

Міністерство освіти і науки України

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

**ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ
ФІЗИЧНИЙ
КОНКУРС
„ЛЕВЕНЯ – 2015”**

Інформаційний вісник



Львів
Каменяр
2015

УДК 372.853
ББК 74.265.1-922
В85

Інформаційний вісник підготовлено оргкомітетом за підсумками Всеукраїнського фізичного конкурсу «Левеня–2015» – як один з призів учасникам цього творчого змагання. У виданні відображено результати конкурсу, вміщено статистичний звіт про нього. Вісник допоможе вчителям, учням та їх батькам у підготовці до наступного конкурсу, державної підсумкової атестації і незалежного тестування з фізики.

Друга частина книжки адресована переможцям конкурсу, 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.

Упорядники
Володимир Алексейчук

Оргкомітет конкурсу “Левеня – 2015”:

**Володимир Алексейчук, Володимир Дзюбанський,
Борис Кременський, Микола Петрунів, Олена Хоменко**

Адреса оргкомітету:

79054, Львів, вул. Караджича, 29
Львівський фізико-математичний ліцей
тел./факс: (032) 240-17-02
тел.: (032) 262-00-68
E-mail: levenia.lviv@gmail.com
[http:// levenia.com.ua](http://levenia.com.ua)

Директор ліцею
Мар’ян Добосевич

Благодійний фонд “Ліцей”:
Філія АТ “Укресімбанк”
рахунок отримувача 260030260560
МФО 325718
ЄДРПОУ 22360064

Виконавчий директор
благодійного фонду “Ліцей”
Михайло Мурашук

Автор логотипу Орест Бурак

ISBN 978-966-607-339-3

©Львівський фізико-математичний ліцей, 2015

Чого б ти не навчався, ти навчався для себе.
Петроній

**Дорогі друзі, колеги,
прихильники фізичного конкурсу “Левеня”!**

З квітня 2015 року, згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 553 від 07.05.2012 року, відбувся XIV Всеукраїнський фізичний конкурс “Левеня”.

Незважаючи на складну військово-політичну ситуацію в Україні, у конкурсі взяли участь **100 085** учасників з **3 872** шкіл України. Відмінні сертифікати отримали **13 015**, добрі – **37 259** конкурсантів. За цим стоїть велика організаційна робота координаторів, яким ми хочемо висловити вдячність за підтримку та поширення ідей конкурсу.

Область	2011	2012	2013	2014	2015
АР Крим	3 119	3 677	4 092	940	–
м. Севастополь	833	894	1 379	1 294	–
Вінницька	3 632	3 967	4 842	5 905	4 731
Волинська	3 272	3 788	4 090	3 605	2 306
Дніпропетровська	9 770	11 563	12 605	13 274	10 343
Донецька	7 608	9 411	11 077	9 306	3 724
Закарпатська	3 649	4 639	5 353	5 345	4 662
Житомирська	4 334	5 143	7 094	7 827	5 713
Запорізька	6 612	6 715	6 897	6 128	5 071
Івано-Франківська	1 646	2 681	3 155	2 254	1 794
м. Київ	570	825	920	956	827
Київська	3 407	4 066	5 026	4 172	3 232
Кіровоградська	2 535	2 903	3 226	3 210	2 324
Луганська	4 732	5 492	6 376	5 441	1 947
Львівська	13 132	14 382	16 440	13 460	9 022
Миколаївська	4 349	5 058	5 075	4 651	3 374
Одеська	2 144	2 913	3 399	2 167	1 884
Полтавська	6 825	7 539	8 506	8 220	5 844
Рівненська	1 814	1 775	4 190	5 349	4 598
Сумська	5 371	6 998	7 301	7 698	5 814
Тернопільська	2 951	3 518	3 659	3 559	2 776
Харківська	7 790	8 925	10 554	10 435	8 425
Херсонська	2 008	2 332	2 813	2 366	1 867
Хмельницька	5 679	6 282	6 573	6 184	3 644
Черкаська	2 884	3 388	3 845	3 859	2 979
Чернівецька	3 241	2 879	2 855	2 978	2 408
Чернігівська	1 358	1 354	1 294	1 555	774
Усього учасників	115 345	133 130	152 637	142 138	100 085

Активними пропагандистами конкурсу в своїх областях стали **Анатолій Петрович Блашук** – Вінницька обл., **Олена Федорівна Бурбела** – Волинська обл., **Тетяна Віталіївна Потапова** – Дніпропетровська обл., **Олена Іванівна Боненко** – м. Маріуполь, **Людмила Іванівна Гайналій** – Закарпатська обл., **Микола Дмитрович Поплавський** – Житомирська обл., **Наталія Володимирівна Крамаренко** – Запорізька обл., **Наталія Олександрівна Куриндаш** – Івано-Франківська обл., **Леонід Володимирович Ліпчевський** – Київська обл., **Петро Васильович Побережний** – Кіровоградська обл., **Віталій Вікторович Гончаров** – Луганська обл., **Мирон Михайлович Зелез** – Львівська обл., **Олена Володимирівна Ліскович** – Миколаївська обл., **Олег Володимирович Кучеренко** – Полтавська обл., **Анатолій Борисович Трофімчук** – Рівненська обл., **Степан Пилипович Лабудько** – Сумська обл., **Світлана Геннадіївна Федченко** – Харківська обл., **Оксана Миколаївна Ципцюк** – Херсонська обл., **Віктор Володимирович Гудзь** – Хмельницька обл., **Микола Андрійович Новосельський** – Черкаська обл., **Анатолій Прокопович Андрух** – Чернівецька обл., **Тетяна Юріївна Ясочко** – Чернігівська обл.

Завдяки їхній праці в областях створено розгалужену мережу координаційних центрів, які очолили методисти.

Висловлюємо вдячність дирекціям та педагогічним колективам тих шкіл, які перетворили конкурс у справжнє свято фізики для своїх учнів, залучивши до участі в ньому максимальну кількість школярів.

Вітаємо всіх учасників конкурсу, сподіваємось, що участь в ньому дозволить глибше зрозуміти закономірності законів розвитку Природи, здобути ґрунтовні знання з фізики та добре підготуватися до підсумкової державної атестації, незалежного тестування, успішної професійної кар'єри в конкурентному середовищі.

Усіх, кого цікавить фізика, хто хоче перевірити своє вміння розв'язувати нестандартні цікаві задачі, запрошуємо до участі в наступному конкурсі, який відбудеться **6 квітня 2016 року**.

Умови конкурсу на сайті <http://levenia.com.ua> або за тел.: **(032) 240 17 02**.

Електронна адреса: levenia.lviv@gmail.com.

Результати учасників конкурсу дивіться на сайті: <http://levenia.com.ua>.

На оновленому сайті ви можете перевірити свої знання з фізики і підготуватись до наступного конкурсу в режимі он-лайн.

УМОВИ ЗАДАЧ ВСЕУКРАЇНСЬКОГО ФІЗИЧНОГО КОНКУРСУ “ЛЕВЕНЯ – 2015”

7 К Л А С

Любий друже! Перед тим, як приступити до розв’язування задач, пам’ятай:

- за кожну задачу можна отримати від трьох до п’яти балів;
- за неправильну відповідь знімається 25% від кількості балів, передбачених за правильну відповідь;
- на старті Ти отримуєш авансом 30 балів;
- серед запропонованих варіантів відповідей є лише один правильний;
- користуватися калькулятором дозволено;
- категорично заборонено користуватися фізичними довідниками чи іншою допоміжною літературою;
- термін виконання завдань – 75 хв.

Будь уважний! Тобі під силу віднайти всі правильні відповіді!

Часу обмаль, тож поспішай! Бажаємо успіху!

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. З яким астрономічним об’єктом пов’язані зміни в довкіллі: день – ніч, зима – літо?

А: Місяць; **Б:** Сонце; **В:** Марс; **Г:** Юпітер; **Д:** Уран.

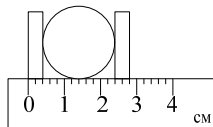
2. Чи може: 1) кухонна сіль ($NaCl$) бути рідкою; 2) вуглекислий газ (CO_2) твердим?



А: 1, 2 – так; **Б:** 1, 2 – ні; **В:** 1 – так, 2 – ні; **Г:** 1 – ні, 2 – так.

3. Який діаметр кульки (див. мал.)?

А: 1,2 см; **Б:** 1,6 см; **В:** 2 см; **Г:** 2,4 см; **Д:** 2,8 см.



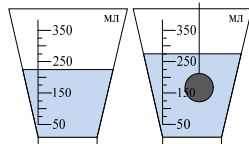
4. Густина в системі CI чисельно дорівнює ... речовини.

А: масі 1 cm^3 ; **Б:** масі 1 m^3 ; **В:** об’єму 1 кг;

Г: об’єму 1 г.

5. Який об’єм кулі, зануреної у мірну склянку з рідиною?

А: 275 мл; **Б:** 225 мл; **В:** 75 мл; **Г:** 50 мл; **Д:** 25 мл.



6. Під час проведення експерименту точність вимірювань визначається...

- 1) правильним розташуванням вимірювального приладу;
- 2) ціною поділки приладу;
- 3) правильним розташуванням очей при зніманні показів приладу;
- 4) масою приладу;
- 5) кольором приладу.

А: тільки 1; **Б:** тільки 1 і 2; **В:** тільки 1, 2 і 3; **Г:** тільки 1, 2, 3, 4; **Д:** 1, 2, 3, 4, 5.

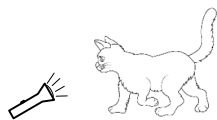
7. Очі кішки у темряві світяться, якщо на неї спрямувати світло ліхтарика. Це пов'язано з явищем ... світла.

А: відбивання;

Б: заломлення;

В: випромінювання;

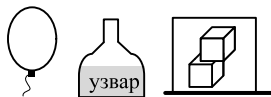
Г: поглинання.



8. 1. Дитячі повітряні кульки заповнені гелієм через добу втрачають пружність і перестають підніматись.

2. Перші і треті страви стають смачнішими після того, як їх "настояти" (потримати деякий час). 3. Якщо два добре відполіровані металеві бруски щільно притиснути у вакуумі, вони через певний час зростуться (холодна зварка). У всіх випадках ми маємо справу з явищем...

А: випаровування; **Б:** плавлення; **В:** дифузії; **Г:** тверднення; **Д:** нагрівання.



9. Чим відрізняються наслідки тверднення (кристалізація) води у: 1) скляній і 2) пластиковій пляшках?

А: все однаково; **Б:** 1 – розірве, 2 – розтягне; **В:** 1 – розтягне, 2 – розірве.

10. Як можна виявити, що ви знаходитесь в області напівтіні деякого предмета? Вам... джерела світла.

А: видно тільки частину; **Б:** видно повністю; **В:** не видно; **Г:** нічого не видно.

Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

11. Плоске металеве кільце має радіальний розріз. Кільце нагрівають. Як зміняться: 1) радіус кільця R ; 2) товщина кільця h ; 3) ширина розрізу a .

($\uparrow$ – збільшиться, $\downarrow$ – зменшиться).

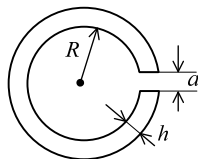
А: 1, 2, 3 – $\uparrow$;

Б: 1, 2, 3 – $\downarrow$;

В: 1, 3 – $\downarrow$, 2 – $\uparrow$;

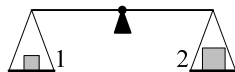
Г: 1, 2 – $\uparrow$, 3 – $\downarrow$;

Д: 1 – $\uparrow$, 2, 3 – $\downarrow$.



12. На терезах зрівноважені два тіла, виготовлені з алюмінію і міді. Яке з тіл міднє?

А: 1; **Б:** 2; **В:** відповісти неможливо; **Г:** залежить від погоди.



13. Факт випаровування твердих тіл і рідин ви, досить часто, відчуваєте ... завдяки явищу...

а) оком, б) носом, в) вухом. 1) заломлення світла, 2) дифузії, 3) броунівського руху.

А: а – 1;

Б: б – 2;

В: в – 3;

Г: а – 3;

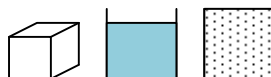
Д: б – 3.

14. Чи з однакових молекул складається вода у твердому, рідкому і газоподібному стані?

А: з однакових тільки в твердому і рідкому станах;

Б: з однакових у всіх трьох станах;

В: з різних у всіх трьох станах.



15. 1. Учень проходячи берегом річки зауважив, що вода тече швидше по середині річки, а біля берегів повільніше. 2. Учень для визначення швидкості течії води в різних місцях кинув декілька сірників і виміряв відстань і час їх руху. Учень провів...

А: 1, 2 – досліди;

Б: 1, 2 – спостереження;

В: 1 – спостереження, 2 – дослід;

Г: 1 – дослід, 2 – спостереження.

16. Якщо о 12 годині ночі йде дощ, чи можна очікувати, що через 96 годин буде сонячна погода?

А: так;

Б: ні;

В: залежить від пори року;

Г: передбачити неможливо.

17. У посудині міститься лід. Як зміниться рівень води у посудині, якщо лід розтане?

А: підвищиться;

Б: знизиться;

В: не зміниться.



18. Для визначення ємкості (об'єму) глечика достатньо мати...

1) лінійку, 2) воду, 3) терези, 4) термометр, 5) циркуль.

А: 1 і 2;

Б: 2 і 3;

В: 3 і 4;

Г: 4 і 5;

Д: 5 і 1.



19. Левеня з татом готуються до ремонту. Їм необхідно перевезти 200 цеглин розміром $24 \times 12 \times 6$ см. Якої вантажопідйомності автомобіль їм потрібен? Густина цегли 1600 кг/м^3 .

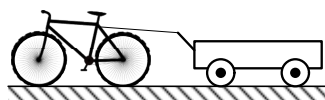
А: 250 кг;

Б: 480 кг;

В: 960 кг;

Г: 1600 кг;

Д: 1920 кг.



20. Чому на екваторі завжди тепліше ніж на полюсах Землі?

А: відстань від Сонця до полюсів більша;

Б: екватор один, а полюсів два;

В: різний кут падіння світла на поверхню Землі на полюсах і на екваторі;

Г: сніг добре відбиває сонячне світло.

Завдання 21–30 оцінюються п'ятьма балами

21. З якої ділянки простору перед дзеркалом видно зображення точки A ?

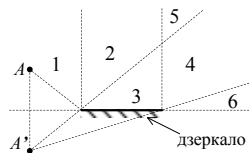
А: 1, 2, 5;

Б: 3, 4, 6;

В: 1, 2;

Г: 3, 4;

Д: 5, 6.



22. Який з променів, що йде від предмета A (знаходиться на дні водойми) до ока людини, зображено правильно?

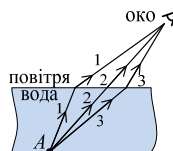
А: 1;

Б: 2;

В: 3;

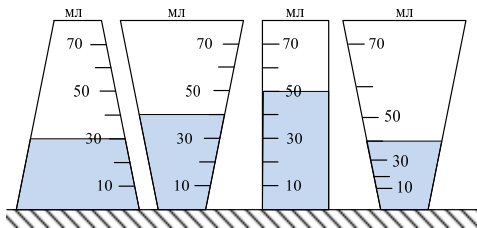
Г: всі правильно;

Д: всі неправильно.



23. На чотирьох посудинах нанесено позначки (в одній посудині правильно), що означають рівні об'єми у мл. У всі посудини налили однакові об'єми води (див. мал.). Який об'єм води налили в кожну посудину?

- А: 30 мл; Б: 40 мл; В: 45 мл;
Г: 50 мл; Д: відповісти неможливо.



24. Для визначення густини невідомої рідини достатньо мати... 1) терези; 2) лінійку; 3) воду; 4) термометр; 5) одноразову пластикову склянку; 6) секундомір.

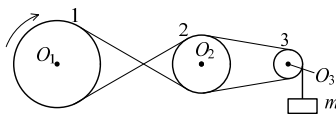
- А: 1, 3, 5; Б: 2, 4, 6; В: 1, 2, 3; Г: 4, 5, 6; Д: 1, 2, 5.

25. Якщо кран з гарячою водою трохи (дуже мало) відкрити, тоді потік води з часом буде поступово зменшуватись і може навіть припинитися. На крані з холодною водою подібне не спостерігається. Враховуючи, що деталі крана зроблені з різних матеріалів, поясніть з яким явищем маємо справу?



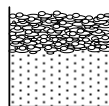
- А: охолодження води; Б: випаровування; В: лінійне розширення;
Г: дифузія; Д: кристалізація.

26. Обертання між трьома циліндрами, які мають закріплені вісі обертання (O_1 , O_2 , O_3), передається за допомогою двох пасів (між 1 і 2, між 2 і 3). На третій циліндр (3) намотано мотузку, до якої причепили тягарець m . Якщо циліндр 1 обертається за годинниковою стрілкою, тоді циліндр 2 обертається ... годинниковою стрілкою, а тягарець m ...



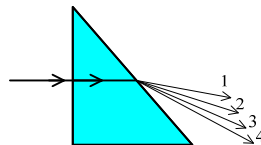
- А: за, піднімається; Б: проти, опускається; В: за, опускається; Г: проти, піднімається.

27. У посудині міститься пісок (на дні) і галька (камінчики); (зверху). Як зміниться об'єм заповненої частини посудини, якщо пісок і гальку перемішати? Цей процес подібний до: 1) змішування двох різних рідин (вода – спирт); 2) плавлення твердих тіл; 3) розчинення твердого тіла в рідині (сіль – вода).



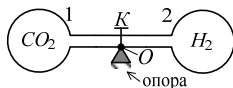
- А: збільшиться, 1 і 2; Б: зменшиться, 1 і 3; В: не зміниться, 1;
Г: збільшиться, 1 і 3; Д: зменшиться, 1 і 2.

28. На тригранну скляну призму падає вузький пучок кольорового світла, який після заломлення розділяється на чотири пучки (жовтий, зелений, синій, червоний). Відомо, що найбільше заломлюється фіолетове світло, найменше – червоне. Вкажіть зелений пучок світла?



- А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: відповісти неможливо.

29. Дві однакові колби (1 – з вуглекислим газом CO_2 , 2 – з воднем H_2) з'єднані тоненькою трубкою з краном K і зрівноважені посередині на опорі в точці O . Чи порушить-ся рівновага через великий час після відкриття крана K ?



А: ні; Б: так, переважить 1; В: так, переважить 2.

30. Людина наближається до дзеркала, в якому бачить зображення дерева. Як при цьому змінюється зображення дерева?



А: наближається до дзеркала; Б: віддаляється від дзеркала;
В: зменшується; Г: збільшується; Д: не змінюється.

8 К Л А С

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. Поштовий голуб летить зі швидкістю 25 м/с. Чи можна наздогнати його на автомобілі, що рухається зі швидкістю 72 км/год?



А: так; Б: ні; В: залежить від пори року.

2. Що швидше зношується: колесо (1) чи гальмівна колодка (2) вагона, якщо їх виготовили з однакового матеріалу?



А: 1; Б: 2; В: однаково; Г: передбачити неможливо.

3. З якою швидкістю має бігти пес, щоб не чути гуркоту консервної банки, прив'язаної до його хвоста?

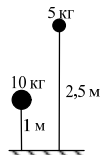


А: $v = 0$; Б: $v = 100$ м/с; В: $v = v_{\text{звуку}}$; Г: $v = v_{\text{світла}}$.

4. 1. Коли варять варення найчастіше користуються дерев'яною ложкою. 2. Стінки топки парового котла роблять металевими, хоча температура в топці вища за температуру плавлення металу. 3. “Жало” електричного паяльника роблять з міді. У всіх випадках враховують явище...

А: дифузії; Б: конвекції; В: випромінювання; Г: теплопровідності; Д: плавлення.

5. На скільки потенціальна енергія першої кулі ($m_1 = 10$ кг) менша за потенціальну енергію другої кулі ($m_2 = 5$ кг). $g = 10$ Н/кг.



А: 225 Дж; Б: 50 Дж; В: 25 Дж; Г: 10 Дж; Д: 2,5 Дж.

6. Сила тяжіння на Землі діє тільки...

А: вдень; Б: вночі; В: у святя; Г: у будні; Д: завжди.

7. 1. Важко тримати в руках живу рибу. 2. Перед грою на скрипці смичок натирають каніфоллю. 3. Основний вантаж у автомобіль з причепом вантажать у кузов автомобіля. У всіх випадках це пов'язано з дією сили...

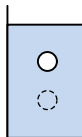
А: пружності; Б: тяжіння; В: тертя; Г: тиску; Д: Архімеда.

8. На Землі ($g_3 = 10 \text{ Н/кг}$) маса космонавта 60 кг. На Місяці ($g_M = 10/6 = 1,67 \text{ Н/кг}$) його маса ...

- А: 360 кг; Б: 60 кг; В: 10 кг; Г: 6 кг; Д: 0.

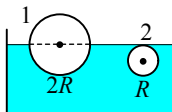
9. При дослідженні виштовхувальної сили, що діє на тверду кулю з боку води, глибини занурення кулі збільшили у 2 рази. Виштовхувальна сила при цьому...

- А: збільшилась у 2 рази; Б: не змінилась; В: зменшилась у 2 рази;
Г: збільшилась у 4 рази; Д: зменшилась у 4 рази.



10. У посудині з водою плавають дві кулі (перша: радіус – $2R$, маса – m_1 , густина – ρ_1 ; друга: R , m_2 , ρ_2). Яка густина другої кулі?

- А: 125 кг/м^3 ; Б: 250 кг/м^3 ; В: 500 кг/м^3 ; Г: 1000 кг/м^3 ; Д: 2000 кг/м^3 .

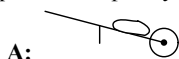


Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

11. У надзвичайній ситуації вам потрібно перейти водойму з тонким льодом. Які допоміжні засоби ви оберете?

- А: ковзани; Б: ролики; В: вузькі лижі; Г: широкі лижі; Д: велосипед.

12. В якому випадку людина, що вантажила камінь на тачку, для його перевезення, краще знає фізику?



13. Для визначення відстані до блискавки, під час грози, достатньо мати...

- А: лінійку; Б: секундомір; В: мензурку; Г: дальномір; Д: телескоп.

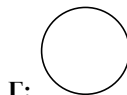
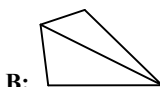
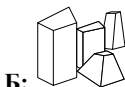
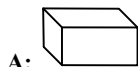


14. Чим відрізняються процеси кипіння та випаровування? Атмосферний тиск постійний.

1. Відбуваються при будь-якій температурі; 2. Відбуваються тільки при певній температурі; 3. Виникає пара; 4. Виникають бульбашки.

- А: 1, 3; Б: 2, 3, 4; В: 3; Г: 3, 4; Д: 1, 2, 4.

15. Які шматочки льоду ви оберете для того, щоб швидше охолодити воду у склянці? Маса шматочків льоду у всіх випадках однакова.



16. Чи можна для польоту на Місяць користуватися повітряними кулями?

А: так; Б: ні, холодно; В: ні, довго; Г: ні, неможливо.



17. З наведених об'єктів виберіть теплові двигуни.

1) гармата; 2) рушниця; 3) риба; 4) людина.

А: тільки 1; Б: тільки 1 і 2; В: тільки 1, 2 і 3; Г: 1, 2, 3 і 4.

18. Якій фізичній величині відповідає вираз $\frac{mP}{Fvt}$? Де: P – тиск, m – маса, F – сила, v – швидкість, t – час.

А: масі; Б: тиску; В: густині; Г: об'єму; Д: довжині.

19. 1. Скошена трава швидше висихає у вітряну погоду; 2. Нарізані овочі і фрукти сохнуть швидше. Ще швидше, якщо їх нагрівати; 3. Чай охолоне швидше, якщо на нього дмухати або перелити в тарілку. Ці факти свідчать про те, що швидкість випаровування залежить від... 1) маси речовини, 2) площі поверхні, 3) температури, 4) вітру над речовиною, 5) пори року.

А: 1, 2, 3; Б: 2, 3, 4; В: 3, 4, 5; Г: 4, 5, 1; Д: 5, 1, 2.

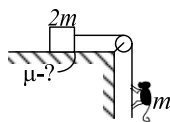
20. Для визначення питомої теплоємності мідного циліндра є алюмінієвий калориметр з водою і посудина з киплячою водою. Які вимірювальні прилади вам потрібні? 1) лінійка, 2) годинник, 3) термометр, 4) ваги, 5) мензурка.

А: 1, 2; Б: 2, 3; В: 3, 4; Г: 4, 5; Д: 5, 1.

Завдання 21 – 30 оцінюються п'ятьма балами

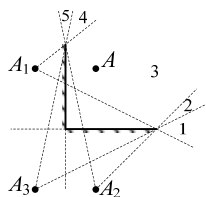
21. У системі, зображеній на малюнку (блок і мотузки невагомі, тертя відсутнє), тіло $2m$ і мавпа m нерухомі. При якому мінімальному коефіцієнті тертя μ це можливо?

А: $\mu = 0$; Б: $\mu = 0,5$; В: $\mu = 1$; Г: $\mu = 1,5$; Д: $\mu = 2$.

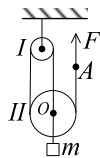


22. На малюнку зображено точку A і три її зображення (A_1 , A_2 , A_3) у системі двох розташованих перпендикулярно плоских дзеркал. З якої ділянки перед дзеркалами (див. мал.) видно зображення A_2 ?

А: тільки 5; Б: тільки 5 і 4; В: тільки 5, 4 і 3; Г: тільки 5, 4, 3 і 2; Д: 1, 2, 3, 4 і 5.



23. У системі, зображений на малюнку, один кінець мотузки причепили до вісі O рухомого блока II , а до другого кінця (т. A) приклали силу F . До вісі O мотузкою причепили тіло m . Мотузки і блоки I і II невагомі, тертя відсутнє. Тіло m рівномірно піднімають вгору. Визначте силу F .

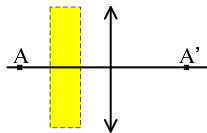


A: $F = mg$; **Б:** $F = mg/2$; **В:** $F = mg/3$; **Г:** $F = mg/4$; **Д:** $F = 2mg$.

24. Чи може існувати озеро з прісною водою на Місяці?

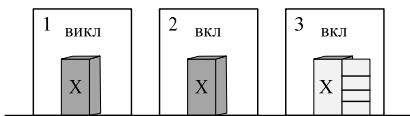
A: так; **Б:** ні; **В:** тільки великої глибини $h > 1$ км; **Г:** тільки малої глибини $h < 1$ м.

25. На малюнку зображено збиральну лінзу, на головній оптичній вісі якої знаходяться світна точка A і її зображення A' . Як зміниться положення зображення A' , якщо між лінзою і точкою A помістити скляну плоскопаралельну пластинку (див. мал. – пунктир)?



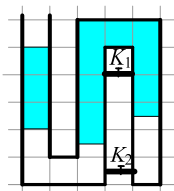
A: не зміниться; **Б:** посунеться вліво; **В:** посунеться вправо; **Г:** зникне.

26. У трьох однакових кімнатах знаходяться однакові холодильники (1 – холодильник виключений, 2 – холодильник включений, 3 – холодильник включений і його дверка відкрита). Порівняйте температуру повітря в кімнатах.



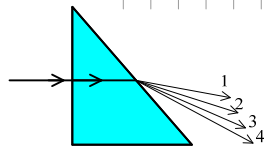
A: $t_1 > t_2 > t_3$; **Б:** $t_1 = t_2 = t_3$; **В:** $t_3 > t_2 > t_1$; **Г:** $t_3 = t_2 > t_1$; **Д:** $t_3 = t_2 < t_1$.

27. У закритій з одного краю фігурній трубці містяться стовпчики рідини (темне) і стовпчики повітря (біле). Коліна трубки з'єднані тоненькими трубочками з кранами (K_1 і K_2). В якому напрямі потече рідина, якщо відкрити кран K_1 ?



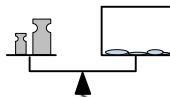
A: вправо; **Б:** вліво; **В:** не потече.

28. На тригранну скляну призму падає вузький пучок кольорового світла, який після заломлення розділяється на чотири пучки (синій, жовтий, зелений, червоний). Відомо, що найбільше заломлюється фіолетове світло, найменше – червоне. Вкажіть жовтий пучок світла?



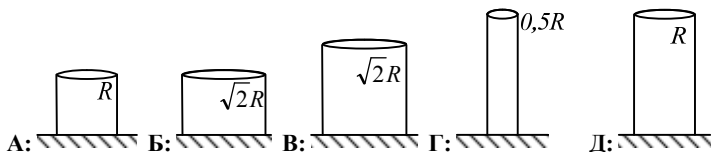
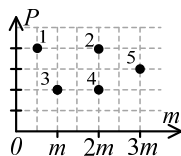
A: 1; **Б:** 2; **В:** 3; **Г:** 4; **Д:** відповісти неможливо.

29. На зрівноважених терезах знаходиться закрита посудина з краплинами води. Чи порушиться рівновага терезів, якщо вода випарується?



A: ні; **Б:** так, переважають гири; **В:** так, переважають посудина.

30. П'ять циліндрів, що виготовлені з однакового матеріалу, розташовані на горизонтальній поверхні. На діаграмі залежності тиску, що створюють циліндри, від їх маси, кожному циліндру відповідає точка. Який циліндр відповідає точці 1?



9 К Л А С

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. Явище радіоактивності відкрив(ла)... .

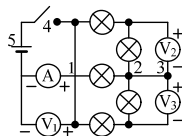
А: Ернест Резерфорд;
Г: П'єр Кюрі;

Б: Анрі Беккерель;
Д: Ісаак Ньютон.

В: Марія Кюрі;

2. Якою цифрою в електричному колі позначено перетин з'єднувальних провідників без електричного контакту?

А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: 5.



3. 1. Під час переливання бензину з однієї цистерни в іншу він може спалахнути.

2. Якщо розмотувати рулон скотчу (ізострічки) в темній кімнаті, можна побачити, що лінія відриву стрічки від рулону світиться. 3. Якщо просіювати цукрову пудру через сито, можна побачити, що пудра починає розлітатись в різні сторони.



У всіх випадках це пов'язано з явищем...

А: нагрівання; Б: намагнічення; В: електризації; Г: електростатичної індукції.

4. Для того, щоб зробити електромагніт, достатньо мати...

1) дерев'яну палочку, 2) залізний цвях, 3) неізолюваний дріт, 4) ізолюваний дріт, 5) спеціальну фарбу, 6) електролампку.

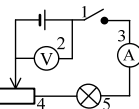
А: 1, 3; Б: 2, 4; В: 3, 5; Г: 4, 6; Д: 1, 2, 3.

5. Струм у жорстко закріпленому провіднику можна виявити за допомогою...

А: наелектризованої палочки; Б: електромагніту; В: магнітної стрілки;
Г: постійного магніту; Д: електролампки.

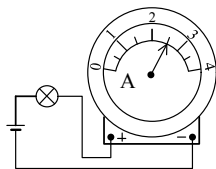
6. До джерела струму з дотриманням полярності слід підключати...

А: 1 і 2; Б: 2 і 3; В: 3 і 4; Г: 4 і 5; Д: 1, 2, 3, 4, 5.



7. Визначте ціну поділки і покази амперметра.

- A:** 0,5 А, 2,5 А; **Б:** 1 А, 2,5 А; **В:** 4 А, 2 А;
Г: 0,5 А, 2 А; **Д:** 1 А, 3 А.



8. Чи можна на Місяці для пересування космонавтів використовувати повітряні кулі?

- A:** так, завжди; **Б:** ні; **В:** так, тільки вдень; **Г:** так, тільки вночі.

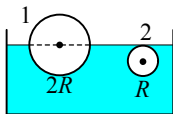


9. Коли автомобіль витрачає більше палива під час їзди: 1) з зупинками, 2) без зупинок?

- A:** 1; **Б:** 2; **В:** однаково; **Г:** залежить від марки автомобіля.

10. У посудині з водою плавають дві кулі (перша: радіус – $2R$, маса – m_1 , густина – ρ_1 ; друга: R , m_2 , ρ_2). Яка густина першої кулі?

- A:** 125 кг/м^3 ; **Б:** 250 кг/м^3 ; **В:** 500 кг/м^3 ; **Г:** 1000 кг/м^3 ; **Д:** 2000 кг/м^3 .



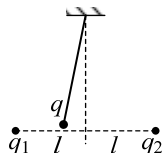
Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

11. З наведених тіл: 1) залізний цвях, 2) сталеву викрутку, 3) алюмінієвий дріт, 4) мідний болт, 5) дерев'яний брусок, можна намагнітити ...

- A:** 1 і 2; **Б:** 2 і 3; **В:** 3 і 4; **Г:** 4 і 5; **Д:** 5 і 1.

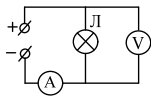
12. Між двома закріпленими зарядженими кульками ($q_1 > 0$, $q_2 > 0$) знаходиться математичний маятник (заряджена кулька ($q > 0$) на діелектричній нитці). Після звільнення маятник зайняв положення зображене на малюнку. Порівняйте заряди кульок.

- A:** $q_1 > q_2$; **Б:** $q_1 < q_2$; **В:** $q_1 = q_2$; **Г:** порівняти неможливо.



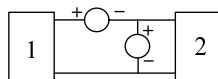
13. В електричному колі прилади ідеальні. Потужність лампи 20 Вт, покази вольтметра 4 В. Які покази амперметра?

- A:** 1 А; **Б:** 4 А; **В:** 5 А; **Г:** 20 А; **Д:** 0,2 А.



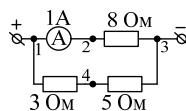
14. До джерела струму підключено споживач струму (див. мал.). Як на малюнку позначений споживач?

- A:** 1; **Б:** 2; **В:** встановити неможливо.



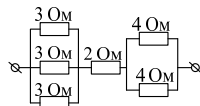
15. В електричному колі на малюнку покази амперметра 1 А. До яких точок потрібно під'єднати вольтметр, щоб він показав 3 В? Прилади ідеальні.

- A:** 1 і 2; **Б:** 2 і 3; **В:** 3 і 4; **Г:** 4 і 1.



16. Який загальний опір ділянки кола?

А: 2 Ом; Б: 3 Ом; В: 4 Ом; Г: 5 Ом; Д: 19 Ом.



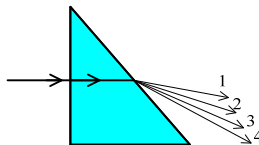
17. Що є спільним між процесами кипіння та випаровування? Атмосферний тиск постійний. 1. Відбуваються при будь-якій температурі; 2. Відбуваються тільки при певній температурі; 3. Виникає пара; 4. Виникають бульбашки.

А: 1, 3; Б: 2, 3, 4; В: 3; Г: 3, 4; Д: спільного немає.

18. Якій фізичній величині відповідає вираз $\sqrt{\frac{E}{m}}$, де: E – енергія, m – маса?

А: сили; Б: масі; В: швидкості; Г: потужності; Д: часу.

19. На тригранну скляну призму падає вузький пучок кольорового світла, який після заломлення розділяється на чотири пучки (синій, жовтий, зелений, червоний). Відомо, що найбільше заломлюється фіолетове світло, найменше – червоне. Вкажіть червоний пучок світла?



А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: відповісти неможливо.

20. Брусок мила значно легше розрізати міцною ниткою, ніж ножем.

I. Це пов'язано з дією сили ... II. Брусок руйнує сила

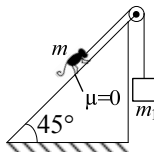
1) тяжіння, 2) тертя, 3) пружності, 4) тиску.

А: I і II – 2; Б: I – 1, II – 3; В: I і II – 4; Г: I – 2, II – 4; Д: I – 3, II – 4.

Завдання 21–30 оцінюються п'ятьма балами

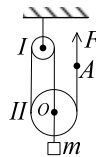
21. У системі, зображеній на малюнку (блок і мотузки невагомі, тертя відсутнє), тіло m_1 і мавпа m нерухомі, $\alpha = 45^\circ$. Яка маса тіла m_1 ?

А: $m_1 = 0,5m$; Б: $m_1 = (\sqrt{2}/2)m$; В: $m_1 = (\sqrt{3}/2)m$;
Г: $m_1 = m$; Д: це неможливо.



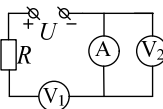
22. У системі, зображеній на малюнку, один кінець мотузки причепили до вісі O рухомого блока II, а до другого кінця (т. A) приклали силу F . До вісі O мотузкою причепили тіло m . Мотузки і блоки I і II невагомі, тертя відсутнє. Прикладаючи силу F до т. A , тіло m рівномірно піднімають вгору. Яка маса тіла m ?

А: $m = 4F/g$; Б: $m = 3F/g$; В: $m = 2F/g$; Г: $m = F/g$; Д: $m = F/(2g)$.

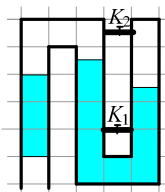


23. В електричному колі, зображеному на мал., напруга джерела $U = 10$ В, опір резистора $R = 10$ Ом, прилади ідеальні. Визначте покази вольтметрів (U_1 , U_2) і амперметра (I).

А: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 1$ А; Б: $U_1 = 0$, $U_2 = 10$ В, $I = 1$ А;
В: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 0$; Г: $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 0$;
Д: $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 1$ А.



24. У закритій з одного краю фігурній трубці містяться стовпчики рідини (темне) і стовпчики повітря (біле). Коліна трубки з'єднані тоненькими трубочками з кранами (K_1 і K_2). В якому напрямі потече рідина, якщо відкрити кран K_1 ?

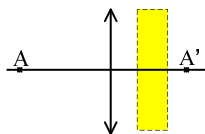


А: вправо;

Б: ліво;

В: не потече.

25. На малюнку зображено збиральну лінзу, на головній оптичній вісі якої знаходяться світна точка A і її зображення A' . Як зміниться положення зображення A' , якщо між лінзою і зображенням A' помістити скляну плоскопаралельну пластинку (див. мал. – пунктир)?



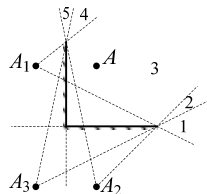
А: не зміниться;

Б: посунеться ліво;

В: посунеться вправо

Г: зникне.

26. На малюнку зображено точку A і три її зображення (A_1 , A_2 , A_3) у системі двох плоских дзеркал, розташованих перпендикулярно. З якої ділянки перед дзеркалами (див. мал.) видно зображення A_3 ?



А: 1, 2 і 3;

Б: 2, 3 і 4;

В: 3, 4 і 5;

Г: 1, 2, 3, 4 і 5.

27. При прямому влучанні блискавки з людини може злетіти одяг і взуття (людина може зовсім не постраждати). Це пов'язано з ... дією струму і явищем...

А: тепловою, випаровування;

Б: хімічною, конденсації;

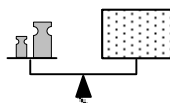
В: магнітною, випаровування;

Г: тепловою, конденсації;

Д: хімічною, горіння.

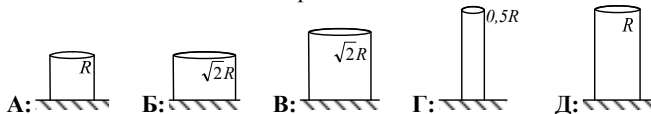
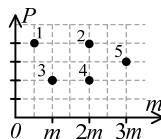


28. На зрівноважених терезах знаходиться закрита посуда з водяною парою. Чи порушиться рівновага терезів, якщо водяна пара сконденсується у краплини?

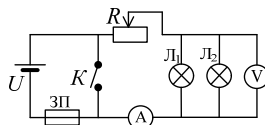


А: ні; **Б:** так, переважать гірі; **В:** так, переважить посуда.

29. П'ять циліндрів, що виготовлені з однакового матеріалу, розташовані на горизонтальній поверхні. На діаграмі залежності тиску, що створюють циліндри, від їх маси кожному циліндру відповідає точка. Який циліндр відповідає точці 2?



30. В електричному колі амперметр (A) і вольтметр (V) ідеальні, напруга джерела постійна. Що сталося в колі, якщо згорів плавкий запобіжник (ЗП)?



А: згоріла одна лампочка; **Б:** згоріло дві лампочки;

В: контакт реостата посунули вправо; **Г:** замкнули ключ K .

10 К Л А С

Оцінювання завдань

Н е с п е ц і а л і з о в а н і к л а с и: завдання 1–10 – три бали;
11–20 – чотири бали; 21–30 – п'ять балів.

С п е ц і а л і з о в а н і к л а с и: завдання 11–20 – три бали;
21–30 – чотири бали; 31–40 – п'ять балів.

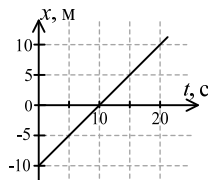
1. Яка з наведених величин є векторною?

А: робота; **Б:** потужність; **В:** імпульс; **Г:** енергія; **Д:** маса.

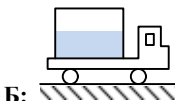
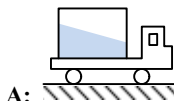
2. Графік залежності координати тіла, що рухається вздовж вісі OX , від часу зображено на малюнку. З якою швидкістю рухається тіло? Яка початкова координата тіла?

А: 0,5 м/с, 10 м; **Б:** 1 м/с, –10 м; **В:** 1,5 м/с, 5 м;

Г: 2 м/с, –5 м; **Д:** 2,5 м/с, 20 м.



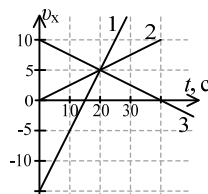
3. Яка з машин, що перевозить рибу у бочці з водою, рушає з місця?



Г: встановити неможливо.

4. На малюнку зображено графік залежності проекції швидкості трьох тіл, що рухаються уздовж вісі OX , від часу. Яке з тіл у початковий момент часу рухалось за віссю OX ? У який момент часу швидкості всіх тіл були однакові (за модулем)?

А: 1, 20 с; **Б:** 2, 40 с; **В:** 3, 20 с; **Г:** 1 і 2, 5 с; **Д:** 2 і 3, 10 с.



5. Яку швидкість показує спідометр автомобіля?

А: середню; **Б:** миттєву; **В:** максимальну; **Г:** мінімальну.

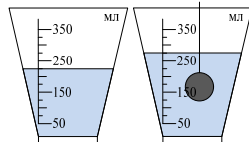
6. Порівняйте температури тіл: $t_1 = 273^\circ\text{C}$, $T_2 = 20\text{ K}$, $t_3 = -20^\circ\text{C}$.

А: $t_3 < T_2 < t_1$; **Б:** $t_1 > T_2 = t_3$; **В:** $T_2 < t_3 < t_1$;

Г: $T_2 > t_1 > t_3$.

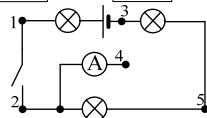
7. Яка сила Архімеда діє на тіло, що занурене у воду?

А: 0,5 Н; **Б:** 2 Н; **В:** 5 Н; **Д:** 10 Н.



8. Які точки в електричному колі потрібно з'єднати провідником, щоб амперметр показував струм в колі і всі лампочки світилися?

А: 4 – 1; **Б:** 4 – 2; **В:** 4 – 3; **Г:** 4 – 5.

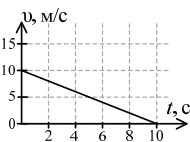
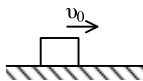


9. В якому випадку роботу виконує сила ($F_{\text{тр},0}$) тертя спокою?

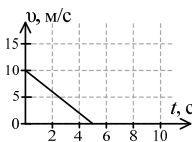
1) автомобіль рухається по горизонтальній дорозі рівномірно, 2) автомобіль рушає з місця, 3) автомобіль стоїть на похилій дорозі.

А: тільки 1; **Б:** тільки 2; **В:** тільки 3; **Г:** 1 і 2; **Д:** $F_{\text{тр},0}$ – роботу не виконує.

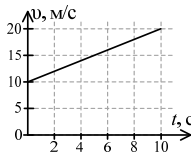
10. Бруску на горизонтальній поверхні надали швидкість $v_0 = 10 \text{ м/с}$. Під дією сили тертя брусок рухається з прискоренням, модуль якого дорівнює 2 м/с^2 . Який з наведених графіків правильно відображає залежність швидкості бруска від часу?



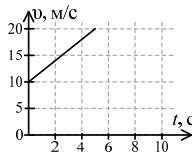
А



Б



В



Г

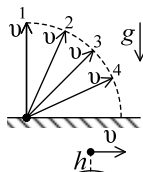
11. Чотири тіла кинули одночасно з однаковою швидкістю (див. мал.). Яке з тіл впаде: а) останнім, б) найдаліше від точки кидання?

А: а – 1, б – 4;

Б: а – 1, б – 3;

В: а – 4, б – 2;

Г: а – одночасно, б – 4.



12. На якій приблизно висоті літають орбітальні станції?

А: 42 000 км;

Б: 30 000 км;

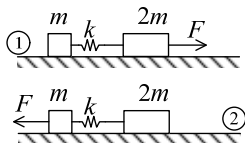
В: 300 км;

Г: 30 км;

Д: 3 км.



13. Два тіла (m і $2m$), з'єднані пружиною (K), знаходяться на гладкій горизонтальній поверхні. До тіл прикладають горизонтальну силу F (1 – до тіла $2m$, 2 – m). Порівняйте: 1) видовження пружини і 2) прискорення тіл в обох випадках. Коливання відсутні.



А: $\Delta x_1 = \Delta x_2$, $a_1 > a_2$;

Б: $\Delta x_1 > \Delta x_2$, $a_1 > a_2$;

В: $\Delta x_1 < \Delta x_2$, $a_1 = a_2$;

Г: $\Delta x_1 > \Delta x_2$, $a_1 = a_2$.

14. Для визначення зміни імпульсу м'яча при стиканні з горизонтальною поверхнею достатньо мати...

1) лінійку, 2) терези, 3) мензурку, 4) секундомір, 5) ареометр.

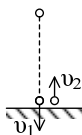
А: 1;

Б: 1 і 2;

В: 1, 2 і 3;

Г: 1, 2, 3 і 4;

Д: 1, 2, 3, 4 і 5.

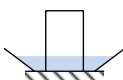


15. У блюдце з водою догори дном поставили гарячу склянку. Що станеться з рівнем води у склянці через деякий час?

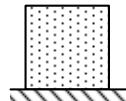
А: стане вищим;

Б: не зміниться;

В: знизиться.

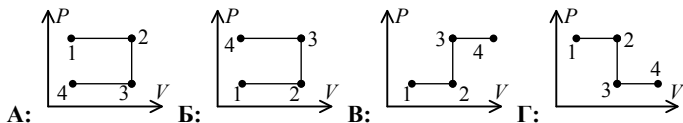
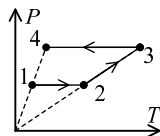


16. Газ у закритій посудині нагріли. Які величини, що характеризують газ, змінились? P – тиск, T – температура, $\bar{v}$ – середня квадратична швидкість руху молекул, n – концентрація молекул, m – маса газу.



A: тільки P ; **Б:** тільки P і T ; **В:** тільки P , T і $\bar{v}$; **Г:** тільки P , T , $\bar{v}$ і n ; **Д:** P , T , $\bar{v}$, n і m .

17. На малюнку зображено графік зміни стану ідеального газу ($m = \text{const}$) в осях PT . Який з графіків відповідає даному процесу в осях PV ?



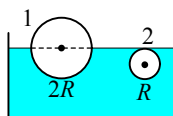
18. Човен, що дрейфує за течією річки, рухається швидше течії. Це пов'язано з дією сили ... 1) тяжіння, 2) Архімеда, 3) тертя (в'язкого). Вітру немає.

A: тільки 1; **Б:** тільки 2; **В:** тільки 3; **Г:** 1 і 2; **Д:** 2 і 3.

19. Закон всесвітнього тяжіння $F = \gamma m_1 m_2 / R^2$ не можна застосовувати при розрахунку сил притягання... 1) двох учнів в класі, 2) учня і планети Земля, 3) Землі і Сонця, 4) між Землею і її супутником, 5) між двома різними однорідними кулями.

A: тільки 1; **Б:** тільки 1 і 2; **В:** тільки 1, 2 і 3; **Г:** тільки 1, 2, 3 і 4; **Д:** 1, 2, 3, 4 і 5.

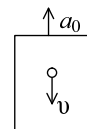
20. У посудині з водою плавають дві кулі (перша: радіус – $2R$, маса – m_1 , густина – ρ_1 ; друга: R , m_2 , ρ_2). Порівняйте густини куль.



A: $\rho_1 = 4\rho_2$; **Б:** $\rho_1 = 2\rho_2$; **В:** $\rho_1 = \rho_2$; **Г:** $2\rho_1 = \rho_2$; **Д:** $4\rho_1 = \rho_2$.

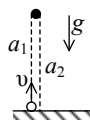
21. Ліфт рівноприскорено (a_0) рухається вгору. У ліфті вільно падає кулька. Яке прискорення кульки відносно Землі?

A: g ; **Б:** $g + a_0$; **В:** $g - a_0$; **Г:** $g + 2a_0$; **Д:** $g - 2a_0$.



22. Тіло кидають вертикально вгору. Порівняйте, враховуючи силу опору повітря, середнє прискорення тіла при русі вгору a_1 і вниз a_2 .

A: $a_1 > g > a_2$; **Б:** $a_1 = g = a_2$; **В:** $a_1 < g < a_2$; **Г:** $a_1 = g > a_2$; **Д:** $a_1 > g = a_2$;



23. Якій фізичній величині відповідає вираз $\frac{amS}{E}$, де: a – прискорення,

m – маса, S – відстань, E – енергія?

A: силі; **Б:** масі; **В:** роботі; **Г:** імпульсу; **Д:** безрозмірному коефіцієнту.

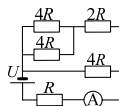
24. Товстостінні склянки лопаються від гарячої води значно частіше за тонкостінні. Це пов'язано з ... 1) дифузією, 2) малою теплопровідністю, 3) лінійним розширенням, 4) великою теплопровідністю, 5) конвекцією.

A: 1 і 2; **Б:** 2 і 3; **В:** 3 і 4; **Г:** 4 і 5; **Д:** 5 і 1.

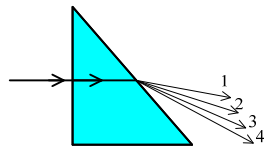
25. Визначте покази амперметра в електричному колі.

А: $U/(8R)$; Б: $U/(4R)$; В: $U/(3R)$; Г: $U/(2R)$;

Д: U/R .

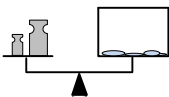


26. На тригранну скляну призму падає вузький пучок кольорового світла, який після заломлення розділяється на чотири пучки (синій, червоний, жовтий, зелений). Відомо, що найбільше заломлюється фіолетове світло, найменше – червоне. Вкажіть синій пучок світла?



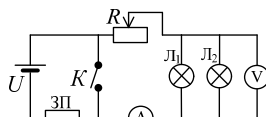
А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: відповісти неможливо.

27. На зрівноважених терезах знаходиться закрита посудина з краплинами води. Чи порушиться рівновага терезів, якщо вода випарується?



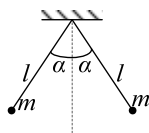
А: ні; Б: так, переважить гиря; В: так, переважить посудина.

28. В електричному колі амперметр (А) і вольтметр (V) ідеальні, напруга джерела постійна. Що сталося в колі, якщо покази А і V збільшились?



А: згоріла одна лампочка; Б: згоріли дві лампочки;
В: контакт реостата посунули вліво; Г: замкнули ключ К.

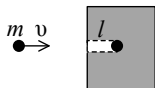
29. Дві однакові пластилінові кульки, що підвішені на однакових легких нитках в одній точці, вивели з положення рівноваги на однакові кути і відпустили. Які з нижче наведених тверджень правильні? Після стикання ... 1) кульки зупиняться, 2) механічна енергія повністю перетвориться у внутрішню, 3) кульки відхиляться на кут $\beta < \alpha$, 4) кульки відхиляться на кут $\beta > \alpha$.



А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: тільки 4;

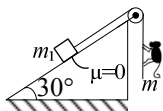
Д: 1 і 2.

30. Куля масою m , що летить зі швидкістю v , потрапляє у дерев'яну стінку і застрягає, заглибившись на відстань l . Середню силу опору F , що діє на кулю з боку стінки, можна визначити з рівняння...



А: $F l = m v^2 / 2$; Б: $F v = m g l$; В: $F l = m g$; Г: $m g = F v l$.

31. У системі, зображеній на малюнку (блок і мотузки невагомі, тертя відсутнє), тіло m_1 і мавпа m нерухомі, $\alpha = 30^\circ$. Мавпа починає рухатись вгору зі швидкістю v (відносно Землі). З якою швидкістю і в якому напрямі почне рухатись тіло m_1 (відносно Землі)? ($\uparrow$ – вверх, $\downarrow$ – вниз).



А: $\uparrow, 0,5v$;

Б: $\uparrow, v$;

В: $\uparrow, 2v$;

Г: $\downarrow, 0,5v$;

Д: $\downarrow, v$.

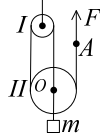
32. Яка сила змушує пушинку над палаючою свічкою швидко підніматися вгору? Це сила ...

А: тяжіння; **Б:** тиску; **В:** Архімеда; **Г:** в'язкого тертя; **Д:** пружності.



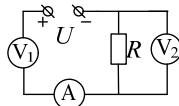
33. У системі, зображеній на малюнку, один кінець мотузки причепили до вісі O рухомого блока II , а до другого кінця (т. A) приклали силу F . До вісі O мотузкою причепили тіло m . Мотузки і блоки I і II невагомі, тертя відсутнє. Точку A рівномірно переміщують вгору зі швидкістю v . Яка швидкість тіла m ?

А: $v/4$; **Б:** $v/3$; **В:** $v/2$; **Г:** v ; **Д:** $2v$.



34. В електричному колі, зображеному на мал., напруга джерела $U = 10$ В, опір резистора $R = 10$ Ом, прилади ідеальні. Визначте покази вольтметрів (U_1 , U_2) і амперметра (I).

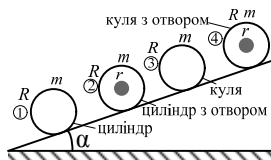
А: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 1$ А; **Б:** $U_1 = 0$, $U_2 = 10$ В, $I = 1$ А;
В: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 0$; **Г:** $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 0$;
Д: $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 1$ А.



35. По похилій площині з однаковою висоти скочуються без проковзування два циліндри (1 – суцільний, 2 – з коаксіальним отвором радіусом r) і дві кулі (3 – суцільна, 4 – з концентричною сферичною порожниною r) з однаковими масами і радіусами. Яке з тіл скотиться найшвидше?

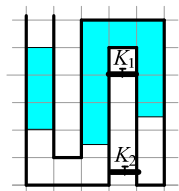
Довідка: для суцільного циліндра $I_{\text{ц}} = mR^2/2$, для суцільної кулі $I_{\text{к}} = 2mR^2/5$.

А: 1; **Б:** 2; **В:** 3; **Г:** 4; **Д:** одночасно.

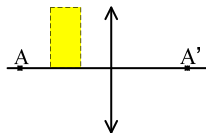


36. У закритій з одного краю фігурній трубці містяться стовпчики рідини (темне) і стовпчики повітря (біле). Коліна трубки з'єднані тоненькими трубками з кранами (K_1 і K_2). В якому напрямі потече повітря, якщо відкрити кран K_2 ?

А: вправо; **Б:** вліво; **В:** не потече.



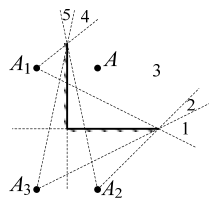
37. На малюнку зображено збиральну лінзу, на головній оптичній вісі якої знаходяться світна точка A і її зображення A' . Як зміниться положення зображення A' , якщо між лінзою і точкою A помістити скляну плоскопаралельну пластинку (див. мал. – пунктир)?



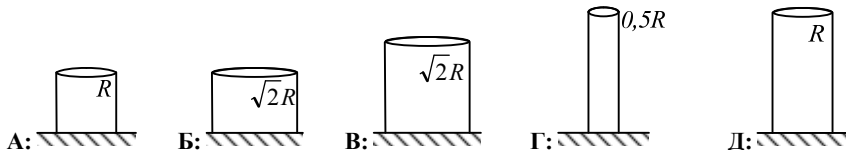
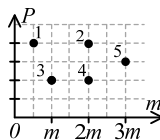
А: ніщо не зміниться; **Б:** A' – не зміниться, але з'явиться зліва від A' ще одне зображення; **В:** A' – не зміниться, але з'явиться справа від A' ще одне зображення; **Г:** зникне.

38. На малюнку зображено точку A і три її зображення (A_1, A_2, A_3) у системі двох плоских дзеркал, розташованих перпендикулярно. З якої ділянки перед дзеркалами (див. мал.) видно зображення A_1 і A_3 одночасно?

А: 1 і 2; Б: 2 і 3; В: 3 і 4; Г: 4 і 5; Д: 1, 2, 3, 4 і 5.



39. П'ять циліндрів, що виготовлені з однакового матеріалу, розташовані на горизонтальній поверхні. На діаграмі залежності тиску, що створюють циліндри, від їх маси кожному циліндру відповідає точка. Який циліндр відповідає точці 3?



40. Як впливає вітер на покази термометра?

А: не впливає; Б: збільшує у мороз; В: зменшує у мороз; Г: зменшує у спеку.

11 К Л А С

Оцінювання завдань

Н е с п е ц і а л і з о в а н і к л а с и: завдання 1–10 – три бали;
11–20 – чотири бали; 21–30 – п'ять балів.

С п е ц і а л і з о в а н і к л а с и: завдання 11–20 – три бали;
21–30 – чотири бали; 31–40 – п'ять балів.

1. Фотони якого світла у веселці (райдузі) мають найбільшу енергію?

А: червоного; Б: фіолетового; В: зеленого;
Г: жовтого; Д: синього.



2. Який матеріал не можна використовувати при виготовленні корпусу компаса?

А: залізо; Б: алюміній; В: пластмасу; Г: дерево; Д: мідь.



3. Яке явище лежить в основі роботи: а) спектроскопа, б) генератора змінного струму? 1) дифракція, 2) дисперсія, 3) електромагнітна індукція, 4) теплова дія струму, 5) магнітна дія струму, 6) електростатична індукція.

А: а – 1, б – 6; Б: а – 2, б – 3; В: а – 4, б – 5; Г: а – 2, б – 5; Д: а – 3, б – 6.

4. Допишіть ядерну реакцію: ${}^{25}_{12}\text{Mg} + \dots = \alpha + {}^{22}_{11}\text{Na}$.

А: ${}^4_2\alpha$; Б: ${}^0_1\beta$; В: ${}^0_0\gamma$; Г: 1_0n ; Д: 1_1p .

5. 1. Алюміній не вдається паяти олов'яним припасом. 2. Чорнилами неможливо писати по масному (жирному) паперу. 3. Рідину можна налити в склянку вище її рівня. 4. Вологі руки погано витираються шовковою тканиною. У всіх випадках це пов'язано з явищем...

А: тяжіння; Б: змочування; В: не змочування; Г: дифузії; Д: електризації.

6. Вкажіть джерела ультрафіолетового випромінювання? 1) Сонце, 2) блискавка, 3) електрична дуга, 4) свічка, 5) лампа розжарення.

А: тільки 1; Б: тільки 1 і 2; В: тільки 1, 2 і 3; Г: тільки 1, 2, 3 і 4; Д: 1, 2, 3, 4 і 5.

7. Порівняйте температури тіл. Перше тіло $T_1 = 260$ К, друге $-t_2 = -10$ °С

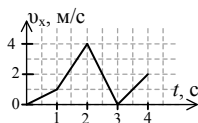
А: $T_1 = t_2$; Б: $T_1 > t_2$; В: $T_1 < t_2$; Г: порівняти неможливо.

8. На Місяці виконується закон: 1) Архімеда, 2) Паскаля, 3) сполучених посудин, 4) Кулона.

А: тільки 1; Б: тільки 1 і 2; В: тільки 1, 2 і 3; Г: 1, 2, 3 і 4; Д: жоден не виконується.

9. На малюнку зображено графік залежності проекції швидкості тіла (v_x) від часу t при прямолінійному русі. Визначте інтервал часу, коли модуль прискорення максимальний.

А: 0 – 1 с; Б: 1 – 2 с; В: 2 – 3 с; Г: 3 – 4 с.



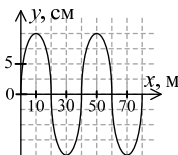
10. Автомобілю важко рушити з місця на зледенілій дорозі. Це пов'язано з тим, що силою тяги автомобіля є сила ...

А: тяжіння; Б: пружності; В: тертя; Г: тиску; Д: Архімеда.



11. Гумовий шнур, в якому поширюється хвиля, зображено на малюнку. З якою швидкістю поширюється хвиля, якщо частота коливань частинок шнура дорівнює 40 Гц?

А: 3200 м/с; Б: 1600 м/с; В: 2 м/с; Г: 1 м/с; Д: 0,5 м/с.



12. Як вплине на швидкість рухомого танка постріл, що здійснили з гармати у напрямі руху машини? Його швидкість..., це пояснюється законом збереження ...

а) збільшиться, б) зменшиться, в) не зміниться. 1) імпульсу, 2) енергії.

А: а – 1; Б: б – 2; В: в – 2; Г: а – 2; Д: б – 1.



13. Парашутист здійснив стрибок з літака. Які види руху при цьому мали місце?

1) прискорений, 2) рівномірний, 3) сповільнений.

А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: тільки 1 і 2; Д: 1, 2 і 3.



14. Для виготовлення приладу для вимірювання часу достатньо мати...

1) маленьку гайку, 2) нитку, 3) лінійку, 4) циркуль, 5) банку, 6) воду.

А: 1, 2, 3;

Б: 2, 3, 4;

В: 3, 4, 5;

Г: 4, 5, 6;

Д: 6, 1, 2.

15. Оцініть температуру: а) поверхні Сонця; б) розігрітої на газовому пальнику столової ложки, що світиться червоним світлом.

1) 100 – 200 °С; 2) 500 – 600 °С; 3) 6 000 °С; 4) 100 000 °С, 5) 10 000 000 °С

А: а – 5, б – 2;

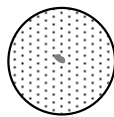
Б: а – 4, б – 1;

В: а – 3, б – 2;

Г: а – 5, б – 1;

Д: а – 4, б – 3.

16. У тарілці з чистою водою на поверхні плаває розсипаний перець. Якщо воду торкнутись шматочком: 1) мила, тоді перчинки “втечуть” від мила; 2) цукру, тоді перчинки збираються до цукру. Це пояснюється тим, що коефіцієнт... у першому випадку... а) об’ємного розширення, б) поверхневого натягу. ($\uparrow$ – збільшується, $\downarrow$ – зменшується).



А: а – $\uparrow$;

Б: а – $\downarrow$;

В: б – $\uparrow$;

Г: б – $\downarrow$.

17. Грім (звук від блискавки) ми чуємо декілька секунд, хоча тривалість блискавки $\sim 0,001$ с, а її діаметр ~ 10 см. Це пояснюється...

А: заломленням звуку;

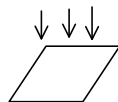
Б: великою довжиною блискавки;

В: великою швидкістю звуку;

Г: великою яскравістю блискавки.

18. Максимальна кінетична енергія електронів, що вилітають з поверхні металевої пластинки при опроміненні її світлом, не залежить від....

1) площі пластини, 2) кута падіння світла, 3) інтенсивності падаючого світла, 4) кольору світла, 5) матеріалу пластинки.



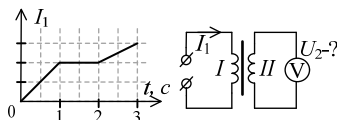
А: тільки 1; Б: тільки 1 і 2; В: тільки 1, 2 і 3; Г: тільки 1, 2, 3 і 4; Д: 1, 2, 3, 4 і 5.

19. У коливальному контурі збільшили початковий заряд конденсатора. Які величини, що характеризують (визначають) електричні коливання не зміняться? 1) період, 2) частота, 3) ємність конденсатора, 4) індуктивність котушки, 5) амплітуда струму.



А: тільки 1; Б: тільки 1 і 2; В: тільки 1, 2 і 3; Г: тільки 1, 2, 3 і 4; Д: 1, 2, 3, 4 і 5.

20. Сила струму у первинній обмотці (I_1) трансформатора змінюється згідно з графіком. В які інтервали часу покази вольтметра, під’єданого до вторинної обмотки, найбільші?



А: тільки 0 – 1 с; Б: тільки 1 – 2 с; В: тільки 2 – 3 с; Г: 0 – 1 с і 2 – 3 с; Д: $U_2 = 0$.

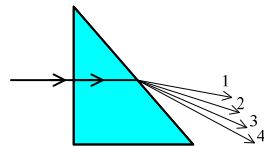
21. Людина добре бачить у повітрі. Які окуляри їй треба одягти, щоб добре бачити у воді? Окуляри звичайні.

А: $D > 0$;

Б: $D < 0$;

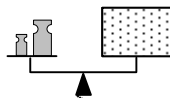
В: окуляри не потрібні.

22. На тригранну скляну призму падає вузький пучок кольорового світла, який після заломлення розділяється на чотири пучки (синій, жовтий, зелений, червоний). Відомо, що найбільше заломлюється фіолетове світло, найменше – червоне. Вкажіть синій і червоний пучки світла?



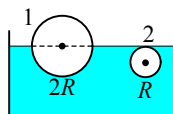
- А: 1 і 2; Б: 2 і 3; В: 3 і 4; Г: 4 і 1; Д: 1 і 3.

23. На зрівноважених терезах знаходиться закрита посудина з водяною парою. Чи порушиться рівновага терезів, якщо водяна пара сконденсується у краплини?



- А: ні; Б: так, переважить гиря; В: так, переважить посудина.

24. У посудині з водою плавають дві кулі (перша радіус – $2R$, маса – m_1 , густина – ρ_1 ; друга: R , m_2 , ρ_2). Порівняйте маси куль.

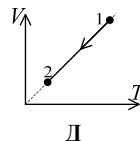
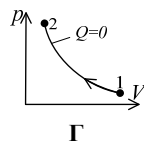
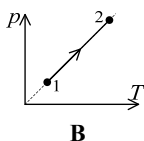
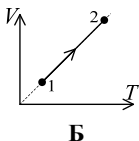
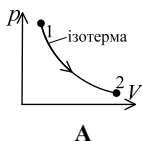


- А: $m_1 = 4m_2$; Б: $m_1 = 2m_2$; В: $m_1 = m_2$; Г: $2m_1 = m_2$; Д: $4m_1 = m_2$.

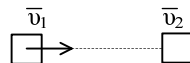
25. Якщо двері з кабінету в шумний коридор відчинені повністю, тоді шум заважає працювати. Якщо двері відчинити зовсім трохи, рівень шуму в кабінеті майже такий самий. Це пов'язано з явищем... звуку.

- А: заломлення; Б: відбивання; В: дифракції; Г: поглинання; Д: резонансу.

26. Визначте процес, під час якого середня квадратична швидкість руху молекул ідеального газу зменшується.

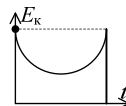


27. На тіло, що рухається прямолінійно, діє сила $F = 5$ Н протягом 3 с. Імпульс тіла збільшився до $p_2 = 25$ кг·м/с. Який початковий імпульс тіла?



- А: 0; Б: 0,6 кг·м/с; В: 5 кг·м/с; Г: 8,3 кг·м/с; Д: 10 кг·м/с.

28. На малюнку зображено графік залежності кінетичної енергії тіла від часу. Цей графік відповідає рухові тіла... . Опір повітря не враховувати.

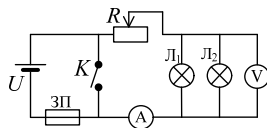


- А: кинутого горизонтально; Б: що вільно падає вниз;
В: кинутого вертикально верх; Г: кинутого під кутом до горизонту.

29. Чи може існувати озеро з прісною водою на Місяці?

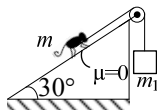
А: так; **Б:** ні; **В:** тільки великої глибини $h > 1$ км; **Г:** тільки малої глибини $h < 1$ м.

30. В електричному колі амперметр (А) і вольтметр (V) ідеальні, напруга джерела постійна. Що сталося в колі, якщо покази А зменшились (не до нуля), а V збільшились?



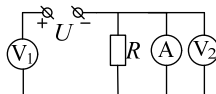
А: згоріла одна лампочка; **Б:** згоріло дві лампочки;
В: контакт реостата посунули вправо; **Г:** замкнули ключ K.

31. У системі, зображений на малюнку (блок і мотузки невагомі, тертя відсутнє), тіло m_1 і мавпа m нерухомі, $\alpha = 30^\circ$. Мавпа починає рухатись вгору зі швидкістю v (відносно Землі). З якою швидкістю і в якому напрямі почне рухатись тіло m_1 (відносно Землі)? ($\uparrow$ – вверх, $\downarrow$ – вниз).



А: $\uparrow, 0,5v$; **Б:** $\uparrow, v$; **В:** $\uparrow, 2v$; **Г:** $\downarrow, 0,5v$; **Д:** $\downarrow, v$.

32. В електричному колі, що зображено на мал., напруга джерела $U = 10$ В, опір резистора $R = 10$ Ом, прилади ідеальні. Визначте покази вольтметрів (U_1, U_2) і амперметра (I).

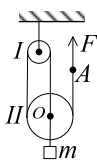


А: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 1$ А; **Б:** $U_1 = 0$, $U_2 = 10$ В, $I = 1$ А;
В: $U_1 = 10$ В, $U_2 = 0$, $I = 0$; **Г:** $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 0$; **Д:** $U_1 = 5$ В, $U_2 = 5$ В, $I = 1$ А.

33. Протитуманні фари для автомашин випромінюють жовте світло. Це пов'язано з явищем... світла і тим, що ... 1) поглинання, 2) відбивання, 3) розсіяння; а) жовте світло приємніше, б) зелене не можна, в) червоне не можна.

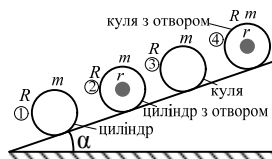
А: 1, а; **Б:** 2, б; **В:** 3, в; **Г:** 2, в; **Д:** 3, а.

34. У системі, зображений на малюнку, один кінець мотузки причепили до вісі O рухомого блока II, а до другого кінця (т. А) приклали силу F . До вісі O мотузкою причепили тіло m . Мотузки і блоки I і II невагомі, тертя відсутнє. Тіло m рівномірно піднімається вгору зі швидкістю v . З якою швидкістю рухається точка А?



А: $4v$; **Б:** $3v$; **В:** $2v$; **Г:** v ; **Д:** $v/2$.

35. По похилій площині з однакової висоти скочуються без проковзування два циліндри (1 – суцільний, 2 – з коаксialним отвором радіусом r) і дві кулі (3 – суцільна, 4 – з концентричною сферичною порожниною r) з однаковими масами і радіусами. Яке з тіл скотиться останнім?



Довідка: для суцільного циліндра $I_{\text{ц}} = mR^2/2$, для суцільної кулі $I_{\text{к}} = 2mR^2/5$.

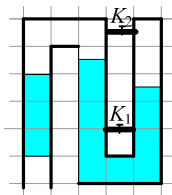
А: 1; **Б:** 2; **В:** 3; **Г:** 4; **Д:** одночасно.

36. У закритій з одного краю фігурній трубці містяться стовпчики рідини (темне) і стовпчики повітря (біле). Коліна трубки з'єднані тоненькими трубочками з кранами (K_1 і K_2). В якому напрямі потече повітря, якщо відкрити кран K_2 ?

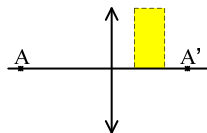
А: вправо;

Б: вліво;

В: не потече.

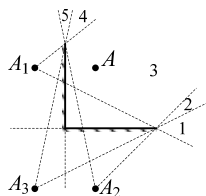


37. На малюнку зображено збиральну лінзу, на головній оптичній вісі якої знаходяться світня точка A і її зображення A' . Як зміниться положення зображення A' , якщо між лінзою і зображенням A' помістити скляну плоскопаралельну пластинку (див. мал. – пунктир)?



А: ніщо не зміниться; **Б:** A' – не зміниться, але з'явиться зліва від A' ще одне зображення; **В:** A' – не зміниться, але з'явиться справа від A' ще одне зображення; **Г:** зникне.

38. На малюнку зображено точку A і три її зображення (A_1 , A_2 , A_3) у системі двох плоских дзеркал, розташованих перпендикулярно. З якої ділянки перед дзеркалами (див. мал.) видно всі три зображення?



А: 1;

Б: 2;

В: 3;

Г: 4;

Д: 5.

39. Як зміниться сила, що діє на заряд $q_2 < 0$ з боку заряду $q_1 > 0$, якщо заряд q_1 оточити металевою сферою з центром у точці O ?



А: збільшиться; **Б:** зменшиться; **В:** не зміниться; **Г:** $F = 0$.

40. Якій фізичній величині відповідає вираз $\sqrt{\frac{mR^2}{qU}}$, де: m – маса, R – радіус, q – заряд, U – напруга?

А: роботи;

Б: часу;

В: частоті;

Г: швидкості;

Д: кутовий швидкості.

Таблиця правильних відповідей до завдань Всеукраїнського фізичного конкурсу “Левеня–2015”

7 клас

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Б	А	В	Б	Г	В	А	В	Б	А	А	А	Б	Б	В
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Б	Б	Б	В	В	Г	А	Г	А	В	Г	Б	В	А	Д

8 клас

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Б	Б	А	Г	В	Д	В	Б	Б	Г	Г	А	Б	Д	Б
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Г	Г	В	Б	В	Б	В	В	Б	В	В	В	Б	А	Г

9 клас

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Б	А	В	Б	В	Б	А	Б	А	В	А	Б	В	Б	Г
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Г	В	В	А	Г	Б	Б	В	В	В	Б	А	А	Д	Г

10 клас

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
В	Б	А	В	Б	В	А	А	Г	Б	Б	В	В	Б	А	В	Б	А	А	Г
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
А	А	Д	Б	В	Г	А	В	Д	А	А	Г	Б	В	В	А	В	Б	А	А

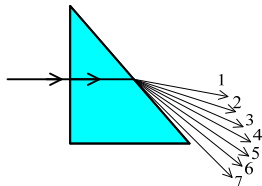
11 клас

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Б	А	Б	Д	В	В	В	Г	В	В	Б	Д	Д	А	В	Г	Б	В	Г	А
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
А	Г	А	А	В	Д	Д	Г	Б	А	В	В	В	Б	Б	Б	В	В	А	Б

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВКАЗІВКИ ДО ДЕЯКИХ ЗАДАЧ

7 клас

2. Температура плавлення кухонної солі ($NaCl$) $t_{пл} = 801\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура сухого льоду (твердий CO_2) $t = -79\text{ }^{\circ}\text{C}$.
9. При кристалізації вода розширюється. Скло крихке, руйнується при малій деформації. Пластик пластичний, не руйнується при великих деформаціях.
11. При нагріванні збільшуються всі розміри металевого тіла (і внутрішні, і зовнішні).
13. Наявність різних речовин у газоподібному стані людина відчуває носом. У газоподібний стан тверді тіла переходять внаслідок випаровування і поширюються у повітрі внаслідок дифузії.
16. Через 96 годин (рівно чотири доби) буде 12 година ночі.
17. При переході води з твердого стану у рідкий її об'єм зменшується ($\rho_{л} = 900\text{ кг/м}^3$, $\rho_{в} = 1000\text{ кг/м}^3$).
18. Зважити глечик m_1 (терези), заповнити водою (вода) і знову зважити m_2 . Розрахувати об'єм води (глечика) $V = (m_2 - m_1)/\rho_{в}$.
19. Маса всієї цегли $m = 200 \cdot (24 \times 12 \times 6) \cdot 10^{-6} \cdot 1600 = 553\text{ кг}$. Оскільки “Кразом” крісла не перевозять, відповідь **В**.
21. Зображення, яке ми бачимо в дзеркалі, виникає після відбивання світла, що падає на дзеркало і потрапляє в око. Після відбивання від дзеркала світло може поширюватись тільки в областях 2 і 4 (див. умову).
23. Тільки у випадку циліндричної посудини відстань між поділками однакова.
24. $\rho = m/V$. 1) у пластикову склянку набираємо воду і зважуємо $m_{в}$, і визначаємо об'єм склянки $V = m_{в}/\rho_{в}$; 2) у склянку наливаємо невідому рідину і зважуємо m .
25. На початку кран з гарячою водою холодний (кімнатна температура). По мірі витікання води кран нагрівається всі його деталі і їх розміри збільшуються. Якщо матеріал внутрішніх деталей крана має більший коефіцієнт лінійного розширення, ніж матеріал зовнішніх деталей, тоді отвір, по якому проходить вода в крані, може зменшитись.
27. При перемішуванні частинки піску потрапляють у порожнини між камінчиками.
28. Якщо пучок білого світла спрямувати на призму, тоді після заломлення, ми побачимо весь спектр видимого світла у наступному порядку кольорів: 1 червоний; 2 оранжевий; 3 жовтий; 4 зелений; 5 голубий; 6 синій; 7 фіолетовий.



29. Оскільки посудина в рівновазі і симетрична відносно точки опори, маси газів однакові. Після відкриття кранів, газу, внаслідок дифузії, рівномірно розподіляться по обох колбах.

30. Оскільки предмет (дерево) нерухомий, то і його зображення у дзеркалі з часом не змінюється.

8 клас

2. Зношується поверхня деталей. У колеса поверхня більша.

3. Звук виникає при ударах банки об поверхню Землі. До вух пса звук доходить і по повітрю (від нього можна втекти), і через мотузку і тіло пса (від нього не втечеш).

8. Маса тіла – це міра його інертних (гравітаційних) властивостей, від зовнішніх факторів не залежить.

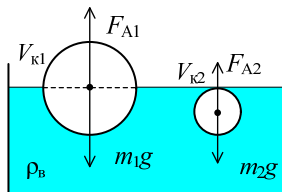
10. Наведемо пояснення цієї задачі для всіх класів.

Кулі у рівновазі.

1 куля занурена наполовину $\rightarrow m_1g = F_{A1} \Rightarrow \rho_{K1}V_{K1}g = \rho_B V_{K1}/2 \Rightarrow \rho_{K1} = \rho_B/2, m_1 = \rho_B V_{K1}/2$.

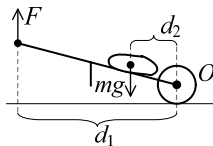
2. Куля занурена повністю $\rightarrow m_2g = F_{A2} \Rightarrow \rho_{K2}V_{K2}g = \rho_B V_{K2} \Rightarrow \rho_{K2} = \rho_B, m_{K2} = \rho_B V_{K2}$.

Оскільки: $V_{K1} = (4/3)\pi(2R)^3, V_{K2} = (4/3)\pi R^3 \Rightarrow V_{K1} = 8V_{K2} \Rightarrow m_1 = \rho_B V_{K1}/2 = 4\rho_B V_{K2} = 4m_{K2}$.



11. Тверде тіло руйнується при певному тиску, точніше при певній механічній напрузі (межа міцності).

12. Точку рухають рівномірно. Відносно вісі O момент сили F (яку створює людина), і момент сили тяжіння каміння однакові $M_F = M_{mg} \Rightarrow Fd_1 = mgd_2$ (масою тачки нехтуємо). Як видно з малюнка, плече сили $mg(d_2)$ у випадку **A** найменше, а плече сили $F(d_1)$ у всіх випадках однакове. Сила F у першому випадку найменша ($F = mgd_2/d_1$).



13. $I = v_{зв}t$, секундомір включаємо у момент спалаху блискавки. $v_{світла} \gg v_{звук}$.

14. При постійному атмосферному тиску кипіння рідини відбувається тільки при певній температурі ($t_{кипіння}$), а випаровування при будь-якій температурі. Випаровування – процес пароутворення тільки з вільної поверхні рідини. Кипіння – пароутворення і з вільної поверхні рідини і всередину бульбашок.

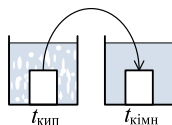
15. У випадку **Б** площа поверхні льоду найбільша, теплообмін відбувається швидше.

17. У всіх випадках внутрішня енергія палива (порох, їжа) перетворюється в механічну.

$$18. \frac{mP}{F \cdot v \cdot t} = \frac{mP \cdot S}{Fl \cdot S} = \frac{mF}{FV} = \rho.$$

19. Швидкість випаровування рідини (зменшення маси) залежить від її: 1) температури; 2) площі поверхні; 3) конденсації пари, яка залежить від концентрації водяної пари над рідиною (вітер зменшує концентрацію пари).

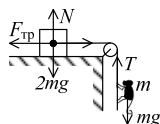
20. Вагою визначимо маси: тіла (m_t); калориметра (m_k); води в калориметрі (m_b). Термометром визначимо: температуру (t_k) киплячої води (тіла); температуру ($t_{\text{кімн}}$) води і калориметра; кінцеву температуру (θ) тіла, калориметра і води (після перенесення тіла у калориметр).



Вважаємо відомими питому теплоємність води (c_b) і калориметра (c_k). Тоді запишемо рівняння теплового балансу

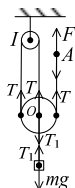
$$c_t m_t (t_k - \theta) = c_k m_k (\theta - t_{\text{кімн}}) + c_b m_b (\theta - t_{\text{кімн}}) \Rightarrow c_t = \dots$$

21. Мавпа і тіло перебувають у рівновазі $\Rightarrow T = mg$; $N = 2mg$; $T = F_{\text{тр}} = \mu N = \mu 2mg \Rightarrow \mu = 0,5$. Ми визначили мінімальне значення коефіцієнта тертя, при якому сила тертя спокою досягає максимального значення, рівного тертю ковзання.



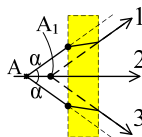
22. Див. 7 клас. № 21. Зображення A_1 ми бачимо після одноразового відбивання світла від вертикального дзеркала. Зображення A_2 ми бачимо після одноразового відбивання світла від горизонтального дзеркала. Зображення A_3 ми бачимо після дворазового відбивання світла (спочатку від першого дзеркала, потім від другого або навпаки).

23. Оскільки тіла у рівновазі (рухаються рівномірно), запишемо умови рівноваги. Точка A : $F = T$. Рухомий блок: $3T = T_1$. Тіло m : $T_1 = mg \Rightarrow F = mg/3$.



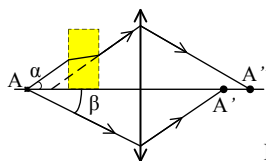
24. Оскільки на Місяці відсутня атмосфера, рідка вода буде кипіти (випаровуватись) при будь-якій температурі. Вдень температура поверхні Місяця досягає понад 100°C .

25. Розглянемо хід променів 1 і 3 (див. мал. 1) (променів, що йдуть дуже близько з променем 2 ($\alpha \ll 1$)) через плоско паралельну пластинку. З міркувань симетрії зрозуміло, що промені 1 і 3 змістяться (відхиляться) однаково. Можна вважати, що промені 1, 2 і 3 вийшли з точки A_1 (уявне зображення точки A у плоскопаралельній пластинці), для всіх інших променів, які вийшли з т. A (при умові $\alpha \ll 1$, тобто параксіальні), після заломлення на поверхнях пластинки точка A_1 буде зображенням.



Мал. 1

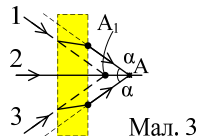
Якщо пластину розташувати між точкою A і лінзою (все одно, що наблизити точку A до лінзи), зображення A' посунеться від лінзи. Для задачі 10 кл. № 37 всі промені (див. мал. 2), що падають на лінзу можна розділити на дві частини: 1) промені, що падають на лінзу, проходячи через пластинку (промені в межах кута α); 2) промені, що падають на лінзу, не проходячи



Мал. 2

крізь пластинку (в межах кута β). Перші промені дадуть зображення A'' (як у задачі 8 кл. № 25) Хід інших променів не зміниться.

Розглянемо хід пучка променів, що сходяться у точці A_1 (див. мал. 3), після проходження через плоскопаралельну пластинку. Ці промені перетнуться у точці A . Це означає для задачі 9 кл. № 25, що зображення A' посунеться від лінзи. Подібно і в задачі 11 кл. № 37.



Мал. 3

26. Перший холодильник не впливає на температуру у кімнаті. Другий холодильник дещо збільшує температуру в кімнаті, оскільки, під час охолодження продуктів, енергія продуктів і електрична енергія, яку споживає холодильник, віддаються в кімнату через теплообмінник. Цей процес відбувається періодично (холодильник, після охолодження продуктів, виключається на деякий час). Третій холодильник весь час передає електричну енергію в кімнату (у вигляді теплової).

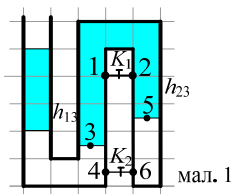
27. Напрямок течії рідини (або газу) у трубці залежить від різниці тисків на кінцях трубки.

8 кл. № 27. Якщо відкрити кран K_1 рідина не потече, оскільки тиск у точках 1 і 2 (див. мал. 1) однаковий, за законом сполучених посудин.

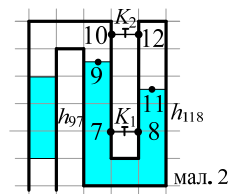
10 кл. № 36. Якщо відкрити кран K_2 (див. мал. 1) повітря потече вправо, оскільки $P_4 = P_3 = P_1 + \rho gh_{13} > P_6 = P_5 = P_2 + \rho gh_{23}$. $P_3 = P_4$, $P_6 = P_5$ – тиск повітря в малих об'ємах газу всюди однаковий, $h_{13} > h_{23}$ – за умовою.

9 кл. № 24. Якщо відкрити кран K_1 (див. мал. 2) рідина не потече, оскільки тиски у точках 7 і 8 однакові ($P_7 = P_8$), за законом сполучених посудин.

11 кл. № 36. Якщо відкрити кран K_2 (див. мал. 2) повітря потече вліво, оскільки $P_{10} = P_9 = P_7 - \rho gh_{97} < P_{12} = P_{11} = P_8 - \rho gh_{118}$. $h_{97} > h_{118}$ – за умовою.



мал. 1



мал. 2

28. Див. 7 кл. № 28.

29. Рівновага не порушиться, оскільки сили тяжіння, що діють на тіла, не залежать від агрегатного стану речовини.

30. Тиск циліндра на опору $P = \rho gh$ (доведіть) не залежить від площі опори. Маса циліндра $m = \rho V = \rho hS = \rho h\pi R^2$.

9 клас

8. На Місяці відсутня атмосфера.

9. Під час руху автомобіля, енергія палива витрачається на виконання роботи проти сил опору (тертя) і збільшення кінетичної енергії авто.

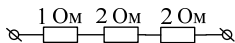
10. Див. 8 кл. № 10.

12. Сила взаємодії зарядів визначається законом Кулона, в стані рівноваги маятника $F_1 = kqq_1/l^2 < F_2 = kqq_2/l^2 \Rightarrow q_2 > q_1$.

14. Треба було здогадатись, що кружечки з позначками полярності це вимірювальні прилади (амперметр і вольтметр).

15. Опір паралельних віток однаковий (8 Ом), це означає, що і струм в них однаковий.

16. Еквівалентне коло:



17. Див. 8 кл. № 14.

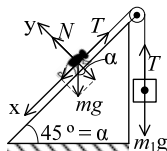
$$18. \sqrt{\frac{E}{m}} = \sqrt{\frac{mv^2}{m}} = v.$$

19. Див. 8 кл. № 28.

20. Див. 8 кл. № 11.

21. Запишемо умову рівноваги тіл. $T = m_1g$, $\vec{T} + m\vec{g} + \vec{N} = 0 \Rightarrow$

$$N = mg \cdot \cos \alpha, T = mg \cdot \sin \alpha \Rightarrow m_1 = m \cdot \sin \alpha = \sqrt{2}m/2.$$



22. Див. 8 кл. № 23.

23. Оскільки прилади ідеальні, опір вольтметрів $R_V = \infty$, амперметра $R_A = 0$. Це означає, що струму в колі немає. Напруги на амперметрі і на резисторі дорівнюють нулю. $U = U_R + U_1 + U_2 = U_R + U_1 + U_A = U_1$.

24. Див. 8 кл. № 27.

25. Див. 8 кл. № 25.

26. Див. 8 кл. № 22.

27. Якщо поверхня тіла людини волога (електроліт з досить великою провідністю), тоді, при прямому влучанні блискавки, ця рідина практично миттєво випаровується (теплова дія струму). Ця пара, під одягом, має достатньо великий тиск, щоб зірвати одяг і взуття.

28. Див. 8 кл. № 29.

29. Див. 8 кл. № 30.

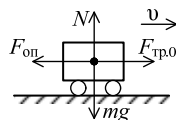
30. Якщо згорів запобіжник, струм у колі був великий. Еквівалентне коло у випадку замикання ключа K (див. мал.).



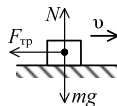
10 клас

7. $F_A = \rho g V_T$. З умови: $V_T = 50 \text{ мл} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

9. Силою тяги автомобіля, під час розгону і рівномірного руху, є сила тертя спокою $F_{\text{тр},0}$ (інколи, при різкому розгоні, тертя ковзання).



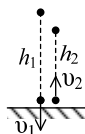
10. Швидкість бруска зменшується: $v = v_0 - at = 10 - 2t$. При $t = 5$ с, $v = 0$.



11. Останнім впаде тіло, що має найбільшу вертикальну складову швидкості. Найдалше впаде тіло, кинуте під кутом найближчим до 45° .

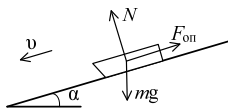
13. В обох випадках тіла рухаються з однаковими прискореннями. В першому випадку тіло m розганяється силою пружності $F_1 = k\Delta x_1 = ma$. В другому випадку тіло $2m$ розганяється силою пружності $F_2 = k\Delta x_2 = 2ma \Rightarrow \Delta x_2 = 2\Delta x_1$.

14. Вимірявши лінійкою висоту (h_1), з якої впало тіло, і висоту (h_2), на яку підскочило тіло після удару, можна розрахувати швидкість тіла до (v_1) і після удару (v_2). $v_1 = \sqrt{2gh_1}$, $v_2 = \sqrt{2gh_2}$. Терезами визначимо масу м'яча m . Тоді: $\Delta p = mv_2 + mv_1$.



15. Через деякий час, після охолодження склянки і повітря, тиск повітря в склянці зменшиться і рівень води в склянці стане вищим ніж у блюдці. Перевірте це на досліді вдома.

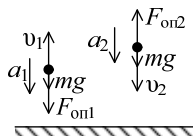
18. Поверхня річки це похила площина, по якій рухається човен. На човен діють: сила тяжіння (mg), виштовхувальна сила (N), сила опору ($F_{\text{оп}}$). Човен розганяється, доки ско-чуюча складова сили тяжіння $mg\sin\alpha$ не стане рівною силі опору. $mg\sin\alpha = F_{\text{оп}} = \alpha v$.



20. Див. 8 кл. № 10.

21. Відносно Землі на кульку діє тільки сила тяжіння $mg = ma \Rightarrow a = g$.

22. При русі вгору $ma_1 = mg + F_{\text{он1}}$ (II закон Ньютона). При русі вниз $ma_2 = mg - F_{\text{он2}}$: $a_1 > g > a_2$.

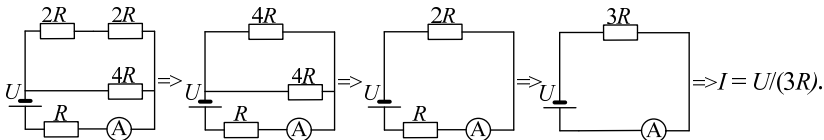


23. $\frac{aS}{E} = \frac{FS}{E} = \frac{A}{E}$.

24. Коли острік потрапляє на дно склянки, воно починає розширюватись в сторони, а стінки склянки ще не розширюються (холодні, бо мала теплопровідність).



25. Еквівалентні схеми:



26. Див. 7 кл. № 28.

27. Див. 8 кл. № 29.

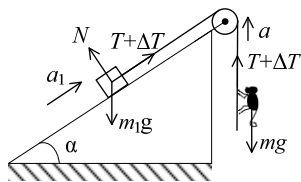
28. Див. 9 кл. № 30. Покази амперметра збільшилися, це означає, що опір кола зменшився. Якщо опір реостата зменшити (зменшиться опір кола), струм в колі збільшиться, відповідно зросте напруга на лампах.

29. Після стикання кульки злипаються (удар абсолютно непружний). У початковому стані імпульс системи (дві кульки) по горизонталі дорівнює нулю. Зовнішні горизонтальні сили на систему скомпенсовані (впливає з міркувань симетрії). Після стикання кульки нерухомі, це впливає з закону збереження імпульсу по горизонталі.

30. Під час гальмування на кулю діє тільки сила опору. За теоремою про кінетичну енергію $A_{\text{оп}} = \Delta K \Rightarrow -Fl = 0 - \frac{mv^2}{2}$.

31. Див. 9 кл. № 21. Тіла нерухомі: $T = mg$, $T = m_1 g \cdot \sin \alpha$ (1). $m_1 g \cdot \sin \alpha = mg \Rightarrow m_1 = m / \sin \alpha = 2m$. Щоб мавпа почала рухатись вгору, вона збільшує силу натягу мотузки на ΔT і деякий час рухається прискорено (a), доки не набере швидкість v (див. мал.). Тіло m_1 так само рухається прискорено (a_1). Запишемо для мавпи і тіла II закон Ньютона.

$T + \Delta T - mg = ma \Rightarrow a = \Delta T / (2m)$, $T + \Delta T - m_1 g \cdot \sin \alpha = m_1 a_1 \Rightarrow a_1 = \Delta T / m_1 = \Delta T / (2m)$, $a = 2a_1$, швидкість мавпи у 2 рази більша за швидкість тіла.



32. Над полум'ям свічки виникає достатньо потужний конвективний потік повітря вгору. Виникає сила в'язкого тертя $F > mg$.



33. Див. 8 кл. № 23. Оскільки система ідеальна (тертя відсутнє, мотузки і блоки невагомі), її ККД $\eta = 1$. Нехай точка A за час t перемістилась на Δx , тоді тіло m , за цей час, підніметься на Δy . $\eta = 1 = \frac{mg\Delta y}{F\Delta x} = \frac{mg\Delta y}{(mg/3)\Delta x} \Rightarrow 3\Delta y = \Delta x$, тобто швидкість тіла m у 3 рази менша за швидкість точки A.

34. Див. 9 кл. № 23. Струму в колі немає $I_A = 0$. Напруга на резисторі $U_R = 0 = U_2$. $U_1 = U$.

35. Визначимо прискорення центра мас (O) кулі (циліндра) записавши закон динаміки для обертового руху відносно миттєвої вісі обертання O_1 . $M_{\text{mg}} = \beta_{O_1 I_{O_1}} \Rightarrow mgd = \beta_{O_1 I_{O_1}} \Rightarrow a = \beta_{O_1} R = mgd / I_{O_1} = mgR \sin \alpha / I_{O_1}$.

За теоремою Штейнера $I_{O_1} = I_0 + mR^2$, тоді $a = mgR \sin \alpha / (I_0 + mR^2)$.

I_{O_1} – момент інерції кулі (циліндра) відносно вісі O_1 .

Порівняємо I_{O_1} для різних тіл:

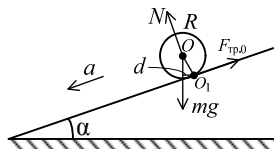
1. Для суцільного циліндра $I_1 = 0,5mR^2 + mR^2$.

2. Для циліндра з отвором $I_2 > I_1$, оскільки більшість маси розташована далі від вісі обертання.

3. Для суцільної кулі $I_3 = 0,4mR^2 + mR^2$.

4. Для кулі з отвором $I_4 > I_3$, $I_4 < I_2$.

Висновок: $I_2 - \text{max}$, $I_3 - \text{min} \Rightarrow a_2 - \text{min}$, $a_3 - \text{max}$.



36. Див. 8 кл. № 27.

37. Див. 8 кл. № 25.

38. Див. 8 кл. № 22.

39. Див. 8 кл. № 30.

40. Впорядкований потік повітря не змінює середню кінетичну енергію молекул повітря.

11 клас

9. $a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t}$. $a_1 = 1 \text{ м/с}^2$ ($t = 0 \div 1 \text{ с}$), $a_2 = 3 \text{ м/с}^2$ ($t = 1 \div 2 \text{ с}$), $a_3 = 4 \text{ м/с}^2$ ($t = 2 \div 3 \text{ с}$),
 $a_4 = 2 \text{ м/с}^2$ ($t = 3 \div 4 \text{ с}$).

11. З графіка: $\lambda = 40 \text{ м}$. $v = \lambda \cdot \nu = 1600 \text{ м/с}$.

12. Взаємодія між танком і снарядом відбувається через порохові гази. Гази на снаряд діють за напрямом руху – швидкість снаряда зростає. На танк гази діють проти напрямку руху – швидкість танка зменшується. Оскільки постріл відбувається дуже швидко і внутрішні сили (між танком і снарядом) величезні, для малого часу пострілу горизонтальними зовнішніми силами, для системи танк-снаряд, можна знехтувати (сила тяги, опору). Це означає, що для горизонтального напрямку можна скористатись законом збереження імпульсу.

14. Достатньо виготовити математичний маятник відомої довжини.

16. Розчин мила у воді зменшує коефіцієнт поверхневого натягу, а розчин цукру – збільшує.

19. $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

20. U_2 – дорівнює е.р.с. індукції, що виникає у вторинній обмотці ($\varepsilon = \Delta\Phi/\Delta t$). Швидкість зміни магнітного потоку, що пронизує вторинну обмотку, пропорційна швидкості зміни струму у вторинній обмотці ($\Delta\Phi/\Delta t \sim \Delta I/\Delta t$).

21. Оптична сила лінзи ока, як і будь-якої лінзи, залежить від відносного показника заломлення (n) матеріалу лінзи і оточуючого середовища. $D = (n - 1)(1/R_1 + 1/R_2)$. При переході з повітря ($n_{\text{п}} = 1$) у воду ($n_{\text{в}} = 1,33$) оптична сила лінзи ока зменшується (людина стає далекозорою), для відновлення зору потрібні збиральні лінзи.

22. Див. 7 кл. № 28.

23. Див. 9 кл. № 28.

24. Див. 8 кл. № 10.

26. При адіабатному (швидкому) стискуванні газу його температура зростає.

27. За другим законом Ньютона. $F\Delta t = P_2 - P_1$.

28. Для тіла, кинутого під кутом до горизонту, у верхній точці траєкторії (параболи) тіло володіє кінетичною і потенціальною енергіями.

29. Див. 8 кл. № 24.

30. Див. 9 кл. № 30, 10 кл. № 28. Якщо згорить одна лампочка (наприклад L_1), опір кола зросте, а струм у колі зменшиться. Відповідно, зменшиться напруга на реостаті, а напруга на другій лампочці L_2 зросте. $U = U_R + U_{L2}$.

31. Див. 9 кл. № 21, 10 кл. № 31.

32. Див. 9 кл. № 23, 10 кл. № 34.

33. Найменше в атмосфері розсіюється червоне, оранжеве, жовте світло. Червоне світло широко використовується у правилах дорожнього руху, як знак заборони. Оранжеве світло дуже подібне до червоного. Жовте світло – знак уваги.

34. Див. 8 кл. № 23, 10 кл. № 33.

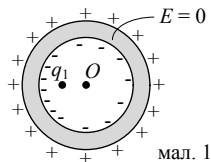
35. Див. 10 кл. № 35.

36. Див. 8 кл. № 27.

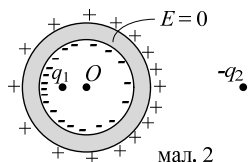
37. Див. 8 кл. № 25.

38. Див. 8 кл. № 22.

39. При відсутності сфери $F = kq_1q_2/R_{12}^2$. Якщо q_1 оточити металевою сферою (заряд q_2 – відсутній), то на внутрішній і зовнішній поверхнях сфера індукуються заряди (див. мал.1). На внутрішній поверхні заряд мінус ($-$) q_- розподілиться нерівномірно (оскільки в середині металу сферичної оболонки електричного поля немає). На зовнішній поверхні заряд плюс ($+$) q_+ розподілиться рівномірно (заряди мінус і q_1 на цей розподіл не впливають, сфера симетрична). Якщо з'явиться заряд q_2 , то відбудеться перерозподіл зарядів плюс на зовнішній поверхні (див. мал. 2). Це пов'язано з тим, що в середині металу сферичної оболонки електричного поля немає. На заряд q_2 діє поле тільки зарядів плюс, центр яких до заряду q_2 розташований ближче ніж q_1 . З міркувань закону збереження заряду і теореми Остроградського – Гауса: $q_1 = |q_-| = q_+$, $F_1 = kq_2q_+/R_{+2}^2 > F$.



мал. 1



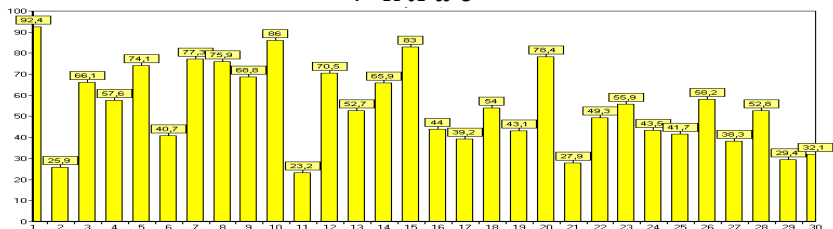
мал. 2

40.
$$\sqrt{\frac{mR^2}{qU}} = \sqrt{\frac{I}{W}} = \sqrt{\frac{I}{I\omega^2}} = \frac{1}{\omega}.$$

ДОДАТКИ

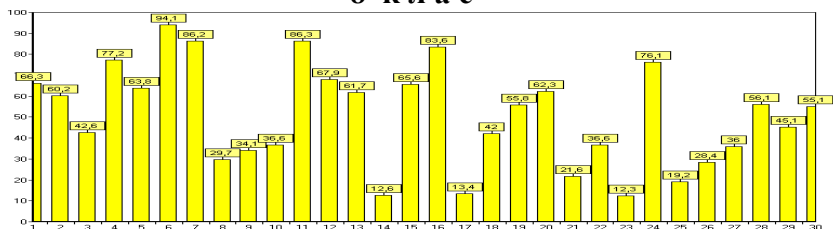
Розподіл залежності кількості учасників, які правильно розв'язали задачу, %

7 клас



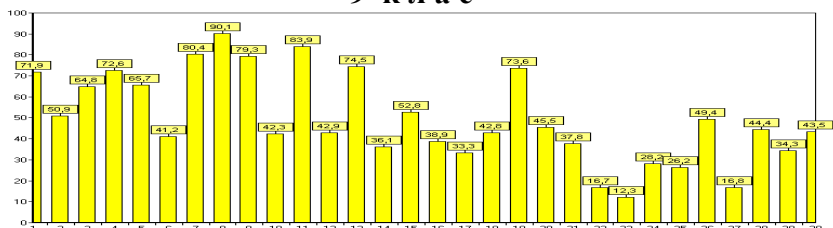
Середній бал – 79,9. Кількість учасників – 21 583

8 клас



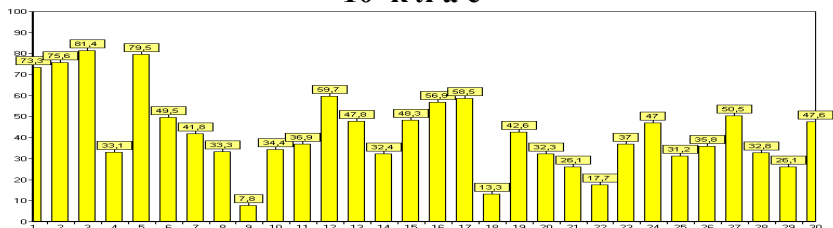
Середній бал – 74,4. Кількість учасників – 24 395

9 клас



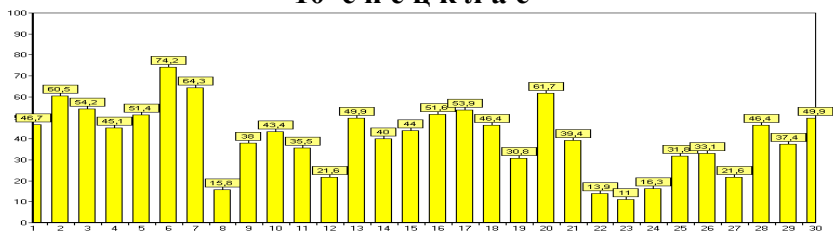
Середній бал – 70,9. Кількість учасників – 24 054

10 клас



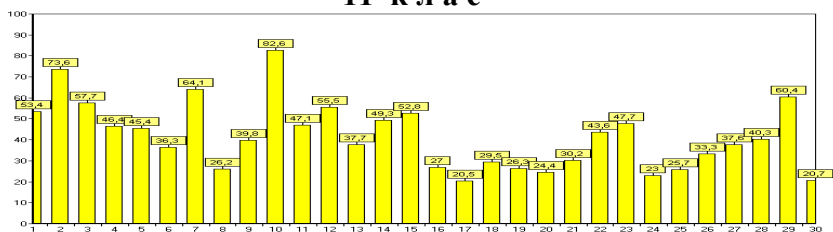
Середній бал – 63,1. Кількість учасників – 15 368

10 спецклас



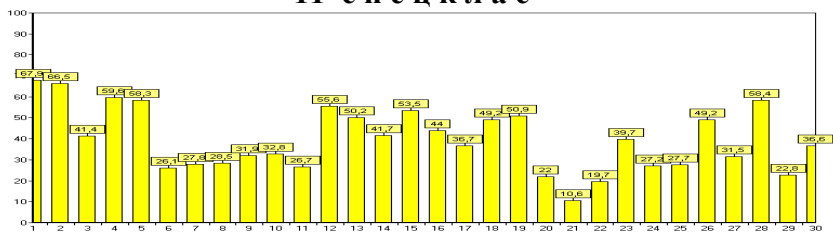
Середній бал – 60,0. Кількість учасників – 698

11 клас



Середній бал – 61,4. Кількість учасників – 13 278

11 спецклас



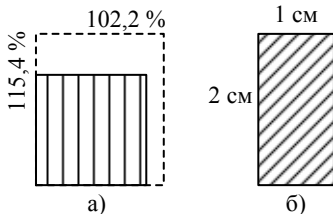
Середній бал – 59,4. Кількість учасників – 705

Більш докладну статистику “Левеня – 2015” можна знайти на сайті levenia.com.ua (на вкладці: результати 2015 – семінар).

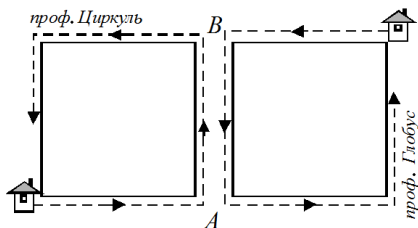
Теоретичний тур

8-й клас

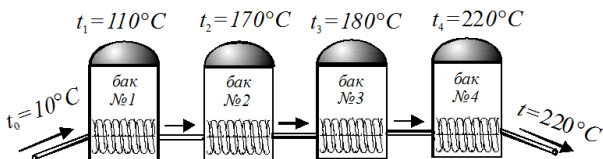
8.1. Квадратна пластинка, зроблена з анізотропного матеріалу, при нагріванні до деякої температури розширюється у вертикальному напрямку в $k = 1,154$ рази, а в горизонтальному – у $n = 1,022$ рази. На мал. 1а напрям найбільшого розширення матеріалу показаний прямими лініями. З цієї пластинки вирізають прямокутний фрагмент (мал. 1б) таким чином, що напрям найбільшого розширення складає кут 45° з основою, і також нагрівають його до тієї самої температури. У скільки разів збільшаться при нагріванні довжини бічних сторін та площа фрагменту? Вказівка: анізотропними називають матеріали, що мають різні фізичні властивості в різних напрямках.



8.2. Щовечора професор Глобус та професор Циркуль виходять на прогулянку й роблять “коло”, кожен навколо свого кварталу. Квартали – однакові квадрати (див. мал.). Професор Глобус виходить на прогулянку завжди точно о 18:00, йде вулицею повільно. Професор Циркуль на прогулянку виходить коли йому заманеться, йде швидко. Швидкості професорів від прогулянки до прогулянки не змінюються. За багато років професори зауважили, що вони зустрічаються на вулиці АВ, коли професор Циркуль виходить з дому в проміжок часу з 18:05 до 18:40. 1) У скільки разів швидкість професора Циркуля більша за швидкість професора Глобуса? 2) Скільки часу триває прогулянка професора Глобуса?

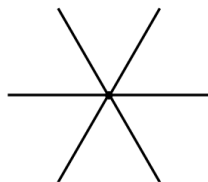


8.3. У цеху встановлено чотири баки, в яких ідуть хімічні реакції з виділенням тепла. Баки мають систему охолодження – охолоджувальна рідина прокачується через систему послідовно з'єднаних змійовиків (див. мал.). При цьому в кожному баку встановлюється постійна температура реагентів: 110°C , 170°C , 180°C та 220°C (при початковій температурі охолоджувальної рідини 10°C). Незважаючи на добру теплоізоляцію баків, вони все ж таки сильно нагрівали повітря в цеху. Тому для підтримання температури повітря 20°C доводилося вмикати кондиціонери. Запропонуйте новий спосіб послідовного з'єднання баків, для якої нагрівання повітря у цеху було б мінімальним. На скі-

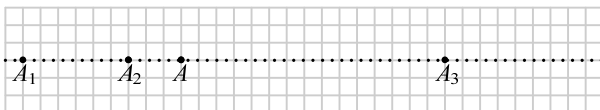


льки процентів вдасться при цьому зменшити потужність кондиціонерів? Вважати, що якість змійовиків дуже висока й на виході кожного з них охолоджувальна рідина має температуру рідини, що охолоджується; потоки тепла з баків у повітря прямо пропорційні різниці температур усередині та зовні баків; витік тепла в повітря нехтовно малий у порівнянні з відбором тепла через теплообмінники.

8.4. В одному з проектів марсохода його колеса зроблені з шести пластин-стержнів (*див. мал.*), довжиною $a = 10$ см кожна. У стандартному режимі руху горизонтальною поверхнею колеса марсохода обертаються рівномірно, а сам він переміщується зі швидкістю $v = 1$ см/с. Знайдіть максимальну швидкість точок колеса марсохода. Яку максимальну висоту перешкоди може переїхати марсоход, не зачепивши її верхівку? Які точки колеса описують траєкторії максимальної довжини? Побудуйте таку траєкторію та вкажіть її довжину за один оберт.



8.5. На *мал.* показано світну точку A та три її зображення, отримані за допомогою оптичної системи, що складається з лінзи та великого плоского дзеркала. Відомо, що зображення A_1 та A_2 уявні, а зображення A_3 – дійсне, а всі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярній до площини дзеркала. Накресліть можливі розташування елементів оптичної системи. Визначте межі області, звідки можна побачити всі три зображення.

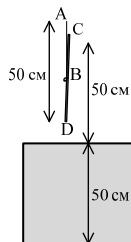


Задачі запропонували Є. П. Соколов (1-3), О. Ю. Орлянський (4), І. М. Гельфгат (5).

9 клас

9.1. Прямий відрізок алюмінієвого дроту утримують за нитку АВ над широкою посудиною з водою (*див. мал.*). Верхню точку A нитки починають опускати зі швидкістю $v = 1$ см/с. Побудуйте:

1) графік залежності сили натягу нитки від часу; 2) траєкторію верхньої точки C дроту. Опором води знехтуйте. Довжина дроту CD $l = 40$ см, площа перерізу $S = 1$ мм², густина алюмінію $\rho = 2,7$ г/см³, відстань BD $h = 21$ см, прискорення вільного падіння $g = 9,8$ м/с², довжина відрізка $ADB = 50$ см.

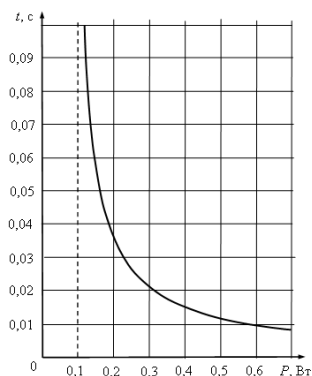


9.2. Сірник запалили, провівши ним уздовж половини довжини спеціальної смужки на сірниковій коробці (*див. мал.*). Сірник рухався рівномірно під кутом $\alpha = 60^\circ$ до поверхні. При цьому вздовж нього була прикладена силу $F = 1$ Н. 1). Вважаючи, що половина виконаної роботи пішла на нагрів речо-



вини в області контакту голівки сірника, оцініть, яка маса цієї речовини нагрілася до температури загорання 250°C (питома теплоємність речовини $c = 1 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{K})$).

2). На експериментальному графіку (див. мал.) з урахуванням теплових втрат наведений час запалювання сірника в залежності від переданої йому потужності. З якою швидкістю рухався сірник в описаному досліді? Поясніть, чому при потужності, меншій деякого значення (0,1 Вт на графіку) сірник взагалі не загоряється. Варто зазначити, що робота залежить від кута між силою і переміщенням $A = F \cdot l \cdot \cos\alpha$.



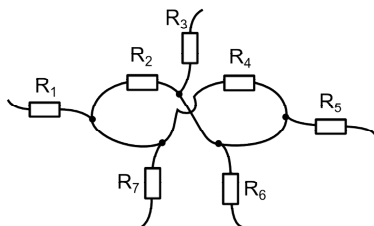
9.3. Див. 8 кл. № 5.

9.4. Дріт повітряної лінії електропередачі має композитну структуру (навколо центральних сталевих оцинкованих дротинок розташовані алюмінієві).



Кожен наступний шар навиваються у напрямку, протилежному попередньому. На малюнку зображено дріт, що складається з 7 сталевих і 30 алюмінієвих дротинок однакового діаметру $d = 2,2 \text{ мм}$. Поясніть таку будову дроту та визначте опір 1 км його довжини. Як Ви вважаєте, зі скількох алюмінієвих дротинок складається наступний шар у більш товстих дротах? Визначте кут, під яким навиваються дротинки наступного шару. Питомі опори сталі та алюмінію $\rho_{\text{ст}} = 0,13 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, $\rho_{\text{ал}} = 0,027 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$.

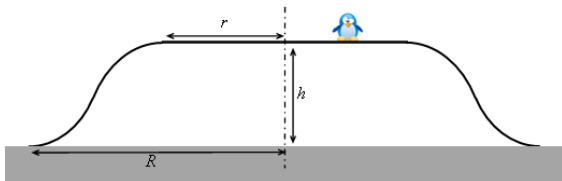
9.5. Ділянка електричної схеми містить сім резисторів (див. мал.). Схема коректно працює, якщо номінали вказаних резисторів дорівнюють їхнім номерам ($R_1 = 1 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$ і т. ін.) Резистор R_2 перегорів, и замінити його новим резистором номіналом 2 Ом неможливо. Для відновлення працездатності схеми один із резисторів, що залишилися, замінили резистором іншого номіналу. Який резистор було замінено? Резистор якого номіналу впаяли замість нього?



Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1, 2, 4), І. М. Гельфгат (3), Є. П. Соколов (5).

10 клас

10.1. Пінгвіни обладнали невеликий айсберг під атракціон. Айсберг отримав симетричну форму і горизонтальну круглу верхівку-майданчик радіусом r , що плавно переходить у гладенький схил для спуску у воду. Біля води схил знову стає горизонтальним, а айсберг



набуває радіусу R (див. мал.). Пінгвін, рухаючись прямолінійно, розганяється на горизонтальному майданчику, падає на лід і спускається вниз. 1) За якої умови пінгвін увійде у воду з максимальною швидкістю і чому вона дорівнює? 2) За якої умови пінгвін увійде у воду під мінімальним кутом до берегової лінії айсбергу і чому цей кут дорівнює? Опором повітря, тертям під час спуску схилом знехтувати. Вважати, що під час спуску пінгвін не відривається від поверхні айсбергу. Коефіцієнт тертя між лапами пінгвіна і поверхнею горизонтального майданчика $\mu=0,5$. Висота надводної частини айсберга $h=5$ м, радіуси $r=5$ м, $R=10$ м, $g=9,8$ м/с².

10.2. Див. 9 кл. № 4.

10.3. З планети радіусом 6400 км із прискоренням вільного падіння поблизу поверхні 10 м/с² готується запуск космічної обсерваторії (КО), яка б мала рухатися по орбіті планети, але «попереду» неї – на відстані, що приблизно сягає 1,5 млн. км. Планета є однорідною кулею, атмосфера та добове обертання відсутні. Вона рухається навколо центральної зорі коловою орбітою радіусом 150 млн. км зі швидкістю 30 км/с. На планеті є тунель, що проходить по її діаметру – якраз у напрямку орбітального руху планети. 1) Як можна застосувати цей тунель для економії палива при запуску КО? Скільки відсотків палива можна зекономити? Двигун КО розрахований на одне короткочасне вмикання; згорання палива можна вважати миттєвим. 2) Як зміниться відстань між планетою та КО після одного повного обертну КО навколо зорі, якщо в заданому положенні її швидкість спрямована по дотичній до колової орбіти й дорівнює 29,99 км/с?

10.4. Див. 8 кл. № 3.

10.5. Див. 9 кл. № 5.

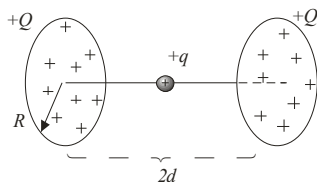
Задачі запропонували О. Ю. Орлянський (1 – 2), І. М. Гельфгат (3), Є. П. Соколов (4, 5).

11 клас

11.1. Постійне магнітне поле спрямоване вздовж осі Oz . Його індукція змінюється в просторі за законом $B = B_0(1+y/L)$. У площині $y = 0$ у поле влітає електрон, вектор початкової швидкості якого v_0 спрямований вздовж осі Oy . Який напрямок середньої швидкості переміщення електрона за час набагато більший періоду циклотронного обертання? Оцініть її величину.

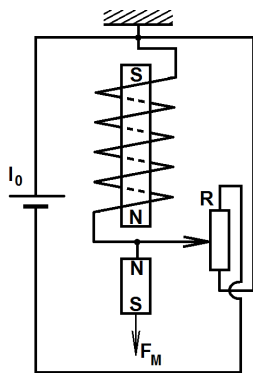
11.2. Еластична гумова куля розширюється, об'єм кулі зростає з постійною швидкістю u . На кулі сидить мураха. В момент часу t_0 на поверхню кулі впала крихта хлібу на відстані L від мурахи вздовж поверхні кулі. Радіус кулі в цей момент часу R_0 . Мураха голодна, і одразу почала рухатись в напрямку їжі, яка може знаходитись на поверхні кулі в точці падіння лише фіксований інтервал часу τ , а потім злетить з поверхні кулі. З якою швидкістю u повинна рухатись мураха в напрямку крихти, щоб гарантовано пообідати нею? Розміри мурахи та крихти хліба значно менші за розмір кулі.

11.3. Заряджена мала намистинка може ковзати без тертя вздовж нитки, що з'єднує центри двох нерухомих паралельних рівномірно заряджених круглих пластин (див. мал.). Знайти період малих коливань намистинки поблизу положення рівноваги. Заряди намистинки та кожної пластини одини-менні й дорівнюють q та Q відповідно, маса нами-стинки m , радіус пластин R , відстань між пласти-нами $2d$.



11.4. Вода в електричному чайнику потужністю 2 кВт нагрілася від 20 до 100°C за 4 хв. Коли потужність нагрівника чайника зменшили до 1,46 кВт, час закипання води збільшився до 8 хв. Визначте: а) масу води в чайнику; б) час остигання води від 100 до 95°C після вимикання чайника. Питома теплоємність води 4,2 кДж/(кг·К), температура в кімнаті 20°C, теплоємність чайника знехтувати. Вважати теплові втрати пропорційними різниці температур води та повітря в кімнаті.

11.5. Металева пружина жорсткістю k використовується також як котушка (з активним опором R_0) електромагніту, відштовхуючи підвішений на цій пружині як вантаж постійний магніт із силою, пропорційною до сили струму через неї: $F_M = aI$. Осердя електромагніту закріплене, разом з верхнім кінцем пружини. В положенні рівноваги за відсутності струму рухомий електрод встановлюється точно посередині реостату з повним опором R , а за наявності струму цей електрод зсувається на відстань x в напрямку дії сили F_M , змінюючи опір між рухомим електродом та крайнім виводом реостату на величину $\Delta R = \beta x$. Зсув x вважати дуже малим у порівнянні з віддаллю між вантажем та осердям електромагніту. Якою буде сила струму I_1 через пружину, якщо підключити до системи джерело сталого струму ($I_0 = \text{const}$, див. мал.)? Перехідними процесами знехтувати.



Задачі запропонували І. О. Анісімов (1), С. Й. Вільчинський, О. С. Томалак (2), С. П. Соколов (3), І. М. Гельфгат (4), О. І. Кельник (5).

Експериментальний тур

8 клас

Завдання 1. Визначте концентрацію солі у розчині.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: пластикова посуда, лінійка дерев'яна, скріпки канцелярські. *Групове:* туалетний папір; нитки; готовий розчин солі, концентрацію якого потрібно знайти; тепла батарея опалення; відро порожнє (для зливання залишків розчину); ножиці.

Завдання 2. Визначте освітленість світлом з вікна, що падає перпендикулярно на аркуш паперу, розташований поблизу протилежної вікнам стіни. Силу світла запаленої свічки вважайте рівною 1 кд.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: парафінова свічка з підставкою, аркуш білого паперу з масними плямами, шматок пластиліну, лінійка. *Групове:* світло з вікна, сірники, ножиці..

9 клас

Завдання 1. Визначте коефіцієнт пропускання затемненої плівки.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: прозорий матовий папір (калька), затемнена плівка, порожня сірникова коробка, міліметровий папір. *Групове:* ножиці, пластилін.

Примітка: Учасникам дозволено підходити до вікна (журі гарантує сонячну погоду). Плівку, папір і сірникову коробку дозволено розрізати.

Теоретична довідка: Коефіцієнтом пропускання плівки називають відношення світлового потоку Φ , що пройшов через плівку, до світлового потоку Φ_0 , що падає на неї: $K = \Phi/\Phi_0$.

Якщо кут падіння світла на поверхню дорівнює α , освітленість $E = E_0 \cos \alpha$, де E_0 – освітленість при нормальному падінні світла.

Завдання 2. Отримати на покритій плівкою поверхні парти мильну бульбашку та визначте середню товщину її стінки.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: відрізок пластикової прозорої трубки довжиною близько 25 см, лінійка, ділянка парти, вкрита поліетиленовою плівкою (ширина плівки 25 см), пластикова склянка з мильним розчином (близько 20 мл), міліметровий папір. *Групове:* Паперові серветки (1 рулон туалетного паперу на клас).

Додаткова інформація: площа поверхні сфери $S = 4\pi R^2$.

10 клас

Завдання 1. Визначте середню товщину стінки мильної бульбашки максимально можливого розміру, яку вдається видути на покритій плівкою поверхні парти.

Проаналізуйте похибки, що вносяться різними факторами, та оцініть величини цих похибок.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: пластикова трубка (довжиною приблизно 25 см), лінійка, ділянка парти (вкрита пакувальною плівкою), пластикова склянка із мильним розчином (близько 20 мл). *Групове:* туалетний папір.

Завдання 2. За допомогою запропонованого обладнання:

1. Підвісивши пляшку на зробленому з ниток біфілярному (двонитковому) підвісі, визначте момент інерції I порожньої пляшки відносно її осі симетрії.
2. Визначте модуль пружності міді для деформації зсуву G .

У звіті наведіть:

- теоретичне обґрунтування запропонованої Вами експериментальної методики;
- план проведення вимірів;
- заходи, які Ви запровадили для зменшення похибки вимірювань;
- таблицю з вихідними даними, проміжними та кінцевими результатами;
- оцінку похибки вимірювань.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: Штатив з горизонтально закріпленим стержнем, пляшка пластикова об'ємом 0,5 л з двома отворами у кришці, нитки, лінійка, відрізок мідного дроту (товщина лакової ізоляції 25 мкм), важок масою 100 г. *Групове:* Годинник з великою секундною стрілкою (2 – 3 на групу), мікрометр (2 – 3 на групу).

Теоретична довідка: Момент інерції тіла I характеризує його інертність при обертальному русі. Відносно деякої осі сумарний момент сил M , що діють на тіло, викликає кутове прискорення ϵ : $M = I\epsilon$. Це рівняння виражає другий закон Ньютона для обертального руху. З теорії пружності відомо, що при деформації кручення момент сили, який необхідний для закручування циліндричного стержня радіусом r та довжиною l на невеликий кут ϕ , може бути обчислений за формулою:

$$M = G \cdot \frac{\pi r^4}{2l} \cdot \phi, \text{ де } G - \text{модуль пружності матеріалу стержня для деформації зсуву.}$$

11 клас

Завдання 1. Запропонуйте методику експерименту та, використовуючи видане вам обладнання, знайдіть:

1. Момент інерції I порожньої пляшки з кришкою відносно її осі симетрії.
2. Використовуючи результат п. 1, модуль пружності міді для деформації зсуву G .

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: штатив з горизонтально закріпленим стрижнем, пляшка пластикова об'ємом 0,5 л з двома отворами у кришці, нитки, відрізок мідного дроту довжиною близько 2 м (*Увага! Не розрізати! Використовується також і в задачі № 2*), лінійка, важок масою 100 г. *Групове:* мікрометр.

Теоретична довідка: Момент інерції тіла відносно деякої осі характеризує його інертність під час обертального руху навкруг цієї осі. Добуток кутового прискорення тіла на його момент інерції дорівнює сумарному моменту сил, що діють на тіло: $M = I\epsilon$. Це рівняння виражає другий закон Ньютона для обертального руху.

З теорії пружності відомо, що при деформації закручування момент сили, який необхідний для закручування циліндричного стержня радіусом r та довжиною l на кут ϕ ,

може бути обчислений за формулою: $M = G \cdot \frac{\pi r^4}{2l} \cdot \varphi$, де G – модуль пружності матеріалу стержня для деформації зсуву.

Завдання 2. За допомогою запропонованого обладнання:

виготовте термометричний амперметр, для чого щільно намотайте дріт на резервуар термометра;

проведіть градування одержаного приладу шляхом побудови градувального графіка;

запропонуйте емпіричну формулу для опису експериментальної залежності. Укажіть числові значення параметрів емпіричної формули.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: термометр спиртовий із шкалою до 100 °С, мідний дріт (той, що використовувався в завданні 1), амперметр, батарея гальванічних елементів, реостат на 6–8 Ом (з додатковим резистором), з'єднувальні провідники, міліметровий папір. *Групове:* шматок наждачного паперу.

У звіті:

поясніть від яких факторів залежить чутливість та внутрішній опір термометричного амперметра;

оцініть точність приладу, вкажіть можливі шляхи покращення характеристик термометричного амперметра.

Які недоліки та переваги вимірювання сили струму таким приладом?

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ

8 клас

Задача 8.1

Основна ідея розв'язку: будь-яка частина тіла (пластинки) змінює свою форму незалежно від інших частин тіла. Тобто, розширення частини тіла не залежить від того, чи ця частина нагрівається окремо, чи вона нагрівається в складі якогось тіла.

Розділимо нашу пластинку на чотири однакові трикутники (див. мал. 1).

Розглянемо один з трикутників до ($A_0B_0C_0$) і після (ABC) нагрівання (див. мал. 2).

$\Delta A_0B_0C_0$ – рівнобедрений, прямокутний (h – висота).

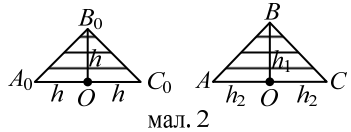
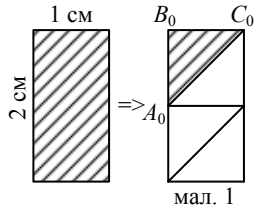
ΔABC – рівнобедрений (з міркувань симетрії) (h_1 – висота).

Площі трикутників: $S_0 = h \cdot A_0C_0/2 = h \cdot 2h/2 = h^2$; $S = h_1 \cdot AC/2 = h_1 \cdot 2h_2/2 = h_1 \cdot h_2$. Тобто $S/S_0 = nk$.

Сторони трикутників: $A_0B_0 = B_0C_0 = \sqrt{OB_0^2 + OA^2} = \sqrt{h^2 + h^2} = h\sqrt{2}$.

$AB = BC = \sqrt{OB^2 + OA^2} = \sqrt{h_1^2 + h_2^2} = \sqrt{n^2 h^2 + k^2 h^2} = h\sqrt{n^2 + k^2}$.

Тобто: $AB/A_0B_0 = \sqrt{(n^2 + k^2)}/2$.

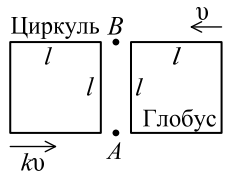


Задача 8.2

Нехай швидкість Глобуса – v , Циркуль – kv , k – ?
 $t_1 = 5$ хв, $t_2 = 40$ хв, l – сторона квадрата.

Зустріч у точці B відбувається, коли Циркуль виходить на t_1 пізніше за Глобуса.

$$\frac{l}{v} = t_1 + \frac{2l}{kv} \Rightarrow \frac{k-2}{k} \frac{l}{v} = t_1 \quad (1).$$



Зустріч у точці A . $\frac{2l}{v} = t_2 + \frac{l}{kv} \Rightarrow \frac{2k-1}{k} \frac{l}{v} = t_2 \quad (2)$. Поділивши (2) на (1) і

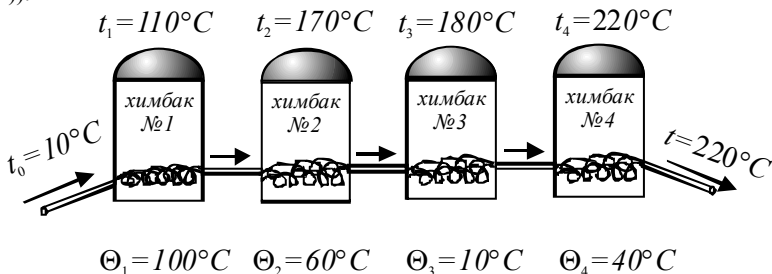
розв'язавши рівняння, отримаємо: $k = \frac{t_1 - 2t_2}{2t_1 - t_2} = 2,5$.

Знайдемо час прогулянки Глобуса, врахувавши, що $\frac{l}{v} = \frac{kt_1}{k-2}$ (з рівняння (1)). $t = 4l/v = 4kt_1/(k-2) = 100$ хв.

Задача 8.3

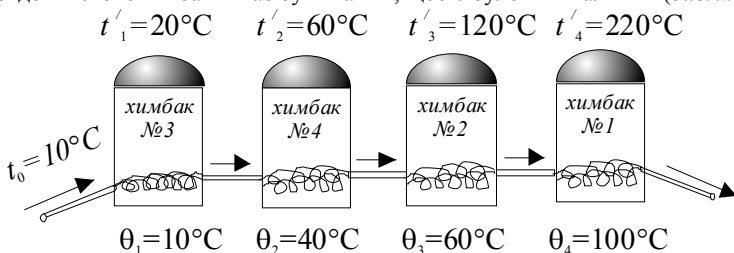
Оскільки, за умовою задачі, вся теплова енергія $Q_{\text{хім}}$, яка виділяється при проходженні хімічних реакцій в баках, відводиться теплоносієм (охладжуючою рідиною), для кожного бака можна записати:

$Q_{\text{хім}1} = P_{\text{хім}1} \cdot \Delta t = c \Delta m \theta_1$, $Q_{\text{хім}2} = c \Delta m \theta_2$, $Q_{\text{хім}3} = c \Delta m \theta_3$ (де: Δm – маса теплоносія, що пройшла за час Δt через бак; θ – зміна температури теплоносія у баці (див. мал.1)).



Мал. 1

Потужність теплових втрат $P_{\text{втр}}$ хімбака $\rightarrow$ цех пропорційна різниці температур хімбака $\rightarrow$ цех. $P_{\text{втр}} = k(t_1 - t_{\text{п}}) + k(t_2 - t_{\text{п}}) + k(t_3 - t_{\text{п}}) + k(t_4 - t_{\text{п}}) = k(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 - 4 t_{\text{п}})$. Де: $t_{\text{п}}$ – температура повітря в цеху, k – коефіцієнт теплообміну бак–цех (вважаємо, що всі баки однакові за конструкцією). Для зменшення втрат необхідно зменшити суму температур у баках. До змін: $\theta = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = (t_0 + \theta_1) + (t_0 + \theta_1 + \theta_2) + (t_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3) + (t_0 + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4) = 4t_0 + 4\theta_1 + 3\theta_2 + 2\theta_3 + \theta_4 = 680^\circ\text{C}$. Зрозуміло, що порядок включення баків має бути таким, щоб θ було мінімальним (див. мал. 2).



Мал. 2

Після змін: $\theta_{\text{зм}} = 4t_0 + 4\theta_1 + 3\theta_2 + 2\theta_3 + \theta_4 = 420^\circ\text{C}$.

Порівнюємо втрати до і після змін.

$$P_{\text{втр.до}} = k\theta, P_{\text{втр.зм}} = k\theta_{\text{зм}} \Rightarrow P_{\text{втр.до}}/P_{\text{втр.зм}} = \theta/\theta_{\text{зм}} = 1,76.$$

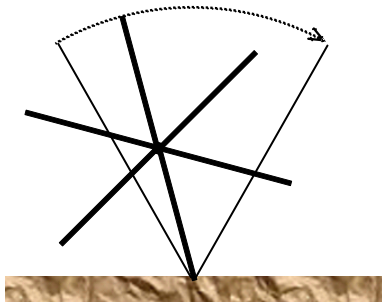
Теплові втрати в цех зменшились у 1,76 раза, тобто на 43%.

Задача 8.4

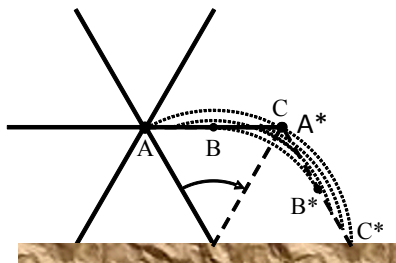
Сусідні пластини колеса утворюють дві сторони рівностороннього трикутника. Тому за один оберт колесо переміщується на відстань $l = 6a = 60$ см, а період його обертання $T = 6a/v$. Найбільшу швидкість матиме найбільш віддалена точка від

центру обертання, у якому колесо дотикається поверхні (див. мал. 1). Віддалена точка за $1/6$ періоду проходить відстань, що дорівнює $1/6$ довжини кола радіусом $r = 2a$.

Отже, її швидкість $v_{\max} = \frac{2\pi r}{T} = \frac{2}{3}\pi v \approx 2,1 \text{ см/с}$.



Мал. 1



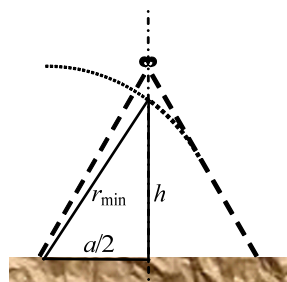
Мал. 2

Внаслідок симетрії (до того ж колесо можна подумки прокотити як в одну, так і в іншу сторону) перешкода найбільших розмірів, через яку колесо може переїхати, не зачепивши її верхівку, також матиме симетричну форму. Але це не буде рівносторонній трикутник, і ось чому. Під час оберт (див. мал. 2) пластина ABC переходить у $A^*B^*C^*$. Кожна точка пластини описує дугу кола. Найбільший радіус кола

$r_{\max} = a$ буде у точок A і C , а найменший $r_{\min} = \frac{\sqrt{3}}{2}a$

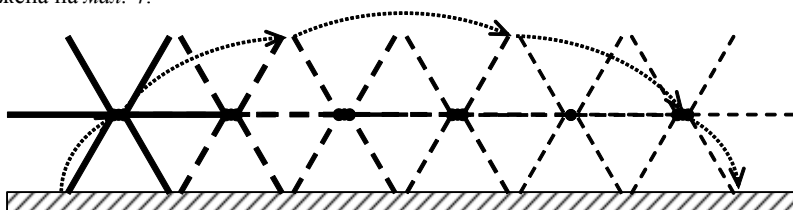
– у точки B . Дуга саме цього кола і обмежує максимальну висоту перешкоди. На мал. 3 показано, як дуга кола найменшого радіусу перетинає вертикальну вісь симетрії. За теоремою Піфагора знаходимо

$$h = \sqrt{r_{\min}^2 - (a/2)^2} = a/\sqrt{2} \approx 7,07 \text{ см}.$$



Мал. 3

Траєкторія будь-якої точки колеса складається з дуг у 60° кін різного радіусу. За один оберт найдовшою буде траєкторія крайньої точки колеса. Її траєкторія зображена на мал. 4.



Мал. 4

$$\text{Довжина цієї траєкторії } l = \frac{\pi}{3}(a + \sqrt{3}a + 2a + \sqrt{3}a + a) = \frac{2\pi}{3}(2 + \sqrt{3})a = 78,1 \text{ см,}$$

що більше, ніж, наприклад, довжина траєкторії центральної точки колеса $l_A = 2\pi a = 62,8 \text{ см.}$

Задача 8.5

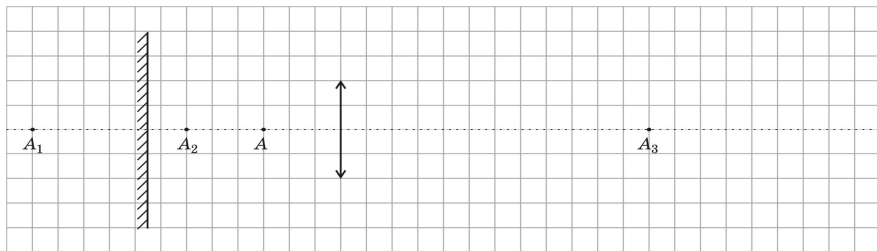
Оскільки одне зображення є дійсним, лінза має бути збиральною, вона розташована між точками A і A_3 . Очевидно, дзеркало може бути розташоване тільки ліворуч від лінзи. Всі точки лежать на головній оптичній осі лінзи, перпендикулярної до площини дзеркала. Одне з уявних зображень є результатом відбивання світла від дзеркала, а інше — результатом заломлення світла в лінзі. Дійсне ж зображення є результатом послідовного відбивання світла від дзеркала та заломлення в лінзі (тобто точка A_3 є зображенням у лінзі якоїсь із точок A_1 або A_2). Отже, дзеркало розташоване в середині відрізка AA_1 або AA_2 . Розгляньмо ці випадки.

1) Точка A_1 є зображенням точки A у дзеркалі.

Тоді точка A_2 буде уявним зображенням точки A в лінзі, точка ж A_3 — дійсним зображенням у лінзі точки A_1 . Скористаємося формулою тонкої лінзи. Будемо вимірювати відстані в клітинках, позначимо відстань оптичного центру лінзи від точки A через d . Отримаємо систему рівнянь:

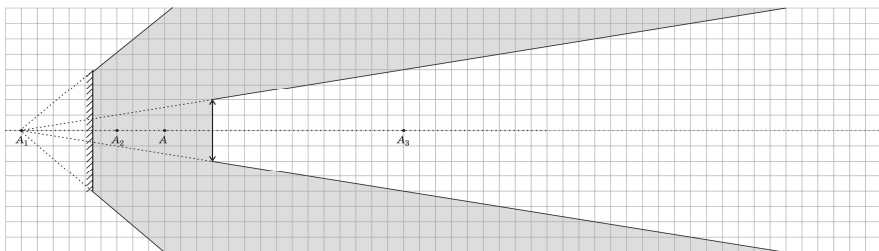
$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+3} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{d+9} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F} \end{cases}$$

Звідси $d^2 + 2d - 15 = 0$ і $d = 3$, $F = 6$. Відповідні елементи та їх розташування показано на мал. 1.



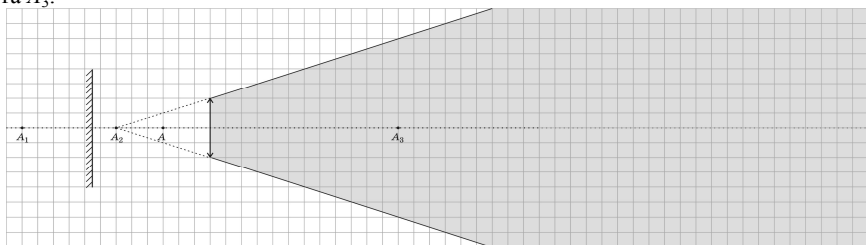
Мал. 1

На мал. 2 виділено область, звідки можна побачити зображення A_1 .

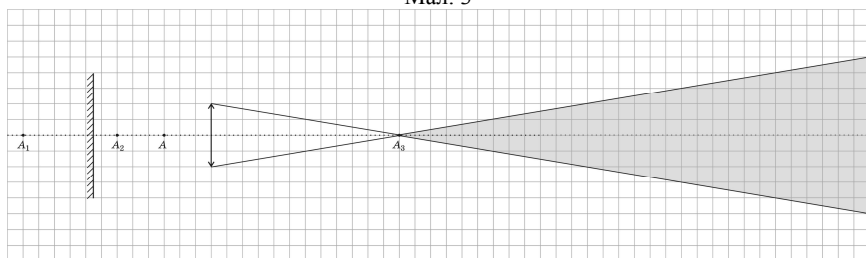


Мал. 2

На мал. 3 і 4 виділено області, звідки можна побачити відповідно зображення A_2 та A_3 .



Мал. 3



Мал. 4

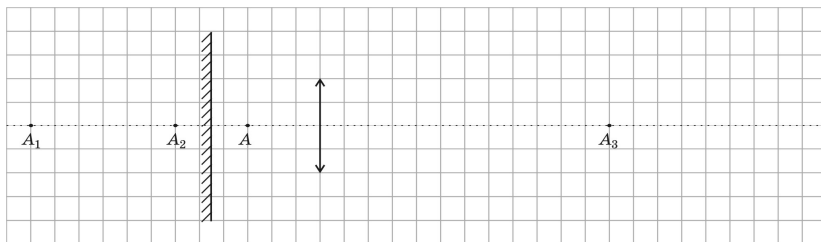
Оскільки області на мал. 2 і 4 обмежені паралельними прямими, ці області не перетинаються. Отже, побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

2) Точка A_2 є зображенням точки A у дзеркалі.

Тоді точка A_1 буде уявним зображенням точки A в лінзі, точка ж A_3 – дійсним зображенням у лінзі точки A_2 . Аналогічно першому випадку отримаємо систему рівнянь:

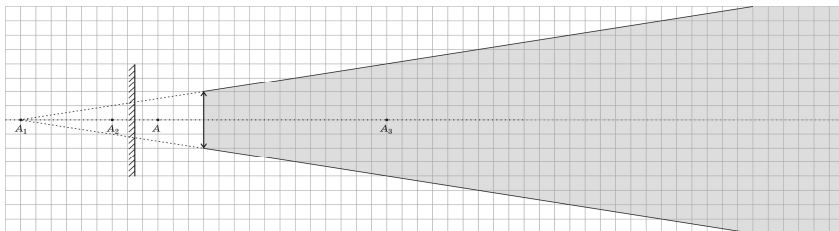
$$\begin{cases} \frac{1}{d} - \frac{1}{d+9} = \frac{1}{F} \\ \frac{1}{d+3} + \frac{1}{15-d} = \frac{1}{F} \end{cases}$$

Звідси знов отримуємо $d^2 + 2d - 15 = 0$ і $d = 3$, $F = 6$ (легко показати, що це не випадковий збіг), однак тепер $F = 4$. Відповідні елементи та їх розташування показано на мал. 5.



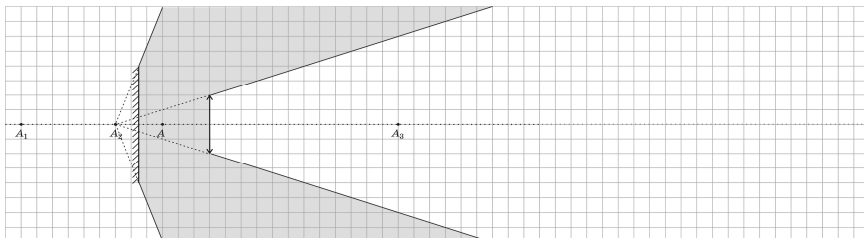
Мал. 5

На мал. 6 виділено область, звідки можна побачити зображення A_1 .



Мал. 6

На мал. 7 виділено область, звідки можна побачити зображення A_2 .



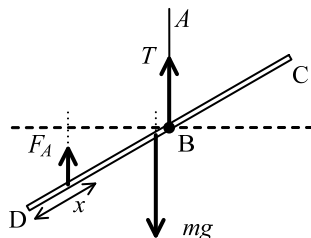
Мал. 7

Оскільки області на мал. 6 і 7 не перетинаються, подальший розгляд непотрібний. Побачити одночасно з якоїсь точки всі три зображення неможливо.

9 клас

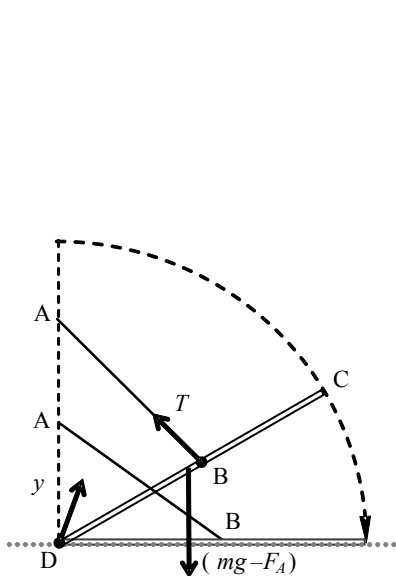
Задача 9.1

Відстань від точки D до поверхні води 10 см. Отже, перші 10 с сила натягу нитки буде дорівнювати mg дроту ($T_1 = mg$). Далі на нижню частину дроту почне діяти сила Архімеда, яка зменшуватиме силу натягу на $\rho_{\text{в}} g \delta v t$. Оскільки дріт знаходиться у трохи нахиленому положенні, сила Архімеда намагатиметься його повернути. Розглянемо умови рівноваги частково зануреного у воду дроту, що перебуває у нахиленому положенні (див. мал. 1).

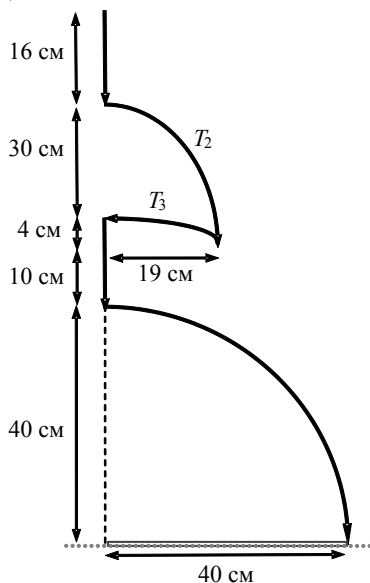


Мал. 1

Позначимо довжину зануреної частини через x . Сила Архімеда $F_A = \rho_B g S x = \frac{\rho_B}{\rho} mg \frac{x}{l}$ прикладена до середини зануреної частини, відстань від якої до точки В дорівнює $h - \frac{x}{2}$. Сила тяжіння прикладена до середини дроту, відстань від якої до точки В дорівнює $h - \frac{l}{2} = 1$ см. Відносно точки В момент сили Архімеда обертає дротинку за годинниковою стрілкою, а момент сили тяжіння – проти. З умови рівноваги маємо $F_A d_A = mg d_{mg}$. Плечі сил відносяться як згадані відстані. Отже, $F_A \left(h - \frac{x}{2} \right) = mg \left(h - \frac{l}{2} \right)$ або $\frac{\rho_B}{\rho} mg \frac{x}{l} \left(h - \frac{x}{2} \right) = mg \left(h - \frac{l}{2} \right)$, звідки отримуємо квадратне рівняння: $x^2 - 2hx + l(2h - l)\rho/\rho_B = 0$.



Мал. 2



Мал. 3

Підставляємо числові дані і знаходимо два корені: 6 см і 36 см. Якщо $x < 6$ см, або $x > 36$ см, то перемагатиме момент сили тяжіння і дріт набуватиме вертикального положення, навіть, якщо спробувати його від нього відхилити. Якщо ж дротинку занурити на $6 \text{ см} < x < 36 \text{ см}$, перемагатиме момент сили Архімеда, і дротинка відхилитиметься від вертикального положення, змінюючи об'єм зануреної частини, поки не настане рівновага або при $x = 6$ см, коли точка В вище рівня води, або при $x = 36$ см, коли точка В нижче рівня води.

Отже, після того, як нижня точка дротинки торкнеться води, протягом наступних 6 с дротинка зберігатиме вертикальне положення, а сила натягу буде змінюватися за законом

$$T = mg - F_A = mg \left(1 - \frac{\rho_{\text{в}} v t}{\rho l} \right),$$

досягнувши значення

$$T_2 = \frac{17}{18} mg.$$

Після цього дротинка нахилиться, зберігаючи під водою ті ж 6 см, доки точка В не торкнеться води. Цей режим руху при незмінній силі натягу $T_2 = \frac{17}{18} mg$ відбуватиметься протягом 15 с, внаслідок чого дротинка набуде горизонтального положення. Після цього вона знову почне нахилитися, але під водою будуть вже 36 см її довжини. Оскільки $36 \text{ см} - 21 \text{ см} = 15 \text{ см}$, цей режим відбуватиметься також протягом 15 с при незмінній силі натягу $T_3 = \frac{2}{3} mg$.

Дротинка набуде вертикального положення, виглядаючи над водою на 4 см. Далі дротинка занурюватиметься 4 с, а сила натягу нитки зменшуватиметься за законом

$$T = mg \left(\frac{2}{3} - \frac{\rho_{\text{в}} v t}{\rho l} \right) \text{ від } T_3 = \frac{2}{3} mg \text{ до } T_4 = \frac{17}{27} mg.$$

Наступні 10 с повністю занурена дротинка опускатиметься під водою при силі натягу нитки $T_4 = \frac{17}{27} mg$, доки не торкнеться дна. Якщо вважати, що дротинка не проковзуватиме, подальший рух її верхньої точки буде рухом вздовж чверті дуги кола радіусом 40 см.

На мал. 2 зображено одне з можливих положень дротинки і її кінцевий стан, коли вона лежить на дні посудини. З умови рівноваги відносно точки D знаходимо

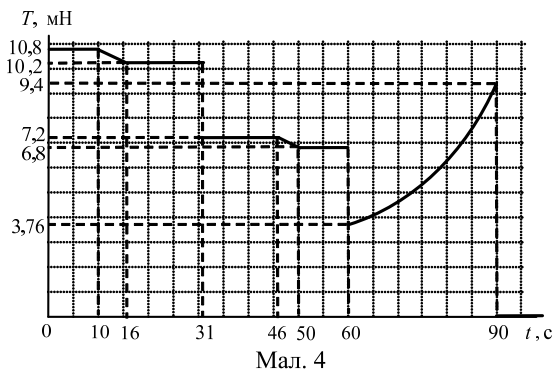
$$T d_T = \frac{17}{27} mg d_{mgA}.$$

Цього разу також можна обійтися без використання тригонометричних функцій, якщо, наприклад, площу трикутника ABD записати двома способами:

$$\frac{1}{2} AB \cdot d_T = \frac{1}{2} AD \cdot \frac{21}{20} d_{mgA}.$$

Отже, $T = \frac{17}{27} \frac{20}{21} \frac{AB}{AD} mg$, де $AB = 29 \text{ см}$, $AD = 50 \text{ см} - vt$. Значення AD, коли дротинка лягає на дно, знаходимо з теореми Піфагора $y = \sqrt{AB^2 - BD^2} = 20 \text{ см}$. Точка C рухалась вздовж дуги кола протягом 30 с. Останні 20 с руху точки A нитка буде не натягнутою.

Траєкторія точки C за всі 100 с руху, а також графік залежності сили натягу нитки зображені на мал. 3 і мал. 4.



Задача 9.2

1) При переміщенні сірника зі сталою швидкістю вся робота, яку виконує сила F , переходить у тепло. Роботу виконує складова сили F вздовж напрямку переміщення, $A = Fl \cos \alpha$, де за умовою l дорівнює половині довжини смужки. Половина цієї роботи йде на нагрів речовини області контакту голівки сірника:

$$\frac{1}{2} Fl \cos \alpha = cm(t - t_0),$$

звідки:

$$m = \frac{Fl \cos \alpha}{2c(t - t_0)} = \frac{FL \cos \alpha}{4c(t - t_0)} = \frac{1 \cdot 53 \cdot 10^{-3} \cdot \cos 60^\circ}{4 \cdot 10^3 \cdot (250 - 20)} = 28,8 \cdot 10^{-9} \text{ кг.}$$

Відповідно до фотографії експеримент міг відбутися у кімнаті. Отже, можна за початкову температуру сірника обрати кімнатну $t_0 = 20^\circ \text{C}$.

2) Швидкість рівномірного руху сірника: $v = \frac{l}{t}$, де l – шлях, пройдений сір-

ником до моменту загорання за час t . Необхідно зазначити, що графік дозволяє визначити кількість теплоти за час t . Проте, слід зауважити, що кількість теплоти надана системі, яка зображена на графіку, змінюється з часом і є не постійною, тому $P \cdot t \neq \text{const}$. Критерієм вибору точки є умова, що теплота отримана сірником повинна бути більша за теплоту, необхідну для загорання сірника.

Це можна зробити, перебираючи різні значення часу або потужності. **Наприклад**, припустимо, що сірник внаслідок тертя отримував потужність $P_1 = 0,4 \text{ Вт}$. Тоді за графіком відповідний час його руху до загорання був $t_1 = 15 \text{ мс}$. Отже, отримана ним кількість теплоти $Q_1 = P_1 t_1 = 6 \text{ мДж}$. У нашому випадку кількість теплоти дещо більша $Q = \frac{1}{2} Fl \cos \alpha = 6,625 \text{ мДж}$. Підставляємо інші значення і після декіль-

кох спроб знаходимо найбільш точне: $P = 0,25 \text{ Вт}$, $t \approx 26,5 \text{ мс}$. Виходить, що відстань $l = 26,5 \text{ мм}$ сірник подолав за $t \approx 26,5 \text{ мс}$. Його швидкість була 1 м/с .

Звісно, можна було знайти значення потужності і часу без перебору чисел, помітивши, що у нашому випадку $Pt = 6,625 \text{ мДж}$. Якщо побудувати цю криву $t = 6,625 \text{ мДж}/P$ поверх запропонованого графіку, то точка перетину і дасть потрібні значення потужності і часу.

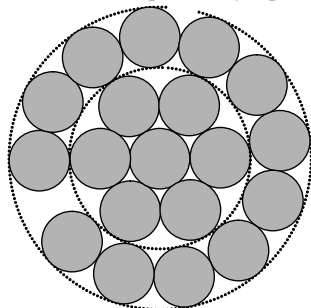
3) Під час нагріву зі збільшенням температури збільшуються теплові втрати. Отже, якщо сірник рухати повільно, речовина може й не прогрітися до температури загорання.

Задача 9.3 Див. 8 кл. № 5.

Задача 9.4

Сталь у дротах використовують завдяки її міцності. Це дозволяє зменшити кількість опор ліній електропередач, збільшивши між ними відстані. Щоб сталь не іржавіла під дією атмосферної вологи, її вкривають тонким шаром цинку. Алюміній виконує головну роль дроту, як добрий і досить дешевий провідник струму (його питомий опір майже у 5 разів менший за опір сталі). Але алюміній – м'який метал,

і тому алюмінієві дротини навивають навколо сталевих. Шари дроту навивають у протилежних напрямках, щоб ніяка з дротини не «провалилася» між дротинами попереднього шару або не піднялася над іншими. Розглянемо перпендикулярний переріз дроту, вважаючи, що всі дротини прямі і нінащо не навиваються (*див. мал. 1*). Як бачимо, якщо перший шар з 6 дротин ліг ідеально (ніяких зазорів між дротинами), то у другому шарі може бути не більше 12 дротин. Для того, щоб вони щільно прилягали одна до одної, слід їх трохи повернути. Тоді кожна проволочка другого шару навиватиметься на циліндр діаметром $3d$, а її форма нагадуватиме гвинтову лінію. З фотографії в умові задачі дійсно можна зробити висновок, що другий шар налічує 12 дротин (на фото видно шість, рівно половину). Тоді третій шар за умовою матиме $30 - 12 = 18$ алюмінієвих дротин. На фото у перпендикулярному до напрямку дроту перерізі напевне видно 8 дротин, що менше половини від 18. Це пояснюється збільшеним розміром циліндричної поверхні шару і тим, що фотографували дріт, мабуть, зблизька. Чим більший радіус циліндричної поверхні, тим меншу її частину ми побачимо на фото. Кількість дротин у шарі можна швидко оцінити, поділивши довжину кола, що проходить через центри відповідних дротин, на діаметр дротини d . Так, для другого шару радіус кола дорівнює $2d$.



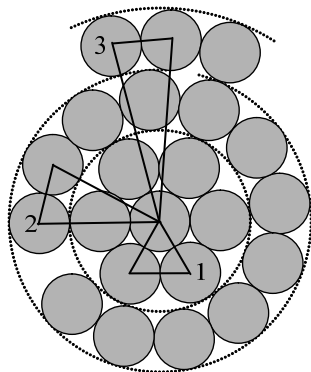
Мал. 1

Тому $N_2 \approx \frac{2\pi \cdot 2d}{d} = 4\pi \approx 12,57$. 12 дротин і ще трохи вільного місця, як на *мал. 1*.

Результат такої оцінки дещо завищений і буде тим точніший, чим більший радіус має черговий шар дротин. Для третього шару $N_3 \approx 6\pi \approx 18,85$, тобто 18 дротин і вільне місце. Для четвертого шару $N_4 \approx 8\pi \approx 25,13$. Оскільки отримане і дещо завищене число 25,13 близьке до 25, слід провести більш точні розрахунки. Попередньо можна зробити висновок, що у четвертому шарі точно може бути 24 дротини або менше. Звісно, можна й однією дротиною виток до витка намотати увесь четвертий шар. Але тоді при фактично однаковому розході алюмінію опір шару буде у 24^2 рази більшим (у 24 рази за рахунок довжини і у 24 рази за рахунок площі перерізу). Тому кількість дротин у шарі повинна бути якомога більшою, але й такою, що дозволяє їм надійно втримуватися за рахунок щільного навивання.

Альтернативні розрахунки:

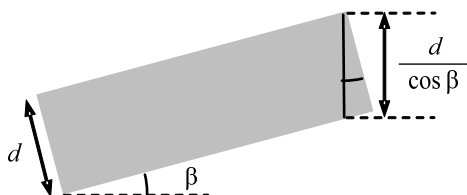
Перевіримо тепер кількість дротин у шарах дроту більш точними розрахунками. На *мал. 2* ми бачимо три рівнобедрені трикутники зі спільною вершиною посередині центральної дротини і основами однакової довжини d , що з'єднують центри сусідніх дротин, відповідно, 1-го, 2-го і 3-го шарів. Бокові сторони цих трикутників мають довжини d ,



Мал.2

2d, 3d. Якщо позначити номер шару буквою n , то довжина бокової сторони буде nd , а кут α_n , під яким її видно з центру, буде таким, що $\sin \frac{\alpha_n}{2} = \frac{1}{2n}$ (із співвідношення між протилежним катетом та гіпотенузою). Для першого шару $n=1$, $\sin \frac{\alpha_1}{2} = \frac{1}{2}$, цей кут $\alpha_1 = 60^\circ$, що рівно у 6 разів менше за 360° . Отже до першого шару входять 6 дротин, повертати які немає потреби. Для другого шару $n=2$, $\sin \frac{\alpha_2}{2} = \frac{1}{4}$. За допомогою калькулятора знаходимо кут $\alpha_2 = 28,955^\circ$, що у 12,433 раза менший за 360° . Отже, другий шар складається з 12 дротин, між якими залишається зайвий простір (див. мал. 1). Для третього шару $n=3$, $\sin \frac{\alpha_3}{2} = \frac{1}{6}$, кут $\alpha_3 = 19,188^\circ$, що у 18,762 раза менше за 360° . Маємо 18 дротин і досить значний зайвий простір, для заповнення якого дротини слід повернути на такий кут, щоб відповідні розміри кожної збільшились приблизно у $k_3 \approx 18,762/18 \approx 1,042$ раза. Для четвертого шару $n=4$, $\sin \frac{\alpha_4}{2} = \frac{1}{8}$, кут $\alpha_4 = 14,362^\circ$, що у 25,067 раза менше за 360° . Таким чином, теоретично четвертий шар може складатися з 25 дротин. Але тоді кут навивки буде настільки незначним, що дротинам цього шару буде важко втриматись, і після деякого часу експлуатації дроту вони почнуть провисати. Скоріш за все четвертий шар складається з 24 дротин, які слід повернути так, щоб розміри їх перерізів, перпендикулярні до напрямку на центр дроту, збільшились приблизно у $k_4 \approx 25,067/24 \approx 1,044$ раза. Це майже стільки ж, скільки у випадку третього шару ($k_3 \approx 1,042$), що технологічно зручно.

На мал. 3 ми бачимо згори верхню дротину дроту, яка утворює з напрямком дроту кут β і має перпендикулярний до цього напрямку переріз шириною $\frac{d}{\cos \beta}$. Для третього шару (зовнішньому на фото в умові задачі) $\frac{1}{\cos \beta_3} = k_3$, звідки



Мал. 3

знаходимо $\beta_3 = 16,3^\circ$. Аналогічно для четвертого шару $\beta_4 = 16,7^\circ$. Перевіримо отриманий результат на прикладі третього шару. Це можна зробити як мінімум двома способами: 1) провести дотичну до якоїсь дротини посередині дроту, виміряти сторони прямокутного трикутника (див. мал. 4, справа) і знайти кут γ ; 2) підрахувати кількість дротин, що перетинають лінію вздовж напрямку дроту (див. мал. 4, зліва). Обидва способи дають приблизно однаковий кут $\gamma \approx 11^\circ$. Згідно з нашими розрахун-

кам він мав би дорівнювати $16,3^\circ$. Причина розбіжності може бути як у наближеності наших розрахунків, так навіть у тому, що дріт на фото зробили більш «струнким», розтягнувши його електронне фото випадково або з естетичних міркувань. Але головна причина, мабуть, у неідеальності дроту. На фото це добре видно. В



Мал. 4

окремих місцях дротини деформовані, про що свідчить й різна відстань між стрілочками на мал. 4. Це призводить до того, що у реальному виробництві під час намотування середні відстані між центрами дротин у шарі перевищують діаметр однієї дротини, внаслідок чого кут намотування виявляється меншим, ніж теоретично розрахований. Це майже напевне робить дуже проблематичним намотування 25 дротин у четвертому шарі дроту.

Висновок: 4-й шар дроту складається з 24 дротин, які при намотуванні утворюють кут, менший від теоретично розрахованого $\beta_4 = 16,7^\circ$. На тому ж виробництві, де був зроблений дріт з фото, цей кут можна оцінити у 12° .

Тепер розрахуємо опір $l = 1$ км дроту з фото. Оскільки кут $\gamma \approx 11^\circ$ малий, довжина дроту перебільшуватиме довжину дроту всього у $\frac{1}{\cos \gamma} \approx 1,02$ раза. Знехтуємо цим,

вважаючи, що струм кожною дротиною тече перпендикулярно до її перерізу $\pi d^2/4$.

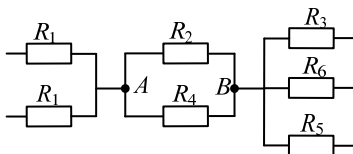
Опір однієї дротини $R = \rho l / S = 4\rho l / \pi d^2$. Загальний опір $R_{\text{заг}}$ паралельного з'єднання 7 сталевих і 30 алюмінієвих дротин:

$$\frac{1}{R_{\text{заг}}} = \frac{7\pi d^2}{4\rho_{\text{ст}}l} + \frac{30\pi d^2}{4\rho_{\text{ал}}l} = \frac{\pi d^2}{4l} \left(\frac{7}{\rho_{\text{ст}}} + \frac{30}{\rho_{\text{ал}}} \right),$$

Звідки знаходимо: $R_{\text{заг}} \approx 0,23$ Ом.

Задача 9.5

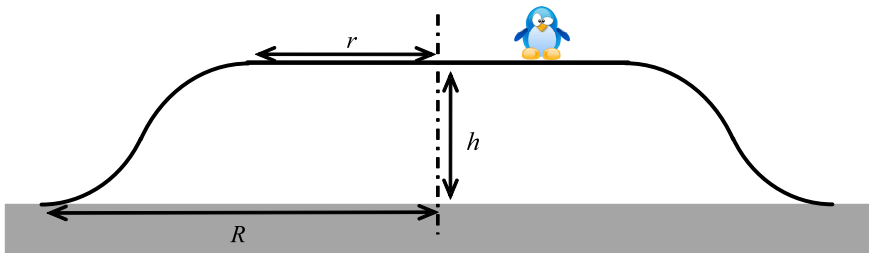
Розглянемо еквівалентне коло (див. мал.). Щоб не змінився режим роботи кола, потрібно відновити опір між точками A і B . $R_{AB} = R_2 R_4 / (R_2 + R_4) = 1,33$ Ом. Тобто R_4 замінити на R_{AB} .



10 клас

Задача 10.1

Згідно з умовою під час спуску пінгвін не відривається від поверхні айсбергу. Це можна розуміти по-різному.



1. Пінгвін за будь-якої швидкості нездатний відірватися від схилу, оскільки це заборонено автором задачі (птаха до схилу наче приклеївся).

2. Бажання автора недостатньо і треба врахувати фізичні чинники, що обумовлюють рух без відриву (швидкість, кривизна траєкторії). При цьому до малюнка можна віднестися або як до суто схематичного, або як до такого, що дозволяє змоделювати профіль схилу дугами парабол, кіл, тощо...

Найбільшої швидкості на горизонтальній ділянці пінгвін може набрати, рухаючись з максимальним прискоренням μg вздовж діаметру: $v_0 = \sqrt{2\mu g d} = 2\sqrt{\mu g r}$. Далі скористуємось законом збереження енергії

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

і отримаємо максимальну швидкість при вході у воду $v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{2g(2\mu r + h)} = 14 \text{ м/с}$.

Внаслідок циліндроподібної форми айсбергу і відсутності сил тертя, на пінгвіна під час спуску діє спрямована у вертикальній площині сила реакції з боку схилу. Отже, момент імпульсу пінгвіна відносно осі симетрії айсберга зберігатиметься. Припустимо, що пінгвін підбігає під кутом α до лінії майданчика (дуги кола радіусом r), а залишає айсберг під кутом β до дуги кола радіусом R . За законом збереження імпульсу маємо $mv_0 r \cos \alpha = mv R \cos \beta$, де v_0, v – швидкості на початку і наприкінці спуску. Пінгвін набув швидкості v_0 , розганяючись вздовж хорди, довжина якої $l = 2r \sin \alpha$, тобто він міг досягти максимальної швидкості $v_0 = \sqrt{2\mu g l} = \sqrt{4\mu g r \sin \alpha}$. Виражаємо $\cos \beta$ із закону збереження моменту імпульсу і враховуємо закон збереження енергії:

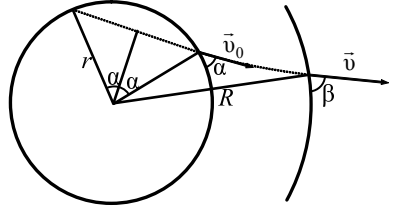
$$\cos \beta = \frac{rv_0}{Rv} \cos \alpha = \frac{rv_0 \cos \alpha}{R\sqrt{v_0^2 + 2gh}} = \frac{r \cos \alpha}{R\sqrt{1 + 2gh/v_0^2}}.$$

Як бачимо з останнього виразу, чим більшою виявиться швидкість v_0 , тим більшим буде $\cos \beta$, а, отже, меншим β . Тому підставимо $v_0 = \sqrt{4\mu g r \sin \alpha}$ і отримаємо:

$$\cos\beta = \frac{r \cos\alpha}{R \sqrt{1 + \frac{h}{2\mu r \sin\alpha}}} = \frac{r}{R} \sqrt{\frac{\sin\alpha \cos^2\alpha}{\sin\alpha + \frac{h}{2\mu r}}}$$

Залишається проаналізувати, за якого кута α кут β буде мінімальним. Підкореневий вираз доволі складний, але, у нашому випадку він спрощується, оскільки $h/(2\mu r) = 1$.

$$\begin{aligned} \cos\beta &= \frac{r}{R} \sqrt{\frac{\sin\alpha \cos^2\alpha}{\sin\alpha + 1}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin\alpha(1 - \sin^2\alpha)}{1 + \sin\alpha}} = \\ &= \frac{1}{2} \sqrt{\sin\alpha - \sin^2\alpha} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{4} - \left(\frac{1}{2} - \sin\alpha\right)^2} \end{aligned}$$



Найбільше значення $\cos\beta = 1/4$ маємо, коли

$\sin\alpha = 1/2$. Отже, пінгвін має розігнатися вздовж хорди, що утворює з дугою у місці дотику кут $\alpha = 30^\circ$, і, з'їхавши вниз, він відірветься від краю айсберга під кутом $\beta = \arccos(1/4) \approx 75,5^\circ$.

Задача 10.2 Див. 9 кл. № 4.

Задача 10.3

1) Унаслідок згоряння чергової малої порції палива КО отримує певний імпульс (отже, й зміну швидкості), пропорційний масі витраченого палива. Зміна швидкості Δv однакова в усіх інерціальних системах відліку; зміна ж кінетичної енергії

$$\Delta W_k = \frac{m(v + \Delta v)^2}{2} - \frac{mv^2}{2} \approx mv \cdot \Delta v \text{ тим більша, чим більша швидкість руху. Отже,}$$

найвигіднішим є вмикання двигуна під час максимально швидкого руху (тут нема протиріччя з законом збереження енергії: що більша швидкість, то меншу частку вивільненої енергії згоряння палива отримують гази, що відкидаються реактивним двигуном назад). Таким чином, можна запропонувати такий метод старту: КО скинути в тунель і в момент досягнення найбільшої швидкості (у центрі планети) увімкнути двигун на розгін. Витрата палива прямо пропорційна зміні швидкості КО. Підрахуємо потрібні зміни швидкості для обох випадків.

Потенціальна енергія взаємодії КО з планетою на поверхні планети дорівнює

$$-G \frac{Mm}{R} = -mgR, \text{ а в центрі планети ця енергія менша на } \frac{mgR}{2}, \text{ тобто дорівнює}$$

$$-\frac{3mgR}{2}. \text{ Цей результат впливає з того, що всередині однорідної планети сила тя-}$$

жіння пропорційна відстані до її центра. КО при падінні до центра планети набуває швидкості $v_1 = \sqrt{gR}$. Після роботи двигуна повна механічна енергія КО має збільшитися до нуля (КО віддаляється від планети на дуже велику відстань, потенціальна енергія зменшується за модулем більше ніж у 200 разів). Таким чином, при старті з

поверхні КО матиме швидкість $v_2 = \sqrt{2gR}$ (це друга космічна швидкість для даної планети), а при старті з середини тунелю (з центра планети) потрібна швидкість $v_3 = \sqrt{3gR}$. Отже, у першому випадку двигун має змінити швидкість КО на v_2 , а у другому — на $v_3 - v_1$.

Отже, відношення витрат палива становить $\frac{m_{\text{тунель}}}{m_{\text{поверхні}}} = \frac{v_3 - v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{3} - 1}{\sqrt{2}} \approx 0,52$. Застосування тунелю дозволить зекономити близько 48 % палива.

2) Через меншу швидкість порівняно з планетою КО матиме меншу велику піввісь траєкторії, а відповідно — й менший період обертання. Тому КО «обганятиме» планету і кожного разу торкатиметься її орбіти далі від планети. Скористаємося тим, що велика піввісь траєкторії a пов'язана з механічною енергією тіла через співвідношення $W = -G \frac{Mm}{2a}$ (див. додаток). У цьому розділі через M позначено масу зорі,

а не планети. За швидкості $v_0 = \sqrt{G \frac{M}{a_0}} = 30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ КО рухалася б коловою траєкторією радіусом $a_0 = 150$ млн км. Зазначимо, що період обертання коловою траєкторією $T_0 = \frac{2\pi a_0}{v_0} \approx 31,4 \cdot 10^6$ с (як і слід було очікувати, це приблизно один рік). Отже,

$W_0 = -\frac{mv_0^2}{2}$. Якщо швидкість КО на відстані a_0 від зорі трохи менша від v_0 (на $\Delta v = 10$ м/с), то кінетична й повна механічна енергії менші приблизно на $mv_0 \Delta v$. Отже, відносне збільшення модуля механічної енергії (і, відповідно, зменшення півові орбіти) становить $2\Delta v/v_0$.

Із третього закону Кеплера випливає, що відносне зменшення періоду обертання дорівнює $\frac{3}{2} \cdot \frac{2\Delta v}{v_0} = \frac{3\Delta v}{v_0}$. Отже, за цей час планета пройде менше від повної довжини колової траєкторії на $\frac{3\Delta v}{v_0} \cdot 2\pi a_0 = 6\pi a_0 \frac{\Delta v}{v_0} = 940\,000$ км. Саме на стільки збільшиться відстань між КО і планетою.

Додаток. Щоб довести формулу $W = -G \frac{Mm}{2a}$, розглянемо точки з найбільшою та найменшою відстанями від зорі (відповідно r_1, r_2). Ці точки лежать на великій осі еліпса; отже, швидкість у цих точках перпендикулярна до великої осі. Скористаємося законами збереження енергії та моменту імпульсу:

$$W = -G \frac{Mm}{r_1} + \frac{mv_1^2}{2} = -G \frac{Mm}{r_2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad L = mv_1 r_1 = mv_2 r_2.$$

Виключивши v_2 і скоротивши $r_1 - r_2$ $r_1 - r_2$ (випадок кола дуже легкий), отримуємо $G \frac{Mm}{r_1} = \frac{mv_1^2}{2} \cdot \frac{r_1 + r_2}{r_2}$, звідки $W = -G \frac{Mm}{r_1 + r_2} = -G \frac{Mm}{2a}$.

Задача 10.4 Див. 8 кл. № 3.

Задача 10.5 Див. 9 кл. № 5.

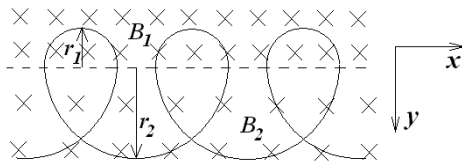
11 клас

Задача 11.1

Якби поле було однорідним, електрон обертався б навколо силових ліній зі швидкістю v_0 . Радіус орбіти знаходимо, прирівнюючи відцентрову силу та силу Лоренца: $\frac{mv_0^2}{r_0} = ev_0 B_0$, звідки $r_0 = \frac{mv_0}{eB_0}$. (1) Період обертання: $T = \frac{2\pi r}{v_0} = \frac{2\pi m}{eB_0}$. (2)

Неоднорідність магнітного поля в площині обертання приведе до того, що радіус обертання змінюватиметься вздовж траєкторії електрона. Щоб оцінити вплив даного ефекту, вважатимемо, що поле в площині $y = 0$ змінюється стрибком від величини $B_0(1 - r_0/L) \equiv B_0 - \Delta B$ до величини $B_0 + \Delta B$. В цьому випадку траєкторія електрона складається з двох півкіл відмінних радіусів r_1 та r_2 і виявляється незамкненою. В результаті електрон набуває постійної швидкості в напрямку x :

$$v_1 = \frac{2(r_1 - r_2)}{T} \quad (3)$$



Модельна траєкторія зарядженої частинки в поперечно-неоднорідному магнітному полі

Радіуси $r_{1,2}$ оцінюємо за формулою (1):

$$r_{1,2} = \frac{mv_0}{e(B_0 \mp \Delta B)} = \frac{mv_0}{eB_0(1 \mp \Delta B/B_0)} \approx r_0(1 \pm \Delta B/B_0) = r_0(1 \pm r_0/L). \quad (4)$$

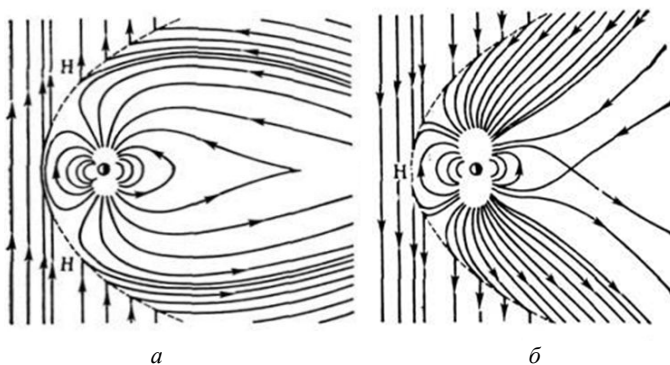
Тоді, підставивши (4) до (3), маємо, опускаючи в оцінці коефіцієнт порядку одиниці:

$$v_1 = \frac{4r_0^2}{LT} = \frac{2m^2 v_0^2 e B_0}{\pi e^2 B_0^2 L m} = \frac{2m v_0^2}{\pi e B_0 L}. \quad (5)$$

Точний розв'язок відрізняється від формули (5) числовим коефіцієнтом порядку одиниці. Швидкість, задана формулою (5), відома як швидкість **градієнтного дрейфу**.

Слід вказати, що магнітне поле, визначене в умові задачі, реалізувати у вакуумі неможливо. Зокрема, в моделі зі стрибкоподібною зміною поля, використаною в наведеному вище розв'язку, для створення стрибка напруженості в площині $y = 0$ в напрямку x має протікати поверхневий струм. У реальності за відсутності струмів

зміна магнітної індукції в напрямку, перпендикулярному до магнітних силових ліній, супроводжується їх викривленням і, відповідно, зміною віддалі між ними. Але зміна віддалі між сусідніми лініями магнітного поля приводить до зовсім іншого ефекту – при згущенні ліній поля зростає поперечна щодо поля компонента швидкості електронів, а поздовжня компонента в силу закону збереження енергії при цьому зменшується. В результаті за певних умов заряджена частинка може відбитися від згущення магнітних силових ліній – так званого **магнітного дзеркала**.



Структура магнітного поля магнітосфери Землі (меридіональний переріз) при північному (а) та південному (б) напрямках міжпланетного магнітного поля (північ угорі)

Гradientний дрейф і виникнення магнітного дзеркала, взагалі кажучи, не пов'язані безпосередньо між собою, і їх можна розглядати окремо.

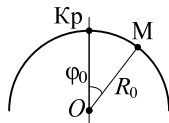
Описані ефекти мають місце, зокрема, в магнітосфері Землі, де магнітне поле на помірних відстанях нагадує магнітний диполь. Заряджені частинки рухаються вздовж магнітних силових ліній, одночасно обертаючись навколо них із циклотронною частотою. Зменшення магнітного поля з висотою породжує gradientний дрейф у широтному напрямку (вздовж паралелей), а згущення силових ліній біля магнітних полюсів – відбиття частини заряджених частинок від цих областей.

Задача 11.2

Відстань між мурахою та крихтою змінюється внаслідок двох «конкуруючих» між собою явищ – руху мурахи по поверхні кулі в напрямку крихти та рівномірного розширення кулі. Знайдемо спочатку залежність радіуса R кулі від часу. Об'єм

кулі змінюється згідно з умовою: $\frac{4\pi}{3} R^3 = \frac{4\pi}{3} R_0^3 + ut \rightarrow R(t) = \left(R_0^3 + \frac{3ut}{4\pi} \right)^{1/3}$.

Задачу зручно розв'язувати, досліджуючи, як змінюється кут між радіус-векторами мурахи (М) та крихти (Кр), де початок радіус-вектора співпадає з центром кулі. У момент часу t_0 , який будемо вважати початковим ($t_0 = 0$), кут між мурахою та їжею $\varphi_0 = L/(R_0)$. Кожен момент часу цей кут зменшується внаслідок руху



мурахи в напрямку крихти з шуканою швидкістю: $\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{v}{R(t)}$ (1).

Мураха досягне мети в той момент часу t , коли кут між нею і крихтою стане рівним нулю, тобто $\varphi(t) = 0$. Інтегруємо вираз (1) від початкового кута φ_0 до нуля

$$\int_{\varphi_0}^0 d\varphi = - \int_0^{\tau} v \frac{dt}{R(t)}, \quad \int_{\varphi_0}^0 d\varphi = 0 - \varphi_0 = -\frac{L}{R_0} \quad (1)$$

$$\int_0^{\tau} v \frac{dt}{R(t)} = v \int_0^{\tau} \frac{dt}{\left(R_0^3 + \frac{3ut}{4\pi}\right)^{1/3}} = \frac{2\pi v}{u} \left[\left(R_0^3 + \frac{3u\tau}{4\pi}\right)^{2/3} - R_0^2 \right] \quad (2)$$

Прирівнявши (1) і (2), отримаємо $v = uL / \left(2\pi R_0^3 \left[\left(1 + \frac{3u\tau}{4\pi R_0^3}\right)^{2/3} - 1 \right] \right)$.

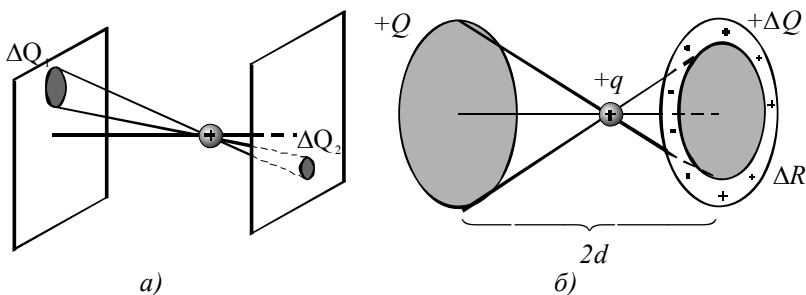
Задача 11.3

1). Положення рівноваги намістини (з міркувань симетрії) знаходиться посередині між пластинами (напруженість поля в цій точці дорівнює нулю).

2). Знайдемо величину повертаючої сили при зміщенні намістини на відстань x ($x \ll d$) від положення рівноваги.

Якби пластини були нескінченними, тоді, де б не знаходилась намістина, між ними сили, з якими пластини діяли б на неї, взаємно компенсувалися (мал. 2, а). Так виходить тому, що для будь-якого заряду ΔQ_1 на одній пластині завжди знайдеться відповідний йому заряд на другій пластині ΔQ_2 , дія якого повністю компенсує дію першого заряду.

Якщо пластини скінченні, то компенсація дії пластин на зміщену від центру намістину буде неповною. Нескомпенсованою залишається дія кільця на зовнішньому краю однієї з пластин (мал. 2, б). Воно і створює повертаючу силу.



Мал. 2

Знайдемо товщину цього кільця та його заряд (мал. 3, а):

$$\Delta R = R - \frac{d-x}{d+x} R = \frac{2x}{d+x} \cdot R \approx \frac{2x}{d} \cdot R$$

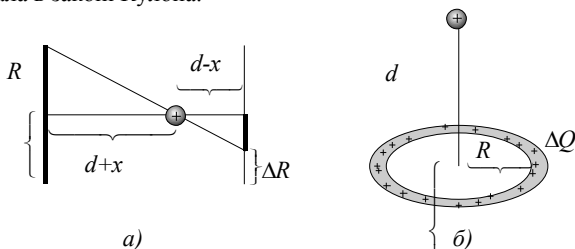
$$\text{та } \Delta Q = \frac{Q}{S} \cdot \Delta S = \frac{Q}{\pi R^2} \cdot 2\pi R \Delta R = 4 \frac{x}{d} \cdot Q.$$

Повертаюча сила, що діє на намистину, дорівнює

$$F = qE = k \frac{q\Delta Q \cdot d}{(d^2 + R^2)^{3/2}} = 4k \cdot \frac{qQ}{(d^2 + R^2)^{3/2}} \cdot x,$$

де $E = k \frac{\Delta Q \cdot d}{(d^2 + R^2)^{3/2}}$ – напруженість електричного поля кільця на його осі

(мал. 3, б), k – стала в законі Кулона.



Мал. 3

Запишемо другий закон Ньютона для намистинки

$$ma_x = -4k \cdot \frac{qQ}{(d^2 + R^2)^{3/2}} \cdot x.$$

Розв'язком цього рівняння є гармонічні коливання з частотою ω

$$\omega^2 = 4k \cdot \frac{qQ}{m \cdot (d^2 + R^2)^{3/2}}.$$

Період коливань:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot (d^2 + R^2)^{3/2}}{4k \cdot qQ}}.$$

Задача 11.4

Позначимо $t_1 = 4$ хв, $t_2 = t_1$; T — різниця температур води та навколишнього повітря.

Під час нагрівання виконується рівняння теплового балансу: $cm \frac{dT}{dt} = P - kT$.

Різницю максимально можливої температури (якщо відволіктися від кипіння) та миттєвої температури позначимо як: $z = \frac{P}{k} - T$.

Тоді рівняння теплового балансу набуває вигляду: $\frac{dz}{dt} = -\frac{k}{cm} z$,

тобто змінна z має експоненціальну залежність: $z = z_0 \exp\left(-\frac{k}{cm}t\right)$.

$$\text{Звідси } T = \frac{p}{k} \left(1 - \exp\left(-\frac{k}{cm}t\right) \right).$$

Застосувавши цю формулу двічі, отримаємо $p_1 / p_2 = 1 + \exp\left(-\frac{k}{cm}t_1\right)$ і, відповідно,

$$\frac{k}{cm}t_1 = 0,995 \approx 1. \text{ Звідси } T_{\max} = \frac{p_1}{k}(1 - 1/e) \text{ і } k = \frac{p_1}{T}(1 - 1/e).$$

а) Визначимо масу води в чайнику.

$$\text{З попередніх рівнянь } m = \frac{p_1 t_1}{cT}(1 - 1/e) \approx 0,9 \text{ кг.}$$

Якщо не округлювати ($0,995 \approx 1$), точна формула має вигляд

$$m = -\frac{p_1(2p_2 - p_1)t_1}{cp_2 T_{\max} \cdot \ln\left(\frac{p_2}{p_1} - 1\right)},$$

маса води в чайнику $m \approx 0,905$ кг.

б) Визначимо час остигання.

$$\text{Після вимикання чайника } cm \frac{dT}{dt} = -kT,$$

$$\text{Звідки } T = T_{\max} \exp\left(-\frac{k}{cm}t\right) = T_{\max} \exp\left(-\frac{t}{t_1}\right) \text{ і } t = t_1 \ln \frac{T_{\max}}{T}.$$

Для остигання від $T_{\max}$ (80°C) до T (75°C) знадобиться 15,6 с.

Задача 11.5

Еквівалентна схема за певного положення рухомого електрода матиме вигляд (див. мал.).

За правилом Кірхгофа для струмів маємо:

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

Падіння напруги між точкою підвісу та рухомих електродами буде рівним за рахунок струмів у обох вітках, тобто:

$$U = I_1 R_0 = I_2 \left(\frac{R}{2} - \Delta R \right). \quad (2)$$

Підставивши (1) в (2), отримаємо

$$I_1 R_0 = (I_0 - I_1) \left(\frac{R}{2} - \Delta R \right). \quad (3)$$

Тепер знайдемо ΔR . За умовою $\Delta R = \beta x$. У той же час зсув x можна визначити з умови рівності сили пружності та сили відштовхування між магнітами:

$$F_M = F_k, \quad \alpha I_1 = kx. \quad (4)$$

Звідси

$$\Delta R = \beta x = \frac{\alpha\beta}{k} I_1. \quad (5)$$

Підставимо (5) в (3), отримаємо

$$I_1 R_0 = (I_0 - I_1) \left(\frac{R}{2} - \Delta R \right) = (I_0 - I_1) \left(\frac{R}{2} - \frac{\alpha\beta}{k} I_1 \right). \quad (6)$$

Звідси для струму I_1 одержимо квадратне рівняння:

$$\frac{\alpha\beta}{k} I_1^2 - \left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \right) I_1 + I_0 \frac{R}{2} = 0, \quad (7)$$

Яке має розв'язки

$$I_1 = \frac{k}{2\alpha\beta} \left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \pm \sqrt{\left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \right)^2 - \frac{2R\alpha\beta}{k} I_0} \right). \quad (8)$$

Якщо обрати знак «+», то при спрямуванні k до нескінченності цей струм необмежено зростатиме, що неможливо. Отже, слід обрати знак «-».

Таким чином струм через пружину/котушку:

$$I_1 = \frac{k}{2\alpha\beta} \left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 - \sqrt{\left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \right)^2 - \frac{2R\alpha\beta}{k} I_0} \right). \quad (9)$$

Оскільки цей струм сталий, він повинен мати дійсне значення, тобто вираз під коренем повинен бути додатним.

$$\left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \right)^2 \geq \frac{2R\alpha\beta}{k} I_0. \quad (10)$$

З (10) можна отримати умову на струм I_0 , при виконанні якої буде справедливим результат (9). Позначимо

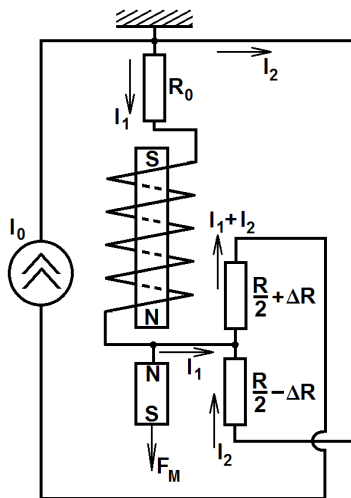
$$\xi = \sqrt{I_0},$$

тоді вираз під коренем в (9) обернеться на нуль, якщо справедливе рівняння:

$$R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} \xi^2 - \sqrt{\frac{2R\alpha\beta}{k}} \xi = 0. \quad (11)$$

Рівняння (11) має корені:

$$\xi = \frac{k}{2\alpha\beta} \left(\sqrt{\frac{2R\alpha\beta}{k}} \pm \sqrt{\frac{2R\alpha\beta}{k} - 4 \frac{\alpha\beta}{k} \left(R_0 + \frac{R}{2} \right)} \right), \text{ або ж}$$



$$\xi = \frac{k}{2\alpha\beta} \sqrt{\frac{2R\alpha\beta}{k}} \left(1 \pm \sqrt{1 - 2\left(\frac{R_0}{R} + \frac{1}{2}\right)} \right). \quad (12)$$

Очевидно, вираз під коренем в (12) завжди від'ємний, тобто при жодному дійсному значенні струму I_0 вираз під коренем в (9) на нуль не обертається. В той же час, очевидно, що при дуже малих I_0 цей підкореневий вираз додатний. Таким чином вираз (9) дає дійсне значення струму через котушку при будь-яких повних струмах I_0 .

Відповідь:

$$I_1 = \frac{k}{2\alpha\beta} \left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 - \sqrt{\left(R_0 + \frac{R}{2} + \frac{\alpha\beta}{k} I_0 \right)^2 - \frac{2R\alpha\beta}{k} I_0} \right)$$

при будь-якому значенні I_0 .

ЗАЯВКА

На участь у Всеукраїнському фізичному конкурсі „Левеня–2016”

від _____

(повна назва школи)

У нашій школі бажають взяти участь у конкурсі “Левеня–2016” _____ осіб.

Просимо вислати нам завдання для учасників

Клас (звичайний або спеціалізований)	мова	7	8	9	10	10Ф	11	11Ф
Кількість завдань	укр.							
	рос.							

Повна адреса школи:

(поштовий індекс – обов’язково)

(область, район)

(населений пункт)

(вулиця, номер будинку)

(назва школи)

Координатор проведення конкурсу у школі:

(прізвище)

(ім’я)

(по батькові)

Контактний тел. з кодом
населеного пункту:

моб. тел.:

e-mail:

Підпис _____

Заявку можна заповнити і
відправити на сайті ВФК
“Левеня”:

<http://levenia.com.ua>

ПОВІДОМЛЕННЯ

Благодійний фонд „Ліцей”

Установа банку: Філія АТ “Укрексімбанк”

Рахунок отримувача : 260030260560 МФО 325718

ЄДРПОУ 22360064

(прізвище, ім'я, по батькові, адреса платника)

Вид платежу	Дата	Сума
Благодійний внесок на проведення конкурсу “Левеня”		

Касир

Платник

ПОВІДОМЛЕННЯ

Благодійний фонд “Ліцей”

Установа банку: Філія АТ “Укрексімбанк”

Рахунок отримувача : 260030260560 МФО 325718

ЄДРПОУ 22360064

(прізвище, ім'я, по батькові, адреса платника)

Вид платежу	Дата	Сума
Благодійний внесок на проведення конкурсу “Левеня”		

Касир

Платник

ПРИМІТКА: Всі витрати на проведення конкурсу здійснюються за рахунок благочинних внесків учасників. Розмір благочинного внеску від (14 + 1) грн за одного учасника.

Докладніше читайте на сайті: <http://levenia.com.ua>

І н ф о р м а ц і й н е в и д а н н я

Міністерство освіти і науки України
Львівський фізико-математичний ліцей-інтернат
при Львівському національному університеті
імені Івана Франка

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИЧНИЙ КОНКУРС
“ЛЕВЕНЯ–2015”
Інформаційний вісник

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

Редактор і коректор *О л е к с а н д р* Хміль
Технічний редактор *Л е с я* Пелехата

Підписано до друку з готових
діапозитивів 16.07.2015.
Формат 60х84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк 4,185.
Обл.- вид. арк. 3,87. Наклад 30 000 прим.

Видавництво “Каменярь”, 79008, Львів, Підвальна, 3.
Свідцтво Держ. реєстру: серія ДК, № 462.
Ел. адреса: vyd@kamenyar.com.ua

Віддруковано ТЗОВ “Видавничий Дім ІНБУК”
79070 Львів, Г. Хоткевича, 14/117