approx 0,068 \text{ кг.}$$

### Експеримент 1

Об'єм холодної води  $V = 40 \text{ мл}$ ;

Початкова температура металевого тіла	$t_M, ^\circ\text{C}$	22,5				Середні значення	
						$t_{M \text{ ср}}, ^\circ\text{C}$	22,5
Початкова температура гарячої води	$t_B, ^\circ\text{C}$	66	68,5	68	69	$t_{B \text{ ср}}, ^\circ\text{C}$	67,875
Температура теплової рівноваги	$t, ^\circ\text{C}$	29	28	28	29	$t_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	28,5
Час теплообміну	$\tau, \text{с}$	49	52	51	51	$\tau_{\text{ср}}, \text{с}$	50,75

Здійснимо обчислення за формулою (1):

$$c_M = \frac{4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \text{м}^3 \cdot (67,875^\circ\text{C} - 28,5^\circ\text{C}) + 0,27 \text{ Вт} \cdot 50,75 \text{ с}}{0,0676 \text{ кг} (28,5^\circ\text{C} - 22,5^\circ\text{C})};$$

$$c_M \approx 16246 \text{ Дж.}$$

Методичний коментар.

Експериментальна задача 8-9 класів передбачала постановку трьох різних експериментів, дані яких використовувалися для визначення питомої теплоємності твердого тіла.

Перший експеримент повторював лабораторну роботу № 2 «Визначення питомої теплоємності речовини» розділу «Теплові явища» курсу фізики 8-го класу. 54 % учнів 9-го класу та 21 % учнів 8-го класу описали метод вимірювання питомої теплоємності тіла.

Але, оскільки в ході експерименту теплообмін відбував не в калориметрі, а у звичайному пластиковому стаканчику, то учням необхідно було врахувати втрати тепла в оточуюче середовище. Цю задачу успішно виконав лише 1 учень 9-го класу, частково 36 % учнів 8-го класу та 25 % учнів 9-го класу.

Третій експеримент – вимірювання маси тіла – ґрунтувався на використанні умови плавання тіл. Теоретичні основи даного експерименту описали 46 % учнів 9-го класу та 36 % учнів 8-го класу.

### Завдання 2 (10, 11 клас)

1. Сконструйте прилад: через пластикову трубку протягніть нитку, на кінцях якої зав'яжіть петельки. У петельках кріпіть скріпки: з одного кінця – великі, з іншого – маленькі.
2. Використовуючи прилад, визначте масу маленької скріпки.

#### Обладнання:

- пластикова трубка з гладкими кінцями;
- нитка довжиною 1 м;
- скріпи великі (маса  $m_2 = 2,5$  г);
- скріпи маленькі (маса  $m_1$ );
- лінійка;
- секундомір.

#### У звіті:

1. Теоретично обґрунтуйте спосіб визначення маси маленької скріпки.
2. Опишіть методику експерименту.
3. Виконайте експериментальні вимірювання.
4. Оцініть похибки вимірювань.
5. Зробіть висновок.

### Хід роботи

#### **Теоретичне обґрунтування методу**

Розмістимо пластикову трубку вертикально. Розглянемо обертання частини нитки з маленькими скріпками у той час, коли інша частини нитки з великою скріпкою починає рухатися вгору.

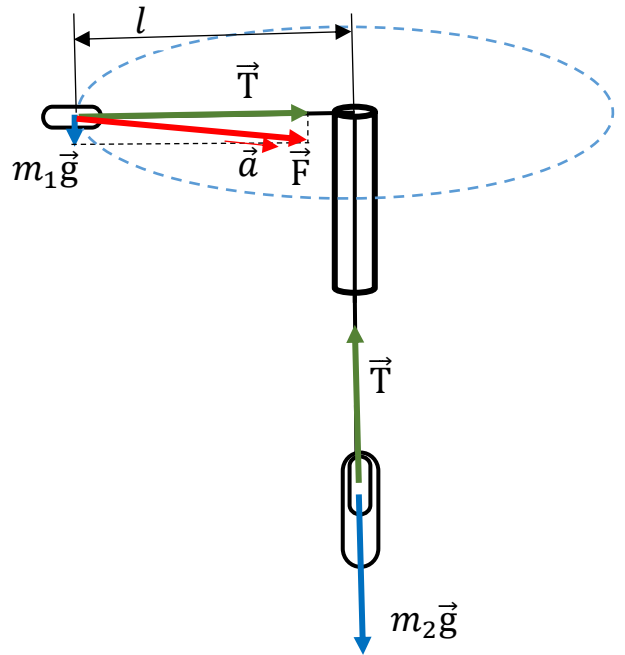
Рух великих скріпок залежить від співвідношення сили тяжіння  $m_2\vec{g}$  та сили натягу нитки  $\vec{T}$ . Силою тертя нитки з пластиковою трубкою знехтуємо. За II законом Ньютона:  $\vec{T} + m_2\vec{g} = 0$  або в проекції на вертикальну вісь  $T - m_2g = 0$ . Звідси  $T = m_2g$  (1).

Маленькі скріпки рухається також під дією сили тяжіння  $m_1\vec{g}$  та сили натягу нитки  $\vec{T}$ . Рівнодійна цих сил  $\vec{F}$  утримує скріпки на коловій траєкторії.  $F = \sqrt{T^2 + (m_1g)^2}$  або якщо врахувати формулу (1) –  $F = g\sqrt{(m_2)^2 + (m_1)^2}$ .

За II законом Ньютона  $g\sqrt{(m_2)^2 + (m_1)^2} = m_1a$  (2).

Доцентрове прискорення  $a = \frac{v^2}{R} = \frac{\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{4\pi^2 RN^2}{t^2}$  (3), де  $R$  – радіус траєкторії маленької скріпки,  $N$  – кількість обертів за час  $t$ .

Підставивши вираз (3) в (2) та здійснивши математичні перетворення, отримаємо, що  $m_1 = m_2 \frac{gt^2}{\sqrt{16\pi^4 R^2 N^4 - g^2 t^4}}$  (4).



### Методика експерименту

На нижньому кінці нитки кріпимо  $b$  штук великих скріпок, а за верхній –  $c$  штук маленьких скріпок.

На нитці від місця кріплення маленьких скріпок лінійкою відміряємо відстань  $l = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$ , яка дорівнюватиме радіусу колової траєкторії, та поставимо мітку. Сумістимо мітку з кінцем пластикової трубки.

Розкрутимо верхній кінець нитки з такою частотою, щоб мітка почала рухатися, та визначимо частоту обертів. Дане значення частоти – орієнтир в дослідженнях. У наступних експериментах: розкручуємо нитку до орієнтовної частоти, прижавши нитку до нижнього кінця пластикової трубки. У момент, коли перестаємо притискати нитку, включаємо секундомір. Фіксуємо кількість обертів, які здійснили верхні скріпки, та час їх обертання.

Для розрахунку маси маленької скріпки використовуємо вираз (4) з урахуванням кількості скріпок:

$$m_1 = m_2 \cdot \frac{b}{c} \cdot \frac{gt^2}{\sqrt{16\pi^4 l^2 N^4 - g^2 t^4}}$$

**4. ЗВІТ  
про проведення I-III етапів Всеукраїнської учнівської олімпіади  
з фізики в 2017-2018 навчальному році**

Відомості про учасників олімпіад:		Сумська область													
		Кількість навчальних закладів, учні яких брали участь у I етапі олімпіади		Кількість учасників олімпіад за етапами									Кількість переможців III етапу за ступеннями дипломів		
				I			II			III					
Класи		Міських	сілських (селищних)	спеціаль- зованих	Міських	сілських (селищних)	спеціаль- зованих	Міських	сілських (селищних)	спеціаль- зованих	I	II	III		
Міських	сілських (селищних)	спеціаль- зованих	456	501	100	115	83	-	-	-	-	-	-		
106	212	44	897	7	456	501	100	115	83	-	-	-	-		
106	212	44	741	8	773	137	116	113	73	1	6	7	1		
101	218	44	726	9	757	186	92	87	56	5	9	10	1		
95	219	46	644	10	480	289	67	50	52	-	-	7	1		
48	137	28	484	11	473	223	73	46	47	-	1	10	1		
Разом			3492		2939	1336	448	411	311	6	16	34	4		
													7		
													4		
													7		
													14		

Директор Департаменту освіти і науки,  
голова оргкомітету олімпіади

Голова журі олімпіади

20 березня 2018 року



В.П. Грובה

Ю.А. Зимак



## **5. Аналітичний звіт про проведення III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики в 2017 – 2018 навчальному році**

Відповідно до Положення про Всеукраїнські учнівські олімпіади з базових дисциплін та згідно наказу Департаменту освіти і науки Сумської обласної державної адміністрації від 28.11.2017 № 682-ОД «Про проведення III етапу Всеукраїнських учнівських олімпіад та участь команд учнів Сумської області у IV етапі Всеукраїнських учнівських олімпіад у 2017-2018 навчальному році» 17-18 січня 2018 року проведена олімпіада з фізики серед учнів 8, 9, 10 та 11 класів.

Заявки на участь у III етапі Всеукраїнської олімпіади з фізики подали усі міста та райони Сумської області (окрім Серединобудського району) та 5 територіальних громад: Березівська сільська рада Глухівського району, Миколаївська сільська рада Сумського району, Чернечослобідська сільська рада Буринського району, Боромлянська сільська рада Тростянецького району, Зноб-Новгородська селищна рада Середино-Будського району.

У III етапі брали участь 56 учнів загальноосвітніх навчальних закладів, що складає 94,9 % від квоти (59 учасників). 1,2 % учнів не брали участі в олімпіаді в зв'язку з захворюванням (1 учень з Краснопільського району).

Серед учасників учнів 8-х класів – 14, 9-х – 24, 10-х – 7, 11-х – 11. Із сільських шкіл – 28,6 % (16 учнів), міських – 10,7 % (6 учнів), спеціалізованих – 60,7 % учнів (34 учня).

Найбільшу кількість учасників представили м. Суми (9 учнів), м. Шостка (7 учнів), м. Конотоп (5 учнів) та Кролевецький район (5 учнів).

Середній бал виконання завдань учнями 8-го класу склав 18,8 балів, 9-го – 21,8 балів, 10-го – 31,4 бали, 11-го – 16 балів.

Найбільшу кількість балів отримали:

у експериментальному турі:

- 1 учень 11 класу – 15 балів (75 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 10 класу – 16 балів (80 % від максимальної кількості балів);
- 2 учні 9 класу – 17 балів (85 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 8 класу – 15 балів (75 % від максимальної кількості балів).

у теоретичному турі:

- 1 учень 11 класу – 15 балів (37,5 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 10 класу – 30 балів (75 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 9 класу – 27 балів (67,5 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 8 класу – 27 балів (67,5 % від максимальної кількості балів).

Найменшу кількість балів у експериментальному турі отримали:

- по 1 учню 8-го та 9-го класів – 2 бали (10 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 10-го класів – 5 балів (25 % від максимальної кількості балів);
- 1 учень 11-го класу – 3 бали (15 % від максимальної кількості балів).

Найменшу кількість балів у теоретичному турі отримали:

- по 1 учню 9-го та 11-го класів – 1 бал (2,5 % від максимальної кількості балів);

- 1 учень 10 класу – 6 балів (15 % від максимальної кількості балів);
- 2 учні 8 класу – 4 бали (10 % від максимальної кількості балів).

Найбільшу кількість балів за результатами двох турів набрали:

- 8 клас – 37 балів (якість виконання завдань 61,7 %);
- 9 клас – 44 бала (якість виконання завдань 73,3 %);
- 10 клас – 45 бали (якість виконання завдань 75 %);
- 11 клас – 29 бали (якість виконання завдань 48,3 %).

Найменшу кількість балів за результатами двох турів:

– 8 клас (9 балів) – учень комунального закладу Березівської сільської ради «Слоутський навчально-виховний комплекс: загальноосвітня школа I-III ступенів, дошкільний навчальний заклад «Волошка» Глухівського району;

– 9 клас (5 балів) – 2 учні: Лебединської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 3 Лебединської міської ради та Боромлянського навчально-виховного комплексу: загальноосвітня школа I-III ступенів – дошкільний навчальний заклад Боромлянської сільської ради Тростянецького району;

– 10 клас (15 балів) – учень Кролевецької спеціалізованої школи I-III ступенів № 3 Кролевецької районної ради;

– 11 клас (5 балів) – учениця Межиріцької загальноосвітньої школи I-III ступенів Лебединської районної ради.

Усього найменшу кількість балів за результатами двох турів отримали 5 учасників (9 % від загальної кількості учасників олімпіади), з яких 3 учня навчається в сільських закладах освіти, по 1 учню – у міському та спеціалізованому закладах .

За результатами III етапу олімпіади було присуджено 25 призових місць:

- 8 клас: I місце – 1 учень, II місце – 2 учня, III місце – 3 учня;
- 9 клас: I місце – 1 учень, II місце – 3 учня, III місце – 8 учнів;
- 10 клас: I місце – 1 учень, II місце – 1 учень, III місце – 1 учень;
- 11 клас: I місце – 1 учень, II місце – 1 учень, III місце – 2 учня.

Кількість переможців у 9-10-х класах складала 50 % від кількості учасників олімпіади; 8-у класі – 36,4 % та 11-у класі – 43 %, оскільки учні 8 та 11 класів за результатами двох турів отримали сумарний бал менший, ніж третина від максимально можливої сумарної кількості балів (максимальний бал – 60, третина – 20 балів).

Найкращі результати показали команди закладів освіти Липоводолинського, Охтирського, Шосткинського районів, м. Охтирка, м. Глухів та Чернечослобідської сільської ради Буринського району (по 1 переможцю, 100 % результат), м. Суми (8 переможців, 89 %), м. Конотоп (3 переможці, 60 %), м. Ромни та Сумської обласної гімназії-інтернат для талановитих та творчо обдарованих дітей. (по 1 переможцю, 50 %), м. Шостка (3 переможця, 43 %), Кролевецького району (5 учасників – 2 переможці, 40 %), Тростянецького району ( 4 учасники – 1 переможець, 25 %)

**6. Список учнів-переможців  
III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
в 2017 – 2018 навчальному році**

№ з/п	Клас	Прізвище, ім'я, по батькові учня	Навчальний заклад	Місце
1.	8	Чередниченко Максим Євгенович	Пологівський навчально-виховного комплекс: загальноосвітня школа I-II ступенів – дошкільний навчальний заклад Охтирської районної ради	I
2.	9	Костюков Сергій Васильович	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 17, м. Суми	I
3.	10	Лаврик Данило Дмитрович	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 17, м. Суми	I
4.	11	Балим Денис Сергійович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	I
5.	8	Дульський Дмитро Андрійович	Охтирська загальноосвітня школа I-III ступенів № 5 імені Р.К.Рапія Охтирської міської ради	II
6.	8	Доля Артем Олексійович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	II
7.	9	Храмченко Анатолій Сергійович	Шосткинський навчально-виховний комплекс: спеціалізована школа I-II ступенів – ліцей Шосткинської міської ради	II
8.	9	Тюльпа Максим Олександрович	Глухівська загальноосвітня школа I-III ступенів № 3 Глухівської міської ради	II
9.	9	Бондаренко Тимофій Андрійович	Конотопська загальноосвітня школа I-III ступенів № 14 Конотопської міської ради	II
10.	10	Садчиков Георгій Ігорович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	II
11.	11	Анікушин Данило Романович	Шосткинська гімназія Шосткинської міської ради	II
12.	8	Сергійко Дар'я Миколаївна	Шосткинська гімназія Шосткинської міської ради	III

13.	8	Твірітінов Володимир Віталійович	Конотопська спеціалізована школа I-III ступенів № 12 Конотопської міської ради	III
14.	8	Золотарьова Анастасія Олександрівна	Комунальний заклад Сумської обласної ради Сумська обласна гімназія-інтернат для талановитих та творчо обдарованих дітей	III
15.	9	Гарячий Тарас Олексійович	Чернечослобідський навчально-виховний комплекс: загальноосвітня школа I-III ступенів, дошкільний навчальний заклад Чернечослобідської сільської ради Буринського району	III
16.	9	Сахно Вячеслав Сергійович	Кролевецька спеціалізована школа I-III ступенів № 3 Кролевецької районної ради	III
17.	9	Возняк Іван Миколайович	Кролевецька спеціалізована школа I-III ступенів № 1 Кролевецької районної ради	III
18.	9	Курило Анна Олександрівна	Комунальний заклад Липоводолинська спеціалізована школа I-III ступенів Липоводолинської районної ради	III
19.	9	Яковлева Валерія Олександрівна	Тростянецька спеціалізована школа I-III ступенів № 2 Тростянецької районної ради	III
20.	9	Ворошило Ольга Олександрівна	Ковтунівський навчально-виховний комплекс: загальноосвітня школа I-III ступенів – дошкільний навчальний заклад Шосткинської районної ради	III
21.	9	Лисенко Микола Валерійович	Конотопська гімназія Конотопської міської ради	III
22.	9	Московець Степан Сергійович	Роменська спеціалізована школа I-III ступенів № 2 ім. акад. А.Ф.Йоффе Роменської міської ради	III
23.	10	Вакал Єгор Андрійович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	III
24.	11	Телетов Дмитро Олександрович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	III
25.	11	Супрун Юлія Олександрівна	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка, м. Суми	III

**7. Список учителів, які підготували переможців  
III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики  
в 2017 – 2018 навчальному році**

№ з/п	Прізвище, імя, по батькові	Навчальний заклад	Кількість переможців (місце)
1.	Беденко Тетяна Вікторівна	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 17, м. Суми	2 (I, I)
2.	Демків Олександр Степанович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	2 (I, II)
3.	Северин Віктор Миколайович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	2 (II, III)
4.	Лук'янова Марина Фаридівна	Шосткинська гімназія Шосткинської міської ради	2 (II, III)
5.	Чередниченко Євген Сергійович	Пологівський навчально-виховного комплекс: загальноосвітня школа I-II ступенів – дошкільний навчальний заклад Охтирської районної ради	1 (I)
6.	Маслюк Сергій Миколайович	Глухівська загальноосвітня школа I-III ступенів № 3 Глухівської міської ради	1 (II)
7.	Пушкаренко Сергій Миколайович	Охтирська загальноосвітня школа I-III ступенів № 5 імені Р.К.Папія Охтирської міської ради	1 (II)
8.	Ювко Ольга Миколаївна	Конотопська загальноосвітня школа I-III ступенів № 14 Конотопської міської ради	1 (II)
9.	Таранова Тетяна Юріївна	Шосткинський навчально-виховний комплекс: спеціалізована школа I-II ступенів – ліцей Шосткинської міської ради	1 (II)
10.	Гончаренко Віктор Миколайович	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради	1(III)
11.	Дяченко Майя Юріївна	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 10 імені Героя Радянського Союзу О. Бутка, м. Суми	1 (III)
12.	Колоусова Людмила Миколаївна	Конотопська спеціалізована школа I-III ступенів № 12 Конотопської міської ради	1 (III)

13.	Папенко Микола Миколайович	Конотопська гімназія Конотопської міської ради	1 (III)
14.	Подобрій Микола Миколайович	Кролевецька спеціалізована школа I-III ступенів № 3 Кролевецької районної ради	1 (III)
15.	Груша Людмила Миколаївна	Кролевецька спеціалізована школа I-III ступенів № 1 Кролевецької районної ради	1 (III)
16.	Ковбасистий Володимир Віталійович	Комунальний заклад Сумської обласної ради Сумська обласна гімназія-інтернат для талановитих та творчо обдарованих дітей	1 (III)
17.	Білошапка Віктор Іванович	Чернечослобідський навчально-виховний комплекс: загальноосвітня школа I-III ступенів, дошкільний навчальний заклад Чернечослобідської сільської ради Буринського району	1 (III)
18.	Тимошенко Світлана Олександрівна	Комунальний заклад Липоводолинська спеціалізована школа I-III ступенів Липоводолинської районної ради	1 (III)
19.	Арнаутова Оксана В'ячеславівна	Тростянецька спеціалізована школа I-III ступенів № 2 Тростянецької районної ради	1 (III)
20.	Мірошніченко Володимир Григорович	Ковтунівський навчально-виховний комплекс: загальноосвітня школа I-III ступенів – дошкільний навчальний заклад Шосткинської районної ради	1 (III)
21.	Литвиненко Олена Вікторівна	Роменська спеціалізована школа I-III ступенів № 2 ім. акад. А.Ф.Йоффе Роменської міської ради	1 (III)

## 8. Річний та загальний рейтинг команд Сумської області III етапу Всеукраїнської олімпіади з фізики

Річний рейтинг команд визначено як частка від ділення загальної кількості балів, набраних усіма переможцями, які є членами даної команди, до загальної кількості членів команди, які фактично брали участь у змаганнях. Загальний рейтинг – це сума річних рейтингів команд.

№ з/п	Район/місто	Загальний рейтинг (на кінець 2017 року)	Річний рейтинг	Загальний рейтинг (на кінець 2018 року)
			2017-2018 н.р.	
1	Білопільський	6	0	6
2	Буринський	0	21	21
3	В-Писарівський	0	0	0
4	Глухівський	10,75	0	10,75
	Березівська СР	-	0	0
5	Конотопський	7	0	7
6	Краснопільський	12	-	12
7	Кролевецький	56,06	0	56,06
	м. Кролевець	-	11,2	11,2
8	Лебединський	31,75	0	31,75
9	Липоводолинський	10,5	0	10,5
10	Недригайлівський	0	-	0
11	Охтирський	0	-	0
	Чернеччинської СР	-	37	37
12	Путівльський	14,5	0	14,5
13	Роменський	13,13	0	13,13
14	С-Будський	0	0	0
	Зноб-Новгородська СР	-	0	0
15	Сумський	7	0	7
	Миколаївська СР	-	0	0
16	Тростянецький	32,19	0	32,19
	м. Тростянець	-	6,75	6,75
	Боромлянська СР	-	0	0
17	Шосткинський	0	21	21
18	Ямпільський	4	0	4
19	м. Глухів	9,5	36	45,5
20	м. Конотоп	49,94	18,2	68,14
21	м. Лебедин	0	0	0
22	м. Охтирка	9,25	26	35,25
23	м. Ромни	42,91	16	58,91
24	м. Шостка	52,52	12,14	64,66
25	м. Суми	86,51	29,67	116,18
26	Сумська обласна гімназія-інтернат для талановитих та творчо обдарованих дітей	24,27	10,5	34,77
27	Державний ліцей-інтернат з посиленою військово-фізичною підготовкою «Кадетський корпус» ім. І.Г. Харитоненка	17,75	-	17,75

## 9. ЗАЯВКА

на участь команди Сумської області  
у IV етапі Всеукраїнської олімпіади з фізики у 2017-2018 навчальному році

За рішенням оргкомітету й журі III етапу Всеукраїнської олімпіади на IV етап  
Всеукраїнської олімпіади направляються такі учні-переможці III етапу олімпіади:

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові учня	Число, місяць (словами), рік народження	Найменування навчального закладу	Клас навчання	Клас, за який буде виконувати завдання на олімпіаді	Місце, зайняте на III етапі олімпіади	Прізвище, ім'я та по батькові працівника, який підготував учня	Додаткова інформація (комп'ютерна мова програмування тощо)
1		3	4	5	6	7	8	9
1	Чередниченко Максим Євгенович	29 січня 2004 р.	Пологівський навчально-виховного комплексу загальноосвітня школа I-II ступенів – дошкільний навчальний заклад Чернечинської сільської ради Охтирського району Сумської області	8	8	I	Чередниченко Євген Сергійович	
2	Костюков Сергій Васильович	12 липня 2003 р.	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 17, м. Суми, Сумської області	9	9	I	Беденко Тетяна Вікторівна	
3	Лаврик Данило Дмитрович	27 жовтня 2001 р.	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа I-III ступенів № 17, м. Суми, Сумської області	10	10	I	Беденко Тетяна Вікторівна	



1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Балим Денис Сергійович	07 травня 2000 р.	Комунальна Сумська гімназія міської ради Сумської області	11	11	I	Демків Олександр Степанович	.

Керівником команди призначено Чередниченка Євгена Сергійовича, учителя фізики Пологівського навчально-виховного комплексу: загальноосвітня школа І-ІІ ступенів – дошкільний навчальний заклад Чернечинської сільської ради Охтирського району Сумської області.

Директор Департаменту освіти і науки,  
голова оргкомітету олімпіади

Голова журі олімпіади

20 березня 2018 року



В.П. Грובה

Ю.А. Зимак

**10. Довідка**  
**про результати участі команди**  
**СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**  
**у LV Всеукраїнській олімпіаді з фізики**  
**25 березня - 30 березня 2018 року**

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Клас	Навчальний заклад	Бали	Диплом
1	Чередниченко Максим Євгенович	8	Пологівський навчально-виховний загальноосвітня школа І-ІІ ступенів – дошкільний навчальний заклад Чернечинської сільської ради Охтирського району Сумської області	30	ІІІ
2	Костюков Сергій Васильович	9	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 17, м. Суми, Сумської області	10	-
3	Лаврик Данило Дмитрович	10	Комунальна установа Сумська спеціалізована школа І-ІІІ ступенів № 17, м. Суми, Сумської області	19	ІІІ
4	Балим Денис Сергійович	11	Комунальна установа Сумська класична гімназія Сумської міської ради Сумської області	13.7	-

Голова оргкомітету

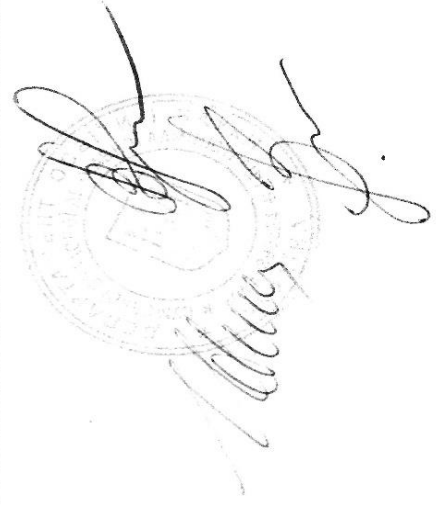
В.П. Грובה

Голова журі

І.О. Анісімов

Секретар

В.Ю. Зайцева



## **11. Методичні рекомендації щодо підготовки учнів до участі в теоретичному турі IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики**

IV етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики проводиться у три тури: теоретичний, експериментальний та демонстраційна олімпіада. Тривалість теоретичного та експериментального турів – 5 годин, демонстраційної олімпіади – 1,5 години.

Під час підготовки до IV етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики необхідно враховувати тематику завдань IV етапу Всеукраїнських та Міжнародних учнівських олімпіад з фізики попередніх років. Ознайомитися з цими завданнями можна в журналах «Фізика та астрономія в рідній школі» (видавництво «Педагогічна преса»), «Фізика в школах України» (видавнича група «Основа»), номер 10 за 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 та 2017 роки.

Загальний обсяг запропонованих задач у завданні теоретичного туру дещо перевищує обсяг роботи, який можна виконати за відведений час, що відповідає меті заходу – інтелектуальні змагання. Незважаючи на цю особливість олімпіади завдання забезпечують різноманітність тематики, різноплановість та різнорівневість завдань; узгоджуються з реальними інтелектуальними можливостями учнів та створюють умови для найповнішого розкриття здібностей учасників IV етапу олімпіади.

Для досягнення максимального результату під час підготовки до IV етапу олімпіади з фізики, учнів необхідно ознайоми з стратегією виконання завдань будь-якого з турів: вони повинні прагнути виконати якнайбільшу частину запропонованих завдань, але головною умовою перемоги в олімпіаді є виконання роботи краще за інших, а не обов'язкове виконання усіх запропонованих завдань. Також виконувати роботу потрібно, починаючи з найбільш простих завдань (на суб'єктивну думку кожного конкретного учасника), поступово наближаючись до більш складних завдань (для конкретного учасника).

З метою теоретичної підготовки учнів доцільно використовувати задачі з таких видань:

1. Кременський Б. Г. Курс теоретичної підготовки до Всеукраїнських учнівських олімпіад і турнірів з фізики / Б. Г. Кременський // Збірник програм курсів за вибором і факультативів з фізики та астрономії. 6–12 кл. – Х., 2009. – С. 143–153. – (Серія “Профільне навчання”).

2. Кременський Б. Г. Задачі міжнародних фізичних олімпіад 1987–1999 р.р. / Б. Г. Кременський, І. П. Пінкевич. – Тернопіль: Навч. кн. – Богдан, 2000. – Вип. 3. – 152 с.

3. Всеукраїнські олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки / за ред. Б. Г. Кременського. – 3-тє вид. – Л.: Євросвіт. – 2007. – 344 с.

4. Алексейчук В., Обласні олімпіади з фізики. Задачі та розв'язки / В. Алексейчук, О. Гальчинський, Г. Шопа. – 2-ге вид., доп. – Львів: Євросвіт, 2004. – 184 с.

5. Інтелектуальні змагання школярів. – Х.: Вид. група «Основа», 2008. – 128 с.

**Організація, проведення, результати  
II, III та IV етапів  
Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики  
(2017-2018 н.р., Сумська область)**

Інформаційно-аналітичний бюлетень

Упорядник: В.М. Карпуша  
Комп'ютерний набір: В.М. Карпуша  
Комп'ютерне макетування: В.М. Карпуша

Здано в набір 04.04.18  
Підписано до друку 10.04.18  
Формат 60×84/16  
Папір офсетний  
Гарнітура Arial  
Тираж 6 прим.

---

НВВ СОІППО, 40007, м. Суми, вул. Р-Корсакова, 5.  
Тел. 65-64-95