

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

*Львівський фізико-математичний ліцей-інтернат
при Львівському національному університеті
імені Івана Франка*

„ЛЕВЕНЯ – 2011” ВІТАЄ ПЕРЕМОЖЦІВ

Інформаційний вісник



Львів
Каменяр
2011

УДК 372.853
ББК 74.265.1-922
ЛЗ5

Цю книжку оргкомітет конкурсу підготував для переможців, сподіваючись, що зібрані в ній матеріали будуть корисними для учнів, які цікавляться різними видами інтелектуальних змагань (олімпіади, конкурси, турніри) з фізики, та для вчителів, які їх готуватимуть.

Оргкомітет конкурсу “Левеня – 2011”:

**Володимир Алексейчук,
Олена Хоменко**

Адреса оргкомітету:

79054, Львів, вул. Караджича, 29
Львівський фізико-математичний ліцей
Тел./факс: (032) 240-17-02
E-mail: levenia.lviv@gmail.com
Веб-сайт: <http://levenia.com.ua>

Директор ліцею **Мар’ян Добосевич**

Благодійний фонд “Ліцей”:

філія АТ “Укресімбанку”
рахунок отримувача 260030260560
МФО 325718
ЄДРПОУ 22360064

Виконавчий директор благодійного фонду “Ліцей”
Михайло Мурашук

ISBN 978-966-607-161-8

©Львівський фізико-математичний ліцей, 2011

Шановні учасники Всеукраїнського фізичного конкурсу “Левеня – 2011”!

Розвиток науки, ефективне використання результатів наукової діяльності, впровадження новітніх технологій - основа економічного зростання держави, запорука її майбутнього.

Основою створення новітніх технологій є фізика, досягнення якої змінювали хід історії, перетворювали філософію буття. У результаті практичного застосування фізичних відкриттів зараз ми можемо користуватися телефонами, комп'ютерами, автомобілями та іншими речами, без яких не уявляє свій побут сучасна людина. Саме фізика є базисом для пояснення фундаментальних взаємодій, на яких ґрунтується побудова та розвиток Всесвіту.

Участь у Всеукраїнському фізичному конкурсі “Левеня” – це перші сходинки до вивчення природи, проведення досліджень, які сприятимуть поясненню фізичних явищ, виробленню нових фізичних гіпотез та теорій. Завдання конкурсу сприяють розвитку спостережливості за навколишнім світом, розвитку логіки та ерудиції, креативності мислення.

Уже десять років група організаторів конкурсу, складаючи нестандартні фізичні завдання та проводячи конкурс у регіонах країни, намагається прищепити учням любов до вивчення фізики, розвинути їх пізнавальний інтерес до дослідження довкілля. Щира вдячність нашим освітянам за професійну майстерність, щоденну працю та щедрість душі, яку вони віддають дітям.

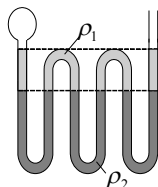
Знання тільки тоді Знання, коли вони набуті зусиллями думки, а не тільки пам'яттю, і тому бажаю Вам, шановні школярі, сил, натхнення, наполегливості в навчанні та нових успіхів!

Нехай втілюються ваші мрії та сподівання, а ми, дорослі, докладемо для цього всіх можливих зусиль.

Хоменко Олена Вікторівна,
головний спеціаліст департаменту
загальної середньої та дошкільної освіти
Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України

Т е о р е т и ч н и й т у р
8 клас

1. Зігнута трубка сталого перерізу розміщена у вертикальній площині й заповнена двома рідинами, які не змішуються, з густинами ρ_1 і ρ_2 ($\rho_1 < \rho_2$). Всі межі поділу між двома рідинами знаходяться на однаковій висоті. Верхні межі рідини ρ_1 збігаються (*див. мал.*). Нехтуючи стисливість рідин, знайти зміщення Δx рівня рідини в правому відкритому коліні, якщо тиск над рідиною в лівому коліні зростає на Δp .



2. Бажаючи одержати фотографію зебри, фотограф сфотографував білого віслюка, приклавши до об'єктиву фотоапарату плівку з чорними смужками. Що вийшло на знімку?

3. Гумова нитка прив'язана кінцями до стелі в одній точці. По одній частині нитки зі стелі починає повільно спускатися поважний масивний жук. Побудувати графік залежності відстані від стелі до жука від пройденої частини нитки. Маса жука така, що відрізок цієї гумової нитки під його вагою видовжиться вдвічі. Вважати, що гумова нитка розтягається за законом Гука, а її масою можна знехтувати. Коефіцієнт жорсткості нитки обернено пропорційний довжині нерозтягнутої нитки.

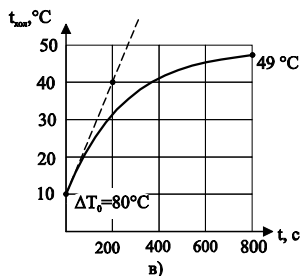
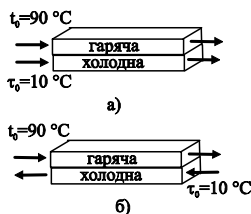
4. Для обслуговування стін глибоководного басейну аквалангісти вирішили використати дерев'яну драбину довжиною 4 м (*див. мал.*). Драбина під водою виявилась досить норовистою. Оцініть, яку частину драбини один аквалангіст може впевнено використовувати під водою? До якої висоти він зможе обробити стіни басейну? Аквалангіст працює на відстані не меншій 30 см від стіни, обробляючи її при цьому до висоти 2 м відносно рівня підшов. Маса драбини 10 кг, густина деревини 800 кг/м^3 . Сила, яку необхідно було б докласти, щоб повільно опустити аквалангіста з обладнанням на дно басейну, дорівнює 100 Н. Прискорення вільного падіння $g = 10 \text{ м/с}^2$. Проковзування між драбиною і поверхнею басейну відсутнє.



5. Є дві однакові, притиснуті одна до одної мідні труби. Через одну пропускають гарячу воду, через другу – холодну (*див. мал. а, б*). Для визначення теплообмінних властивостей такого з'єднання труб їх попередньо заповнили гарячою (90°C) і холодною (10°C) водою і побудували графік зміни температури холодної води з часом (*див. мал. в*). Використовуючи цей графік, розрахуйте, яку температуру холодної води на виході буде забезпечувати теплообмінник, якщо напрямки течії гарячої й холодної води в ньому: а) однакові (*мал. а*); б) протилежні (*мал. б*). Довжина кожної труби 8 м,

швидкості течії гарячої й холодної води 1 см/с, температура гарячої води на вході 90°C , температура холодної води на вході 10°C . В усіх випадках теплообмін із зовнішнім середовищем відсутній.

Кількість теплоти, що передається від гарячої до холодної води за одиницю часу, прямо пропорційна різниці їхніх температур.



Задачі запропонували С. У. Гончаренко (1, 2), О. Ю. Орлянський (3, 4), Є. П. Соколов (5).

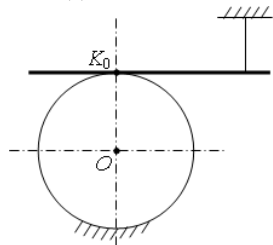
9 клас

1. Необхідно максимально збільшити малий об'єкт за допомогою мікроскопа, що складається з двох тонких збірних лінз (об'єктива та окуляра), розташованих на одній оптичній осі. Предмет розташовують перед фокусом об'єктива. Як окуляр використовують лупу з фокусною відстанню 1 см. Дійсне зображення об'єкту в об'єктиві є предметом для окуляра. За технічними умовами об'єкт не може бути розташованим ближче, ніж 5 см від об'єктива. Відстань між об'єктивом і окуляром не може перевищувати 30 см. Знайдіть максимальне збільшення мікроскопу та побудуйте хід променів у такій системі.

2. Див. 8 клас, задача 5.

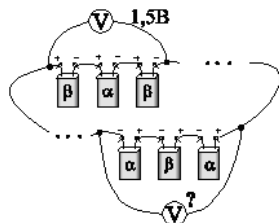
3 На ободі невагомому колесу з нерухомою віссю радіусом $R = 1$ м рівномірно розміщені $N = 201$ комірок. В момент, коли кожна із комірок проходить верхнє положення, в неї опускають з нульовою початковою швидкістю відносно землі вантаж масою $m = 100$ г. В момент, коли комірка проходить нижнє положення, вантаж випадає з неї. Визначте лінійну швидкість комірок, яка встановиться. Тертям у вісі та опором повітря знехтувати.

4. Однорідний тонкий стрижень, що лежить на нерухомій циліндричній поверхні, утримувався в горизонтальному положенні за допомогою нитки (див. мал.). Після перерізання нитки виявилось, що він став здійснювати повільно згасаючі коливання без проковзування. При цьому початковий максимальний кут відхилення стрижня від горизонталі становив $\alpha_{\max}$. Виразіть через $\alpha_{\max}$ кінцевий кут відхилення стрижня від горизонталі α_k після його зупинки.



Математична примітка: якщо кут вимірюється в радіанах, то довжина l дуги кола радіуса R визначається: $l = Ra$, де a – відповідний центральний кут.

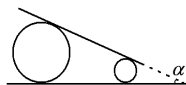
5. Недосвідчений лаборант спаяв замкнуте коло з десяти батарейок «Альфа» і чотирнадцяти батарейок «Бета». Батареїки він брав у довільному порядку, але завжди з'єднував «плюс» з «мінусом». Верхній вольтметр, підключений до групи «Бета» – «Альфа» – «Бета» (див. мал.), показує напругу 1,5 В. Яку напругу показує нижній вольтметр, підключений до групи «Альфа» – «Бета» – «Альфа»? Яку напругу покаже вольтметр, якщо його підключити до батарейки «Бета»? До батарейки «Альфа»?



Задачі запропонували В. П. Сохацький (1), Є. П. Соколов (2, 5), С. У. Гончаренко (3), А. П. Федоренко (4).

10 клас

1. Два циліндри котяться без проковзування по горизонтальному столі. Зверху на них лежить дошка (див. мал.). Осі циліндрів паралельні. Визначте швидкість дошки щодо стола в момент, коли модуль відносної швидкості найближчих одна до одної точок циліндрів дорівнює v , а площина дошки утворює з площиною стола кут α .



2. Див. 9 клас, задача 4.

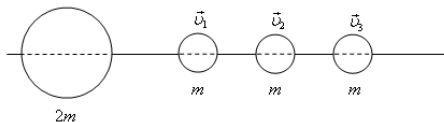
3. Відчуття об'ємності виникає внаслідок відмінності зображення того самого предмета для лівого і правого ока. На плоскому екрані одночасно створюються два зображення, одне з яких призначене для лівого ока, а друге для правого. Для розділення зображень одягають спеціальні окуляри. Уявіть, що Ви сидите в таких окулярах перед 3D-монітором і спостерігаєте моделювання обертання Місяця навколо Землі. Земля розташована в центрі монітора, навкруги неї в площині, перпендикулярній екрану, яка проходить через Ваші очі, обертається двосантиметрова кулька Місяця, то виходячи за площину екрана і наближаючись до Вас, то йдучи вглиб екрана і віддаляючись. Вважаючи, що радіус орбіти Місяця 20 см, а віддаль від екрана до Ваших очей – 60 см, схематично в масштабі 1:4 побудуйте зображення на плоскому екрані монітора, що формують у глядача три об'ємні рівновіддалені положення Місяця при його русі по орбіті, починаючи з моменту, коли Місяць максимально віддалений. Оцініть, у скільки разів максимальна швидкість плоского зображення на екрані більша від швидкості колового руху Місяця, а швидкість колового руху Місяця більша середньої (за період обертання) швидкості плоского зображення на екрані. Чи зміниться сприйняття руху Місяця, якщо дивитися на екран збоку? Якщо зміниться, то як саме? Вважайте, що віддаль між зіницями дорівнює 6 см.

4. Проаналізуйте наведені у таблиці дані і спробуйте знайти закономірність. Запропонуйте гіпотезу* щодо молярної теплоємності** C_m твердих тіл. Розрахуйте значення теплоємності, яка припадає на один атом. Вважаючи, що у твердому стані кінетична енергія кожного атома твердого тіла дорівнює потенціальній, запропонуйте гіпотезу щодо молярної теплоємності одноатомного ідеального газу, частинки якого вільно літають у наданому об'ємі і не взаємодіють між собою. Знайдіть температуру, яка встановиться у теплоізовльованій барокамері, заповненій 8 кг гелію при температурі 0°C , якщо в неї помістити титанову деталь масою 5 кг, нагріту до 300°C . Внутрішня тонкостінна оболонка барокамери також виготовлена з титану масою 5 кг. Молярні маси гелію і титану відповідно 4 г/моль і 48 г/моль.

*Гіпотеза – припущення, здогадка; **молярна теплоємність – це теплоємність одного моля речовини, який складається з $N_A=6 \cdot 10^{23}$ атомів чи молекул.

	Алюміній	Залізо	Мідь	Срібло	Золото
Молярна маса, г/моль	27,0	55,8	63,5	108	197
Питома теплоємність, Дж/(кг·град)	900	443	385	237	129

5. На гладенький довгий горизонтально розташований стержень нанизано три кульки масою m кожна та одна кулька масою $2m$ (див. мал.) У початковий момент всі кульки ковзають вздовж стержня ліворуч із деякими невідомими за величиною швидкостями (відомо, що $v_1 < v_2 < v_3$). Після зіткнень важка кулька отримує швидкість v , а всі легкі зупиняються. Нехтуючи тертям кульок об стержень і вважаючи всі зіткнення абсолютно пружними, визначте швидкість кожної легкої кульки до зіткнення.



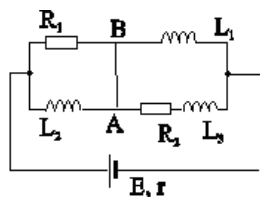
Задачі запропонували С. У. Гончаренко (1), А. П. Федоренко (2), О. Ю. Орлянський (3, 4), В. Ф. Заболотний (5).

11 клас

1. Протонний пучок, що інjektувався в LHC (великий адронний колайдер), мав кінетичну енергію 450 GeB (1 GeB = $1,6 \times 10^{-10}$ Дж) на протон. 1. Визначити швидкість пучка в одиницях швидкості світла c ($c = 3,0 \times 10^8$ м/с). 2. У фізиці високих енергій використовують так звану природну систему одиниць, в якій стала Планка $\hbar = h/2\pi = 1,05 \times 10^{-34}$ Дж · с і швидкість світла c є безрозмірними величинами і дорівнюють одиниці ($\hbar = c = 1$). Використовуючи цю систему, визначити розмірності маси M , довжини L , часу t , швидкості v , сили F , електричного заряду q , напруженості електричного поля E , індукції магнітного поля B в еВ. 3. Знайти числові значення 1 см, 1 с і 1 Кл в еВ. 4. В кільце LHC інjektується 2 протонні пучки, що рухаються в протилежних напрямках. Кожен пучок містить 2800 груп по 10^{11} протонів

в кожній. Вважаючи, що протони рухаються зі швидкістю 0.999 999 991 швидкості світла, визначити енергію всього пучка в Дж. 5. Знайти швидкість поїзда масою 400 тон, кінетична енергія якого дорівнює енергії пучка. Маса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, закон Кулона в природній системі одиниць має вигляд $F = q_1 q_2 / r^2$.

2. У схемі, що складається із двох опорів, трьох ідеальних котушок індуктивності і неідеального джерела струму, раптово перегоряє перемичка АВ (див. мал.). Чому буде дорівнювати напруга на джерелі відразу після цього? ЕРС джерела дорівнює $E = 12\text{В}$, індуктивність третьої котушки втричі більша від індуктивності другої котушки, $L_3 = 3L_2$.



3. Джерелом сонячної енергії є перетворення водню на гелій. Можна вважати, що в надрах Сонця з чотирьох атомів водню утворюється один атом гелію і два нейтрино, які вилітають з майже світловою швидкістю. При цьому виділяється значна кількість енергії, 2% якої забирають нейтрино. Нейтрино – дуже легкі частинки з надзвичайно великою проникністю. Велетенські товщі речовини для них є практично прозорими. Оцініть кількість сонячних нейтрино, які зараз пронизують об'єм тіла учасника олімпіади масою 50 кг. Уявіть тепер, що такий же учень пролітає на космічному кораблі повз Землю в напрямку її руху зі швидкістю $v = 0,8c$. Оцініть кількість сонячних нейтрино, які будуть пронизувати космічного мандрівника протягом $t = 5$ год польоту. Відповідь надайте як з точки зору земного спостерігача, так і пілота космічного корабля. Швидкість світла у вакуумі $c = 300\,000$ км/с, маси водню і гелію дорівнюють 1,0078 а.о.м. і 4,0026 а.о.м., де 1 а.о.м. = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг. Відомо, що поблизу земної орбіти через перпендикулярний до сонячних променів квадратний метр поверхні щосекунди проходить 1370 Дж енергії сонячного випромінювання. Відстань від Землі до Сонця $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11}$ м.

4. Для створення штучної гравітації космічна станція спроектована у вигляді циліндра радіусом R . Її привели в обертання навколо осі циліндра з такою кутовою швидкістю, щоб на внутрішній поверхні циліндра, як і на Землі, відчувалося прискорення вільного падіння g . Проаналізуйте залежність періоду плоских малих коливань математичного маятника довжиною l від його розташування всередині станції.

5. З області, де магнітне поле відсутнє, циліндричний електронний пучок потрапляє в область, де магнітне поле складає $B = 3 \cdot 10^{-2}$ Тл і паралельне осі пучка. Визначте характер руху пучка електронів в області, де є магнітне поле. Оцініть кількісні характеристики цього руху.

Задачі запропонували С. Й. Вільчинський (1), Є. П. Соколов (2), О. Ю. Орлянський (3, 4), І. О. Анісімов (5).

Експериментальний тур

8 клас

Завдання 1

За допомогою запропонованого обладнання виготовте прилад для визначення концентрації солі у водному розчині. Виміряйте концентрацію солі даного розчину.

Матеріали та обладнання: *індивідуальне* – пластилін, зубочистка, шматок корку, 8 г солі в колбі (колба в експерименті не використовується), міліметровий папір, склянка з водою, порожня склянка; *групове* – посудина з розчином солі невідомої концентрації, мензурка, маркер.

Довідка: концентрація – відношення маси солі до маси води.

Завдання 2

За допомогою запропонованого обладнання розробіть метод визначення теплової потужності власної долоні як нагрівача. Визначте потужність такого нагрівача. При яких умовах можна отримати максимальну потужність?

Матеріали та обладнання: *індивідуальне* – шматочки льоду, дві склянки, міліметровий папір або лінійка, прозора трубка з внутрішнім діаметром 5 мм; *групове:* маркер, годинник.

Довідка: об'єм циліндру висотою h і радіусом r обчислюється за формулою $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$; питома теплота плавлення льоду $330 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$.

9 клас

Завдання 1

З наведеного індивідуального обладнання виготовте прилад для вимірювання малих (до 10 градусів) кутів (прилад має бути зданий у робочому стані разом із зошитом!).

Матеріали та обладнання: *групове* – ножиці, лист картону з накресленим на ньому «контрольним» кутом (α , β або γ в залежності від аудиторії), який необхідно буде виміряти; *індивідуальне* – смужка паперу з нанесеними на ній через однакові інтервали паралельними тонкими лініями, смужка прозорої плівки з такими самими лініями, картон, дерев'яна лінійка, декілька шматків скотчу (відрізати самостійно).

У звіті наведіть інструкцію з використання Вашого приладу.

Користуючись виготовленим приладом, виміряйте «контрольний» кут (позначення кута має бути збережене). Оцініть забезпечувану точність вимірювань.

Завдання 2

Користуючись запропонованим обладнанням, дослідіть залежність висоти рівня води у вертикально розташованому шприці від часу витікання води $h(t)$. Рівень води відміряти від нижнього краю носика шприца. Користуючись графіком $h(t)$, знайдіть залежність швидкості витікання води від висоти

її рівня $v_{\text{екс}}(h)$ і побудуйте графік цієї залежності на окремому аркуші. На цьому ж аркуші нанесіть теоретичну залежність $v_{\text{теор}}(h) = \sqrt{2gh}$ та порівняйте її з експериментальною залежністю. Проаналізуйте отримані результати і зробіть висновки. У випадку розбіжності $v_{\text{екс}}(h)$ та $v_{\text{теор}}(h)$ вкажіть її можливі причини.

Матеріали та обладнання: *групове* – метроном, налаштований на 60 ударів на хвилину; *індивідуальне* – шприц на 20 мл без голки та поршня, дві пластикові склянки, одна з яких наповнена водою, маркер або фломастер, що пише на пластику, лінійка, міліметровий папір.

10 клас

Завдання 1

1. Користуючись запропонованим обладнанням, дослідіть залежність висоти рівня води, що витікає з вертикально розміщеного шприца, від часу. Висоту відраховуйте від нижнього краю «носика» шприца, для вимірювання часу використовуйте удари метронома.

2. Побудуйте графік отриманої залежності.

3. З графіка визначте залежність швидкості витікання води з «носика» від висоти стовпа.

4. На окремому аркуші побудуйте графік залежності швидкості витікання води від висоти стовпа.

5. На тому ж графіку побудуйте залежність, що дається формулою Торрічеллі: $v = \sqrt{2gh}$, де v – швидкість витікання, g – прискорення вільного падіння, h – висота стовпа рідини.

6. Порівняйте графіки експериментальної й теоретичної залежностей, запропонуйте пояснення спостережуваних відмінностей.

7. Опишіть отриману Вами залежність швидкості витікання води від висоти стовпа за допомогою емпіричної формули вигляду $v = a\sqrt{2g(h-b)}$, визначивши числові значення параметрів a і b за двома точками на експериментальній залежності.

8. Поясніть, які фактори впливають на величину параметрів a і b .

9. Натягніть на кінець шприца пластикову трубку.

10. Повторіть вимірювання залежності швидкості витікання води від висоти стовпа (відрахованої від попереднього рівня).

11. Побудуйте графік отриманої залежності (на тому самому аркуші міліметрового паперу).

12. Поясніть вплив трубки, натягнутої на наконечник шприца, на швидкість витікання води.

Матеріали та обладнання: *групове* – метроном, налаштований на 60 ударів на хвилину, маркер; *індивідуальне* – шприц на 20 мл без голки і поршня, дві

одноразові пластикові склянки, одна з яких наповнена водою, пластикова трубочка завдовжки 100 мм, лінійка, міліметровий папір.

Довідка: внутрішній діаметр отвору наконечника шприца 1,6 мм

Примітка: емпірична формула – це формула, що містить числові параметри, підібрані так, щоб отримати найкращу відповідність із експериментальними даними.

Завдання 2

Вивчіть залежність кута розлітання двох однакових монет при нецентральному частково пружному ударі від прицільної відстані. Для цього:

1. Запропонуйте й теоретично обґрунтуйте методику визначення коефіцієнту відновлення при центральних зіткненнях однакових монет.
2. Проведіть експерименти з центральних зіткнень двох 5-копійчаних монет та двох 25-копійчаних монет.
3. Визначте коефіцієнти відновлення в кожному випадку.
4. Запропонуйте методику вимірювання кута розлітання при нецентральному зіткненні однакових монет.
5. Проведіть експерименти з нецентрального зіткнення монет: 5 – 5, 25 – 25 для різних прицільних відстаней. Виміряйте кути розлітання.
6. Проаналізуйте, від яких параметрів залежить кут розлітання, та наведіть висновки.

Матеріали та обладнання: індивідуальне – дві монети номіналом 5 коп., дві монети номіналом 25 коп., аркуш прозорого паперу форматом А4, 2 аркуші паперу формату А4; міліметровка; дві пластикові лінійки, 2 – 3 книжки; *групове* – скотч; ножиці;

Довідка:

а) Прицільна відстань (у даному випадку) – мінімальна відстань центра нерухомої монети від прямої, вздовж якої рухається центр монети, що налітає.

б) Коефіцієнт відновлення $k = \frac{u_2 - u_1}{v_2 - v_1}$, де v_2 , v_1 – проекції початкових

швидкостей монет на лінію, яка з'єднує їх центри, u_2 , u_1 – проекції кінцевих швидкостей монет на цю лінію.

11 клас

Завдання 1

1. Тонку дерев'яну паличку прилаштуйте на кутку парти так, щоб вільні кінці палички виступали за краї парти. До палички підвісьте горизонтально олівець на двох паралельних лінках.
2. На якісному рівні вивчіть характер горизонтальних коливань навколо вертикальної осі, що проходить через центр мас олівця, і опишіть, як змінюється частота коливань у залежності від відстані між нитками підвісу.

3. Отримайте теоретичну залежність частоти коливань олівця від параметрів коливальної системи.
4. Запропонуйте методику вимірювання маси тіла за допомогою виготовленої вами установки та визначте з її допомогою масу тіла, яке Вам надать організатори олімпіади.
5. Проаналізуйте отримані результати та вкажіть основні фактори, що вплинули на точність вимірювань.

Матеріали та обладнання: індивідуальне – дерев'яна паличка, пластилін, міліметровий папір, лінійка, олівець масою 3,9 г, тіло невідомої маси, секундомір; *групове* – линва, скотч, ножиці.

У звіті наведіть:

- план проведення експерименту;
- теоретичні розрахунки та обґрунтування вибору методики вимірювань;
- отримане значення маси тіла;
- розрахунки похибки;
- аналіз і оцінку отриманих результатів, висновки.

Завдання 2

Із запропонованого обладнання зберіть установку для визначення коефіцієнту тертя линви по дерев'яній паличці: дві паралельні дерев'яні палички прилаштовуються горизонтально на деякій відстані одна від одної на верхній дошці парти так, що їх кінці виступають за її край на кілька сантиметрів. Якщо ви вважатимете, що висоти недостатньо, то можна використати учнівський стілець, встановлений на дошці учнівського стола.

1. Запропонуйте методику вимірювання коефіцієнту тертя ковзання тонкої рибальської линви по дерев'яних паличках.
2. Наведіть план проведення досліджень і послідовність обробки результатів і розрахунків похибки отримуваної величини.
3. Проведіть вимірювання і наведіть результати обробки отриманих даних.
4. Проаналізуйте отриманий результат.
5. Запропонуйте заходи для підвищення точності вимірювань.

Матеріали та обладнання: індивідуальне – сім льодяників у обгортках, дві тонкі дерев'яні палички, вимірювальна стрічка, секундомір; *групове* – пластилін, ножиці, линва.

Довідка: Вперше задача про тертя канату об циліндр була розглянута великим математиком, механіком, фізиком і астрономом Леонардом Ейлером (1707—1783). Він показав, що натяг каната T в залежності від кута охоплення опори канатом α змінюється за законом $T = T_0 e^{-\mu \alpha}$, де $e = 2,72\ldots$ – основа натурального логарифма, T_0 – початковий натяг каната (ще не навітого на опору).

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ

8 клас

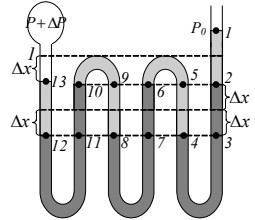
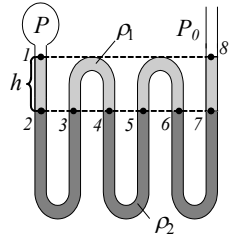
Задача 8.1

У початковому стані тиск газу в колбі P дорівнює атмосферному P_0 . Доведемо це. $P = P_1$,

$$P_2 = P_1 + \rho_1 gh = P + \rho_1 gh \quad (1). \quad P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = P_7 \quad (2)$$

– за законом сполучених посудин для першої або другої рідини $P_0 = P_8$, $P_7 = P_8 + \rho_1 gh = P_0 + \rho_1 gh$ (3). З рівнянь (1), (2), (3) отримуємо: $P = P_0$. Після збільшення тиску газу в колбі рівні рідин змістяться (див. мал.).

Визначимо тиск газу у колбі через атмосферний тиск. $P_0 = P_1$,
 $P_2 = P_0 + \rho_1 gh$, $P_3 = P_2 + \rho_2 g 2\Delta x$, $P_3 = P_4$,
 $P_5 = P_4 - \rho_1 g 2\Delta x$, $P_5 = P_6$, $P_7 = P_6 + \rho_2 g 2\Delta x$, $P_7 = P_8$,
 $P_9 = P_8 - \rho_1 g 2\Delta x$, $P_9 = P_{10}$, $P_{11} = P_{10} + \rho_2 g 2\Delta x$, $P_{12} = P_{11}$,
 $P_{13} = P_{12} - \rho_1 gh = P + \Delta P$. Враховуючи всі попередні рівняння отримаємо: $P + \Delta P = P_0 + 6\rho_2 g \Delta x - 4\rho_1 g \Delta x \Rightarrow$
 $\Delta x = \Delta P / ((6\rho_2 - 4\rho_1)g)$.

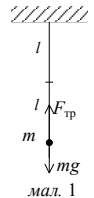


Задача 8.2

Оскільки зображення дає будь-яка частина лінзи, зображення залишиться незмінним. Яскравість зображення стане меншою тому, що кількість світлової енергії, яка проходить через лінзу, стане меншою.

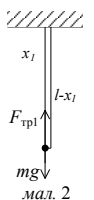
Задача 8.3

За умовою задачі коефіцієнт жорсткості будь-якої частини нитки $k = \frac{\alpha}{x}$ (x – довжина нитки, α – коефіцієнт пропорційності). Визначимо α , причепивши жука до кінця повної нитки (l) (див. мал. 1). З умови рівноваги жука: $mg = F_{\text{тп}} = k\Delta x = kl = \frac{\alpha}{l}l = \alpha$, $\alpha = mg$ (1).



Визначимо довжину нитки при русі, по якій буде розташовуватись тільки ця частина гумки (див. мал. 2). $mg = F_{\text{тп1}} = k_1 x_1 = \frac{\alpha}{x_1} \Delta x_1 = \frac{mg}{x_1} \Delta x_1 \Rightarrow \Delta x_1 = x_1$.

З малюнка: $x_1 + \Delta x_1 = l - x_1 = 2x_1 \Rightarrow x_1 = l/3$. При русі жука по нитці довжиною $x \leq l/3$ (вниз) і $l \geq x \geq \frac{2l}{3}$ (вверх) розтягується тільки одна частина гумки (вдвічі). Тоді відстань від точки підвісу до жука становить $y = x + \Delta x = 2x$, для $0 \leq x \leq l/3$ (ділянка графіка I), $y = 2(l - x)$, для $l \geq x \geq 2l/3$ (ділянка графіка III). В обох випадках залежність лінійна.



При $l/3 \leq x \leq 2l/3$ розтягуються дві нитки (див. мал. 3).

$$F_1 + F_2 = mg = \frac{\alpha}{x} \Delta x_1 + \frac{\alpha}{l-x} \Delta x_2 = \frac{mg}{x} \Delta x_1 + \frac{mg}{l-x} \Delta x_2 \Rightarrow$$

$$x(l-x) = (l-x)\Delta x_1 + x\Delta x_2 \quad (2). \quad \text{З малюнка 3: } x + \Delta x_1 = (l-x) + \Delta x_2 \quad (3).$$

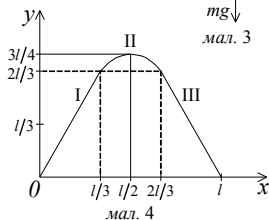
З рівнянь (2) і (3) отримуємо: $\Delta x_1 = 2x - (3/l)x^2$. Тоді відстань від стелі

до жука при $l/3 \leq x \leq 2l/3$ $y = x + \Delta x_1 = 3x - (3/l)x^2$ (4)

(парабола). Вершина параболи знаходиться у точці

$$x_b = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{l/3 + 2l/3}{2} = l/2, \text{ оскільки, при } x_1 = l/3$$

і $x_2 = 2l/3$, $y_1 = y_2 = 2l/3$. Найбільша відстань від стелі до жука $y_{\max} = 3l/4$ (за формулою (4)).



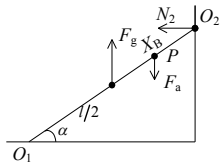
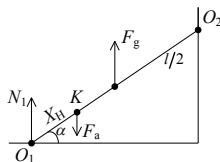
Задача 8.4

За умовою задачі рівнодіяна сил, що діє на аквалангіста з боку води і Землі $F_a = m_a g - F_{\Lambda a} = 100 \text{ Н}$ напрямлена вниз. Рівнодіяна сил на драбину –

$$F_g = F_{\Lambda g} - m_g g = \rho_{\text{вг}} \frac{m_g}{\rho_g} - m_g g = 25 \text{ Н} \text{ напрямлена вгору.}$$

Визначимо, в яких межах аквалангіст може переміщатись по драбині стійко.

Умова рівноваги аквалангіста разом з драбиною відносно вісі O_1 для найнижчого положення x_n в цей момент сила реакції стінки у точці O_2 стає рівною нулю) (див. мал.)



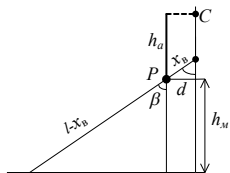
$$F_a x_n \cos \alpha = F_g \frac{l}{2} \cos \alpha \Rightarrow x_n = \frac{F_g l}{2 F_a} = 0,5 \text{ м. Для верхнього положення (в цей момент}$$

сила реакції дна в точці O_1 стає рівною нулю) відносно вісі O_2

$$F_a x_b \cos \alpha = F_g \frac{l}{2} \cos \alpha \Rightarrow x_b = 0,5 \text{ м. Аквалангіст може пе-}$$

реміщатись по драбині тільки між точками K і P . Для визначення максимальної висоти, якої досягає аквалангіст необхідно врахувати, що він не може наближатись до стінки ближче за $d = 0,3 \text{ м}$. Зрозуміло, що в цьому випадку точка P драбини повинна бути на відстані d від стінки. Визначимо, під яким кутом β до стінки має бути розташо-

$$\text{вана драбина (див. мал.): } \sin \beta = \frac{d}{x_b} = \frac{3}{5} \Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \frac{4}{5}.$$

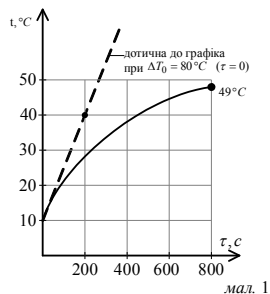


Визначимо, якої максимальної висоти може досягти аквалангіст на стінці: $H_m = h_m + h_a = (l - x_b) \cos \alpha + h_a = 4,8 \text{ м.}$

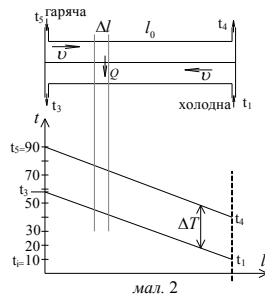
Задача 8.5

Визначимо час руху води (τ_p) в теплообміннику:

$\tau_p = l_0/v = 8/0,01 = 800$ с. При русі води у теплообміннику дві порції води (гаряча і холодна) одночасно входять у теплообмінник, рухаються разом і одночасно виходять з теплообмінника через $\tau_p = 800$ с. Якщо знехтувати теплопровідністю в середині холодної (і гарячої) води, можна вважати, що зміна температури холодної (і гарячої) води відбувається тільки внаслідок теплообміну між гарячою і холодною водою протягом $\tau_p = 800$ с. За умовою задачі (див. графік) за цей час холодна вода нагріється до $T_1 = 49^\circ\text{C}$.



Розглянемо рух води у протилежних напрямках (див. мал.). Позначимо: $t_1 = 10^\circ\text{C}$, t_3 — початкова і кінцева температура холодної води; $t_5 = 90^\circ\text{C}$, t_4 — початкова і кінцева температура гарячої води; $\Delta T_0 = t_5 - t_1$ —



початкова різниця температур при теплообміні нерухомих рідин. При теплообміні нерухомих рідин потужність теплообміну весь час зменшується, оскільки зменшується різниця температур. Якщо до графіка (мал. 1) залежності температури холодної води від часу у початковий момент $\tau = 0$ провести дотичну, тоді можна вважати, що вона є графіком залежності температури холодної води від часу, якби різниця температур гарячої і холодної води весь час була постійною $\Delta T_0 = 80^\circ\text{C} = t_5 - t_1$. Кількість теплоти, яку отримала холодна вода за $\tau_1 = 200$ с від гарячої (при сталій різниці температур $\Delta T_0 = 80^\circ\text{C}$ визначається законом теплообміну Ньютона), пішла на її нагрівання (від $t_1 = 10^\circ\text{C}$ до $t_2 = 40^\circ\text{C}$ (при $\tau_1 = 200$ с)). $Q_x = \alpha \Delta T_0 \tau_1 = cm(t_2 - t_1)$ (1), де: α — коефіцієнт теплообміну, m — маса холодної води у теплообміннику.

При теплообміні рухомих рідин у протилежних напрямках (див. мал. 2) уздовж труби встановиться певний розподіл температур. Ця залежність буде лінійною, оскільки теплоємність рідин однакова (для будь-якої ділянки Δl кількість теплоти Q , яку віддає гаряча вода, дорівнює теплоті, отриманій холодною водою, тобто на скільки зменшується температура гарячої води, на стільки ж збільшується температура холодної води). На всіх ділянках теплообміну $\Delta T = t_5 - t_3$ (2) — постійна. Запишемо умову теплообміну $\tau = 800$ с $= \tau_p$ (за цей час у теплообмінник поступить холодна вода масою m при $t_1 = 10^\circ\text{C}$ і вийде стільки ж води при t_3). $\alpha \Delta T \tau_p = cm(t_3 - t_1)$ (3).

Розв'язуючи систему рівнянь (1), (2) і (3) отримаємо:

$$t_3 = \left(\frac{(t_2 - t_1)\tau_p}{\Delta T_0 \cdot \tau_1} t_2 + t_1 \right) / \left(1 + \frac{(t_2 - t_1)\tau_p}{\Delta T_0 \cdot \tau_1} \right) = 58^\circ\text{C}.$$

9 клас

Задача 9.1

Нехай малий предмет т. A знаходиться на головній оптичній осі, тоді її зображення (дійсне), яке дає об'єктив, буде на головній оптичній осі т. A' . Це зображення стає предметом для окуляра. Людина переміщає окуляр, доки уявне зображення т. A'' , що дає окуляр, не стане на відстані $d_0 = 25 \text{ см}$ (відстань найкращого зору) від ока людини (око розташоване впритул до окуляра). Запишемо формулу лінзи для об'єктива і окуляра

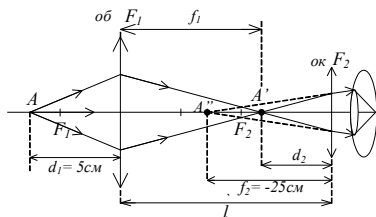
(див. мал.): $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$ (1); $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$ (2) і $l = f_1 + f_2$ (3). З рівнянь (2) і (3)

отримаємо: $d_2 = \frac{f_2 F_2}{f_2 - F_2} = 0,96 \text{ см}$; $f_1 = l - d_2 = 29,04 \text{ см}$. Збільшення мікроскопа

(β) визначимо, як добуток збільшення об'єктива ($\Gamma_1 = f_1/d_1$) на збільшення окуляра

$\Gamma_2 = |f_2|/d_2$. Зрозуміло, що збільшення буде максимальним, якщо $d_1 = 5 \text{ см}$ –

мінімальне. $\beta = \Gamma_1 \cdot \Gamma_2 = \frac{f_1 \cdot |f_2|}{d_1 \cdot d_2} = 150$.



Задача 9.2

Див. 8 клас, 5.

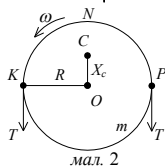
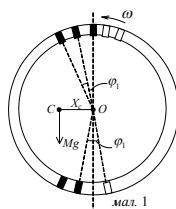
Задача 9.3

Оскільки маса вантажу m набагато менша за масу колеса $\frac{N}{2}m$, то можна вважати, що колесо обертається практично рівномірно.

Протягом часу $\Delta t = \frac{\varphi_1}{\omega} = \frac{2\pi}{N\omega}$ (1), від опускання одного вантажу до опускання наступного, момент імпульсу системи змінюється на $\Delta L = mR^2\omega$ (2) (зміна моменту імпульсу одного вантажу) внаслідок дії імпульсу моменту сили, створеного дією сили тяжіння

$Mg = \frac{N}{2}mg$ (3) на вантажі відносно осі O колеса (див. мал. 1).

Сила тяжіння на вантажі прикладена в точці C (центрі мас вантажів на півколісі). Для визначення положення центру мас C розглянемо рух кільця (мал. 2) масою $2m$ навколо вісі O . Рух верхньої половини кільця KNP можна розглядати, як рух по колу (радіуса X_c) точкової маси m під дією сил пружності T , що діють на цю частину кільця з боку іншої. Тоді: $m\omega^2 X_c = 2T$ (4) (II з-н Ньютона). Для визначення сили натягу у кільці



розглянемо малу (точкову) ділянку кільця Δm (див. мал. 3), що рухається по колу радіуса R . $\Delta m \omega^2 R = 2T \sin \alpha = 2T\alpha - 2$ з-н Ньютона, де:

$$\Delta m = \frac{m2\alpha}{\pi}. \text{ Тоді: } \frac{m2\alpha}{\pi} \omega^2 R = 2T\alpha \Rightarrow T = \frac{m\omega^2 R}{\pi} \quad (5). \text{ Підста-}$$

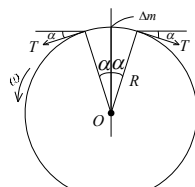
вимо (5) у (4): $X_c = \frac{2R}{\pi}$ (6). Тоді імпульс моменту сили на колесо (див. мал. 1) $MgX_c \Delta t = \Delta L$ – закон динаміки обертального руху. Враховуючи (1), (2), (3) і (6) отримаємо:

$$\frac{N}{2} mg \frac{2R}{\pi} \frac{2\pi}{N\omega} = mR^2 \omega \Rightarrow \omega^2 = \frac{v^2}{R^2} = \frac{2g}{R} \Rightarrow v = \sqrt{2Rg} = 4,5 \text{ м/с}.$$

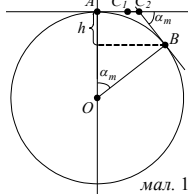
Задача 9.4

Після перерізання нитки, найбільший кут відхилення стрижня від вертикалі визначимо з міркувань збереження енергії (за умови коливання загасають повільно). В крайній нижній точці (див. мал.) центр мас стрижня C_2 лежить на тій же горизонталі, як і в початковому стані C_1 (енергія системи не змінилась). Зрозуміло, що $h = R(1 - \cos \alpha_m)$ (1),

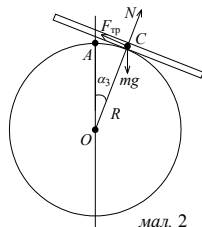
$h = C_2 B \sin \alpha_m = (R\alpha_m - AC_1) \sin \alpha_m$ (2). У кінцевому стані (положення рівноваги) точка дотику стрижня до циліндра співпадає з центром мас стрижня C . Відрізок AC_1 на мал. 1 дорівнює дузі AC на мал. 2. $AC = R\alpha_3$ (3). Розв'язавши рівняння (1), (2), (3), отримаємо: $\alpha_3 = \alpha_m - \text{tg}(\alpha_m/2)$.



мал. 3



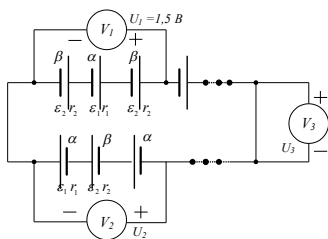
мал. 1



мал. 2

Задача 9.5

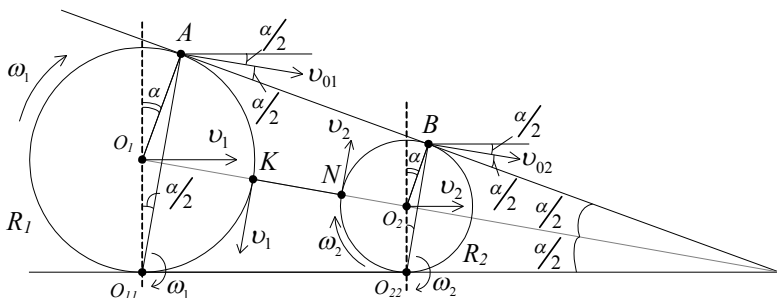
Різні батареї характеризуються різною ЕРС (електрорушійною силою) і різним внутрішнім опором (r). Нехай: $\alpha - \varepsilon_1, r_1$; $\beta - \varepsilon_2, r_2$. Будемо вважати, що вольтметр ідеальний (інакше задачу не розв'язати). Вольтметр показує різницю потенціалів між точками, до яких він підключений. Оскільки струм у всіх джерелах однаковий, тоді різниця потенціалів на всіх елементах α однакова ($\Delta\varphi_1$) і на всіх елементах β однакова ($\Delta\varphi_2$). Тоді для показів всіх вольтметрів маємо: $U_1 = 2\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1$ (1); $U_2 = 2\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2$ (2); $U_3 = 0 = 10\Delta\varphi_1 + 14\Delta\varphi_2$ (3). Розв'язавши систему рівнянь (1), (2), (3), отримаємо: $\Delta\varphi_2 = 2,5 \text{ В}$, $\Delta\varphi_1 = -3,5 \text{ В}$ (мінус означає, що надпис + на батарейці не відповідає більшому потенціалу на



клемі батареї), $U_2 = -4,5 B$ (вольтметр треба включити так, як показано на малюнку, тоді він покаже $U_2 = +4,5 B$).

10 клас

Задача 10.1



Нехай для першого циліндра радіус R_1 , кутова швидкість відносно осі $O_1 - \omega_1$ (така сама і відносно миттєвої осі O_{11} , оскільки циліндр котиться без проковзування); для другого циліндра аналогічно – R_2 , ω_2 . Тоді, швидкість точки A (циліндра і дошки) – $v_{01} = \omega_1 O_{11}A = \omega_1 2R_1 \cos \frac{\alpha}{2}$, швидкість точки B – $v_{02} = \omega_2 2R_2 \cos \frac{\alpha}{2}$.

Оскільки точки A і B одночасно належать і циліндру і дошці (дошка рухається без проковзування), $v_{01} \cos \frac{\alpha}{2} = v_{02} \cos \frac{\alpha}{2}$ ($AB = \text{const}$, дошка не розтяжна)

$\Rightarrow v_{01} = v_{02} \Rightarrow \omega_1 R_1 = \omega_2 R_2 \Rightarrow v_1 = v_2$. У системі відліку, що рухається зі швидкістю v_1 вправо – осі циліндрів нерухомі і швидкості точок $K - v_1$, $N - v_2$ направлені перпендикулярно $O_1 O_2$. Для визначення відносної швидкості точок K і N необхідно перейти у систему відліку, що обертається навколо вісі O_1 з кутовою швидкістю ω_1 , а вісь O_1 рухається вправо зі швидкістю v_1 . Але далі знайти відносну швидкість неможливо, оскільки невідомо $O_1 O_2$.

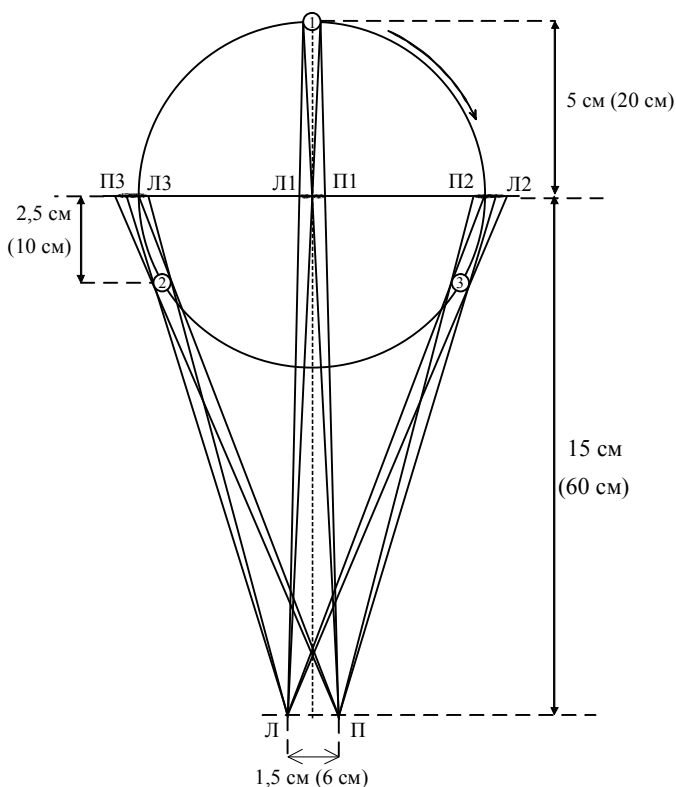
Продовжимо неправильно (так розв'язувало журі). Відносна швидкість точок $v_{KN} = v_1 + v_2 = 2v_1 = 2\omega_1 R_1$, тоді $v_{01} = 2\omega_1 R_1 \cos \frac{\alpha}{2} = v_{KN} \cos \frac{\alpha}{2}$.

Задача 10.2

Див. 9 клас, 4.

Задача 10.3. (розв'язок журі).

Намалюємо в масштабі 1:4 уявну траєкторію Місяця (вигляд зверху), який по діаметру перетинає лінію екрану, і проведемо до трьох рівновіддалених положень Місяця дотичні промені з правого (П) і лівого (Л) ока людини (див. мал. 1). Місяць виглядає колом діаметром в одну клітинку (0,5 см), інші відстані на листі приведені. Перетин променів з лінією екрану дають крайні точки плоских зображень на екрані, призначених для лівого і правого ока.



мал. 1

Зображення на екрані, що формують образ об'ємного Місяця, мають еліптичну форму. Їх можна представити як точки перетину з екраном усіх променів, проведених із зіниці, і таких, що проходять крізь кульку місяця (область перерізу площиною екрану світлового конуса з вершиною в зіниці). Насправді, звичайно, усе відбувається в зворотному порядку: промені від одного зображення Місяця, що світиться, на екрані потрапляють в праву зіницю, а від його дублера – в ліву. На перетині двох світлових потоків мозок формує об'ємне зображення. На мал. 2 можна побачити схематичні зображення на екрані, відповідні трьом положенням місяця.



мал. 2

Зображення для лівого і правого ока (Л1, П1) першого положення Місяця, коли воно здається максимально видаленим у глибину екрану, мають на екрані вигляд дотичних кругів, деформацією яких можна нехтувати. З подібності трикутників легко оцінити діаметри D цих кругів. З $\frac{D}{60 \text{ см}} = \frac{2 \text{ см}}{80 \text{ см}}$ (див. мал. 1) знаходимо, що на

екрані монітора $D = 1,5 \text{ см}$. Те, що круги саме стикаються, також виходить з подібності трикутників: $\frac{2 \text{ см}}{20 \text{ см}} = \frac{6 \text{ см}}{60 \text{ см}}$. Зображення на екрані для другого і третього положень Місяця є дзеркальним віддзеркаленням один одного, тому розглянемо тільки П2 і Л2 (мал. 2).

Зображення П2 і Л2, призначені для правого і лівого ока можуть дещо відрізнятися один від одного, оскільки відрізняються відстані між зображенням і відповідною зіницею, а також кути між променями і поверхнею екрану. Збільшення розмірів, пов'язане з відстанню, можна вважати однаковим, як видно з мал. 3. Дійсно, при відносно малих кутових розмірах кульки Місяця її діаметр d відноситься до $A'B'$ так само, як ON до OM не залежне від α , тобто:

$$A'B' = d \cdot \frac{OM}{ON} = 2 \text{ см} \cdot \frac{60 \text{ см}}{50 \text{ см}} = 2,4 \text{ см}.$$

Саме таким буде вертикальний розмір зображень П2, Л2 на екрані. Що стосується горизонтальних розмірів $AB = A'B' \cos \alpha$, вони трохи відрізнятимуться через різні α . Виражаючи α з трикутника $O'ON$, знаходимо

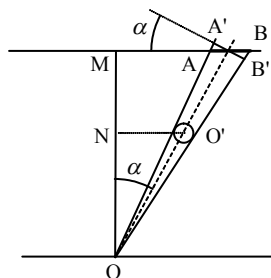
$$AB = A'B' \cdot \frac{OO'}{ON} = 2,4 \text{ см} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{O'N}{ON} \right)^2} = 2,4 \text{ см} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{10\sqrt{3} \pm 3}{50} \right)^2},$$

де верхній знак відповідає лівому зображенню $AB_{\text{Л}} \approx 2,6 \text{ см}$, а нижній знак – правому $AB_{\text{П}} \approx 2,5 \text{ см}$.

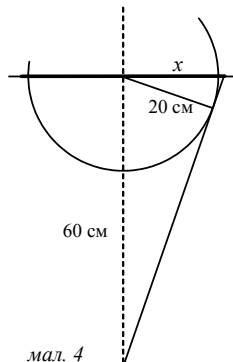
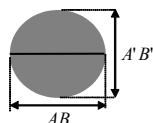
Оцінимо максимальну швидкість зображення на екрані. Знехтуємо відстанню між зіницями, вважаючи, що спостереження проводиться з однієї точки, розташованої між ними (між точками Л і П на мал. 1). Тоді швидкість плоского зображення на екрані буде максимальною у момент найбільшого наближення об'ємного зображення Місяця до спостерігача. У цей момент швидкість v_0 об'ємного зображення Місяця перпендикулярна променю зору, який, йдучи за Місяцем, обертається з кутовою швидкістю $\omega = v_0 / 40 \text{ см}$. Максимальна швидкість плоского зображення на екрані $v = \omega \cdot OM = v_0 \frac{60}{40} = 1,5 v_0$, тобто в 1,5 раза більше швидкості колового руху.

Знайдемо тепер середню швидкість плоского зображення на екрані.

1. Груба оцінка. Вважаємо, що за період плоске зображення проходить відстань рівну двом діаметрам. Тоді середня швидкість плоского зображення менше колової швидкості v_0 в $\pi/2$ раз – в ту саму кількість разів, у скільки довжина кола більша двох діаметрів.



мал. 3



мал. 4

2. Менш груба оцінка. Як і раніше, нехтуємо відстанню між зіницями, вважаючи, що спостереження проводиться з однієї точки. Зауважимо (див. мал. 1), що плоске зображення виходить за межі діаметру кола, причому в цьому наближенні однаково в ліву і праву сторони. З подібності трикутників (мал. 4) знаходимо

$$\frac{x}{60} = \frac{20}{\sqrt{60^2 - 20^2}}, \text{ звідки } x = 15\sqrt{2} \text{ см.}$$

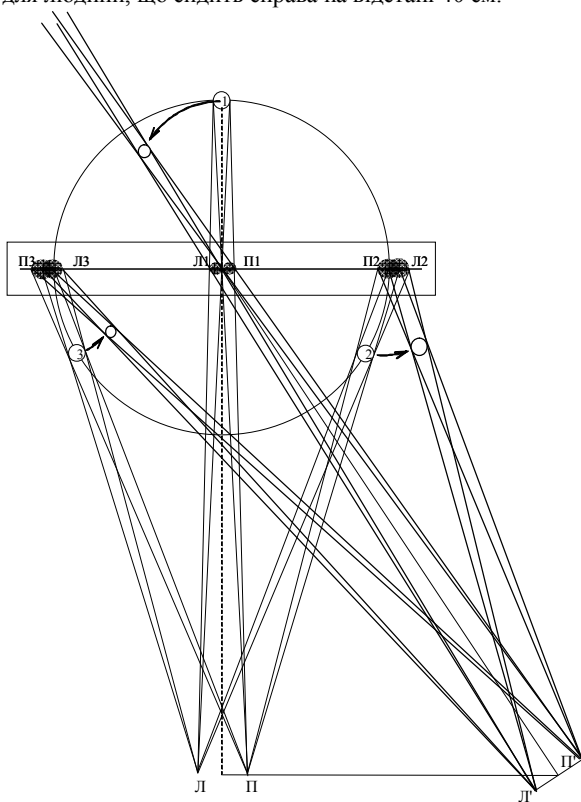
Таким чином шлях, що проходить плоске

зображенням за період, менший від довжини кола в $\frac{\sqrt{2}\pi}{3}$ раз. У стільки ж разів

середня швидкість плоского зображення за період менша колової.

3. Майже точне обчислення. Як і у попередньому випадку, робимо аналогічні розрахунки для однієї з зіниць (за рахунок зміщення необхідно розглянути дві дотичні до кола). Знаходимо відстань, яку проходить центр плоского зображення, і відношення швидкостей (при тій же складності обчислення).

Нарешті, якщо людина дивиться на екран збоку, повернувши голову, вона бачить спотворену картину. На мал. 5 показано формування об'ємного зображення Місяця для людини, що сидить справа на відстані 40 см.



мал. 5

Задача 10.4. (розв'язок журі).

Згідно з таблицею зі збільшенням молярної маси M питома теплоємність c зменшується. Якщо розглянути добуток молярної маси і питомої теплоємності для кожної речовини, отримуємо дуже близькі значення.

	Алюміній	Залізо	Мідь	Срібло	Золото
M , кг/моль	0,027	0,0558	0,0635	0,108	0,197
c , Дж/(кг·град)	900	443	385	237	129
cM , Дж/(моль·град)	24,3	24,7194	24,4475	25,596	25,413

Отримана величина cM має фізичний зміст молярної теплоємності C_μ . Дійсно, за

визначенням, питома теплоємність (теплоємність 1 кг) $c = \frac{\Delta Q}{m\Delta t}$, аналогічно – мо-

лярна теплоємність (теплоємність 1 моля) $C_\mu = \frac{\Delta Q}{\nu\Delta t}$, де ν – кількість молів. Ос-

кільки молярна маса $M = \frac{m}{\nu}$, маємо $C_\mu = \frac{M\Delta Q}{m\Delta t} = cM$. Виходячи з результатів добу-

тку, можна висловити припущення, що молярна теплоємність твердих тіл (принаймні, тих, що складаються з одного елементу) за наведеними даними дорівнює $C_\mu = 24,9 \pm 0,5$ Дж/(моль·град).

Теплоємність, яка припадає на один атом, $c_0 = \frac{C_\mu}{N_A} = 4,15 \cdot 10^{-23}$ Дж/град. Половина її

значення пов'язана зі зміною кінетичної енергії, а половина – зі зміною потенціальної. Отже, для частинок одноатомного ідеального газу, що «вільно літають у наданому об'ємі», потенціальної енергією можна знехтувати. Тоді молярна теплоємність ідеального газу повинна бути удвічі меншою за молярну теплоємність твердого тіла, тобто $C_\mu^{gaz} \approx 12,45$ Дж/(моль·град).

Гелій – одноатомний газ. Його питома теплоємність при сталому об'ємі $c_{He} = C_\mu^{gaz} / M_{He} = C_\mu / 2M_{He} \approx 3100$ Дж/(кг·град). Питома теплоємність титану

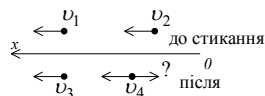
$c_{Ti} = C_\mu / M_{Ti} \approx 520$ Дж/(кг·град). З умови теплового балансу

$$c_{Ti}m_{Ti}(t_{300} - t) = c_{He}m_{He}(t - t_0) + c_{Ti}m'_{Ti}(t - t_0) = (c_{He}m_{He} + c_{Ti}m_{Ti})t$$

$$\text{знаходимо } t = \frac{c_{Ti}m_{Ti}t_{300}}{c_{He}m_{He} + 2c_{Ti}m_{Ti}} = \frac{520 \cdot 5 \cdot 300^\circ\text{C}}{3100 \cdot 8 + 2 \cdot 520 \cdot 5} = 26^\circ\text{C}.$$

Задача 10.5

Розглянемо стикання двох пружних кульок однакової маси. Запишемо закони збереження імпульсу і енергії.



$$\begin{aligned} 3.3.I. \quad OX: mv_1 + mv_2 &= mv_3 + mv_{4x} \\ 3.3.E. \quad \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} &= \frac{mv_3^2}{2} + \frac{mv_{4x}^2}{2} \end{aligned} \Rightarrow \begin{aligned} v_1 - v_3 &= -v_2 + v_{4x} \quad (1) \\ v_1^2 - v_3^2 &= -v_2^2 + v_{4x}^2 \quad (2) \end{aligned} \begin{matrix} (2):(1) \\ \Rightarrow \end{matrix}$$

$$\left. \begin{array}{l} v_1 + v_3 = v_2 + v_{4x} \\ v_1 - v_3 = -v_2 + v_{4x} \end{array} \right| \Rightarrow \begin{array}{l} v_3 = v_2 \\ v_{4x} = v_1 \end{array}. \text{ Висновки: 1) після стикання кульки обмінялись}$$

швидкостями; 2) після стикання одна з кульок може зупинитись, тільки тоді, коли до стикання перша кулька була нерухомою, тому після кожного стикання $2m$ і m кулька m має зупинитись.

Розглянемо стикання m і $2m$, після якого кулька m зупиниться.

$$\begin{array}{l} 3.3.I. \quad 2mv_1 + mv_2 = 2mv \\ 3.3.E. \quad \frac{2mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} \end{array} \left| \Rightarrow \begin{array}{l} v_2 = 2(v - v_1) \quad (1) \\ v_2 = 2(v^2 - v_1^2) \quad (2) \end{array} \right| \begin{array}{l} (2)/(1) \\ \Rightarrow \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} v_2 = 2(v - v_1) \\ v_2 = v + v_1 \end{array} \right| \Rightarrow \begin{array}{l} v_1 = v/3 \\ v_2 = 4v/3 \end{array}.$$

Щоб після останнього стикання з $2m$ кулька m зупинилась необхідно:

$$\begin{array}{cc} \xleftarrow{v/3} 2m & \xleftarrow{4v/3} m \\ \xleftarrow{2m} v & \bullet m \\ & v_k = 0 \end{array}.$$

Ситуація перед останнім стиканням:

$$\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/3} 2m & \xleftarrow{4v/3} m & \bullet m & v_k = 0 \\ & & \bullet m & v_k = 0 \end{array}.$$

Попередня ситуація мала вигляд:

$$\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/3} 2m & \bullet m & \xleftarrow{4v/3} m & \bullet m \\ & v_k = 0 & & v_k = 0 \end{array}.$$

Попередня ситуація:

$$\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/9} 2m & \xleftarrow{4v/9} m & \xleftarrow{4v/3} m & \bullet m \\ \xleftarrow{v/3} v & \bullet m & & v_k = 0 \end{array}$$

– співвідношення швидкостей зберігається.

Попередня ситуація: $\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/9} 2m & \xleftarrow{4v/9} m & \bullet m & \xleftarrow{4v/3} m \\ & & \bullet m & v_k = 0 \end{array}.$

Попередня ситуація: $\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/9} 2m & \bullet m & \xleftarrow{4v/9} m & \xleftarrow{4v/3} m \\ & v_k = 0 & & \end{array}.$

Попередня ситуація (до і після удару): $\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/27} 2m & \xleftarrow{4v/27} m & \xleftarrow{4v/9} m & \xleftarrow{4v/3} m \\ \xleftarrow{v/9} 2m & \bullet m & \bullet m & v_k = 0 \end{array},$

Як бачимо, у початковому стані кульки мають бути розташовані так, щоб стикання m і m відбувалось тоді, коли одна з кульок нерухома.

Хронологія: 1) спочатку стикаються m_1 і $2m$, m_1 – зупинилась; 2) потім m_1 і m_2 , обмінялись швидкостями (m_2 – зупинилась); 3) потім m_1 і $2m$, m_1 – зупинилась; 4) потім m_3 і m_2 (m_3 – зупинилась); 5) потім m_2 і m_1 (m_2 – зупинилась); 6) потім m_1 і $2m$ (m_1 – зупинилась).

$$\begin{array}{cccc} \xleftarrow{v/27} 2m & \xleftarrow{4v/27} m_1 & \xleftarrow{4v/9} m_2 & \xleftarrow{4v/3} m_3 \end{array} \quad \text{– початковий стан системи.}$$

11 клас

Задача 11.1. (розв'язок журі).

Кінетична енергія протона $E = E_p - E_0 = c^2(m/\sqrt{1-(v/c)^2} - m)$.

Нехай $\beta = v/c$. Розв'язавши рівняння відносно β , знайдемо $\beta = 0,9999987$.

2. Природна система одиниць часто використовується для спрощення запису. Вона відповідає вимірюванню швидкості в одиницях швидкості світла c , в той час як величини з розмірністю дії вимірюються в одиницях $\hbar$. В такому випадку одиниці виміру будь якої величини можна звести до лише одної енергії, що зазвичай вимірюється в eV ($c = L/T$; $\hbar = (ML/T)LT = ML^2/T$).

$$M = M \frac{c^2}{c^2} = \frac{eV}{c^2} = eV, \quad L = L \frac{\hbar c}{\hbar c} = L \frac{\hbar L/T}{ML^2/Tc} = (eV)^{-1} \hbar c = (eV)^{-1},$$

$$T = T \frac{c}{c} = \frac{L}{c} = (eV)^{-1} \hbar = (eV)^{-1}, \quad v = \frac{L}{T} = (eV)^0 \cdot c = (eV)^0, \quad F = \frac{mL}{T^2} = (eV)^2 \frac{1}{\hbar c} = (eV)^2,$$

$$F_e = \frac{e^2}{L^2} \Rightarrow e^2 = F_e L^2 = (eV)^0 \hbar c = (eV)^0, \quad E = \frac{F_e}{e} = (eV)^2 \hbar^{-\frac{3}{2}} c^{-\frac{3}{2}} = (eV)^2.$$

$$F_m = evB \Rightarrow B = \frac{F_m}{ev} = (eV)^2 \hbar^{-3/2} c^{-5/2} = (eV)^2$$

Відзначимо, що розмірність часу та довжини можна отримати, якщо розглянути, наприклад, хвилю з енергією E . Відповідна частота (що є величиною оберненою до часу) визначається з $E = \hbar\omega$ і аналогічно, довжина хвилі є величиною оберненою до енергії.

3. Природна система одиниць дозволяє проводити розрахунки, просто відкидаючи всі $\hbar$ і c в рівняннях. Однак, якщо необхідно порівняти отриманий результат з чисельними даними, то потрібно повернутися до звичайних одиниць (сантиметри, грами, секунди). Як можна побачити, ці співвідношення є однозначними.

$$1s \rightarrow \frac{1s}{\hbar} = \frac{1}{0.66} 10^{15} (eV)^{-1} = 1,51 \cdot 10^{15} (eV)^{-1}.$$

І навпаки, маючи час заданий в $(eV)^{-1}$, можна отримати еквівалент в стандартних одиницях:

$$T(eV)^{-1} \rightarrow T(eV)^{-1} \hbar = T \cdot 0,66 \cdot 10^{-15} s.$$

Аналогічним чином:

$$1cm \rightarrow 1cm \frac{1}{\hbar c} = \frac{1}{197} 10^7 (eV)^{-1} = 5,08 \cdot 10^4 (eV)^{-1}.$$

І навпаки, маючи довжину задану в $(eV)^{-1}$, можна отримати еквівалент в стандартних одиницях:

$$L(eV)^{-1} \rightarrow L(eV)^{-1} \hbar c = L \cdot 1,97 \cdot 10^{-5} c.$$

Для електричного заряду:

$$1esu = \sqrt{\text{erg} \cdot \text{cm}} \Rightarrow q^2 = 1 \rightarrow \hbar c = 1,05 \cdot 3 \cdot 10^{10-27} = 3,15 \cdot 10^{-17} (esu)^2.$$

4. Максимальна енергія протонів:

$$E = M_p \gamma c^2 = 7 \text{ TeV} \quad (\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}).$$

Знайдемо кількість протонів в пучку: $N_p = 2,8 \cdot 10^3 \cdot 10^{11}$.

Повна енергія пучка:

$$E_{tot} = 7 \text{ TeV} \cdot N_p = 320 \text{ МДж}$$

Цю енергію можна порівняти з кінетичною енергією швидкісного потягу.

5. Швидкість потягу отримується як

$$\frac{1}{2} M v_T^2 = E_{tot} \Rightarrow v_T = \sqrt{2E_{tot}/M} = 40 \text{ м/с} = 140 \text{ км/год}.$$

Задача 11.2. (розв'язок журі).

Процес перегорання перемички триває малий, однак скінченний інтервал часу Δt . За цей час опір перемички зростає від нуля до R_∞ . На початку згоряння перемички сила струму, оскільки котушки індуктивності ідеальні, буде дорівнювати струму короткого замикання. $I_0 = I_{k3} = \frac{\mathcal{E}}{r}$. Зміна опору перемички від 0 до R_∞ призводить до появи е.р.с. індукції у котушках індуктивності, відповідних сил струмів через опір R_1 і R_2 . Після перегорання перемички через індуктивність L_1 буде протікати струм I_{k3} , а через L_2 і L_3 після перерозподілу магнітного потоку – $L_2 \cdot I_{k3} = (L_2 + 3 \cdot L_2) \cdot I_x$.

Отримаємо $I_x = \frac{1}{4} I_{k3}$. Сумарний струм у двох гілках $I = I_{k3} + \frac{1}{4} I_{k3} = \frac{5}{4} I_{k3}$.

Напруга на клемх джерела струму $U = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{r} \cdot r \cdot \frac{5}{4} = \mathcal{E}(1 - \frac{5}{4}) = -\frac{\mathcal{E}}{4} = -3 \text{ В}$.

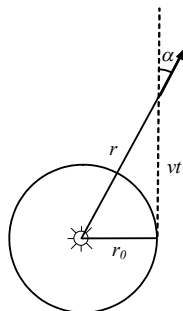
Знак «мінус» вказує на те, що джерело струму $\mathcal{E}$ в цей момент часу буде виконувати роль споживача, який приєднаний до джерела (е.р.с. самоіндукції), що має протилежні знаки полюсів.

Задача 11.3. (розв'язок журі).

Визначимо енергію, що виділяється під час перетворення чотирьох атомів водню на атом гелію:

$$\Delta E = (4m_H - m_{He}) \cdot c^2 \approx 4,274 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}.$$

98% цієї енергії, тобто $\Delta E_{rad} = 0,98 \Delta E \approx 4,189 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$, у вигляді сонячного випромінювання супроводжує кожні два нейтрино. Тоді щосекунди через перпендикулярний до сонячних променів квадратний метр поверхні на відстані $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$ проходить $\Delta N = 2 \cdot 1370 / 4,189 \cdot 10^{-12} \approx 6,541 \cdot 10^{14}$ нейтрино. За цей час вони заповнюють об'єм паралелепіпеду з площею основи $S = 1 \text{ м}^2$ і висотою $ut_1 \approx ct_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ м}$. Отже, концентрація нейт-



рино поблизу земної орбіти дорівнює $n = \frac{\Delta N}{Sc t_1} \approx 2,18 \cdot 10^6 \text{ м}^{-3}$, близько двох мільйонів

на кубічний метр. Швидкістю Землі у порівнянні зі швидкістю світла нехтуємо. Оцінимо об'єм тіла людини, скориставшись тим, що густина тіла майже дорівнює густині води. За умовою маса тіла $m = 50 \text{ кг}$. Тоді $V_0 = 0,05 \text{ м}^3 = 1/20 \text{ м}^3$, і знаходимо, що близько $N = nV_0 \approx 100\,000$ сонячних нейтрино одночасно пронизують людину масою 50 кг, яка знаходиться на Землі.

Оскільки легкі нейтрино рухаються майже зі світловою швидкістю, їх кінетична енергія значно перевищує потенціальну енергію гравітаційної взаємодії з Сонцем. Отже, зменшенням швидкості частинок можна знехтувати і вважати рух нейтрино рівномірним. Тоді через $t = 5$ годин польоту космічний корабель віддалиться від

Сонця на відстань $r = \sqrt{r_0^2 + v^2 t^2}$ (припускаємо, що корабель летить із вимкнутими двигунами або, незважаючи на їх роботу протягом 5 годин, зміною швидкості корабля можна знехтувати, що реалістично, враховуючи його швидкість $v = 0,8c$). Концентрація нейтрино зменшуватиметься з відстанню тільки за рахунок розходження радіальних напрямків руху. У скільки разів збільшиться площа сфери, яку перетинають нейтрино, у стільки ж разів зменшиться їх концентрація:

$$n_r = \frac{r_0^2}{r^2} n = \frac{r_0^2 n}{r_0^2 + v^2 t^2}. \text{ На великих відстанях - } n_r \approx \frac{r_0^2 n}{v^2 t^2} = \frac{25}{16} \frac{r_0^2 n}{c^2 t^2}. \text{ Залишилося вра-}$$

хувати ефекти теорії відносності. З точки зору нерухомої системи відліку космічний корабель рухається зі швидкістю $v = 0,8c$ і скорочується в напрямку руху

($l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$), тобто будь-який об'єм V_0 у космічному кораблі реєструється

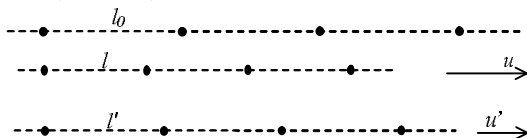
нерухомою системою як $V = V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = 0,6V_0$ (поперечні до напрямку руху масштаби не мають релятивістського скорочення). Таким чином, згідно з вимірюваннями у нерухомій системі відліку, кількість нейтрино, що одночасно пронизують людину масою 50 кг у космічному кораблі через 5 годин руху, дорівнює:

$$N_r = n_r V = \frac{25}{16} \frac{r_0^2}{c^2 t^2} n V_0 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{15}{16} N \frac{r_0^2}{c^2 t^2} \approx 79.$$

Зазначимо, що вимірювання об'єму тіла, яке рухається, відбувається за умови одночасного (з точки зору нерухомої системи) фіксування всіх його координат. У спеціальній теорії відносності внаслідок відносності одночасності таке вимірювання вже не виглядатиме одночасним з точки зору системи відліку тіла. Капітан космічного корабля отримає інше значення концентрації.

Розрахунок концентрації. Для наочності розглянемо «ланцюжок» нейтрино, які летять відносно нерухомої системи відліку з деякою швидкістю u . Припустимо, що відстані між частинками у їх власній системі відліку l_0 . Тоді з точки зору нерухомої системи ці відстані дорівнюватимуть $l = l_0 \sqrt{1 - u^2/c^2}$, а з точки зору системи відліку

космічного корабля – $l' = l_0 \sqrt{1 - u'^2/c^2}$, де u' – швидкість, з якою нейтрино рухаються повз корабель (див. мал.).



Чим менша відстань між частинками, тим більше їх вміститься в деякий фіксований власний об'єм простору. За законом додавання швидкостей, швидкість, з якою нейтрино рухаються повз корабель, $u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$. Отже, відношення концент-

рацій на великій відстані від Сонця:

$$\frac{n'}{n} = \frac{l}{l'} = \frac{\sqrt{1 - u^2/c^2}}{\sqrt{1 - u'^2/c^2}} = \frac{1 - \frac{uv}{c^2}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Якщо врахувати, що за умовою швидкість нейтрино майже дорівнює швидкості світла $u \approx c$, одержимо остаточну формулу: $n'_r = n_r \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}}$. Кількість частинок у власному об'ємі V_0 (система відліку «космічний корабель») дорівнює

$$N'_r = n'_r V_0 = n_r V_0 \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = n_r V \frac{V_0}{V} \frac{1 - uv/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = N_r \frac{1 - uv/c^2}{1 - v^2/c^2} \approx \frac{N_r}{1 + v/c} \approx 44.$$

Задача 11.4. (розв'язок журі).

З умови випливає, що $\omega^2 R = g$, тобто кутова швидкість обертання станції $\omega = \sqrt{g/R}$. Коливання відбуватимуться навколо положення стійкої рівноваги. Очевидно, таке положення відповідає радіальному напрямку нитки маятника. У цьому положенні сила натягу нитки врівноважує відцентрову силу інерції (ми розглядаємо рух у неінерціальній системі відліку, яка обертається разом із циліндром). Можна показати, що рівновага буде стійкою тільки тоді, коли точка підвісу та вантаж маятника перебувають по один бік від осі обертання (у всіх інших випадках існують такі малі відхилення від положення рівноваги, що спричинять виникнення рівнодіяної сили, яка збільшуватиме це відхилення). Тому коливання можливі тільки за умови $l < R$.

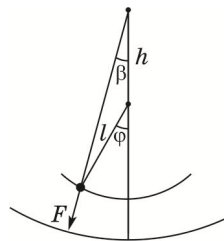
1. Розгляньмо спочатку коливання в площині, перпендикулярній до осі обертання. Позначимо відстань від осі обертання до точки підвісу h , тоді в рівновазі вантаж перебуває на відстані $l + h$ від осі ($l + h < R$). Оскільки коливання малі, змінами цієї відстані під час коливань можна знехтувати. Отже, модуль відцентрової сили інерції $F = m\omega^2(l + h)$ залишається незмінним, проте слід урахувати зміну

напряму цієї сили. Якщо кут відхилення маятника від рівноваги φ , то $\beta = \frac{l\varphi}{l+h}$, а кут між напрямками нитки та відцент-

рової сили інерції дорівнює $\varphi - \beta = \frac{h\varphi}{l+h}$ (див. мал.). Тоді

рівняння коливань $m\ddot{x} = -F \sin \frac{h\varphi}{l+h}$, або для малих коли-

вань $\ddot{x} = -\omega^2(l+h) \frac{h\varphi}{l+h} = -\frac{\omega^2 h}{l} x = -\frac{gh}{lR} x$. Ми отримали



рівняння гармонічних коливань з періодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{lR}{gh}}$. Зазначимо: а) цей період

більший за період коливань такого самого маятника на поверхні Землі; б) коли точка підвісу наближається до осі обертання ($h \rightarrow 0$), період прямує до нескінченності (рівновага наближається до байдужої); в) у нашій системі відліку під час коливань виникає ще одна сила інерції (сила Коріоліса), проте вона направлена вздовж нитки, тому не впливає на характер коливань.

2. Розгляньмо тепер коливання у площині, яка проходить через вісь обертання. Відцентрову силу інерції в цьому випадку можна вважати незмінною як за модулем (оскільки під час малих коливань відстань вантажу від осі практично не змінюється), так і за напрямом. Тому можна скористатися відомою формулою періоду коливань

математичного маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{lm}{F}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{\omega^2(l+h)}} = 2\pi\sqrt{\frac{lR}{g(l+h)}}$. Зазначимо:

а) цей період теж більший за період коливань такого самого маятника на поверхні Землі, але менший від періоду, отриманого в пункті 1; б) для малих коливань складова швидкості вантажу, перпендикулярна до осі, набагато менша від модуля швидкості, тому можна знехтувати й силою Коріоліса.

Якщо припустити можливість «примусового» обмеження руху вантажу тільки площиною, яка проходить через вісь обертання, то можливий випадок стійкої рівноваги, за якої точка підвісу та вантаж перебувають по різні боки від осі. Тоді отримуємо період малих коливань $T = 2\pi\sqrt{lR/(g(l-h))}$.

3. Якщо рух відбувається поза розглянутими площинами, то – через відмінність отриманих значень періоду – коливання не будуть плоскими. Це не відповідає умові задачі, тому цей випадок ми не розглядатимемо.

Задача 11.5

Вважатимемо магнітне поле аксіально-симетричним. Тоді в околі отвору, де електрони входять в область однорідного магнітного поля, останнє, як видно з рисунку, повинно мати радіальну компоненту B_r . На електрони, що пролітають через цю область, діє сила, яка має азимутальну компоненту. Тому при проходженні через отвір у діафрагмі електрон зазнає дії сили в азимутальному напрямку і набуває обертального руху з деякою кутовою швидкістю ω . Таким чином, рух електрона в області, де є магнітне поле, складається з поступального руху вздовж осі z з почат-

ковою швидкістю і набутого обертального руху, так що результуюча траєкторія має вигляд гвинтової лінії. Позначимо довжину перехідної області через l .

Для опису обертання електрона можна скористатися другим законом Ньютона у формі

$$M = \frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (1), \text{ де: } M = ev_0 B_r r -$$

момент сили, $\Delta L = mr^2 \omega$ – момент кількості руху (щодо осі z), якого електрон набуває, потрапляючи в однорідне магнітне поле, $\Delta t = l/v_0$ – час прольоту через перехідну область, v_0 – початкова швидкість пучка, r – відстань від траєкторії окремого електрона до осі системи, e та m – заряд і маса електрона. Під B_r тут розуміємо значення даної компоненти у перехідній області на відстані r від осі системи. Підставивши ці величини до (1), можна знайти вираз для ω : $\omega = eB_r l / (mr)$ (2).

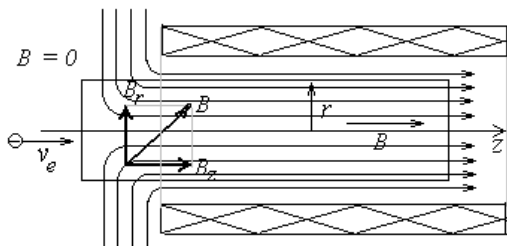
Для оцінки величини B_r скористаємося теоремою Гауса для магнітного поля. Потік магнітного поля через замкнуту поверхню (циліндр) дорівнює нулю ($\Phi = 0$).

$$\Phi = 0 \Rightarrow |\Phi_{\text{бічне}}| = \Phi_{\text{торець}}. \quad |\Phi_{\text{бічне}}| = B_r \cdot 2\pi r l. \quad \Phi_{\text{торець}} = \pi r^2 B. \quad \pi r^2 B = 2\pi r l B_r \quad (3),$$

звідки $B_r l = \frac{1}{2} B r$ (4). Підставляючи (4) до (2), остаточно отримуємо:

$$\omega = \frac{e}{2m} B = 2,67 \cdot 10^9 \text{ рад/с, або } f = \frac{\omega}{2\pi} = 4,25 \cdot 10^8 \text{ Гц} = 425 \text{ МГц.}$$

Оскільки ω не залежить від r , то весь пучок – як єдине ціле – буде обертатися навколо осі z із цією кутовою швидкістю.



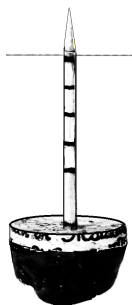
РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТУРУ (запропонованих журі)

8 клас

Задача 1

Із зубочистки, пробки і пластиліну виготовляємо ареометр (одну з моделей якого можна побачити на малюнку).

Наливаємо в склянку чисту воду. Підбираємо кількість пластиліну такою, щоб рівень води проходив по верхній границі рівної за товщиною частини зубочистки. Так буде визначена перша точка для градування виготовленого приладу. Сіль дозволить нам підготувати розчин відомої концентрації, наприклад, розчинивши 8 г солі в 200 мл води. Кількість води треба вимірювати мензуркою для забезпечення точності. Концентрація такого розчину $8/200 = 0,04$. Якщо розчин виявляється занадто густим (рівень розчину проходить нижче рівня



пробки), то його можна зробити менш густим, додавши відому кількість води.

Поставивши другу мітку, можна відградувати ареометр, використовуючи міліметровий папір, тобто нанести проміжні поділки. Завдяки тому, що переріз зубочистки є однаковим, шкала ареометра буде лінійною:

$$\rho_{\text{розч.}} \cdot h \cdot S = \rho_{\text{води}} \cdot (h + \Delta h) \cdot S$$

$$\Delta h = \frac{\Delta \rho}{\rho_{\text{води}}} \cdot h$$

Після цього можна зробити замір невідомого розчину. Опускаємо наш ареометр у невідомий розчин. Відмічаємо поділку, яку вказує рівень розчину, це й буде невідомою густина.

Враховуючи те, що досліди проводяться з малою концентрацією солі, можна вважати, що залежність густини від концентрації є лінійною.

Невідома концентрація розчину становила – 0,02.

Задача 2

Чекаємо, поки температура льоду не досягне 0°C, – це відбувається тоді, коли лід починає танути. Бажано прикрити склянку з льодом, щоб він прогрівався повільніше та по можливості рівномірно.

Коли лід почне танути, візьмемо його в руку та будемо тримати приблизно хвилину, якщо потрібно 2 – 3 хвилини.

Кількість отриманої з льоду води можна заміряти, виготовивши з прозорої трубки мензурку. Для чого за допомогою міліметрового паперу нанесемо маркером на неї шкалу в міліметрах. Втягаючи воду, яка утворилася при таненні льоду, в трубочку, за один чи декілька вимірів визначимо її об'єм.

$$\text{Об'єм води, яка розтала за рахунок тепла долоні: } d = 5 \text{ мм}, \quad V = Sh = \frac{\pi d^2 h}{4}.$$

$$\text{Визначимо теплову потужність долоні: } P = \frac{Q}{t} = \frac{\lambda m}{t} = \frac{\lambda \rho V}{t}.$$

9 клас

Задача 1

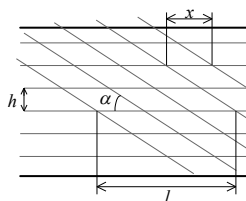
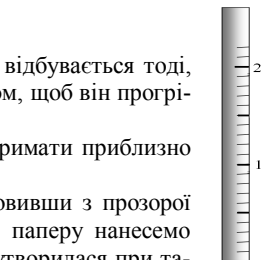
При накладенні прозорої розкресленої смужки на паперову видно складний візерунок з темних і світліших ділянок (муар), пов'язаний з тим, що місця перетину ліній спостерігатимуться в середньому світліше, ніж ділянки між перетинами, де щільність ліній в два рази більше. При зміні кута (α) між лініями на папері і прозорій смужці змінюється і відстань між світлими (темними) смугами. Відстань x між парою сусідніх світлих (темних) смуг пов'язана з кроком ліній h і кутом α (у радіанах): $h/x = \sin \alpha = \text{tg } \alpha = \alpha$.

Якщо на деякому відрізку l вміщається N смуг: $x = l/N$;

$\alpha = (h/l)N$. Кут α виявляється пропорційним числу N .

Цю залежність ми і покладемо в основу роботи нашого приладу.

Спочатку, за допомогою лінійки, побудуємо на картоні зручний еталонний кут у середині потрібного діапазону, наприклад, $\alpha' = 5^\circ$.



З невикористаної ділянки картону вирізуємо смужку приблизно тієї ж ширини, що і паперова смужка з лініями. За допомогою шматочка скотча прикріплюємо паперову смужку на край картонної, а прозору смужку прикріплюємо уздовж лінійки. При цьому треба стежити, щоб при збігу країв лінійки і картону (тобто коли кут між ними 0°) муар зникав (принаймні, зникав впорядкований малюнок світлих і темних смуг), – при цьому лінії на папері і плівці паралельні (кут між ними теж 0°).

Поєднавши кромки картону і лінійки зі сторонами еталонного кута, робимо на лінійці нульову відмітку в районі однієї зі смуг, а потім позначаємо положення перших № смуг відносно нульової (№ кратно куту в градусах: 5, 10, 15, 20, 25...).

Відмітка $N'=5$ буде першою, позначимо $\alpha_0 = \alpha'/N' = 1^\circ/\text{смуга}$.

Наступну $N'=10$ позначаємо як $\alpha_1 = \alpha'/N' = 0,5^\circ/\text{смуга}$, а далі:

$$N'=15 - \alpha_2 = \alpha'/N' = 1/3^\circ/\text{смуга},$$

$$N'=20 - \alpha_3 = \alpha'/N' = 0,25^\circ/\text{смуга},$$

$$N'=25 - \alpha_4 = \alpha'/N' = 0,2^\circ/\text{смуга} \dots$$



За отриманою шкалою будь-який інший кут вимірюється по кількості смуг N , що уміщаються в проміжку від нульового ділення до будь-якого з відзначених раніше (чим далі ділення, тим точніше результат). $\alpha = N \cdot \alpha_n$

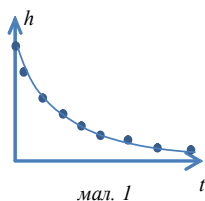
Тепер оцінимо відносну похибку виміру кута. Вона включає

1. Похибку побудови еталонного кута $\Delta L/L = 0,025$.
2. Похибку підрахунку числа смуг при нанесенні шкали $\Delta N'/N' = 0,01$.
3. Похибку підрахунку числа смуг при вимірі $\Delta N/N = 0,02$.

Таким чином, результуюча відносна похибка становить $5 \div 6\%$.

Задача 2

Для знаходження залежності часу витікання води $h(t)$ від висоти рівня води у шприці можна, наприклад, наповнити шприц водою, закривши пальцем отвір його носика. Відкривши отвір, фломастером відзначаємо на шприці положення рівня води через рівні проміжки часу, які відраховує метрономом. Потім за допомогою міліметрового паперу вимірюємо відстані цих відміток від нижнього краю носика шприца. Заносимо дані у таблицю і будуємо графік, подібний наведеному на мал. 1.



Розбиваємо графік на достатньо малі проміжки, знаходимо швидкість руху рівня води у шприці як відношення модуля зміни висоти $|\Delta h|$ до інтервалу часу Δt на кож-

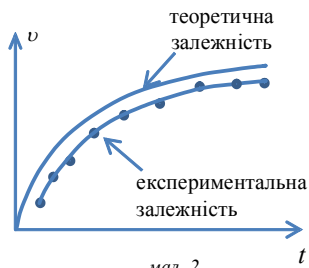
ному з проміжків. Швидкість витікання води дорівнює

$v = \frac{|\Delta h|}{\Delta t} \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2$ де: D – діаметр шприца; d –

діаметр його носика, які вимірюються міліметровою.

Теоретична залежність задається формулою Торрічеллі $v_{теор} = \sqrt{2gh}$.

На мал. 2. наведено наближені графіки шуканих залежностей.



Неспівпадіння кривих у експерименті пояснюється тим, що вода не є ідеальною рідиною і швидкість її витікання зменшується відносно розрахункової внаслідок внутрішнього в'язкового тертя між шарами рухомої рідини.

10 КЛАС

Задача 1

1. Вимірювання часової залежності висоти стовпчика води.

$t, \text{с}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$h, \text{мм}$	7,5	6,6	5,5	4,6	4	3,3	2,7	2,4	2	1,7
$v, \text{м/с}$ експерим.	1,2									
$v, \text{м/с}$ теоретичн.										

2. Побудова графіка залежності висоти від часу.

3. Побудова теоретичного та експериментального графіків залежності швидкості від висоти стовпчика води.

4. Визначення емпіричних параметрів a та b методом розрахунку по двох точках отриманих залежностей.

Задача №2

1. Щоб здійснити центральне зіткнення або зіткнення з необхідною прицільною відстанню, зручно використати лінійку як напрямну, вздовж якої запускаємо монету. Для розгону монети можна зробити похилу площину з книжок або вдарити монету нігтем. Другу монету в усіх експериментах доцільно використовувати в якості нерухомої мішені.

Коефіцієнт відновлення знайдемо, вимірявши переміщення монет l_1, l_2 після центрального зіткнення. Для більшої точності підкладемо міліметровку під плівку й будемо вимірювати l_1, l_2 за міліметрівкою.

Обгрунтуємо теоретично обраний метод. Нехай v_1 – швидкість монети, що налітає, а u_1, u_2 – швидкості монет після центрального зіткнення. За законом збереження імпульсу, в проекції на пряму, вздовж якої рухаються монети, маємо:

$$mv_1 = mu_1 + mu_2$$

Вважаємо, що вся кінетична енергія під час руху монет після зіткнення витрачається на роботу проти сили тертя

$$\frac{mu_1^2}{2} = \mu mgl_1, \quad \frac{mu_2^2}{2} = \mu mgl_2.$$

З наведених формул одержуємо вираз для коефіцієнта відновлення:

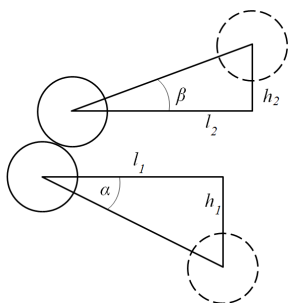
$$k = \frac{|u_1 - u_2|}{|v_1 - v_2|} = \frac{u_2 - u_1}{u_1 + u_2} = \frac{\sqrt{l_2} - \sqrt{l_1}}{\sqrt{l_2} + \sqrt{l_1}}.$$

2. Таблиця результатів вимірів за описаною методикою

Центральне зіткн. двох 5 коп. монет			Центральне зіткн. двох 25 коп. монет		
l_1 (мм)	l_2 (мм)	k	l_1 (мм)	l_2 (мм)	k
9	55	0,42	6	99	0,60
2	40	0,63	8	134	0,61
6	52	0,49	10	101	0,52
8	80	0,52	15	136	0,50
усереднене k		0,52	усереднене k		0,56

3. Отже, за серією вимірів l_1 , l_2 для двох 5-копійочних монет отримано значення $k = 0,52$. Аналогічно, для двох 25-копійочних монет – $k = 0,56$.

4. Розглянемо наступну методику вимірювання кута розлітання при нецентральному зіткненні однакових монет:



а) зареєструємо положення центрів монет після їх зупинки та в момент зіткнення, помітивши контури монет на плівці (див. мал.);

б) визначимо координати центрів монет на міліметровій сітці за обведеними їх контурами;

в) обчислимо кути α , β , на які відхилились монети відносно напрямку руху першої монети до зіткнення, за формулами:

$$\alpha = \arctg \frac{h_1}{l_1}, \quad \beta = \arctg \frac{h_2}{l_2},$$

тоді кут розлітання $\gamma = \alpha + \beta$.

5. Таблиця результатів вимірів l_1 , l_2 , h_1 , h_2 подібна до описаної в пункті 2. Тому наведемо лише кінцеві значення кутів розлітання γ , отримані при різних значеннях прицільної відстані d :

Нецентр. зіткн. двох 5 коп. монет		Нецентр. зіткн. двох 25 коп. монет	
d (мм)	γ	d (мм)	γ
2	67°	2	74°
5	77°	5	88°
7	83°	7	87°

6. З останньої таблиці видно, що кут розлітання зростає зі збільшенням відстані. Така поведінка обумовлена тим, що зіткнення є не абсолютно, а частково пружним ($k < 1$), адже при абсолютно пружному зіткненні кут розлітання дорівнював би 90° за будь-якої прицільної відстані. Відмінність отриманих значень кута розлітання від 90° та відмінність їх значень у випадках зіткнень $5 - 5$, $25 - 25$ дозволяють зробити висновок, що кут розлітання залежить також від значення коефіцієнта відновлення. Як було з'ясовано вище, коефіцієнт відновлення для 25-копійочних монет є дещо більшим, ніж для 5-копійочних.

11 клас

Задача 1

Описана в умові задачі установка може здійснювати крутильні коливання відносно вертикальної осі. Щоб уникнути виникнення коливань іншого типу, слід виводити систему з положення рівноваги так, щоб центр олівця залишався на цій осі (тобто саме повертати олівець, тримаючи його за обидва кінці).

Отримаємо теоретичну залежність частоти ν коливань від довжини L підвісу, відстані a між двома точками підвісу, довжини b олівця. Позначимо масу системи m , а її момент інерції відносно вертикальної осі симетрії I . Якщо кут повороту відносно вертикальної осі φ є малим, то система піднімається на висоту $h = \frac{a^2}{8L}\varphi^2$ і набуває потенціальної енергії mgh . Кінетичну енергію системи можна записати у вигляді $\frac{I\dot{\varphi}^2}{2}$ (ми нехтуємо швидкістю вертикального переміщення). Взявши похідну від повної енергії маятника $E = mgh + I\omega^2/2$ по часу і прирівнявши її до нуля, побачимо, що система здійснює гармонічні коливання, частота яких $\nu = \frac{a}{4\pi} \sqrt{\frac{mg}{IL}}$.

Якщо до центра олівця масою m_1 підвісити на нитці тіло маси m_2 , то $m = m_1 + m_2$, $I = m_1 b^2/12$ (ми вважаємо, що момент інерції системи дорівнює момен-

ту інерції олівця). Тоді частота коливань $\nu = \frac{a}{2\pi b} \sqrt{\frac{3g}{L} \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)}$. З цієї формули вид-

но характер залежності частоти від геометричних параметрів системи та співвідношення мас олівця та підвішеного тіла. Щоб визначити масу тіла, слід виміряти частоту ν_0 коливань олівця та частоту ν коливань олівця з підвішеним тілом. Очевидно,

$\nu = \nu_0 \sqrt{1 + \frac{m_2}{m_1}}$. Звідси $m_2 = m_1 \left(\frac{\nu^2}{\nu_0^2} - 1 \right) = m_1 \left(\frac{T_0^2}{T^2} - 1 \right) = m_1 \left(\frac{t_0^2}{t^2} - 1 \right)$. Тут T_0 і T –

періоди відповідних коливань, а t_0 і t – тривалість певної (однакової) кількості коливань (наприклад, 20 коливань). Чим більшою буде ця кількість коливань, тим меншою буде похибка отриманого результату. Важливо, що точність вимірювання всіх

інших величин не впливає на точність «зважування». Слід лише забезпечити зазначений вище характер коливань.

Задача 2

Умова задачі однозначно задає конструкцію установки для вимірювання коефіцієнта тертя ковзання лінви по дереву (див. мал.). Відповідно методика експерименту може бути такою:

1. Підберемо співвідношення між N_1/N_2 (кількості льодяників) таким чином, щоб досягти стабільного рівноприскореного руху. Таких співвідношень може бути кілька (наприклад, 1:2, 1:3, 2:5).
2. Запишемо 2-й закон Ньютона для кожного з тіл:

$$N_1 mg - T_1 = N_1 ma \quad (1)$$

$$-N_2 mg + T_2 = N_2 ma \quad (2)$$

Запишемо зв'язок між T_1 та T_2 (див. коментар до умови) $T_2 = T_1 e^{-\mu\pi}$ (3)

3. З (1) – (3) знайдемо

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1 - \frac{a}{g}}{1 + \frac{a}{g}} \right)$$

Прискорення отримаємо з формул рівноприскореного руху системи. Для цього виміряємо шлях h , який пройшов вантаж, та час руху:

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{1 - \frac{2h}{gt^2}}{1 + \frac{2h}{gt^2}} \right)$$

При проведенні дослідів журі на обладнанні, що пропонувалось учасникам, отримано:

$$\mu = 0.16$$

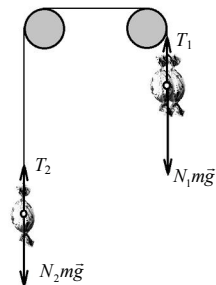
$$\varepsilon = 45\%$$

Слід зауважити, що найбільший внесок у похибку дає вимірювання часу внаслідок реакції людини та люфту кнопки секундоміра.

4. Для більшої точності бажано закріпити палички на стільці, а сам стілець підняти на стіл.

Важливо було забезпечити такі умови:

- а) відсутність початкової швидкості,
- б) паралельність паличок,
- в) невеликий прогин паличок,
- г) вертикальність ниток у момент запуску системи в дію,



д) відповідне співвідношення між кількістю льодяників, що забезпечує відносно невелике прискорення, з одного боку, та стабільний рух без ривків, з іншого боку,
 е) проведення серії дослідів для різних співвідношень N_1/N_2 та відповідне опрацювання результатів кожної серії.
 Врахування кожного з цих факторів дуже важливе для отримання достовірних результатів та потребує значної уваги при зборі установки та проведенні вимірювань. Також бажаною була б оцінка достовірності отриманого значення коефіцієнта тертя.

Коди місць проведення

АР Крим	01000	Львівська обл.	13000
м. Севастополь	01900	Миколаївська обл.	14000
Вінницька обл.	02000	Одеська обл.	15000
Волинська обл.	03000	Полтавська обл.	16000
Дніпропетровська обл.	04000	Рівненська обл.	17000
Донецька обл.	05000	Сумська обл.	18000
Закарпатська обл.	06000	Тернопільська обл.	19000
Житомирська обл.	07000	Харківська обл.	20000
Запорізька обл.	08000	Херсонська обл.	21000
Івано-Франківська обл.	09000	Хмельницька обл.	22000
м. Київ	10000	Черкаська обл.	23000
Київська обл.	10100	Чернівецька обл.	24000
Кіровоградська обл.	11000	Чернігівська обл.	25000
Луганська обл.	12000		

СПИСКИ УЧАСНИКІВ КОНКУРСУ, ЯКІ ПОКАЗАЛИ НАЙКРАЩІ РЕЗУЛЬТАТИ

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КЛАСИ

Прізвище, ім'я	Код	Клас	Бали
ДЕУНДЯК О.	02003	10ф	142,5
КАЛИНЯК В.	13100	10ф	140
КУЗЬ І.	13100	10ф	140
КОЗЛОВСЬКА К.	13100	10ф	136,3
САШКО Д.	02003	10ф	134,5
ІВАНУС Т.	09351	10ф	130
АББАСОВ Т.	08030	10ф	130
ПЕФТІ Д.	08030	10ф	130
БИКОВ В.	10004	10ф	127,5
ЗЛАТОВ О.	15010	10ф	127,5
ГУДЗЕНКО І.	02003	10ф	126,3
ВЕННИК Б.	09004	10ф	125
ПРОЦЕНКО Я.	05051	10ф	123,8
ЧЕРНЯВСЬКИЙ С.	15010	10ф	123,5
ЗАДАЯНЧУК А.	15010	10ф	121,3
МИКОЛОВИЧ Ю.	09004	10ф	121,3
ПЕРУН В.	13100	10ф	120
БОГДАН М.	08030	10ф	118,8
КРАВЕНСЬКИЙ В.	13100	10ф	117,5
САНЧИН М.	09004	10ф	116,3
ТАРАСЮК Н.	02003	10ф	116,3
БОНДАРЕНКО О.	02003	10ф	115
КУЗЬМЕНКО А.	02003	10ф	115
ВІРБИНА Е.	02003	10ф	115
ПІНТОНЯ Я.	09004	10ф	114,8
СВЕТЛОВА О.	08030	10ф	113,8
СМІРНОВ А.	02003	10ф	113,8
ТУРЧИН А.	09004	10ф	113,3
КОРЖАК М.	09004	10ф	112,5
АНДРУСЯК М.	09004	10ф	111,3
ВАСИЛЬКОВ А.	02003	10ф	111,3
ДЗУНДЗА А.	09004	10ф	111,3
МАЙ П.	10004	10ф	109,3
МАЛЮКОВА М.	20078	10ф	107,5
ВАСЬКІВ М.	13100	10ф	106,3
ШПІРУК А.	02003	10ф	106,3
ШТОГРИН Т.	09004	10ф	106,3
СМІРНОВ О.	15010	10ф	105
ЖУРАВЕЛЬ О.	04066	10ф	103,8
КАНІШЕВА І.	05012	10ф	103,8
ПЕТРУША О.	05012	10ф	103,8
САМОДУРОВ Д.	05050	10ф	103,8
СТЕХУН Д.	15010	10ф	103,3
КЕНЯ В.	13100	10ф	102,5
РОМАНЕНКО Р.	04009	10ф	102,5
ФРИЗЮК О.	02003	10ф	102,5
ЯРМОЛЕНКО В.	25004	10ф	102,5
БЕЗІУБЕНКО А.	13100	10ф	101,3
БЕСЧЕТНА Х.	09004	10ф	101,3
БОРИС У.	09004	10ф	101,3
ВАСИЛЬЧЕНКО А.	04051	10ф	101,3

ВОЛОГІН Я.	08013	10ф	101,3
ГРОМОВ А.	02003	10ф	101,3
ДМИТRENKO І.	04051	10ф	101,3
ДРЕБОТ В.	09003	10ф	101,3
КАРАПТАН К.	04051	10ф	101,3
КВАТЕРНОК К.	02003	10ф	101,3
МІКРЮКОВ І.	04118	10ф	101,3
НАРРО М.	04051	10ф	101,3
РОГАЛЬСЬКИЙ Н.	02003	10ф	101,3
СЕМЧУК В.	09003	10ф	101,3
УДОД Т.	02003	10ф	101,3
БОРИСЛАВСЬКА О.	13100	10ф	100
ВДОВИЧЕНКО О.	02003	10ф	100
ЛІТВИНОВ Г.	15010	10ф	100
ПОПЕНКО В.	02003	10ф	100
СМИКУН О.	25004	10ф	100
ФЕЩЕНКО А.	10004	10ф	100
КЛИМЕНКО О.	08030	11ф	140
САВІНОВ Д.	08030	11ф	140
САВИЦЬКИЙ Р.	13100	11ф	133,75
ДВОРЯНСЬКИЙ М.	13100	11ф	126,25
КОСЯК П.	17010	11ф	125
СІДЛЕЦЬКИЙ В.	17010	11ф	123,75
ДЕМКОВИЧ І.	13100	11ф	122,5
РЕДЬКО І.	08030	11ф	120
КАРПІНСЬКА Я.	13100	11ф	116,25
ПЛОСНОВ Д.	15010	11ф	115,75
АНТОНІВ Х.	13100	11ф	115
САПУЖАК А.	13100	11ф	115
ПРИМАКОВ Д.	15010	11ф	113,75
РОЖАК Ю.	13100	11ф	113,75
ЦУРА М.	13100	11ф	113,5
ШЕМЕЛЯК Р.	13100	11ф	111,25
КУЛАЧЕНКОВА М.	04757	11ф	108,75
УС А.	04901	11ф	107,5
ГОРОШКО Т.	08030	11ф	106,75
ЗЯБКІН О.	01351	11ф	106,25
НИКУЛІН А.	01351	11ф	106,25
БЕКЕТОВ В.	13740	11ф	105
ЗІМОХА М.	13100	11ф	105
КАРПІВ О.	13100	11ф	105
КИЦМЕЙ П.	13100	11ф	105
ПАНЧЕНКО Ю.	04901	11ф	103,75
СВИЩУК А.	04901	11ф	103,75
ТУМІНСЬКА Н.	05162	11ф	103,5
ДРОБИНА В.	10903	11ф	102,5
ГРОМОВ І.	08030	11ф	101,75
ЄЛІССЄВА В.	04901	11ф	101,25
ГОЛУБ С.	04901	11ф	101,25
ГРИНЕНКО В.	04901	11ф	101,25
КРИВІШИН А.	13100	11ф	101,25
ШИМЧАК У.	13100	11ф	101,25

НЕСПЕЦІАЛІЗОВАНІ КЛАСИ

Прізвище, ім'я	Код	Клас	Бали
7 клас			
ЄФІМОВ Д.	04108	7	150
ІЩЕНКО Н.	08100	7	150
АСЦАТУРОВ Г.	04108	7	150
БУЛЬБА П.	14961	7	150
ГОРДИЙ М.	20000	7	150
ЛУКАНИНЕЦЬ С.	06223	7	150
ЛУШНИКОВА А.	04108	7	150
МАЗНИЦЯ Я.	04108	7	150
МАНЕВИЧ К.	20061	7	150
ОЛІЙНИК Д.	04108	7	150
ОНИЩЕНКО І.	13961	7	150
СКАРЖИНЕЦЬ В.	14961	7	150
КАШУБА А.	01943	7	147
БАГАЧЕНКО Ю.	15340	7	145
БРАЛОВСЬКА О.	15340	7	145
ГОНЧАРОВ І.	15340	7	145
ЗИОНГ К.	04108	7	145
ЗЛОБІНА А.	12780	7	145
КАТАРИНА Х.	13930	7	145
КОСТЕНКО В.	15340	7	145
КРАСНЮК К.	16736	7	145
КУЗЬМЕНКО Т.	15340	7	145
КУТЯЄВА Л.	15340	7	145
ЛАНЧИНСЬКИЙ В.	18400	7	145
МАРТИНЕНКО В.	15340	7	145
МАРЧЕНКО А.	04757	7	145
МОЛОТЮК П.	24026	7	145
ПАВЛОВА К.	20004	7	145
СЕМЧЕНКО Я.	25050	7	145
ТИТАР І.	02328	7	145
ТРЕГУБОВА А.	15340	7	145
ХУТОРНА Я.	02326	7	145
ШИЛІНГОВСЬКА І.	15340	7	145
ІВАНОВА І.	11183	7	143,75
ІСКРА А.	04108	7	143,75
АНДРОСОВА І.	04108	7	143,75
БІЛА Г.	04108	7	143,75
БЛИК Н.	20000	7	143,75
БАЗИЛЕВИЧ І.	04296	7	143,75
БАКОВ М.	20000	7	143,75
БАТЬО Х.	13832	7	143,75
БЛАГІЙ О.	04108	7	143,75
БЛИЩАК С.	13303	7	143,75
БЛУДЬ Л.	20000	7	143,75
БУШ М.	20000	7	143,75
ВАСИЛЬСВ І.	04108	7	143,75
ВОЙТ І.	13832	7	143,75
ГНАТ С.	20000	7	143,75
ГОРІН Н.	13055	7	143,75
ДАВИДОВА Ю.	07022	7	143,75
ЖУШМАН К.	04296	7	143,75
КАЛЬЧЕНКО М.	04047	7	143,75
КОНДРАТЮК Х.	13055	7	143,75
КРИГЕР М.	13098	7	143,75
КУЧЕРЕНКО А.	04108	7	143,75

ЛЕОНТЬСВ А.	04317	7	143,75
ЛУЖЕЦЬКА К.	13832	7	143,75
ЛУЖЕЦЬКИЙ М.	13055	7	143,75
ЛЯЩЕНКО К.	20011	7	143,75
МІНЬЯЙЛО А.	18347	7	143,75
МАКАРОВА М.	20011	7	143,75
МИРОНЕНКО М.	04108	7	143,75
МОРОЗ А.	13055	7	143,75
МУДРАК Д.	04108	7	143,75
НЕКЛЕСА М.	04296	7	143,75
НОВОХАТЬКО М.	04108	7	143,75
ОБЕЦЬ А.	14021	7	143,75
ОМЕЛЬЧЕНКО І.	04047	7	143,75
ПАЛЯНИЧКО О.	20877	7	143,75
ПАЛЯНИЧКО О.	20877	7	143,75
ПЕРВШІ К.	20000	7	143,75
ПЕТРОВСЬКИЙ В.	13055	7	143,75
ПОЛІЩУК К.	02316	7	143,75
ПРЕДКО К.	14600	7	143,75
ПУЧАК О.	13960	7	143,75
РАДНЮК А.	13960	7	143,75
РОМАХ І.	13034	7	143,75
САХНО Б.	14307	7	143,75
СЕМЕН Т.	20000	7	143,75
СЕМЕНЮК В.	22851	7	143,75
СНІГКО О.	13055	7	143,75
СОКОЛОВСЬКИЙ І.	04108	7	143,75
СТИЧУК М.	03804	7	143,75
СУШКО Г.	04263	7	143,75
УХАНСЬКА Л.	13832	7	143,75
ФІКОВА С.	20000	7	143,75
ФЕДОРЯНИЧ Н.	06556	7	143,75
ФЕЛЬКО К.	20000	7	143,75
ЦІКАЛО А.	13960	7	143,75
ЦИРУЛИК Р.	18100	7	143,75
ЧЕПУРКО О.	04108	7	143,75
ЧЕРКАС Х.	13055	7	143,75
ЧИНКОВА А.	04108	7	143,75
ШЕНГЕЛІЯ Т.	05941	7	143,75
ЩЕРБА Г.	20000	7	143,75
ЮРЕНКО С.	20000	7	143,75
ЯРОШ І.	02323	7	143,75
ЯСАКОВ Є.	13034	7	143,75
ОПАСЬ А.	24250	7	142,5
ГАВРИСЮК Т.	03612	7	141,25
ЗАДОЛИННА Л.	13930	7	141,25
МИХАЛУСЬ С.	03612	7	141,25
ОРЛОВ Д.	05008	7	141,25
ПРОДАНЕЦ Д.	04503	7	141,25
СТАНКЕВИЧ І.	17010	7	141,25
ЧЕРНІВЧАН Я.	24017	7	141,25
ШВИДКА Ю.	17010	7	141,25
ШМОРГАН А.	24017	7	141,25
ІСАКОВА К.	05024	7	140
АЛЕКСАНДРЮК В.	24163	7	140
АНДРЮЩЕНКО К.	04114	7	140
БІРЮКОВ Т.	08036	7	140

БАБИЙ А.	13308	7	140
БАТУРІНА А.	15312	7	140
БЕНДРИТ А.	15340	7	140
БРЮХАНОВ В.	14761	7	140
БУЦАН Г.	14305	7	140
ВАСИЛЕНКО В.	14251	7	140
ВАЩУК Ю.	03326	7	140
ВЕНГЕР Х.	22900	7	140
ВИНОГРАДОВ С.	05650	7	140
ГАВРИХ Я.	13113	7	140
ГАЛІСТЯН А.	14305	7	140
ГЕРЦОВ Д.	14305	7	140
ГЛУШАК К.	14305	7	140
ГОЛОВЧЕНКО Д.	14305	7	140
ГОРДІЙЧУК А.	24163	7	140
ГРОМАДСЬКИЙ І.	14305	7	140
ГУЙДЯ Є.	14305	7	140
ЗАЙКА М.	05024	7	140
ЗОЛОТАРЬОВА К.	14305	7	140
КІНДРАТІВ Б.	13308	7	140
КИСИЛИЦЯ Ю.	24163	7	140
КЛИМ М.	24163	7	140
ГЛУШАК П.	07741	7	140
КОСТЕНКО О.	14305	7	140
КРАВЧУК А.	22851	7	140
КУЗЬ І.	22355	7	140
КУЛІШ О.	14305	7	140
КУЦЕНКО А.	14305	7	140
ЛІСЯНСЬКА В.	14251	7	140
ЛАЗАРУК Д.	22352	7	140
ЛЕБІЩАК Т.	13308	7	140
ЛЕВЧЕНКО К.	14305	7	140
ЛЕФТЕР І.	14305	7	140
ЛИТВИНЕНКО С.	14305	7	140
МАЗУРЕНКО І.	14761	7	140
МАЙБОРОДА В.	16524	7	140
МАРЧЕНКО М.	14305	7	140
МЕСЕВРА О.	25868	7	140
МОСКАЛЕНКО Р.	05024	7	140
МУЗИЧУК О.	11018	7	140
НЕДОЛУЖКО Б.	05024	7	140
НЕСТЕРЕНКО Є.	25309	7	140
ПЕКАРЮК І.	08660	7	140
ПЕРЕСУНЧАК В.	11183	7	140
ПЕЧОРА І.	10206	7	140
ПЛАНЧАК К.	06157	7	140
ПЛАХОТНИК А.	14305	7	140
ПОПЛАВЕЦЬ В.	22957	7	140
РИБАК С.	03326	7	140
СІРЧЕНКО К.	04423	7	140
СВІТЛОВ А.	13785	7	140
СКАКОДУБ Ю.	02323	7	140
СМОЛКІН О.	13052	7	140
СОКОЛОВА А.	11018	7	140
ТАРАН С.	20016	7	140
ТАРАНЕНКО І.	14305	7	140
ФІЩЕНКО Ї.	05024	7	140
ХОЗЯЄНСКО Д.	15340	7	140
ЦЬОХ О.	13785	7	140
ЧАПАЙ Д.	22900	7	140

ЧАПУРІНА А.	22851	7	140
ЧУПСЕВА К.	05729	7	140
ШЕЙКО А.	05650	7	140
ШІЯННОК А.	14044	7	140
ШПАК А.	13113	7	140
ЯКУБЕНКО С.	14305	7	140
ЄВГЕНЮК Н.	10352	7	138,75
ЄФРЕМОВА Ю.	10660	7	138,75
БІДНОШЕЯ А.	10660	7	138,75
БІЛОУС Г.	22401	7	138,75
БАРАБАШ Р.	16024	7	138,75
БОРТНИК К.	16024	7	138,75
БРИЛІНСЬКА Р.	13930	7	138,75
ВОЛКОВ В.	08824	7	138,75
ВОЛЬСЬКИЙ В.	22352	7	138,75
ГАНЖА О.	05008	7	138,75
ГОРБАЧ А.	05900	7	138,75
ДАВИДЯК О.	11183	7	138,75
ДОБОШ І.	06421	7	138,75
ДУДО С.	03101	7	138,75
ЗОЛОТОВЕРХОВА Т.	13785	7	138,75
КАПЛІН Д.	04317	7	138,75
КВИЧ С.	10352	7	138,75
КИСЛИНСЬКИЙ Є.	05304	7	138,75
КЛАПОУЩАК А.	13313	7	138,75
КОВТУН Т.	10352	7	138,75
КОЛМІКОВ О.	14600	7	138,75
КОПАЙГ ОРА Д.	16024	7	138,75
КРЕПЬ К.	03101	7	138,75
КРИЖАНІВСЬКИЙ К.	16024	7	138,75
КРИЖАНОВСЬКА А.	14021	7	138,75
КУРУЛЕНКО Д.	01451	7	138,75
ЛАВРЕНЮК О.	22851	7	138,75
МАЗУР В.	24022	7	138,75
МАЗАРУК А.	03101	7	138,75
НОС Р.	13482	7	138,75
НОСКОВА Я.	05750	7	138,75
ОБІПЬКИЙ М.	06421	7	138,75
ОСАДЧИЙ К.	07034	7	138,75
ПЛЕВАН К.	24250	7	138,75
ПОКУСАЙ М.	20422	7	138,75
ПРИЧИНА О.	21600	7	138,75
ПШЕНИЧКА Р.	18400	7	138,75
РИБАЛКО В.	21600	7	138,75
РИБЧЕНКО І.	04349	7	138,75
РОЗМАДЗЕ І.	24031	7	138,75
РУДІШКО О.	16024	7	138,75
САВКА Д.	10352	7	138,75
СЛИВЕНКО М.	16014	7	138,75
СЛОБОДЯН А.	04027	7	138,75
СТАМАТІСВА В.	06421	7	138,75
СУТЧЕНКО М.	04027	7	138,75
СУХЕНКО І.	05326	7	138,75
ТКАЧУК Н.	02328	7	138,75
ТОВТІНА Ю.	10601	7	138,75
ФІЛІМОНОВ Г.	05045	7	138,75
ФЕДОРОВА Т.	14600	7	138,75
ХАРЛАМЕНКО А.	14006	7	138,75
ХОМЕНКО Д.	08660	7	138,75
ЦИЦИУ В.	24250	7	138,75

ЧЕПЕЛЬОВ В.	16024	7	138,75
ЧУБАТИНСЬКА А.	02730	7	138,75
ШУТАК Ю.	14600	7	138,75
ЯКУБОВ М.	05426	7	138,75
ЯРЕМКО Р.	13087	7	138,75
ЯРЕМЧУК Т.	03476	7	138,75
ЄВДОКИМ Г.	20000	7	137,5
АНТИПІНА О.	20011	7	137,5
БАЦ М.	22250	7	137,5
БЕЛА К.	20000	7	137,5
БЛІНДЕР В.	11383	7	137,5
БОБИК А.	22851	7	137,5
БОГАЧ А.	11383	7	137,5
БОНДАРЕНКО А.	14021	7	137,5
ВОЛОД П.	20000	7	137,5
ВОЛОДИМИРЕЦЬ О.	17701	7	137,5
ГЛЕВОВА Т.	20000	7	137,5
ГОЛУБ К.	01733	7	137,5
ГРИГ А. М.	02322	7	137,5
ГРИНЬ В.	20000	7	137,5
ДЕГТЯР А.	20000	7	137,5
ДЖУРА О.	03612	7	137,5
ЗМЕЛЬСЬКА Д.	14302	7	137,5
КЛИМ К.	20000	7	137,5
КОВАЛЕНКО Є.	13055	7	137,5
КОНОШ Т.	20000	7	137,5
КОСТЬ В.	20000	7	137,5
КОСТЮК С.	07943	7	137,5
КРАВЦОВ А.	14960	7	137,5
КРУГЛИКОВА А.	14038	7	137,5
ЛІЧКОВ В.	20000	7	137,5
ЛЕКАР А.	20000	7	137,5
ЛИТВЯК В.	04349	7	137,5
МАНЖЕЛ М.	20000	7	137,5
НЕКРАХА І.	20000	7	137,5
ПАЛАМАРЧУК Ю.	04108	7	137,5
ПЕРЕСАД О.	20000	7	137,5
ПЕТРОВСЬКИЙ Б.	08620	7	137,5
ПОТАПЕНКО А.	04224	7	137,5
ПРОКОПЧУК Я.	03700	7	137,5
РЕЗНІК О.	20000	7	137,5
РЕМБЕЗА Д.	11383	7	137,5
РИБЧУК О.	03700	7	137,5
РОСТОВСЬКА О.	16024	7	137,5
САУЛЯК О.	14302	7	137,5
СЕРБ К.	20000	7	137,5
СМИК В.	22250	7	137,5
СОТНИК А.	22350	7	137,5
СТЕЛЬМАШЕНКО В.	14302	7	137,5
ТЕРЕХ А.	13055	7	137,5
ФІЛІП В.	20000	7	137,5
ФЕРЕНС Х.	24031	7	137,5
ХІЗНИЧЕНКО Н.	14302	7	137,5
ХІМІЧ Д.	14302	7	137,5
ХАБА Н.	13694	7	137,5
ХАНОКОВ В.	16830	7	137,5
ХОМА Р.	20000	7	137,5
ЧЕПІШКО В.	24031	7	137,5
ШАТАЛОВА Є.	14302	7	137,5
ШЕВЧЕНКО А.	04108	7	137,5

ШТЕФАН М.	20059	7	137,5
ШТОНДА В.	20000	7	137,5
ШУНДРИНА О.	11342	7	137,5
ЩУК О.	20000	7	137,5
ЯРЕСЬКО М.	04442	7	137,5
ЯРОШЕНКО Ю.	14207	7	137,5
АФАНАСЬЄВА В.	14305	7	137
БАРАБАШ Р.	16024	7	136,25
БЛАЖЕВИЧ О.	05941	7	136,25
БОЖЕСКУ Т.	24250	7	136,25
БЯЛИК Б.	22957	7	136,25
ГРОСУ М.	24250	7	136,25
ДНІСТРІАНСЬКА О.	13694	7	136,25
ДУТЧАК Р.	09453	7	136,25
КУЗНСІЦОВ Д.	15340	7	136,25
НОСАЛЬ О.	22752	7	136,25
СКВІРНІЧУК М.	24250	7	136,25
СУЛЬЖИК М.	24163	7	136,25
ШВЕЙКА М.	24163	7	136,25
ШИНГІРІЙ А.	14305	7	136,25
АВЕРІНА К.	08016	7	135
АНДРИЦІУЛЯК Р.	24152	7	135
АНДРИСИШИН О.	13113	7	135
БІДОЛАХ О.	24250	7	135
БІНДУС В.	20750	7	135
БЕЗВЕРХІЙ О.	08660	7	135
БЕЗВЕРХІЙ О.	23632	7	135
БОЙКО Б.	21051	7	135
БУЛАВІНА В.	05003	7	135
БУЧОК Н.	24152	7	135
БУЧОК Л.	24152	7	135
ГЕРАСИМОВ В.	16024	7	135
ГЛУЩЕНКО Е.	15340	7	135
ГУДЛА Я.	12282	7	135
ЖУК Є.	04751	7	135
ЗАГАРЮК Б.	24250	7	135
ЗАХАРОВА С.	05003	7	135
КАРАСЮК Т.	03612	7	135
КОВАЛЬОВ С.	02001	7	135
КОМІРКА Б.	13113	7	135
КОРЕТНИКОВ А.	16024	7	135
КРАВЧУК В.	07391	7	135
КУРДИБАН Т.	16024	7	135
ЛУЗАН С.	04108	7	135
МАКАРЕНКО М.	02007	7	135
МАРТИНЮК М.	03912	7	135
МАЧЕЛЮК С.	11623	7	135
МОІССЄВА Г.	05003	7	135
МЯУС В.	18520	7	135
ОНИШКО Є.	05003	7	135
ПАРФАНЮК Л.	13682	7	135
ПРИТОЦЬКИЙ О.	13896	7	135
РЕМШІВСЬКА С.	13110	7	135
РУДСЬКИЙ І.	05045	7	135
САРЕСЄВ С.	05426	7	135
СЕЛІХАНОВИЧ Т.	05729	7	135
СКУРІДІНА Т.	12780	7	135
СКУРІДІНА О.	12780	7	135
СОЛОПІЙ А.	07034	7	135
ТУР П.	05003	7	135

ФІЛІПЕНКО О.	11785	7	135
ЦЮРА М.	13113	7	135
ШУЛЬКЕВИЧ В.	12282	7	135
АРТЮХОВА Л.	24602	7	134,5
БОДНАРЧУК А.	19601	7	134,5
ЄФИМОВ А.	20013	7	133,75
ІВАНЕНКО Ю.	13901	7	133,75
ІВАШУРА В.	04114	7	133,75
ІВАЩЕНКО М.	04027	7	133,75
ІГНАТЕНКО О.	06157	7	133,75
ААРАМЧУК Т.	23709	7	133,75
АЛЕКСЄСВ А.	22352	7	133,75
АНТІПОВ В.	15340	7	133,75
БАРКАР А.	15100	7	133,75
БОЙКО А.	11100	7	133,75
БОСА А.	11104	7	133,75
БУЙНИЦЬКА С.	13269	7	133,75
ВІЛЮС Н.	06157	7	133,75
ВЛАДИМИРЕНКО В.	20059	7	133,75
ВОЛОШЕН Д.	14313	7	133,75
ГІТУНЕЦЬ Б.	03458	7	133,75
ГЕРГАЛО А.	07741	7	133,75
ГЕРЕЦУН А.	24163	7	133,75
ГОДУНА П.	17850	7	133,75
ГРИМАЙЛО І.	18701	7	133,75
ГРИЩЕНКО І.	14207	7	133,75
ДЕМЦЮХ Р.	13482	7	133,75
ДРИГА А.	10601	7	133,75
ДУБИНА В.	04442	7	133,75
ДУМАН Х.	24163	7	133,75
ЗАВГОРОДНЯ І.	16152	7	133,75
ЗБРОЖЕК Г.	13785	7	133,75
ЗЕЛДІ Х.	13312	7	133,75
ЗРАЖЕВСЬКА П.	04442	7	133,75
КАЗЬМІР І.	19881	7	133,75
КАМПОВ В.	06421	7	133,75
КОБЗОВА В.	03612	7	133,75
КОЖАНОВСЬКА Ю.	21065	7	133,75
КОЛОТИЛО В.	13312	7	133,75
КОРОЛЬ Б.	13312	7	133,75
КРАВЧУК П.	13106	7	133,75
КРУШЕЛЬНИЦЬКА М.	24602	7	133,75
КУЛБАСШЕВСЬКА І.	20016	7	133,75
КУРИЛО Р.	03101	7	133,75
КУТЛИК К.	06157	7	133,75
КУЦЕВОЛ С.	16673	7	133,75
ЛІННИК Є.	08036	7	133,75
ЛІХАЦЬКИЙ А.	02131	7	133,75
ЛАЗОРЕНКО Ю.	23851	7	133,75
ЛАХМАНОВА А.	14351	7	133,75
ЛАЩУК С.	03101	7	133,75
ЛИХАЦЬКА К.	12420	7	133,75
ЛОЗЛІВА Р.	13482	7	133,75
МІЩКАН О.	24016	7	133,75
МАЦІОНОВА Ю.	11100	7	133,75
МЕДВЕДУК А.	03101	7	133,75
МИКИТУХА О.	25309	7	133,75
МОГИЛЕВСЬКА В.	20781	7	133,75
МОРСВ К.	12282	7	133,75
МОТУЗ С.	16024	7	133,75

НЕСТЕРУК А.	03358	7	133,75
НОВКОВА К.	04291	7	133,75
НОВАК А.	04442	7	133,75
ОКАЧ Н.	16835	7	133,75
ОПАСЬК В.	24602	7	133,75
ОХРІМЕНКО Ю.	04291	7	133,75
ПІДГОРОДЕЦЬКА А.	22352	7	133,75
ПІСЬЮК Ю.	03400	7	133,75
ПАРОВІЙ Р.	13106	7	133,75
ПАСТІННИК Г.	22957	7	133,75
ПЕРЕПЕЛИЦЯ А.	23709	7	133,75
ПЛІГІНА А.	11625	7	133,75
ПЛАТОНОВ Ю.	04114	7	133,75
ПОЛЮХОВИЧ А.	06157	7	133,75
ПОНОМАРЧУК М.	14305	7	133,75
ПОЧКАЙ О.	11100	7	133,75
ПРОЦКОВ М.	22450	7	133,75
ПЯДИК Л.	13100	7	133,75
РАЧКОВАН К.	11625	7	133,75
РОМАНОВИЧ Л.	11625	7	133,75
РОМАШІНА Є.	13052	7	133,75
РЯБЕНКО А.	08003	7	133,75
САГРОВА В.	05900	7	133,75
САЛІХОВА Р.	15340	7	133,75
СЕМЕРЯНІН М.	16415	7	133,75
СИДОРОВА А.	14251	7	133,75
СУРГАЙ М.	20059	7	133,75
УВАРОВ С.	14021	7	133,75
УГРИНОВСЬКА О.	24163	7	133,75
ЦЕХМЕЙСТЕР О.	13901	7	133,75
ЧІПЕГІН Д.	11260	7	133,75
ЧЕКМАРЬОВА Л.	15340	7	133,75
ЧЕРНЕНКО Д.	20026	7	133,75
ЧЕРНЮК К.	08660	7	133,75
ЧУДНА Г.	20041	7	133,75
ЧУЛУП О.	13901	7	133,75
ЧУСОВ І.	15340	7	133,75
ШВЕДОВ В.	11625	7	133,75
ШТЕФАН А.	16313	7	133,75
ЮРЕВИЧ Т.	11100	7	133,75
ЮРЧУК І.	13106	7	133,75
ЯРОШ І.	19601	7	133,75
ЄВТУШЕНКО А.	18225	7	132,5
ІГНАШЕВ В.	04041	7	132,5
АБДУВСЛІ М.	01733	7	132,5
АЗАРОВА А.	01733	7	132,5
АЛЕКСЄСЬКО Д.	11102	7	132,5
АРПЕНТЬЄВА І.	15100	7	132,5
АСЛАНДУКОВ М.	20016	7	132,5
АСТАХОВ А.	23632	7	132,5
БАБІЙ А.	02730	7	132,5
БАБІЙЧУК О.	07315	7	132,5
БАРИЛО С.	11623	7	132,5
БЕЖЕНАРУ Ю.	24250	7	132,5
БЕЗКАРАВАЙНА Д.	16372	7	132,5
БЕЛІЙ Х.	25309	7	132,5
БЕРЕЗА О.	11701	7	132,5
БІЗИМЕНКО О.	20900	7	132,5
БЛАГУН Я.	22350	7	132,5
БОГДАН Н.	24250	7	132,5

БОНДАРЬ В.	01675	7	132,5
БОРИС О.	03601	7	132,5
БРАЖКО А.	19601	7	132,5
БРОЩАК Л.	13420	7	132,5
БУТНИК І.	20051	7	132,5
ВІНТОНЯК Д.	24250	7	132,5
ВАНДОЛЯК К.	22250	7	132,5
ВЕРХОВНА Д.	22451	7	132,5
ВОСКОБОЙНИКОВ В.	20877	7	132,5
ГОРЯЧОВА О.	19762	7	132,5
ГУКАЛ О.	02730	7	132,5
ДЕРНОВИЙ С.	18100	7	132,5
ДЗЮБА М.	08540	7	132,5
ЗАБАВСЬКИЙ В.	22980	7	132,5
ЗАДОРОЖНИЙ А.	04990	7	132,5
ЗАКІРОВА Ж.	12045	7	132,5
КАМІНСЬКА О.	04108	7	132,5
КАРАБІН В.	13420	7	132,5
КАЧМАР С.	13950	7	132,5
КОВАЛИК Н.	13420	7	132,5
КОЛБАСІН П.	04311	7	132,5
КОЛЕСНИКОВ М.	14042	7	132,5
КОЛЧІН А.	05012	7	132,5
КОРНИСНКО Д.	25309	7	132,5
КОРНИСНКО О.	08660	7	132,5
КОРОСТАШОВ В.	16372	7	132,5
КОТОВА К.	16372	7	132,5
КУРСЕНКОВА А.	05750	7	132,5
ЛИТВИНЧУК А.	25309	7	132,5
ЛІЩУК Л.	22150	7	132,5
ЛЕВАДНА Н.	16372	7	132,5
ЛИСЕНКО Б.	25309	7	132,5
ЛУЩИК А.	16372	7	132,5
МКУЛЕНКО О.	21068	7	132,5
МІРОШНИК В.	25309	7	132,5
МАНИК О.	24250	7	132,5
МАРТИНОВ Д.	20051	7	132,5
МИХАЙЛЕНКО І.	04014	7	132,5
НАУМЕНКО І.	11383	7	132,5
ОСТРОВСЬКА Б.	13999	7	132,5
ПАНЧЕНКО А.	11018	7	132,5
ПАЩУК Я.	06004	7	132,5
ПЕТЕНКО В.	25309	7	132,5
ПИСАРУК І.	24250	7	132,5
ПОЛИЦЯК Н.	03264	7	132,5
ПОПЕНКО Н.	25309	7	132,5
ПРОКОПОК М.	24250	7	132,5
РІПЧАНСЬКИЙ М.	18463	7	132,5
РАДЧЕНКО Д.	07961	7	132,5
РЕПЧУК Я.	24250	7	132,5
РИНДЯ В.	20900	7	132,5
РОДНИЙ О.	11701	7	132,5
САВЧЕНКО М.	16318	7	132,5
САГАНЕНКО А.	11701	7	132,5
САДИЛО В.	08003	7	132,5
САРАНЧУК Т.	24200	7	132,5
СИРКІН Д.	16024	7	132,5
СКІВЕРНИЧУК М.	24250	7	132,5
СКРИПЧЕНКО О.	18225	7	132,5
СЛІСАРЕНКО Д.	08660	7	132,5

СЛИМКО І.	22980	7	132,5
СОКОЛ М.	17152	7	132,5
СОСНОВСЬКА В.	13950	7	132,5
СТЕЦЕНКО С.	08531	7	132,5
СУПРУН Д.	16024	7	132,5
ТІТОВА К.	02009	7	132,5
ТВЕРДОУХ А.	13036	7	132,5
ТКАЧУН А.	25309	7	132,5
ТРОФІМУК А.	03021	7	132,5
УДОВИК Д.	20000	7	132,5
УНГУРЯН Ю.	24250	7	132,5
ФОЗЕКОШ О.	06421	7	132,5
ЧЕРНОВА Л.	11018	7	132,5
ЧИЧИЛІНСЬКИЙ О.	03101	7	132,5
ЧУДАК І.	13420	7	132,5
ШЕХОВЦОВ О.	20010	7	132,5
ШКУРКО М.	08531	7	132,5
ЮЩИК А.	03358	7	132,5
ІВАНЧУК С.	13092	7	131,25
ІВАНЧУК Р.	13631	7	131,25
ІСЛЯМОВА А.	01738	7	131,25
АЛІЄВА А.	10130	7	131,25
БАБАНІНА А.	14021	7	131,25
ВАСИЛІВ А.	13877	7	131,25
ВИХОВАНСЬКА Н.	13730	7	131,25
ВЛАСЮК А.	03104	7	131,25
ВОРОБІЙОВСЬКИЙ М.	25669	7	131,25
ГАВРИЛІВ І.	13721	7	131,25
ГОДЯСЬВА А.	18008	7	131,25
ГОРОБЕЦЬ Д.	22603	7	131,25
ДУБИНА Ю.	14047	7	131,25
ДУБИНА Б.	16524	7	131,25
ДУДІК А.	03612	7	131,25
ДУМАС І.	13003	7	131,25
ДУТКА Н.	24250	7	131,25
ЗВОЗДЕЦЬКА С.	24250	7	131,25
ЗЕЛЕНКЕВИЧ О.	05511	7	131,25
КАПУСТЯНСЬКА А.	10130	7	131,25
КАТРЕНКО І.	02730	7	131,25
КОВАЛЬ Є.	13003	7	131,25
КОВБАСА Д.	04108	7	131,25
КОВПАК В.	13098	7	131,25
КОВТУН Н.	14021	7	131,25
КОРЯКІНА С.	10130	7	131,25
КОТОВА О.	14021	7	131,25
КРАВЧЕНКО І.	18008	7	131,25
КУДРАЙОВА М.	05008	7	131,25
КУТІКОВ Д.	20011	7	131,25
ЛАЗОРЕНКО А.	24250	7	131,25
ЛОБОДА Н.	13305	7	131,25
ЛОГВІНА Ю.	14021	7	131,25
МАЛОСТЕНКО Б.	16524	7	131,25
МАЛЫЦЕВА А.	05511	7	131,25
МАРИЧ І.	13110	7	131,25
МАРТОВИЦЬКИЙ В.	11261	7	131,25
МАТКІВСЬКА М.	13305	7	131,25
МОЛОФІЙ Т.	24250	7	131,25
НАЗІМОВ І.	07034	7	131,25
НЕБЕСЬКИЙ Д.	18008	7	131,25
НЕМІЧЕВ М.	13877	7	131,25

НЕРІВНИЙ О.	05426	7	131,25
ОЛІЙНИК В.	22925	7	131,25
ОЛЕШКО А.	25669	7	131,25
ПИЛИПЦІВ Л.	13877	7	131,25
ПОГРЕБНЯК А.	25050	7	131,25
ПОПОВИЧ В.	13721	7	131,25
РЕТА П.	20000	7	131,25
РУСИН М.	06558	7	131,25
САМОХІН Ю.	20011	7	131,25
СЕМЕНЮК Ю.	22150	7	131,25
СТИЧУК Д.	03804	7	131,25
ТАЧИНСЬКА В.	03612	7	131,25
ТЕЗЬР Р.	13305	7	131,25
ТЮРІН С.	20000	7	131,25
ЩУДЛАК М.	13730	7	131,25
ЯКОВЛЕВА Д.	18008	7	131,25
ЯКУВ Д.	24250	7	131,25
МЕДВЕДСЬКА Г.	05352	7	131
ЧИЖ Р.	01943	7	130,75
АНТОНЕНКО А.	23632	7	130
БАБІЙ Ю.	19017	7	130
БОБРОВНИК В.	07743	7	130
БОРОВСЬКИЙ Б.	03652	7	130
БРОВКО І.	02178	7	130
БУШТИН В.	13913	7	130
ВІЮНОВА С.	22450	7	130
ВОРОБЦОВА М.	08011	7	130
ГАВЛІЙ Ю.	13930	7	130
ГАЛІСТЯН Д.	12100	7	130
ГРІДНА А.	05072	7	130
ГРИЦУК Л.	22401	7	130
ГУРЧАК В.	11383	7	130
ДЕХТЯР О.	22751	7	130
ДУБРОВКА М.	06216	7	130
ДЬЯКОВ В.	05162	7	130
ЗДИРКО С.	12160	7	130
КОВАЛЬЧУК І.	22352	7	130
КОВТОНЮК С.	22957	7	130
КОЗИЦЬКА Т.	11707	7	130
КОКОТКО Н.	13092	7	130
КОРДОНСЬКИЙ К.	22962	7	130
КОСМИНА С.	13631	7	130
КОСТЮК К.	02178	7	130
КОЦОБА В.	10601	7	130
КУЛАКОВ П.	22352	7	130
КУРАТНИК О.	23900	7	130
ЛАВРЕНЮК М.	06558	7	130
ЛОСОБИК С.	07391	7	130
МАГЕРА Д.	22350	7	130
МАЛІМОН О.	22980	7	130
МАЛЮТА О.	11183	7	130
МАРЦІНІШКО С.	13701	7	130
МЕЛЕНТЬЄВА А.	10004	7	130
МИТНИК М.	13307	7	130
МОРОЗ О.	22962	7	130
МОСІЙЧУК Д.	07502	7	130
ПОЛЯКОВА Д.	15340	7	130
ПОПАДУК І.	22962	7	130
ПРОКОПЕНКО І.	23013	7	130
РАК В.	16024	7	130

РЕВІН А.	22957	7	130
РОМАНІЙ І.	23900	7	130
САВОСЬКО В.	22957	7	130
СОЛОМКА М.	23900	7	130
СОРОКИНА Е.	01062	7	130
СТОСІЦЬКА Л.	22352	7	130
УХВАТОВ О.	07743	7	130
ШУБ"ЯК С.	19803	7	130
8 клас			
СМЕЦЬ А.	04041	8	150
ГОДИК Ю.	03490	8	150
КАЛАШНИКОВ В.	20100	8	150
ОСІННІЙ О.	04027	8	146,25
ОСТАПЕНКО Е.	04027	8	146,25
КОРОЛЮК С.	17010	8	143,75
ВІКІЦЬКА А.	21400	8	142,5
ВАКУЛІНСЬКА Р.	21400	8	142,5
ОСИПЕНКО В.	21400	8	142,5
ФЕДОРНАК Т.	21400	8	142,5
БЕСКІВАЛЬНА К.	04027	8	141,25
ГРЕБЕНЬКОВА Ю.	20016	8	141,25
МОЖАРОВСЬКИЙ М.	04027	8	141,25
НЕТЕСА В.	05013	8	141,25
ПОТУРНАК В.	04027	8	141,25
РОМАНИУК О.	13100	8	141,25
ЧУЙКО О.	05133	8	141,25
БОШТАН М.	22451	8	140
КЛИМЕНКО Д.	07741	8	140
АНДРУШКО К.	22925	8	138,75
БРОЯК Д.	22925	8	138,75
ДАВИДЮК Л.	22925	8	138,75
ЗАХАРУК Л.	24001	8	138,75
КОВАЛЬЧУК А.	22925	8	138,75
КЮЛЬЯН І.	02006	8	138,75
ЛЮБОВИЙ Б.	02006	8	138,75
МАЗУР М.	02006	8	138,75
ПАНОВА О.	05701	8	138,75
ЯЦЕНТЮК О.	22925	8	138,75
БОНДАРЧУК І.	04027	8	137,5
ЖОСАН В.	11707	8	137,5
КОВАЛЬ В.	04108	8	137,5
КУШНІР Р.	02006	8	137,5
РУБАН М.	04027	8	137,5
ЯЦЕВ В.	13389	8	137,5
ТАРАСЕНКО В.	04027	8	136
ГЛАДКАЯ В.	14052	8	135
КОВАЛЕНКО О.	18164	8	135
КОСЯК Ю.	14850	8	135
МАЖАРА С.	11707	8	135
ПЕТРЕНКО А.	14052	8	135
ПРИГУЛА А.	14850	8	135
РАСПОПОВА Я.	12780	8	135
РУДЕНКО В.	20340	8	135
СИМОНЕНКО Т.	12780	8	135
ШАТУНІНА К.	08100	8	135
ШЕРЕМЕТЬЄВА Д.	14052	8	135
ЯРОШЕВСЬКА А.	14850	8	135
СРОХІН К.	05946	8	133,75
БІЛЕЦЬКИЙ Б.	16906	8	133,75
БІЛЕЦЬКИЙ А.	16906	8	133,75

БОБРОВ О.	23632	8	133,75
ВАКУЛЯК С.	05702	8	133,75
ЖУК Ю.	25050	8	133,75
ЗУБЧЕНКО І.	02108	8	133,75
КУЩАК Л.	24405	8	133,75
ЛЮБЕНЕЦЬКИЙ Д.	12780	8	133,75
МАРТИНЮК С.	05694	8	133,75
МЕДВЕДЬВ Р.	02109	8	133,75
МЕТИХАТКО А.	25050	8	133,75
НЕГОДА Г.	04027	8	133,75
НЕСМІЯН М.	05694	8	133,75
ТАРАНТИН А.	20000	8	133,75
ТКАЧЕНКО О.	04107	8	133,75
ШАРВАН К.	21811	8	133,75
ШЕПЕЛЬ І.	14600	8	133,75
БАЙТАЛЮК М.	22980	8	132,5
БОЖЕСКУ Т.	24250	8	132,5
ВАТОЯН А.	03612	8	132,5
ДУЩАК В.	24250	8	132,5
КАРАСЕВІЧ В.	02006	8	132,5
КАРПІК А.	07598	8	132,5
КОЗАЧУ М.	24250	8	132,5
КОСІЙ Д.	24250	8	132,5
КОСІЙ Д.	24250	8	132,5
МІГЛЕЙ В.	24250	8	132,5
МУСТЯЦА К.	24250	8	132,5
НАКОНЕЧНИЙ С.	22900	8	132,5
НЕДЕЛКУ М.	24250	8	132,5
ПАВЛЮК Ф.	24250	8	132,5
ПЕТРОВ О.	13100	8	132,5
УЖАЛОВА О.	03612	8	132,5
ФІЛІМОНОВ О.	07691	8	132,5
ШАМРАЙ О.	02006	8	132,5
ШАПОВАЛОВА О.	04009	8	132,5
КОНЄВА Ю.	18164	8	132
ЛЕЩЕНКО Т.	18164	8	132
АВЕРЯНОВ В.	17250	8	131,25
БАКОВЕЦЬ М.	22958	8	131,25
БАРИШЕВСЬКА Т.	14600	8	131,25
ГАЛАН Д.	17250	8	131,25
ГОЛІК Р.	14600	8	131,25
ДАНІСІЯН М.	04415	8	131,25
ДАНИЛЮК А.	17250	8	131,25
ЗАХАРЧУК А.	17250	8	131,25
КАЛЮЖНИЙ В.	17250	8	131,25
ЛУКАШЕВА А.	04415	8	131,25
ПЕТРИНА А.	17250	8	131,25
РЕШЕТНЯК С.	14600	8	131,25
РОМАНЕНКО С.	04415	8	131,25
СІРУК О.	17250	8	131,25
ТИЩЕНКО В.	14600	8	131,25
ЦАРУК М.	17250	8	131,25
ШНАЛЬ І.	17250	8	131,25
ЄВСЮГОВ С.	13100	8	130
ІВЧЕНКО К.	25008	8	130
АНТОНЮК В.	14600	8	130
БЕЛІЧЕНКО О.	04084	8	130
ГНИДА В.	12780	8	130
КОМАРОВ С.	04003	8	130
ОЗЕРЧУК А.	07741	8	130

ПУХКИЙ О.	11140	8	130
СЕМЕНОВИЧ А.	05400	8	130
ТРОШИНА А.	20340	8	130
ЦОЙ Л.	14600	8	130
ЮВКО М.	18225	8	130
БАЙБАРЗА М.	04296	8	128,75
ГОРНОСТАЛІ В.	20061	8	128,75
КАРПЕНКО В.	25050	8	128,75
КОРОСТИНСЬКА І.	21811	8	128,75
ЛЕВЧЕНКО Д.	11383	8	128,75
НОВАК В.	09352	8	128,75
ПЛІСХОВ Д.	20000	8	128,75
ПОЛСЖАЙ В.	11345	8	128,75
ПОПРУЖУК О.	17152	8	128,75
ПРОКОПЕНКО М.	23950	8	128,75
ПУЧКО О.	11383	8	128,75
РИЖЕВСЬКИЙ Є.	08706	8	128,75
СТЕПАНЕЦЬ В.	21804	8	128,75
ТАЛАНОВА А.	14052	8	128,75
ШАБЛІСТА Д.	14052	8	128,75
ШАМБОРОВСЬКИЙ І.	13805	8	128,75
ШЕВЧУК М.	22451	8	128,75
ТИЩЕНКО В.	04027	8	128,5
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ В.	20021	8	127,5
БЛАК Г.	13094	8	127,5
ГАКМАН С.	24411	8	127,5
ГОЛОВЧАК Г.	13832	8	127,5
ГОЛУБ А.	21400	8	127,5
ГОРУЛЬКО О.	05400	8	127,5
ГРЕЧКІН В.	14600	8	127,5
ГРИНЕЧКО О.	09352	8	127,5
ДОРОШ Р.	13950	8	127,5
КАРПІЙ В.	20021	8	127,5
КОПЧАК С.	19760	8	127,5
КУШНІР І.	06627	8	127,5
ЛЬОДА Р.	13950	8	127,5
МОРИКОНЬ Р.	09352	8	127,5
РУСИН С.	06552	8	127,5
СЕЛЮЧЕНКО В.	07469	8	127,5
СЕРЕДА О.	21050	8	127,5
СТАСІВ А.	09352	8	127,5
ХАРЧЕНКО М.	20021	8	127,5
ХОМЕНКО І.	20021	8	127,5
ЧЕРЕВКО А.	20021	8	127,5
ЧУЛАНОВ А.	05694	8	127,5
ШИМКІВ Д.	20021	8	127,5
КОЛІСНИК Ю.	04415	8	127,25
ТОДОРОВА Т.	15280	8	127
БІЛОКОВИЛА М.	21811	8	126,25
БЕРЕСНЄВА А.	05941	8	126,25
ДЗЮБА В.	04015	8	126,25
ДУКІНА О.	05694	8	126,25
КОСТІВ Н.	13036	8	126,25
КРАСЮЧЕНКО С.	14060	8	126,25
КУЛИК І.	13036	8	126,25
КУЛИК І.	13100	8	126,25
ЛУЦИШИН А.	13100	8	126,25
МЕЛЬНИК О.	03660	8	126,25
МОРОЗ А.	12045	8	126,25
ОЛЕКСЮК М.	24164	8	126,25

ОСОКОР А.	12780	8	126,25
САБАДАШ В.	18460	8	126,25
САПШУК В.	19881	8	126,25
СОЛОМКО Б.	18460	8	126,25
ЧУРСІН О.	13036	8	126,25
ШВЕЦЬ О.	14060	8	126,25
ЮРЧЕНКО Ю.	21065	8	126,25
ВЛАДОВ О.	11140	8	126
АВРАМЕНКО А.	13100	8	125
АВРУТІС М.	08822	8	125
АНДРИЙЧЕНКО О.	02328	8	125
БОГДАШКІНА К.	08822	8	125
БУРЛА Д.	24250	8	125
ВІТІВ М.	19881	8	125
ВЕЛИЧКО О.	23631	8	125
ВИНОГРАДСЬКА В.	12752	8	125
ВОРОНЧИХІНА Н.	05400	8	125
ГОЛОВКО О.	04011	8	125
ГУНЯ В.	05022	8	125
ДЗІБІЙ Д.	12380	8	125
КИРИЛИШИН Г.	19881	8	125
КОЛЄСНИКОВА Т.	20340	8	125
КОНДРУК О.	22451	8	125
КОСТИК І.	08017	8	125
КОТЛЯР І.	08017	8	125
КУЛИК О.	14064	8	125
ЛІХОДСІД А.	05725	8	125
МАЗУРКЕВИЧ К.	02003	8	125
МЕЛЕХОВ В.	05725	8	125
МОМОТ А.	12780	8	125
СЕМОНІЧЕНКО С.	08660	8	125
СИВАШ О.	08660	8	125
СОКОЛ А.	04027	8	125
СОКОЛОВ С.	21062	8	125
СОЛОВЕЙ Ю.	05725	8	125
ТЕГЛШВЕЦЬ О.	13408	8	125
ТЕРНАВСЬКА А.	11383	8	125
ТИМОЩИК В.	22300	8	125
ЧУБИЧ С.	14850	8	125
ЧУПРИНА Д.	25012	8	125
ШАДУРА К.	25309	8	125
ШАЙТАН І.	15100	8	125
ШАРОВСЬКА С.	22958	8	125
ЮРСЬ О.	19504	8	125
ПАКА М.	20021	8	124,5
ІВАНЦЬО М.	13034	8	123,75
АЙРАПЕТЯН Д.	05400	8	123,75
БЛОКОНЬ Д.	05750	8	123,75
БЛОКОНЬ О.	04410	8	123,75
БАБЕНКО Ж.	14302	8	123,75
БЕРІЗКО О.	24003	8	123,75
ВАКУЛЕНКО А.	04410	8	123,75
ВДОВИЧЕНКО В.	05048	8	123,75
ГАПІШКО В.	14150	8	123,75
ГРЕБЕНЧУК М.	05750	8	123,75
ДАНИЛИШИН О.	13901	8	123,75
ДОВГАНЬ С.	13901	8	123,75
ЖИРНОВ О.	05003	8	123,75
ЗАБАВСЬКИЙ Т.	09003	8	123,75
КАБАН О.	24031	8	123,75

КИРЧЕЙ Х.	13901	8	123,75
КОЛЄСНИКОВ В.	04015	8	123,75
КОМАР О.	13901	8	123,75
КОРЕНЧУК К.	07144	8	123,75
КУЛЄШОВ Д.	20016	8	123,75
КУЛЄШОВА М.	20016	8	123,75
КУР'ЯННОВА Д.	21853	8	123,75
ЛАПШИН П.	24031	8	123,75
ЛОПУШАНСЬКА Ю.	13833	8	123,75
ЛУБЯНИЙ А.	16372	8	123,75
МАЙНА К.	04410	8	123,75
МАКСИМ О.	13901	8	123,75
МАКУХ І.	13034	8	123,75
МИКИТЮК І.	22350	8	123,75
МИЦЬКО Д.	13034	8	123,75
МУХА В.	04410	8	123,75
НИЖНИК Н.	13901	8	123,75
НИКОНЕНКО Ю.	20340	8	123,75
НОДЖАК В.	13901	8	123,75
ОЛИНИЧЕНКО А.	08424	8	123,75
ПАВЛЮК Г.	20021	8	123,75
ПАВЛЯК А.	23003	8	123,75
ПАЦЮК В.	20031	8	123,75
ПАЦЮК В.	16580	8	123,75
ПЕСОЦЬКА К.	05750	8	123,75
ПОГРЕБНЯК А.	05650	8	123,75
ПОЛЄШКО Ю.	17413	8	123,75
ПОЛЯЧЕНКО В.	05694	8	123,75
РОМАНЧУК Я.	05400	8	123,75
РОМАНЧУК Д.	13034	8	123,75
САГАН І.	13901	8	123,75
СИВИЙ Я.	13901	8	123,75
СЛОБОДЯНЮК О.	22451	8	123,75
СОКОЛОВ О.	20422	8	123,75
СПІЧКА А.	14302	8	123,75
СТАСИШИН Н.	13901	8	123,75
СЮТА А.	14150	8	123,75
ТАЦІОН В.	12160	8	123,75
ТКАЧОВ С.	05750	8	123,75
ТКАЧУК Г.	22451	8	123,75
ТОКАР С.	13100	8	123,75
ТУР М.	14150	8	123,75
ТУТЕВИЧ О.	13034	8	123,75
ФЕДОРЕМКО С.	08620	8	123,75
ФЕСЕНКО М.	14302	8	123,75
ФУРСОВА І.	20422	8	123,75
ХОМИЧ В.	07824	8	123,75
ХОМЯК М.	13901	8	123,75
ЧУЧМАН Ю.	13034	8	123,75
ШАПОВАЛ В.	18004	8	123,75
ШАПОВАЛОВА Д.	05400	8	123,75
ШАЦЬКА Л.	04410	8	123,75
ШИПІЛОВА А.	05400	8	123,75
ШУБА Б.	11707	8	123,75
ІВАНОВА А.	24013	8	122,5
АТАСВА Т.	24450	8	122,5
БАГРАЙ Я.	20380	8	122,5
БАРАНСЬКА Х.	19250	8	122,5
БАСТРЮКОВ І.	20380	8	122,5
БОЙКО А.	04900	8	122,5

БОРИСЕНКО В.	14032	8	122,5
БОРУК В.	24163	8	122,5
БРАГНЮК А.	03604	8	122,5
БУРКАЛО В.	06627	8	122,5
ВАСИЛЬЦОВ М.	20380	8	122,5
ГЛІВЧУК К.	03604	8	122,5
ГОЛІНЕЙ А.	24450	8	122,5
ГОНДЗ Н.	19250	8	122,5
ГОРДЕЙЧУК І.	24163	8	122,5
ГОРОБІВСЬКА Н.	24013	8	122,5
ГУДИМА О.	13805	8	122,5
ГУРЖІЙ О.	14850	8	122,5
ДУБИК Є.	02326	8	122,5
ЖЕЛСЗНИЙ Д.	14150	8	122,5
ЗАГУЛ А.	24163	8	122,5
КАЛОЯН О.	22350	8	122,5
КОВДРІН Ю.	19250	8	122,5
КОЗАК М.	22350	8	122,5
КОЗУБ Ю.	22980	8	122,5
КУЛАКОВ В.	20340	8	122,5
ЛАВРІШКО С.	19250	8	122,5
ЛУКАШІН О.	05702	8	122,5
МАКОВИЧУК Л.	24163	8	122,5
МАНЖОС В.	23950	8	122,5
МАРТИНЕВИЧ О.	13100	8	122,5
МАРЦЕНЮК В.	22350	8	122,5
МАТВІЄНКО Д.	05003	8	122,5
МУСАЄВА П.	05003	8	122,5
НАУМУК І.	03326	8	122,5
НЕФІДОВА А.	20340	8	122,5
ОСТРОВСЬКА Н.	03612	8	122,5
ПІРОГ В.	03604	8	122,5
ПАЛІЙ М.	24163	8	122,5
ПАЛАНІЧУК Я.	24013	8	122,5
ПОПЕЛЬНИЦЬКА Я.	04296	8	122,5
РАФАЛЬСЬКИЙ О.	07671	8	122,5
РУДЕНКО Д.	20016	8	122,5
САВЕНКО М.	20781	8	122,5
САРГСЯН С.	11341	8	122,5
САХНЮК Г.	20380	8	122,5
СЕМЕНЮК М.	24450	8	122,5
СЕМЕНЮК М.	24450	8	122,5
СЕМЕНЮК В.	24450	8	122,5
СИЗОНОВ К.	12780	8	122,5
СОКОЛОВИЧ С.	24163	8	122,5
СОКОЛОВСЬКИЙ С.	05426	8	122,5
СТРЕЛЬЧЕНКО Н.	18460	8	122,5
СУХАРА Ю.	16580	8	122,5
ТАРАНГУЛ Б.	24013	8	122,5
ФЕДЮК О.	02110	8	122,5
ЦУБЕРА В.	06627	8	122,5
ЧЕРНОГОРЕНКО В.	14052	8	122,5
ЧУБРЕЙ М.	24450	8	122,5
ШПІКУЛА І.	19250	8	122,5
ШУР Ю.	19250	8	122,5
ЯКОВИЦЬКА О.	05400	8	122,5
ГЕОРГІЄВА А.	15280	8	122
ДІМІТРОВА М.	15280	8	122
БУЦ К.	05425	8	121,75
МИКОЛЕНКО А.	04505	8	121,75

ЦІЛЕНКО М.	25002	8	121,25
АЛКСЕСЕНКО О.	08660	8	121,25
АНДРЕЄВ А.	05024	8	121,25
БІЛЕНКО Є.	05356	8	121,25
БАБЕНКО М.	20021	8	121,25
БАЛНОВА Я.	13832	8	121,25
БЛАВАЦЬКИЙ Р.	13480	8	121,25
БОДНАРЧУК О.	22355	8	121,25
БОРИСОВА Ю.	08525	8	121,25
ВЕНГЕР О.	22551	8	121,25
ГОРБАС А.	06627	8	121,25
ЕЙСМОНТ Р.	07669	8	121,25
ЖИГЛІНСЬКА М.	13036	8	121,25
ЗАГОРУЛЬКО Д.	18460	8	121,25
КІЯНОВСЬКА Х.	13389	8	121,25
КНИШ В.	14064	8	121,25
КРИВОНІЖКА А.	13682	8	121,25
КУДРИК К.	13183	8	121,25
МЕЛЬНИК Д.	13631	8	121,25
НІКІТІН С.	18520	8	121,25
НЕТЯГА А.	22551	8	121,25
ОРЛОВСЬКА А.	14060	8	121,25
ПІДБЕРЕЗНИЙ М.	04224	8	121,25
ПЕЙЧЕВА Я.	15280	8	121,25
ПУЛЯК Л.	19865	8	121,25
КРИВОНІЖКА А.	04224	8	121,25
САСНКО М.	05946	8	121,25
СЕРВЕТНИК І.	13480	8	121,25
СЕРДЮК Е.	21811	8	121,25
СИРОТКОБІГДАН Б.	13357	8	121,25
СУРАН А.	06552	8	121,25
ЦЕГІНЬКА Л.	13832	8	121,25
ШМІГЕЛЬ П.	13682	8	121,25
ШПАК І.	22450	8	121,25
ЯРЕМЕНКО Т.	22551	8	121,25
ГРИНЬКО А.	20036	8	121
ВЕЛИЧКО П.	06004	8	120,75
9 клас			
БЕЖЕНАР А.	24014	9	150
АПОЛЛОНІНА Д.	04027	9	146,25
КОРОСТИШЕВСЬКИЙ О.	10004	9	146,25
ЛУПІНОС А.	23600	9	146,25
МІГРИНА А.	04027	9	146,25
ПОЛТАВЕЦЬ П.	04027	9	146,25
ФЕДОРЯКА Д.	04027	9	146,25
ГОЛОВКО В.	23950	9	143,75
ЛЯСОТА П.	09351	9	143,75
ПИСЬМЕННИЙ В.	23950	9	143,75
РАК О.	13100	9	143,75
ЩЕРБАН Т.	09351	9	143,75
ДОЦЕНКО Ю.	04027	9	143,25
МОРОЗ М.	03490	9	142,5
НІКІТЕНКО А.	04027	9	142,5
НЕЖУРА В.	08030	9	142,5
ЯРМОЛЮК А.	03490	9	142,5
СРОХІН І.	04052	9	141,25
КОВТУН Д.	10004	9	141,25
СИЛЬЧЕНКО Ю.	01073	9	141,25
ШКУРАК І.	02001	9	141,25

ГАВРИЛОВА А.	04114	9	140
ГОЛОВКО М.	04003	9	140
ГОРБ А.	04027	9	140
ГУК І.	09002	9	140
ЗАМАЙ Б.	04027	9	140
КОЗАК Д.	13100	9	140
КРАСНОЖОН С.	14056	9	140
МІНАСВ П.	04003	9	140
МАЛИНОВСЬКА В.	04114	9	140
ОМЕЛЬЧЕНКО Д.	04027	9	140
ПРИТУЛА Д.	04027	9	140
РОМАНОВСЬКА А.	04027	9	140
СТРЕЛЬНИКОВ К.	04114	9	140
СУТИГІНА Н.	03606	9	140
ФІСЬКОВИЧ Н.	03606	9	140
ЯВОРСЬКА А.	22980	9	140
ЯЦУРА М.	04003	9	140
10 клас			
ГАЩИШИН А.	03024	10	150
БОЙЧУН М.	03612	10	146,25
КАРЕЛІНА М.	03612	10	146,25
АТЕРЧУК О.	24003	10	140
ВАСИЛИНЧУК І.	24017	10	140
НЕДОКУС Т.	19760	10	140
СІНЯК Я.	09001	10	140
ЄВТУШИК К.	03172	10	138,75
ГРЕК П.	04291	10	138,75
ГРИБ О.	03172	10	138,75
ДРОБИШЕВ І.	20061	10	138,75
МІНДЮК М.	03172	10	138,75
МАРТИНЮК І.	03172	10	138,75
МЕЛКУМЯН І.	12045	10	138,75
МЕЛЬНИЧУК А.	03172	10	138,75
СТАРОВОЙТОВ Р.	05046	10	138,75
ТРАЧУК Ю.	03172	10	138,75
ХРИЧОВ В.	20061	10	138,75
ШЕЛУДЯК М.	20061	10	138,75
ДІЛЕНКО К.	25050	10	137,5

ЯКИМЧУК К.	04291	10	137,5
ШЕВЧУК В.	03172	10	135
ГАЩИШИН А.	03024	10	150
БОЙЧУН М.	03612	10	146,25
КАРЕЛІНА М.	03612	10	146,25
АТЕРЧУК О.	24003	10	140
ВАСИЛИНЧУК І.	24017	10	140
НЕДОКУС Т.	19760	10	140
СІНЯК Я.	09001	10	140
ЄВТУШИК К.	03172	10	138,75
ГРЕК П.	04291	10	138,75
ГРИБ О.	03172	10	138,75
ДРОБИШЕВ І.	20061	10	138,75
МІНДЮК М.	03172	10	138,75
МАРТИНЮК І.	03172	10	138,75
МЕЛКУМЯН І.	12045	10	138,75
МЕЛЬНИЧУК А.	03172	10	138,75
СТАРОВОЙТОВ Р.	05046	10	138,75
11 клас			
БЕНДИНА А.	22350	11	150
ВСРІНОВ О.	08380	11	150
ПАВЛЕНКО Т.	21400	11	150
РУДКІВСЬКА Л.	02131	11	150
СОРОЧАН О.	24005	11	150
ВАСЕЧКО А.	13782	11	146,25
ДУШНИЙ А.	13782	11	146,25
МИХАЛЕВИЧ А.	03661	11	146,25
САРЖАН О.	08532	11	146,25
СОЛОМОНОВА А.	08532	11	146,25
ТРЮХАНЬ Ю.	23003	11	146,25
ЧЕПУРНА В.	08532	11	146,25
ШІЙКА О.	13782	11	146,25
ШІЙКА Н.	13782	11	146,25
ШИНКАРЕНКО М.	15400	11	146,25
ДУДА І.	14500	11	145
МІХЕНЬКО А.	14500	11	145
ХИБНА А.	02131	11	145

Повний список переможців конкурсу „Левеня - 2011” вміщено на сайті levenia.com.ua

Науково-популярне видання

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

*Львівський фізико-математичний ліцей-інтернат
при Львівському національному університеті
імені Івана Франка*

**“ЛЕВЕНЯ – 2011”
ВІТАЄ ПЕРЕМОЖЦІВ**

Інформаційний вісник

Уклав *А л е к с е й ч у к* Володимир Іванович

Редактор і коректор *Тетяна Грицик*
Технічний редактор *Лєся Пелехата*

Підписано до друку 09.07.2011.
Формат 60 x 84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк 2,79
Обл. вид. арк. 3,35 Наклад 22 000 прим.

Видавництво “Каменярь” 79008. Львів, Підвальна, 3
Свідоцтво Держ. реєстру: серія ДК, № 462
Ел.адреса: vyd_kamenyar@mail.lviv.ua

Віддруковано з готових діапозитивів на ФОП Савенкова О.Ю.
79031, Львів, вул. Ярослава Гашека, 18/11.