

Міністерство освіти і науки України

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

**ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ
ФІЗИЧНИЙ
КОНКУРС
„ЛЕВЕНЯ – 2019”**

Інформаційний вісник



Львів
Каменяр
2019

УДК 372.853

B85

Інформаційний вісник підготовлено оргкомітетом за підсумками Всеукраїнського фізичного конкурсу «Левеня–2019» – 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.

Упорядник

Володимир Алексейчук

Оргкомітет конкурсу “Левеня – 2019”:

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

Адреса оргкомітету:

79054, Львів, вул. Караджича, 29

Львівський фізико-математичний ліцей

моб.тел.: 099-62-29-886

093-92-22-932

тел.: (032) 262-00-68

Е-mail: levenia.lviv@gmail.com

Вебсайт: <http://levenia.com.ua>

Директор ліцею

Мар'ян Добосевич

Благодійний фонд “Ліцей”:

Філія АТ “Укресімбанк”

рахунок отримувача

Виконавчий директор

благодійного фонду “Ліцей”

Михайло Мурашук

IBAN: UA213223130000026003000028161

МФО 322313, код ЄДРПОУ 22360064

Автор логотипу **Орест Бурак**

ISBN 978-966-607-510-0

©Львівський фізико-математичний ліцей, 2019

Чого б ти не навчався, ти навчаєшся для себе.

Петроній

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

З квітня 2019 року, згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 553 від 07.05.2012 року, відбувся XVIII Всеукраїнський фізичний конкурс “Левеня”.

Незважаючи на складну воєнно-політичну ситуацію на сході України, у конкурсі взяли участь **72 768** учасників з **2 723** шкіл України. Відмінні сертифікати отримали **9 435**, добрі – **27 632** конкурсантів. За цим стоїть велика організаційна робота координаторів, яким ми висловлюємо вдячність за підтримку та поширення ідей конкурсу.

Область	2015	2016	2017	2018	2019
АР Крим	–	–	–	–	–
м. Севастополь	–	–	–	–	–
Вінницька	4 731	4 550	4 564	4 027	2 750
Волинська	2 306	2 676	2 410	2 469	1 836
Дніпропетровська	10 343	11 310	11 114	10 187	8 599
Донецька	3 724	3 296	2 779	3 296	2 638
Закарпатська	4 662	3 427	2 543	2 291	1 974
Житомирська	5 713	5 566	5 422	5 207	4 716
Запорізька	5 071	5 248	4 681	3 899	3 328
Івано-Франківська	1 794	1 221	1 237	1 541	935
м. Київ	827	969	1 098	930	765
Київська	3 232	2696	2 702	2 783	2 222
Кіровоградська	2 324	2 701	2 543	2 509	1 615
Луганська	1 947	1 302	1 063	1 063	1 293
Львівська	9 022	9 386	8 847	8 928	7 346
Миколаївська	3 374	3 235	3 362	3 063	2 456
Одеська	1 884	1 742	1 928	2 011	1 719
Полтавська	5 844	5 843	5 528	4 757	4 650
Рівненська	4 598	4 651	4 233	4 800	4 444
Сумська	5 814	5 597	5 293	5 534	4 948
Тернопільська	2 776	2 543	2 306	2 323	1 696
Харківська	8 425	6 846	5 235	4 725	4 227
Херсонська	1 867	2 162	1 665	1 976	1 700
Хмельницька	3 644	3 568	3 237	2 208	2 180
Черкаська	2 979	3 085	2 840	2 491	1 611
Чернівецька	2 408	2 147	2 541	2 463	2 647
Чернігівська	774	925	514	658	473
Усього учасників	100 085	96 692	89 685	86 139	72 768

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.,
Лілія Володимирівна Васильченко – Запорізька обл.,
Наталя Олександрівна Куриндаш – Івано-Франківська обл.,
Леонід Володимирович Ліпчевський – Київська обл.,
Андрій Анатолійович Дробін – 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.,
Алла Миколаївна Северинова – Черкаська обл.,
Віталій Костянтинович Борча – Чернівецька обл.,
Людмила Миколаївна Ремидовська – Чернігівська обл.

Завдяки їхній праці в областях створено розгалужену мережу координаційних центрів конкурсу, 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 у 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 **8 квітня 2020 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 – 2019”

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 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!

Не спеціалізовані класи (7, 8, 9, 10, 11):

завдання 1–10 – три бали; 11–20 – чотири бали; 21–30 – п’ять балів.

Спеціалізовані класи (10ф, 11ф):

завдання 11–20 – три бали; 21–30 – чотири бали; 31–40 – п’ять балів.

7 К Л А С

1. Як змінюється сила Архімеда, що діє на бульбашку повітря, яка спливає з дна водойми?

А: збільшується;

Б: зменшується;

В: не змінюється;

Г: залежить від температури води.

2. У вас є мідний ($\rho = 8\,900\text{ кг/м}^3$) кубик. Для визначення його маси достатньо мати ...



А: термометр;

Б: спідометр;

В: лінійку;

Г: ареометр;

Д: секундомір.

3. Для визначення середньої швидкості спортсмена, що біжить дистанцію 200 м, достатньо мати ...

А: термометр;

Б: спідометр;

В: лінійку;

Г: ареометр;

Д: секундомір.

4. Яблука з дерев падають вниз, оскільки на них діє сила ...

А: пружності;

Б: тертя;

В: тяжіння;

Г: Архімеда.



5. Середня товщина людської волосини 0,00015 м. Яка з наведених величин відповідає даному значенню?

А: 15 мм;

Б: 1,5 мм;

В: 0,15 мм;

Г: 15 мкм.

6. Прилад, що показує масу одиниці об'єму рідини, називається...

А: спідометр; Б: терези; В: барометр; Г: ареометр; Д: термометр.

7. У радіатор трактора залили 20 л води. На скільки збільшилась маса трактора?

А: на 200 кг; Б: на 20 кг; В: на 2 кг; Д: на 0,2 кг.

8. Якщо автомобіль рухається зі швидкістю 54 км/год, тоді за кожну секунду він проходить шлях ...

А: 5,4 м; Б: 10 мм; В: 15 м; Г: 20 м; Д: 54 м.



9. При деформації пружини в ній виникає сила, величину якої можна розрахувати скориставшись законом ...

А: всесвітнього тяжіння; Б: Гука; В: Архімеда; Г: Паскаля.

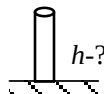
10. Підводні човни, що плавають у північних морях, перебуваючи на поверхні, покриваються товстим шаром льоду. Як це впливає на маневреність човна?

А: збільшує; Б: зменшує; В: не змінює.



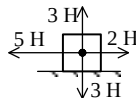
11. При якій мінімальній висоті колона з бетону ($\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$) може зруйнуватися під дією власної ваги, якщо допустимий тиск для бетону 5 МПа?

А: 2 м; Б: 20 м; В: 200 м; Г: 2000 м; Д: 20000 м.



12. На тіло діють чотири сили (див. мал.). Сума (рівнодійна) цих сил дорівнює ...

А: 13 Н; Б: 7 Н; В: 6 Н; Г: 3 Н; Д: 0.



13. 1). Якщо у блюдце з водою поставити перевернуту гарячу склянку, тоді через деякий час рівень води у склянці стане вищим, ніж у блюдці. 2). Нагріті медичні банки "присмоктуються" до тіла людини.

Це свідчить про те, що тиск повітря залежить від його ...

А: маси; Б: об'єму; В: температури; Г: кольору; Д: складових.

14. Який тиск створює куля на поверхню стола під дією сили 2000 Н, якщо площа опори $0,01 \text{ мм}^2$?

А: 20 Па; Б: $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$; В: $2 \cdot 10^9 \text{ Па}$; Г: $2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$.



15. У горизонтальній трубці, що закрита з одного боку, міститься стовпчик рідини довжиною l (густина ρ) і повітря. Який тиск P повітря в трубці? Атмосферний тиск P_0 .



А: $P_0 - \rho gl$; Б: P_0 ; В: $P_0 + \rho gl$; Г: визначити неможливо.

16. З якою, приблизно, швидкістю рухається Земля навколо Сонця? Відстань від Землі до Сонця 150 000 000 км. Довжина кола $l = 2\pi R$.

А: 1 м/с; Б: 30 м/с; В: 100 м/с; Г: 30 км/с; Д: 100 км/с.

17. Для визначення сили Архімеда, що діє на тіло, яке плаває у воді, достатньо мати ...

А: ареометр; **Б:** термометр; **В:** терези; **Г:** лінійку; **Д:** спідометр.

18. Є чотири дерев'яні палиці однакового перерізу, але різної довжини. Вкажіть яку палицю важче зламати?

А: завдовжки 1,5 м; **Б:** завдовжки 1,2 м; **В:** завдовжки 0,9 м; **Г:** завдовжки 0,3 м.

19. У скільки разів період обертання годинної стрілки годинника більший, за період обертання його хвилинної стрілки?

А: у 3 600 разів;

Б: у 60 разів;

В: у 24 рази;

Г: у 12 разів;

Д: однаковий.



20. Розв'язуючи задачу, отримали кінцеву формулу $mg/\Delta x$, де: m – маса, $g = 9,8$ Н/кг, Δx – видовження. Яку величину визначили?

А: силу; **Б:** густину; **В:** коефіцієнт жорсткості; **Г:** об'єм; **Д:** швидкість.

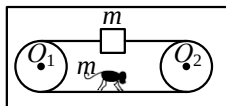
21. На гладкій горизонтальній поверхні знаходяться два легких колеса з закріпленими вертикальними вісями обертання (O_1 , O_2), через які перекинута легка мотузку, що причеплена до нерухомого тіла m . Нерухомо мавпа, потягнувши за мотузку, почала рухатись вправо зі швидкістю v .

(На мал. вигляд зверху.) В якому напрямі почне рухатись тіло m ? Тертя відсутнє.

А: вліво;

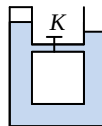
Б: вправо;

В: залишиться нерухомим.



22. В закритій з одного кінця U -подібній трубці, коліна якої з'єднані тоненькою трубкою з краном K , міститься рідина. В якому напрямі потече рідина, якщо відкрити кран?

А: вліво; **Б:** вправо; **В:** не потече; **Г:** залежить від густини рідини.



23. У фігурній трубці перерізом S містяться стовпчики рідини (h , $2h$, $3h$) густиною ρ , повітря і корок (нерухомі). Визначте силу тертя, що діє на корок? ($\leftarrow$ – вліво, $\rightarrow$ – вправо)

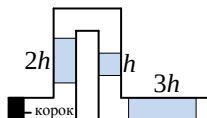
А: 0;

Б: $\leftarrow$, ρghS ;

В: $\rightarrow$, ρghS ;

Г: $\leftarrow$, $2\rho ghS$;

Д: $\rightarrow$, $2\rho ghS$.



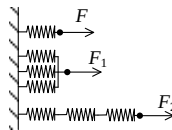
24. Щоб розтягти пружину на Δx , потрібно прикласти силу F . Яку силу потрібно прикласти до трьох пружин, щоб кожную розтягнути на Δx ? 1). Пружини з'єднані паралельно. F_1 – ? 2). Пружини з'єднані послідовно. F_2 – ?

А: $F_1 = F_2 = F$;

Б: $F_1 = F_2 = 3F$;

В: $F_1 = F$, $F_2 = 3F$;

Г: $F_1 = 3F$, $F_2 = F$.



25. У посудині з ртуттю плаває сталевая кулька. Як зміниться глибини занурення кульки у ртуть, якщо зверху на ртуть налити воду?

А: збільшиться;

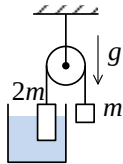
Б: зменшиться;

В: не зміниться.

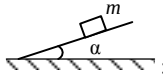
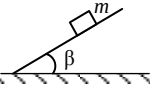


26. Через нерухомий блок (колесо з закріпленою віссю, без тертя) перекинута легка мотузку, на якій закріплено два тіла (m і $2m$). Тіло $2m$ занурене в рідину, тіла нерухомі. Яка сила Архімеда діє на тіло $2m$?

А: $mg/2$; Б: mg ; В: $2mg$; Г: $3mg$; Д: 0.

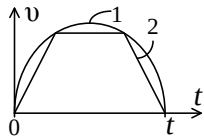


27. В якому випадку тіла однакової m , що лежать на горизонтальній і похилих площинах, діють на поверхню з найбільшою силою?

А: ; Б: ; В: ; Г: однаково.

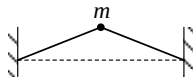
28. На малюнку зображено залежність швидкості двох тіл від часу. Яке з тіл пройшло більший шлях за час t ?
1 – дуга кола, 2 – ламана.

А: 1; Б: 2; В: однаковий; Г: відповісти неможливо.



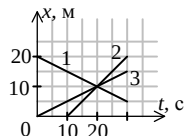
29. Тягарець m , закріплений посередині струни (див. мал.), коливається з амплітудою 1 мм. Який шлях проходить тягарець за одну секунду, якщо період коливачь струни $0,002$ с?

А: 2 мм; Б: 1 мм; В: 2 м; Г: 4 м; Д: 8 м.



30. На малюнку зображено графіки залежності координати від часу, для трьох тіл, що рухаються вздовж вісі OX . Через скільки часу, від початку руху другого тіла 2, вони зустрілись?

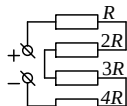
А: 5 с; Б: 10 с; В: 15 с; Г: 20 с; Д: 25 с.



8 К Л А С

1. В якому резисторі на малюнку сила струму найбільша?

А: R ; Б: $2R$; В: $3R$; Г: $4R$; Д: струм однаковий.

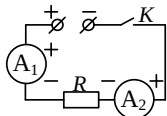


2. При розв'язуванні задачі учень визначив, що заряд металевої кульки дорівнює $2,3 \cdot 10^{-19}$ Кл. Чи правильно він розв'язав задачу?

А: так; Б: ні; В: відповісти неможливо.

3. Який амперметр “згорить” (після замикання ключа K) в електричному колі на малюнку?

А: тільки A_1 ; Б: тільки A_2 ; В: обидва; Г: жоден не “згорить”.



4. Які явища свідчать про зміну тиску газів при зміні температури? 1). Від дровин, що горять, з тріском відскакують іскри; 2). Якщо закрити порожню пластикову пляшку винести взимку на двір, вона стискається; 3). Невелика тріщина у скляному балоні лампи розжарення призводить до її вибуху під час включення; 4). Медичні банки присмоктуються до тіла людини.

А: тільки 1 і 2;

Б: тільки 3 і 4;

В: тільки 1, 2 і 3;

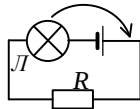
Г: 1, 2, 3 і 4.

5. Як зміниться яскравість свічення лампочки L , якщо її включити в електричне коло (див. мал.) праворуч від джерела струму?

А: збільшиться;

Б: не зміниться;

В: зменшиться.

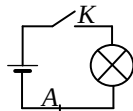


6. Після замикання ключа K електрони в провідниках електричного кола почали рухатись впорядковано. В якому напрямі рухаються електрони в перерізі A провідника?

А: вправо;

Б: вліво;

В: відповіді неможливо.



7. З наведених речовин виберіть найкращий ізолятор.

А: скло;

Б: гума;

В: повітря;

Г: мідь;

Д: вакуум.

8. Зміна показів якого з приладів свідчить про зміну швидкості руху частинок речовини?

А: спідометр;

Б: терези;

В: барометр;

Г: ареометр;

Д: термометр.

9. Як змінюється відстань між атомами сталевोї балки при її нагріванні?

А: збільшується;

Б: зменшується;

В: не змінюється;

Г: залежить від атмосферного тиску.

10. Яка властивість рідин не важлива при використанні їх у гідравлічних пристроях (прес, домкрат, гальма...)?

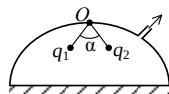
А: мала стисливість;

Б: текучість;

В: виконується закон Паскаля;

Г: велика теплоємність.

11. Під ковпаком у точці O на однакових нитках закріплено дві заряджені (q_1 і q_2) кульки однакової маси. Як буде змінюватись кут розходження ниток α , якщо з-під ковпака відкачувати повітря? Силою Архімеда знехтувати.



А: не зміниться; **Б:** зменшиться; **В:** збільшиться; **Г:** залежить від знаків зарядів.

12. Яка з однакових лампочок (в електричному колі на малюнку) світить яскравіше?

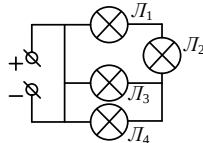
А: L_1 ;

Б: L_2 ;

В: L_3 ;

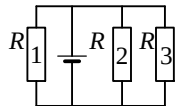
Г: L_4 ;

Д: жодна не світить.



13. В електричному колі всі резистори однакові. Сила струму в якому з резисторів найбільша?

- А: 1; Б: 2; В: 3; Г: однакова у всіх.



14. У холодильниках труби, по яких тече охолоджуюча рідина, розташовують у верхній частині корпусу. Це пов'язано з явищем ...

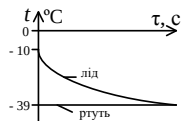
- А: дифузії; Б: конвекції; В: броунівського руху;
Г: теплопровідності; Д: випромінювання.

15. Питома теплота згоряння вологих дров менша ніж у сухих. Це пов'язано з явищем...

- А: конденсації; Б: випаровування; В: конвекції; Г: кристалізації.

16. У калориметр з ртуттю при $t_1 = -39^\circ\text{C}$ поклали лід при $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Графік залежності температури речовин від часу зображено на малюнку. Що відбувається з ртуттю?

- А: плавиться; Б: нагрівається;
В: кристалізується; Г: охолоджується.



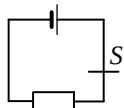
17. Якій фізичній величині відповідає вираз: $\frac{kx^2}{F}$, де: x – відстань, k – коефіцієнт

пружності, F – сила?

- А: часу; Б: швидкості; В: роботі; Г: силі; Д: відстані.

18. Для визначення кількості електронів, що проходять через переріз провідника S (див. мал.) за $t = 3$ с, достатньо мати ... (1 – вольтметр, 2 – амперметр, 3 – омметр) і знати ... (N_A – число Авогадро, e – елементарний заряд, γ – гравітаційну сталу)

- А: 1, N_A ; Б: 2, e ; В: 3, γ ; Г: 1, e ; Д: 2, γ .



19. Досить часто, коли блискавка влучає у дерево, воно розколюється. Це пов'язано з явищем ...

- А: кристалізації; Б: пароутворення; В: конденсації;
Г: конвекції; Д: плавлення.

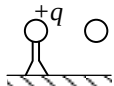


20. Для визначення маси дерев'яної лінійки (наприклад, 30 см) вам достатньо мати ...

- А: 2 кг гирю; Б: ареометр; В: циркуль; Г: 10 г тягарець; Д: секундомір.

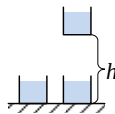
21. До зарядженої скляної кульки (+ q) торкнулись другою скляною незарядженою кулькою, такого самого розміру. Який заряд отримає друга кулька?

- А: 0; Б: $q/3$; В: $q/2$; Г: q ; Д: відповісти неможливо.



22. У легкій посудині міститься вода. На яку висоту h можна підняти цю посудину за рахунок енергії, що виділяється при охолодженні води на 10°C ? ($c_{\text{води}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$).

A: 1 м; **Б:** 42 м; **В:** 100 м; **Г:** 4200 м; **Д:** 10 км.



23. Щоб вода в колбі кристалізувалася достатньо мати ...

A: динамометр; **Б:** барометр; **В:** насос; **Г:** електродвигун; **Д:** нагрівник.



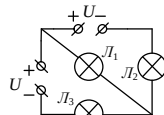
24. У воді при кімнатній температурі, практично повністю зануреною, плаває скляна куля з порожниною. Що станеться з кулею, якщо воду нагріти?

A: потоне; **Б:** спливе; **В:** ніщо не зміниться.



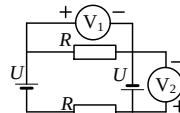
25. В електричному колі на малюнку джерела і лампочки однако-ві. Яка з лампочок світить яскравіше?

A: L_1 ; **Б:** L_2 ; **В:** L_3 ; **Г:** всі однако-во; **Д:** жодна не світить.



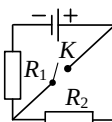
26. В електричному колі джерела і резистори однакові. Поляр-ність підключення якого з вольтметрів вказана неправильно?

A: V_1 ; **Б:** V_2 ; **В:** V_1 і V_2 ; **Г:** V_1 і V_2 – правильно.



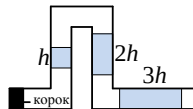
27. В електричному колі напруга джерела постійна, $R_1 = R_2$. Як зміниться швидкість впорядкованого руху носіїв струму в резисторі R_1 після замикання ключа K ? ($\uparrow$ – збільшиться, $\downarrow$ – зменшиться, $\leftrightarrow$ – не зміниться). $U = \text{const}$.

A: $\leftrightarrow$; **Б:** $\uparrow$ – у 2 рази; **В:** $\uparrow$ – у 4 рази; **Г:** $\downarrow$ – у 2 рази; **Д:** $\downarrow$ – у 4 рази.



28. У фігурній трубці перерізом S містяться стовпчики рідини (h , $2h$, $3h$) густиною ρ , повітря і корок (нерухомі). Визначте силу тертя, що діє на корок? ($\leftarrow$ – вліво, $\rightarrow$ – вправо)

A: 0; **Б:** $\leftarrow$, ρghS ; **В:** $\rightarrow$, ρghS ; **Г:** $\leftarrow$, $2\rho ghS$; **Д:** $\rightarrow$, $2\rho ghS$.



29. Великі птахи (орли, яструби, соколи...) можуть довгий час парити високо в небі на одній висоті, не махаючи крилами. Це пов'язано з явищем...

A: теплопровідності; **Б:** випаровування; **В:** конвекції; **Г:** гравітації.



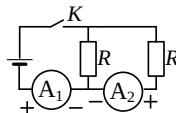
30. Лікарі при місцевій анестезії (знеболювання при уколах) використовують речо-вини, що швидко випаровуються, – хлороформ, ефір. На якому фізичному явищі ґрунтується знеболення?

A: нагріванні; **Б:** конденсації; **В:** кипінні; **Г:** конвекції; **Д:** охолодженні.

9 КЛАС

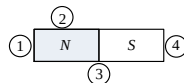
1. Який амперметр “згорить”, після замикання ключа K , в електричному колі на малюнку?

A: тільки A_1 ; **B:** тільки A_2 ; **B:** обидва; **Г:** жоден не “згорить”.



2. До штабового магніту притяглися чотири сталеві кульки (однакові). В якому випадку для відривання кульки від магніту потрібно прикласти найбільшу силу?

A: тільки 1; **B:** тільки 2; **B:** тільки 3; **Г:** тільки 4; **Д:** 1 і 4.

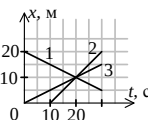


3. Яким зовнішнім впливом можна змінити швидкість радіоактивного розпаду?

A: нагріванням; **B:** охолодженням; **B:** зміною тиску;
Г: електромагнітною дією; **Д:** це неможливо.

4. На малюнку зображено графіки залежності координати від часу для трьох тіл, що рухаються вздовж вісі OX . Швидкість якого з тіл найбільша?

A: 1; **B:** 2; **B:** 3; **Г:** однакова.



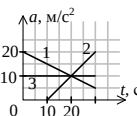
5. Лопаті гвинта літака, що повернуті до кабіни пілота, фарбують у чорний колір. Це пов'язано з явищем ... світла.

A: поглинання; **B:** відбивання;
B: заломлення; **Г:** прямолінійного розширення.



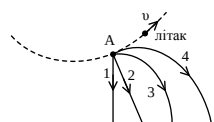
6. На малюнку зображено графіки залежності прискорення від часу для трьох тіл, що рухаються вздовж вісі OX . На яке з тіл діє сила, що збільшується?

A: 1; **B:** 2; **B:** 3; **Г:** немає такого тіла.



7. На малюнку зображена (пунктиром) траєкторія руху літака, який у точці A скинув бомбу. По якій приблизно траєкторії буде рухатись бомба?

A: 1; **B:** 2; **B:** 3; **Г:** 4.

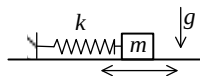


8. Які з наведених речовин є провідниками? 1) алюміній; 2) рідка ртуть; 3) кухонна сіль; 4) чиста вода; 5) розчин солі у воді.

A: 1, 2, 3; **B:** 2, 3, 4; **B:** 3, 4, 5; **Г:** 4, 5, 1; **Д:** 5, 1, 2.

9. На гладкій горизонтальній поверхні тіло m здійснює коливання під дією пружини K . Скільки сил діє на тіло в момент проходження положення рівноваги?

A: 1; **B:** 2; **B:** 3; **Г:** 4.



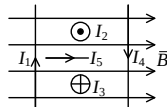
10. 1). В степу не чути відлуння. 2). В лісі важко визначити напрям на джерело звуку. 3). Музика в заповненому глядачами залі звучить не так гучно, як у порожньому. Це пов'язано з явищем ... звуку.

А: заломлення; **Б:** відбивання; **В:** поглинання; **Г:** дифракції.

11. В умовах невагомості свічка буде деякий час горіти слабким неяскавим полум'ям кулеподібної форми, а потім згасне. Це пов'язано з тим, що відсутня... 1) броунівський рух; 2) дифузія; 3) конвекція.

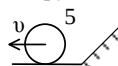
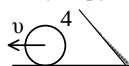
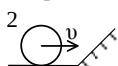
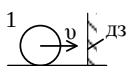
А: тільки 1; **Б:** тільки 2; **В:** тільки 3; **Г:** тільки 1 і 2; **Д:** 1, 2 і 3.

12. У магнітному полі B знаходяться п'ять провідників зі струмом. На який з провідників діє сила Ампера, що напрямлена до нас, перпендикулярно площині малюнка?



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

13. В яких випадках зображення кулі в плоскому дзеркалі буде рухатись вгору?



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

14. У торгівлі використовують не пружинні, а важільні ваги. Це пов'язано з тим, що Земля ... 1) неоднорідна, 2) не куля, 3) обертається, 4) має негативний заряд, 5) створює магнітне поле.



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.

15. При 1) короткозорості чи 2) далекозорості окуляри збільшують освітленість зіниці ока?

А: 1; **Б:** 2; **В:** 1 і 2; **Г:** окуляри зменшують освітленість зіниці.

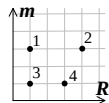


16. Якій фізичній величині відповідає вираз: $\frac{aq t}{S}$, де: S – шлях, q – заряд,

a – прискорення, t – час?

А: силі струму; **Б:** швидкості; **В:** роботі; **Г:** силі; **Д:** масі.

17. На графіку залежності маси планети (m) від її радіуса (R) точки відповідають різним планетам. На якій планеті найбільше прискорення вільного падіння?



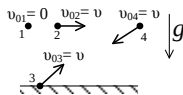
А: 1; **Б:** 2; **В:** 3; **Г:** 4.

18. Краплини води, з яких складаються хмари, прозорі для видимого світла. Для спостерігача на Землі хмари непрозорі. Це пов'язано з ... світла.

А: поглинанням; **Б:** прямолінійним поширенням; **В:** розсіянням; **Г:** заломленням.

19. Яке з тіл (*див. мал.*), що кинули біля поверхні Землі, рухається з постійним прискоренням? Опором повітря знехтувати.

А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: тільки 4; Д: всі.



20. Чи можна користуватись ареометром на Місяці, де прискорення вільного падіння у 6 разів менше, ніж на Землі?

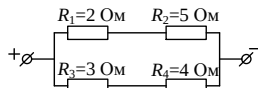
А: так, але треба змінити шкалу;

Б: так, нічого міняти не треба;

В: ні.

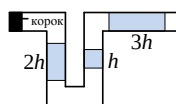
21. В електричному колі на малюнку всі опори мають однаковий розмір і колір. Температура якого з опорів найбільша?

А: R_1 ; Б: R_2 ; В: R_3 ; Г: R_4 ; Д: однакові.



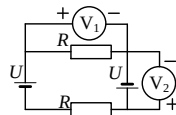
22. У фігурній трубці перерізом S містяться стовпчики рідини (h , $2h$, $3h$) густиною ρ , повітря і корок (нерухомі). Визначте силу тертя, що діє на корок? ($\leftarrow$ – вліво, $\rightarrow$ – вправо)

А: 0; Б: $\leftarrow$, ρghS ; В: $\rightarrow$, ρghS ; Г: $\leftarrow$, $2\rho ghS$; Д: $\rightarrow$, $2\rho ghS$.



23. В електричному колі джерела і резистори однакові. Полярність підключення якого з вольтметрів вказана правильно?

А: V_1 ; Б: V_2 ; В: V_1 і V_2 ; Г: V_1 і V_2 – неправильно.



24. На столі лежить тіло масою m . Чи зможете ви підняти це тіло на висоту $h = 20$ см прикладаючи силу F , яка не перевищує силу тяжіння, що діє на тіло ($F \leq mg$)?

А: так;

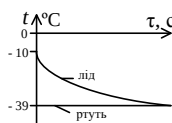
Б: ні;

В: залежить від пори року.

25. У калориметр з ртуттю при $t_1 = -39^\circ\text{C}$ поклали лід при $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Графік залежності температури речовин від часу зображено на малюнку.

$t_1 = -39^\circ\text{C}$ – це температура ... ртуті.

А: плавлення; Б: нагрівання; В: кипіння; Г: охолодження.



26. Яке зображення ми бачимо в ялинкових кульках – прикрасах?

А: дійсне;

Б: уявне;

В: і дійсне, і уявне.



27. Ви дивитесь на джерело світла S крізь скляну банку. Скільки разів світло, що приходить крізь банку, заломлюється?

А: 1;

Б: 2;

В: 3;

Г: 4;

Д: 5.



28. Зображення якої стрілки у збиральній лінзі одночасно і дійсне і уявне?

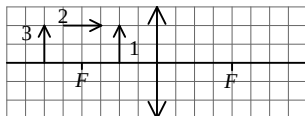
А: тільки 1;

Б: тільки 2;

В: тільки 3;

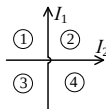
Г: 1 і 2;

Д: це неможливо.



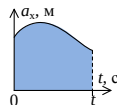
29. Два довгих провідники зі струмами (I_1 , I_2) розташовані перпендикулярно і лежать в одній площині. В яких з виділених ділянок площини можуть знаходитись точки, в яких магнітного поля немає?

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



30. Тіло рухається уздовж вісі OX . Який фізичний зміст має площа під графіком залежності проекції прискорення тіла від часу (див. мал.)? Ця площа чисельно дорівнює ... тіла.

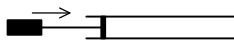
А: зміні проекції швидкості; Б: швидкості;
В: проекції переміщення; Г: зміні кінетичної енергії; Д: шляху.



10(10ф) К Л А С

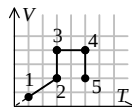
1. Ви швидко стиснули повітря, перемістивши поршень велосипедного насоса. Які з величин, що характеризують повітря під поршнем, не змінились? 1) тиск, 2) об'єм, 3) температура, 4) концентрація, 5) маса, 6) молярна маса, 7) швидкість руху частинок.

А: 1 і 2 Б: 3 і 4; В: 5 і 6; Г: 3 і 7; Д: 4 і 6.



2. Із сталою масою газу здійснили процеси 1-2-3-4-5 (див. мал.). На якій ділянці об'єм газу зменшився при сталій температурі?

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



3. У скляній колбі, що знаходиться в космічному кораблі, який рухається вільно (двигуни виключені), ртуть прийме форму кулі (див. мал.). Це пов'язано з явищем ...

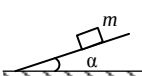
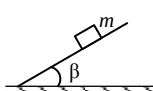
А: об'ємного розширення; Б: змочування;
В: не змочування; Г: теплообміну; Д: гравітації.



4. Яке з тіл зазнає деформації зсуву?

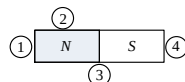
А: стіни будинку; Б: трос підйомного крану;
В: залізничні рейки; Г: папір при різанні ножицями.

5. В якому випадку тіла однакової m , що лежать на горизонтальній і похилих площинах, діють на поверхню з найменшою силою?

А: ; Б: ; В: ; Г: однаково.

6. До штабового магніту притяглися чотири сталеві кульки (однакові). В якому випадку для відривання кульки від магніту потрібно прикласти найменшу силу?

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



7. Як зміниться період коливань математичного маятника, якщо в ньому алюмінієву кульку замінити свинцевою такого самого розміру?

A: збільшиться;

Б: зменшиться;

В: не зміниться.



8. У посудині міститься суміш азоту (N_2) і неону (Ne). Порівняйте середні кінетичні енергії поступального руху молекул азоту (K_a) і неону (K_n) ($\mu_a > \mu_n$).

A: $K_a > K_n$;

Б: $K_n = K_a$;

В: $K_a < K_n$.



9. Теплова машина, виконавши роботу 60 Дж, віддала холодильнику 40 Дж теплоти Який ККД машини?

A: 60 %;

Б: 40 %;

В: 20 %;

Г: 100 %.

10. На малюнку зображено графіки залежності координати від часу для трьох тіл, що рухаються вздовж вісі OX . Яку відстань пройшло перше тіло до зустрічі з другим?

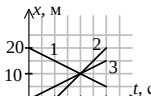
A: 5 м;

Б: 10 м;

В: 15 м;

Г: 20 м;

Д: 25 м.



11. Інтенсивність якого з явищ зростає з підвищенням температури? 1) броунівський рух; 2) дифузія; 3) осмос.

A: тільки 1;

Б: тільки 2;

В: тільки 3;

Г: тільки 1 і 2;

Д: 1, 2 і 3.

12. Які з тіл (*див. мал.*), що одночасно кинули біля поверхні Землі, впадуть одночасно? Опором повітря знехтувати.

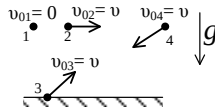
A: 1 і 2;

Б: 2 і 4;

В: 1 і 4;

Г: всі;

Д: жодні.



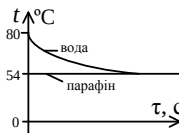
13. У калориметр з парафіном при $t_1 = 54^\circ\text{C}$ вилили воду при $t_2 = 80^\circ\text{C}$. Графік залежності температури речовин від часу зображено на малюнку. Що відбувається з парафіном?

A: нагрівається;

Б: охолоджується;

В: плавиться;

Г: кристалізується.



14. Щоб з'ясувати, що речовина кристалічна, а не аморфна, достатньо скористатись явищем...

A: кипіння;

Б: плавлення;

В: дифузії;

Г: теплопровідності.

15. Чому дорівнює імпульс тіла, масою 2 кг, що має кінетичну енергію 4 Дж?

A: 1 Н·с;

Б: 2 Н·с;

В: 4 Н·с;

Г: 8 Н·с;

Д: 16 Н·с.

16. Хмари складаються з маленьких краплинок води, густина яких у 800 разів більша за густину повітря. Хмари не падають на землю, це, в основному, пов'язано з ...

A: конденсацією;

Б: випаровуванням;

В: конвекцією;

Г: флуктуаціями густини повітря;

Д: дифузією.



17. Якщо опір повітря відсутній то, тоді для тіла, кинутого під кутом до горизонту (в польоті) зберігається ... 1) імпульс; 2) проекція імпульсу на горизонтальну вісь; 3) проекція імпульсу на вертикальну вісь; 4) механічна енергія; 5) кінетична енергія.

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

18. Якій фізичній величині відповідає вираз qat/l , де: q – заряд, a – прискорення, l – довжина, t – час?

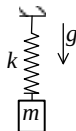
А: масі; Б: роботі; В: швидкості; Г: силі; Д: силі струму.

19. Для миття рук людина використовує мило. Це пов'язано з тим, що мило ... коефіцієнт поверхневого натягу води.

А: збільшує; Б: зменшує; В: не змінює.

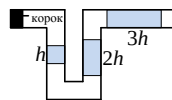
20. Для визначення прискорення вільного падіння за допомогою пружинного маятника достатньо мати ... (1) лінійку, 2) годинник, 3) барометр, 4) ареометр, 5) похилу площину).

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



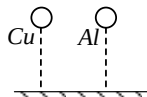
21. У фігурній трубці перерізом S містяться стовпчики рідини (h , $2h$, $3h$) густиною ρ , повітря і корок (нерухомі). Визначте силу тертя, що діє на корок? ($\leftarrow$ – вліво, $\rightarrow$ – вправо)

А: 0; Б: $\leftarrow$, ρghS ; В: $\rightarrow$, ρghS ; Г: $\leftarrow$, $2\rho ghS$; Д: $\rightarrow$, $2\rho ghS$.



22. Мідна (Cu) і алюмінієва (Al) кулі падають з однакової висоти на свинцеву плиту. Яка з куль при ударі нагріється сильніше ($\rho_{Cu} > \rho_{Al}$; $c_{Cu} < c_{Al}$)? Уся механічна енергія перетворюється у внутрішню куль.

А: Cu ; Б: Al ; В: однаково; Г: порівняти неможливо.



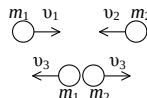
23. При різких змінах температури камінь розтріскується, а метал найчастіше не тріскає. Це пов'язано з явищем ... і ...

1) лінійного розширення; 2) кипіння; 3) теплопровідності; 4) плавлення..

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

24. Відбувається абсолютно пружний центральний удар двох кульок ($m_1 > m_2$, $v_1 > v_2$). Порівняйте модуль зміни імпульсу кульок внаслідок удару $\Delta p_1/\Delta p_2$...

А: $\gg 1$; Б: > 1 ; В: $= 1$; Г: < 1 ; Д: $\ll 1$.



25. Для визначення густини повітря достатньо мати ... 1) барометр, 2) термометр, 3) манометр, 4) лінійку.

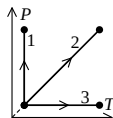
А: 1 і 2; Б: 2 і 3; В: 3 і 4; Г: 4 і 1.

26. Дві однакові каструлі з однаковою кількістю води нагрівають на однакових нагрівниках. 1) каструля відкрита, 2) закрита кришкою. Вода швидше закипить у ..., це пов'язано з явищем ... (а – випаровування, б – конденсація)

A: 1, а; **B:** 2, а; **B:** 1, б; **Г:** 2, б; **Д:** одночасно.

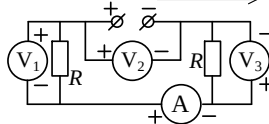
27. В якому з процесів (див. мал.), що здійснили над ідеальним газом ($m = \text{const}$), його внутрішня енергія збільшилась при розширенні газу?

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



28. Полярність якого з вимірювальних приладів, в електричному колі на малюнку, показана неправильно?

A: A ; **B:** V_1 ; **B:** V_2 ; **Г:** V_3 ; **Д:** всі правильно.



29. Якщо маятниковий годинник відстає, треба ... його маятника. ($\uparrow$ – збільшити, $\downarrow$ – зменшити)

A: $\uparrow$ довжину; **B:** $\downarrow$ довжину; **B:** $\uparrow$ масу; **Г:** $\downarrow$ масу; **Д:** пофарбувати.



30. З якою швидкістю v може рухатись космічний корабель, якщо швидкість витікання газів відносно ракети u ?

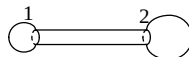
A: тільки $v < u$; **B:** тільки $v \leq u$; **B:** тільки $v = u$; **Г:** тільки $v \geq u$; **Д:** з будь-якою.

31. Ювелірам відомо, щоб відрізнити скло від алмазу достатньо подихати на них. Поверхня скла швидко запотіє, а поверхня алмазу майже ні. Це пов'язано з тим, що ... алмазу значно ... ніж у скла. ($\uparrow$ – більша, $\downarrow$ – менша)

A: теплопровідність, $\uparrow$; **B:** теплоємність, $\uparrow$; **B:** теплопровідність, $\downarrow$; **Г:** теплоємність, $\downarrow$; **Д:** електропровідність, $\uparrow$.

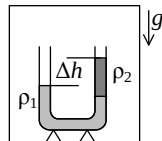
32. На кінцях трубки видули дві мильні бульбашки: 1) маленьку і 2) велику. Що далі буде відбуватись з бульбашками?

A: 1 – збільшується, 2 – зменшується; **B:** 1 – зменшується, 2 – збільшується; **B:** залежить від температури повітря; **Г:** змін не буде.



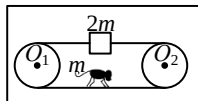
33. У нерухомому ліфті знаходиться U-подібна трубка з двома рідинами (ρ_1 і ρ_2). Як зміниться різниця рівнів рідин у трубці (Δh), якщо ліфт почне рухатись прискорено по вертикалі?

A: збільшиться; **B:** не зміниться; **B:** зменшиться; **Г:** залежить від напрямку прискорення.



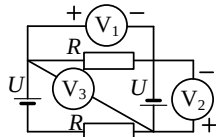
34. На гладкій горизонтальній поверхні знаходяться два легких колеса з закріпленими вертикальними вісями обертання (O_1 , O_2), через які перекинута легка мотузку, що причеплена до нерухомого тіла $2m$. Нерухома мавпа, потягнувши за мотузку, почала рухатись вправо зі швидкістю v . (На мал. вигляд зверху.) З якою швидкістю почне рухатись тіло $2m$? Тертя відсутнє.

A: $v/4$; **B:** $v/3$; **B:** $v/2$; **Г:** v ; **Д:** $2v$.



35. В електричному колі джерела і резистори однакові. Покази вольтметрів: $U_1 = 5 \text{ В}$, $U_2 = 5 \text{ В}$. Які покази третього вольтметра?

- А: 0; Б: 1 В; В: 2,5 В; Г: 5 В; Д: 10 В.



36. У вас є сире і варене яйця. Щоб їх відрізнити, не руйнуючи, достатньо мати ...

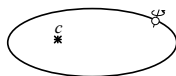
- А: посудину з водою; Б: горизонтальну поверхню; В: терези;
Г: ареометр; Д: термометр.

37. Медичні термометри максимальні (показують максимальну температуру, до якої вони були нагріті). Їх дія ґрунтується на явищі...

- А: об'ємного розширення; Б: змочування; В: не змочування;
Г: теплообміну; Д: гравітації.

38. Як зміниться кількість днів у році, якщо зміниться напрям обертання Землі, навколо власної вісі, на протилежний.

- А: збільшиться на 2 доби; Б: збільшиться на 1 добу;
В: не зміниться; Г: зменшиться на 2 доби; Д: зменшиться на 1 добу.



39. Якщо у зображену на малюнку опукло-вгнуту скляну лінзу (оптична сила D_1) налити води, то ми отримаємо систему двох лінз. Яка оптична сила системи D_C ?

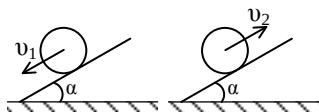
- А: $D_1 = D_C$; Б: $D_1 > D_C$; В: $0 < D_1 < D_C$; Г: $D_C < 0$.



40. По похилих площинах котяться без проковзування дві кульки, перша (1) – вниз v_1 , а друга (2) – вверх v_2 . Як напрямлені сили тертя спокою, що діють на кульки?

(↑ – вверх по похилій, ↓ – вниз по похилій).

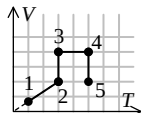
- А: 1 і 2 – ↑; Б: 1 і 2 – ↓; В: 1 – ↓, 2 – ↑; Г: 1 – ↑, 2 – ↓; Д: $F_{\text{тр}} = 0$.



11(11ф) К Л А С

1. Із сталою масою газу здійснили процеси 1-2-3-4-5 (див. мал.). На якій ділянці внутрішня енергія газу зменшувалась?

- А: 1 – 2; Б: 2 – 3; В: 3 – 4; Г: 4 – 5; Д: такої ділянки нема.

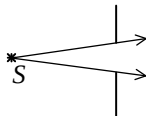


2. Яке з тіл зазнає деформації згину?

- А: стіни будинку; Б: трос підйомного крану; В: залізничні рейки;
Г: папір при різанні ножицями.

3. До відкриття хвильової теорії світла вчені намагались отримати вузький пучок світла, пропускаючи його крізь маленькі отвори. При зменшенні розмірів отвору пучок спочатку звужувався, а потім розширювався. Це пов'язано з ... світла.

- А: інтерференцією; Б: заломленням; В: дифракцією; Г: поляризацією.



4. Яка основна причина великої проникної здатності нейтронів? Їх...

А: мала маса;

Б: відсутність електричного заряду;

В: велика швидкість руху;

Г: малі розміри.

5. 1). Не можна дивитись на електричну дугу електрозварки. 2). Високо в горах необхідно захищати очі окулярами. Це пов'язано з дією ... випромінювання.

А: інфрачервоного; **Б:** видимого; **В:** ультрафіолетового; **Г:** рентгенівського.

6. У приладах нічного бачення використовують електромагнітні хвилі ... діапазону.

А: радіо;

Б: інфрачервоного;

В: видимого;

Г: ультрафіолетового;

Д: рентгенівського.

7. 1). Деякі напої (квас, мінеральна вода ...), більшість ліків рекомендують зберігати в темних місцях. 2). У верхніх шарах атмосфери концентрація озону вища. Це пов'язано з ... дією світла.

А: тепловою;

Б: механічною;

В: хімічною;

Г: музичною.

8. Витки обмоток потужних трансформаторів або генераторів можуть сильно деформуватись і навіть руйнуватись (при дуже великих струмах). Це пов'язано з дією сили ...

А: Ампера;

Б: Лоренца;

В: Кулона;

Г: тертя;

Д: тяжіння.

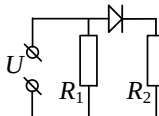
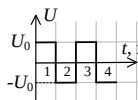


9. В електричному колі (див. мал.) напруга джерела змінюється (див. мал.), діод ідеальний, $R_1 = R_2$. На якому резисторі, в середньому, виділяється більша кількість теплоти?

А: R_1 ;

Б: R_2 ;

В: однаково.



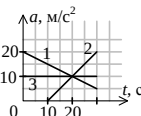
10. На малюнку зображено графіки залежності прискорення від часу для трьох тіл, що рухаються вздовж вісі OX . На яке з тіл діє сила, що зменшується?

А: 1;

Б: 2;

В: 3;

Г: немає такого тіла.



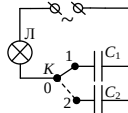
11. У колі змінного струму перемикач K переключають з положення 01 ($C_1 = 10$ мкФ) у положення 02 ($C_2 = 1$ мкФ). У якому положенні лампа світить яскравіше?

А: 01;

Б: 02;

В: однаково;

Г: залежить від ν струму.



12. У скляній колбі, що знаходиться в космічному кораблі, який рухається вільно (двигуни виключені), вода розпливеться по стінках (див. мал.). Це пов'язано з явищем ...

А: об'ємного розширення;

Б: змочування;

В: не змочування;

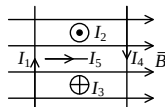
Г: теплообміну;

Д: гравітації.



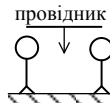
13. У магнітному полі B знаходяться п'ять провідників із струмом. На який з провідників не діє сила Ампера?

А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: 5.



14. Якщо дві незаряджені металеві кулі, на ізолюючих підставках, з'єднати провідником, тоді заряди почнуть переходити з одної кулі на другу. Це можливо, якщо кулі ...

А: мають різні розміри; Б: мають різні маси;
В: знаходяться в електричному полі; Г: знаходяться у магнітному полі.



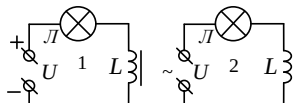
15. Визначте X в ядерній реакції. ${}^1_0n + {}^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow {}^{24}_{11}\text{Na} + X$.

А: e ; Б: n ; В: p ; Г: α ; Д: Li .

16. Потужність лазерного випромінювання дорівнює 400 мВт. Скільки фотонів з енергією 2,5 еВ випромінює лазер щосекунди?

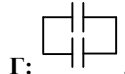
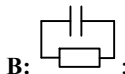
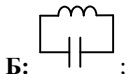
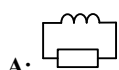
А: 10^{16} ; Б: 10^{18} ; В: 10^{20} ; Г: 10^{22} ; Д: 10^{24} .

17. В однакових електричних колах напруга джерела постійного струму дорівнює діючому значенню напруги джерела змінного струму. В якому колі лампочка світитиметься яскравіше?

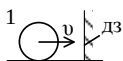


А: 1; Б: 2; В: однаково; Г: відповісти неможливо.

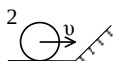
18. В якому з наведених електричних кіл можливе виникнення вільних електричних коливань?



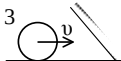
19. В яких випадках зображення кулі в плоскому дзеркалі буде рухатись вниз?



А: 1 і 3;



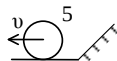
Б: 2 і 4;



В: 3 і 5;



Г: 4 і 1;



Д: 5 і 2.

20. Оцініть кількість нуклонів (нейтронів і протонів) в людині ($m = 50$ кг). $1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$.

А: $\sim 10^{22}$; Б: $\sim 10^{25}$; В: $\sim 10^{28}$; Г: $\sim 10^{31}$.

21. У музичних театрах вішають велику кількість важких оксамитових порт'єр, а стіни балконів обшивають матерією. Це роблять з метою зменшення ... звуку.

А: заломлення; Б: відбивання; В: поглинання; Г: дифракції.

22. Грунт, картон, деревина здаються більш темними, якщо їх намочити. Це пов'язано з тим, що інтенсивність ... світла зменшилась.

А: дзеркально відбитого; Б: розсіяного; В: поляризованого; Г: заломленого.

23. Як користуватись біноклем людини, яка носить окуляри?

А: тільки в окулярах;

Б: тільки без окулярів;

В: і в окулярах, і без.

24. Налаштовуючи гітару, музикант збільшує силу натягу струни. Це приводить до ... коливань струни.



А: збільшення частоти;

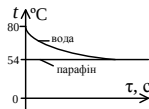
Б: зменшення частоти;

В: збільшення періоду;

Г: зменшення амплітуди;

Д: збільшення амплітуди.

25. У калориметр з парафіном при $t_1 = 54^\circ\text{C}$ вилили воду при $t_2 = 80^\circ\text{C}$. Графік залежності температури речовин від часу зображено на малюнку. $t_1 = 54^\circ\text{C}$ – це температура ... парафіну.



А: плавлення; Б: кипіння; В: нагрівання; Г: охолодження.

26. Якщо комету, що знаходиться над головою за межами атмосфери, видно ввечері, то її хвіст напрямлений на...

А: схід;

Б: захід;

В: південь;

Г: північ;

Д: довільно.

27. Якщо до суцільної зарядженої (+q) металевої кульки (1) торкнутись незарядженою металевою кулькою (2), таких самих розмірів, але з порожниною, тоді заряд першої кульки стане ...



А: q;

Б: q/2;

В: менше за q/2;

Г: більше за q/2;

Д: 0.

28. Мерехтіння зірок пов'язане з явищем ... в повітрі.

А: дифузії;

Б: конвекції;

В: теплопровідності;

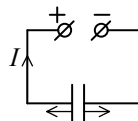
Г: розсіяння світла.

29. Відстань між пластинами повітряного конденсатора, підключеного до акумулятора, почали збільшувати. Чи правильно зображено на малюнку напрям струму, який при цьому виникає?

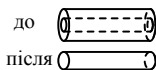
А: так;

Б: ні;

В: струму не буде.



30. Громовідвід з'єднано з Землею мідною трубкою (діаметр 1 см, товщина стінки 2 мм). Після удару блискавки трубка перетворилась у товстий суцільний дріт. Це пов'язано з дією сили...



А: Ампера;

Б: тяжіння;

В: поверхневого натягу;

Г: пружності.

31. Для визначення швидкості звуку в повітрі достатньо мати ...

А: барометр;

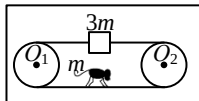
Б: манометр;

В: термометр;

Г: лінійку;

Д: терези.

32. На гладкій горизонтальній поверхні знаходяться два легких колеса з закріпленими вертикальними вісями обертання (O_1 , O_2), через які перекинута легка мотузку, що причеплена до нерухомого тіла $3m$. Нерухома мавпа, потягнувши за мотузку, почала рухатись вправо зі швидкістю v . (На мал. вигляд зверху.) З якою швидкістю почне рухатись тіло $3m$? Тертя відсутнє.



А: $v/4$;

Б: $v/3$;

В: $v/2$;

Г: v ;

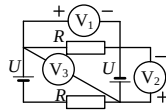
Д: $3v$.

33. Для розрахунку швидкості світла у вакуумі достатньо знати ... (1) число Авогадро, 2) елементарний заряд, 3) електричну сталу, 4) магнітну сталу, 5) сталу Планка).

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

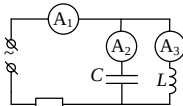
34. В електричному колі джерела і резистори однакові. Покази вольтметрів: $U_1 = 3$ В, $U_2 = 3$ В. Які покази третього вольтметра?

A: 0; **Б:** 1 В; **В:** 1,5 В; **Г:** 3 В; **Д:** 6 В.



35. Покази якого з амперметрів, в електричному колі змінного струму на малюнку, найбільші?

A: A_1 ; **Б:** A_2 ; **В:** A_3 ; **Г:** однакові; **Д:** неможливо визначити.



36. Щоб визначити, чи існує магнітне поле на планеті, достатньо мати ... 1) гальванометр, 2) котушка металевого дроту, 3) електроскоп, 4) вольтметр, 5) джерело струму.

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

37. 1) Під час зупинки потяга колеса вагонів обстукують молотком. 2) Продавець при продажі скляного або кришталевого посуду постукує по ньому скляною паличкою. Це пов'язано з тим, що частоти коливань тіла залежать від ... тіла.

A: матеріалу; **Б:** форми; **В:** дефектів; **Г:** прозорості.

38. Поширення яких електромагнітних хвиль, що використовують для радіозв'язку, на Землі і на Місяці принципово відрізняється?

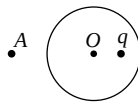
A: довгих; **Б:** коротких; **В:** ультракоротких; **Г:** всі поширюються однаково.

39. Для визначення полярності джерела постійного струму з дротами достатньо мати ...

A: амперметр; **Б:** гальванометр; **В:** штангенциркуль;
Г: склянку води з крану; **Д:** терези.

40. Як зміниться напруженість електричного поля, що створюється зарядом q , у точці A , якщо заряд q оточити металевою сферою, з центром у точці O ?

A: збільшиться; **Б:** зменшиться; **В:** не зміниться; **Г:** $E = 0$.



Таблиця правильних відповідей до завдань Всеукраїнського фізичного конкурсу “Левеня–2019”

7 клас

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

8 клас

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

9 клас

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

10 клас

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

11 клас

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

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВКАЗІВКИ ДО ДЕЯКИХ ЗАДАЧ

7 клас

1. При спливанні бульбашки її об'єм збільшується (оскільки зменшується тиск води), відповідно зростає сила Архімеда.

2. $m = \rho V = \rho a^3$ (a – лінійка).

3. $v = S/t$ (t – секундомір).

6. $m = \rho V$, якщо $V = 1 \text{ м}^3$, тоді, маса рідини чисельно дорівнює її густині.

11. $P = \rho gh$.

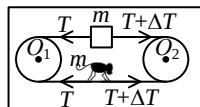
16. За один рік ($T = 365,25$ доби) Земля робить один оберт $l = 2\pi R$. $v = l/t = 2\pi R/T$.

17. Якщо тіло плаває, $F_A = mg$.

18. Чим коротша палиця, тим менше плече, тим більшу силу треба прикладати.

20. $\left[\frac{mg}{\Delta x} = \frac{F}{\Delta x} = k \right]$.

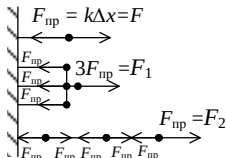
21. Доки мавпа була не рухома, сила натягу мотузки (T) всюди була однакова. У момент збільшення швидкості від 0 до v мавпа збільшувала натяг мотузки справа на ΔT . В цей момент на тіло m , вправо, діяла більша на ΔT сила натягу мотузки. Тіло, як і мавпа, почало рухатись вправо, зі швидкістю v (на мавпу і тіло весь час діяли однакові сили).



22. За законом сполучених посудин тиск однорідної рідини з двох сторін крана однаковий, оскільки рідина нерухома.

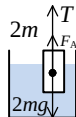
23. Корок у рівновазі: $F_1 = F_{\text{тр}} + F_2 \Rightarrow P_7 S = F_{\text{тр}} + P_0 S \Rightarrow F_{\text{тр}} = (P_7 - P_0)S$. Визначимо тиски у вказаних точках. $P_1 = P_0 = P_2 = P_3$, $P_4 = P_3 - \rho gh = P_5$; $P_6 = P_7 = P_5 + \rho g 2h = P_0 + \rho gh$. Тоді: $F_{\text{тр}} = \rho gh S$, вправо.

24. Див. мал.



25. При доливанні води тиск у всіх точках ртуті буде зростати, відповідно зросте і виштовхувальна сила з боку ртуті на кульки. Кулька спливе.

26. На тіло m діють сила тяжіння mg і сила натягу мотузки $T = mg$.
 На тіло $2m$ діють сили тяжіння $2mg$, Архімеда F_A і натягу нитки T .
 $2mg = T + F_A \Rightarrow F_A = mg$.



27. На тіло діють сила тяжіння і сила з боку опори N . Оскільки тіла нерухомі, $N = mg$ у всіх випадках.

28. Як видно з графіка, швидкість першого тіла (1) у будь-який момент часу більша, або рівна швидкості другого тіла (2).

30. Тіла зустрілись у момент часу $t_3 = 20$ с, у цей момент вони мали однакові координати $x_3 = 10$ м. Друге тіло почало рухатись у момент часу $t_2 = 10$ с.

8 клас

2. Заряд тіла має бути кратним елементарному заряду $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

4. Вода в дровинах випаровується. При нагріванні тиск водяної пари зростає, що спричиняє вибуховий розрив деревини.

11. На кульки діють сили тяжіння, натягу ниток і Кулона. Сила Кулона не залежить від наявності повітря ($\epsilon = 1$).

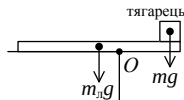
12. В електричному колі коротке замикання, струму в лампах немає.

14. Повітря біля труб охолоджується (теплопровідність), його густина зростає і воно опускається вниз (виникає конвекція).

16. Під час теплообміну лід віддає енергію (охолоджується), ртуть приймає енергію, але її температура постійна, це означає, що вона плавиться. $t_{пл} = -39$ °C.

19. Див. 8 кл. № 4. Внаслідок теплової дії струму вода в деревині випаровується, її тиск зростає, що і спричиняє розрив дерева.

20. Зробіть з лінійки важіль на краю стола (O – вісь обертання).



21. Скло—діелектрик. Надлишкові заряди на склі знаходяться там, де вони виникли, тобто, на відміну від провідника, вони не переміщуються по кулі. При контакті двох куль можливий лише випадковий перехід заряду з кулі на кулю у місцях контакту.

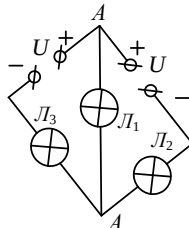
22. $cm\Delta t = mgh \Rightarrow h = c\Delta t/g$.

23. При відкачуванні повітря з колби зникає конденсація пари, що приводить до швидкого випаровування води (можливе кипіння). Вода випаровується за рахунок

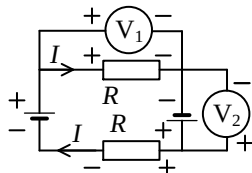
власної внутрішньої енергії (її температура зменшується) і в кінці кінців вона почне кристалізуватись.

24. При нагріванні вода і куля розширюється (їхні густини зменшуються). Коефіцієнт об'ємного розширення води значно більший ніж, у скла.

25. З міркувань симетрії (вісь AA) струми через джерела (і через L_2 і L_3) однакові $I_1 = I_2$. $I_3 = I_1 + I_2$.



26. Враховуючи напрям струму в колі, вольтметри підключені правильно.



27. При замиканні ключа опір кола зменшується у 2 рази (струму через R_2 не буде, оскільки $U_2 = 0$).

28. Див. 7 клас, № 23.

29. Якщо птах потрапляє у конвекційний потік повітря, спрямований вгору, на нього починає діяти сила опору повітря (напрямлена вверху), яка компенсує дію сили тяжіння.

9 клас

5. Сонячне світло, відбиваючись від лопатей гвинта літака, засліплює пілота.

6. $F = ma$. Зміна прискорення пов'язана зі зміною сили

9. У момент проходження положення рівноваги пружина не деформована.

11. Під час горіння в полі тяжіння повітря нагрівається (його густина зменшується) і воно піднімається вгору – виникає конвекція (в область горіння підходить “свіже” повітря знизу). Це пов'язано з дією сили Архімеда, яка відсутня у стані невагомості.

14. Покази пружинної ваги визначаються силою тяжіння mg , що діє на тіло. Прискорення вільного падіння g у різних місцях на планеті різне.

$$16. \left[\frac{aqt}{S} = \frac{vq}{S} = \frac{q}{t} = I \right].$$

17. $g = \frac{\gamma m}{R^2}$. $g \sim m$, і $g \sim \frac{1}{R^2}$.

20. На ареометр у рівновазі діють сили тяжіння і Архімеда, які скомпенсовуються.
 $mg = \rho g V \Rightarrow m = \rho V$ – рівновага не залежить від g .

21. Опори віток однакові ($R_1 + R_2 = R_3 + R_4$), відповідно і струми однакові. $Q = I^2 R t$
 $\Rightarrow Q \sim R$.

22. Див. 7 клас, № 23.

23. Див. 8 клас, № 26.

24. Для піднімання нерухомого тіла потрібно прикласти силу, яка хоч трохи перевищує силу тяжіння (для збільшення швидкості тіла).

25. Див. 8 клас, № 16.

26. Ялинкові кульки – опуклі дзеркала. Зображення дійсного предмета у опуклому дзеркалі завжди уявне.

27. При проходженні світла крізь скляну стінку воно заломлюється двічі.

28. Зображення стрілки 3 – дійсне, оскільки $d > F$. Зображення стрілки 1 – уявне, оскільки $d < F$. Частина зображення стрілки 2 – дійсна ($d > F$), а частина – уявна ($d < F$).

29. У ділянках 1 і 4 магнітні поля струмів мають однаковий напрям – компенсуватись не можуть. У ділянках 2 і 3 напрямки магнітних полів протилежні, у точках, де модулі індукції магнітного поля однакові, поля компенсуються.

30. $\Delta v_x = a_x \Delta t$.

10 клас

3. У кораблі, що рухається вільно, тіла знаходяться в стані невагомості (відсутня вага). Оскільки ртуть не змочує скло, її контакт зі стінками колби має бути мінімальним.

5. Див. 7 клас, № 27.

6. Див. 8 клас, № 16.

14. Кристали мають певну температуру плавлення, а аморфні тіла ні.

16. Див. 8 клас, № 29.

18. Див. 9 клас, № 16.

20. $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ – період коливань пружинного маятника. У стані рівноваги $mg = k\Delta x \Rightarrow m/k = \Delta x/g \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\Delta x/g}$. Для визначення g треба знати T і Δx .

21. Див. 7 клас, № 23.

22. $mgh = cm\Delta t \Rightarrow \Delta t = gh/c$, зміна температури не залежить від маси тіл, тобто від їх густини.

23. Камінь (тіло) руйнується при виникненні внутрішніх механічних напруг. Ці напруги виникають, якщо різні ділянки тіла мають різні температури. Нагріті ділянки тіла розширюються, а ненагріті – ні. Чим більша різниця температур між ділянками тіла, тим більші механічні напруги. У металів дуже велика теплопровідність, тобто великих різниць температур не виникає.

24. $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v} = \vec{F}\Delta t$ – за законом Ньютона зміна імпульсу тіла визначається силою, що діє на тіло, і часом її дії. На кулі діють однакові за модулем сили (третій закон Ньютона) протягом однакового часу.

25. $PV = \frac{m}{\mu}RT \Rightarrow \rho = P\mu/(RT)$.

26. У закритій посудині практично всі молекули води, що вилетіли з її поверхні, повертаються назад (конденсуються). Тобто енергія, яка втрачається рідиною на випаровування, повертається при конденсації. У відкритій посудині конденсація значно менша, оскільки водяна пара дифундує в оточуюче повітря. Тому значна частка енергії нагрівника йде на випаровування, а не на збільшення її внутрішньої енергії (температури).

29. Годинник показує кількість коливань його маятника. Якщо годинник відстає, це означає, що кількість коливань (припустимо за 1 год) менша, ніж має бути (у порівнянні з правильним годинником). Щоб поправити годинник треба збільшити частоту коливань його маятника, тобто зменшити період його коливань. $T = 2\pi\sqrt{l/g} \Rightarrow$ зменшити l .

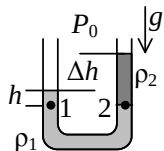
30. Реактивна сила тяги ракети, при сталій масовій витраті палива (μ), залежить тільки від відносної швидкості витікання газів (u). $F_R = \mu u$. Зміна швидкості ракети визначається часом роботи двигуна (Δt). $m_R\Delta v = F_R\Delta t$.

31. Алмаз має найбільшу теплопровідність серед усіх твердих тіл. Якщо подихати на алмаз і скло (температура яких менша за точку роси, для водяної пари, яку ми видихаємо) на її поверхні пара конденсується (випаде роса). З поверхні алмазу ця роса

практично миттєво випарується завдяки величезній теплопровідності (величезний потік енергії від кристала до його поверхні).

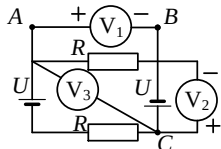
32. У середині мильної бульбашки тиск повітря більший за атмосферний на величину Лапласівського тиску під викривленою поверхнею рідини (2-поверхні). $P_{\text{д}} = 2 \cdot 2\sigma/R$. σ – коефіцієнт поверхневого натягу, R – радіус бульбашки.

33. Напишемо умову рівноваги рідин у трубці – закон сполучених посудин. $P_1 = P_2 \Rightarrow P_0 + \rho_1 g h = P_0 + \rho_2 g (\Delta h + h) \Rightarrow \rho_1 h = \rho_2 (\Delta h + h)$. Як видно різниця рівнів Δh від g не залежить. Для опису рівноваги рідин у ліфті, що рухається прискорено (a), скористаємось принципом еквівалентності Ейнштейна, ввівши в ліфті додаткове гравітаційне поле $g_{\text{лод}} = a$. Але, оскільки різниця рівнів при рівновазі від g не залежить, Δh не зміниться.



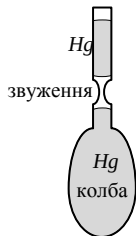
34. Див. 7 клас, № 21. На мавпу і тіло $2m$, упродовж усього часу розгону діють однакові сили. Скористаємось другим законом Ньютона $\Delta T = m a_{\text{м}}$, $\Delta T = 2 m a_{\text{т}}$, де $a_{\text{м}}$ – прискорення мавпи у момент розгону, $a_{\text{т}}$ – прискорення тіла. $a_{\text{м}} = 2 a_{\text{т}} \Rightarrow$ швидкість, яку отримає мавпа, удвічі більша за швидкість тіла.

35. Для замкнутого контуру ABC сума спадів напруг дорівнює нулю. $U_1 - U_2 \pm U_3 = 0 \Rightarrow U_3 = 0$.

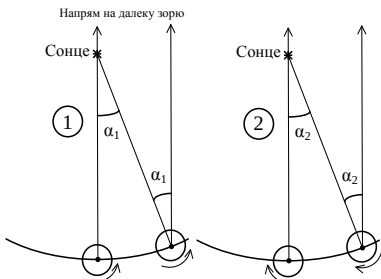


36. Розкрутимо яйця на горизонтальній поверхні. Варене яйце – тверде тіло, обертається навколо вісі, яка проходить через центр мас (обертання стійке) і точку опори. Сире яйце (рідке) – центр мас при русі змінює своє положення (обертання не стійке).

37. У трубочці термометра є звуження, через яке проходить ртуть з колби при розширенні (нагрівання). Тиск ртуті може бути дуже великий. При охолодженні ртуть під дією сили тяжіння (дуже мала) починає опускатись. У звуженні завдяки дії сил поверхневого натягу (ртуть не змочує скло) стовпчик ртуті розривається (сили поверхневого натягу більші за силу тяжіння, що діє на стовпчик).



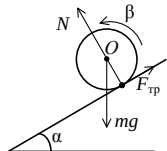
38. N_0 – кількість обертів (діб), що робить Земля відносно далекої зорі за 1 рік (ця величина не залежить від напрямку обертання планети). N_1 – кількість обертів (діб) Землі відносно Сонця за 1 рік (при нормальному обертанні $N_1 = 365,25$ доби, $\alpha_1 = 360^\circ/365,25$). N_2 – кількість обертів (діб) Землі відносно Сонця за 1 рік, у випадку обертання Землі у протилежному напрямі. $\alpha_1 = 360^\circ/N_2$ – кут, на який переміщається Земля за одну добу при



русі навколо Сонця. Відносно далекої зірки Земля за 1 рік робить $N_0 = N_1 + 1 = N_2 - 1 \Rightarrow N_2 = N_1 + 2$. $(N_1 + 1)$ – тому, що за 1 добу Земля повертається відносно Сонця на кут $360^\circ + \alpha_1$, робить більше одного оберту відносно зірки.

39. Вода утворить плоско-опуклу збиральну лінзу $D_2 > 0$. Оптична сила системи лінз (водяна + скляна) $D_c = D_1 + D_2 > 0$.

40. Кутове прискорення куль β в обох випадках має однаковий напрям відносно вісі O (див. мал.), тому і сили тертя мають однаковий напрям. $I_0\beta = F_{\text{тр}}R$.



11 клас

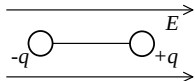
1. $U \sim T$.

9. У R_2 струм існує тільки пів періода.

11. Ємнісний (реактивний) опір конденсатора $X_C = 1/(\omega C)$.

12. Див. 10 клас, № 3. Вода змочує скло.

14. Під дією електричного поля в провіднику (куля – дріттик – куля) відбудеться перерозподіл зарядів (електростатична індукція), тобто виникне короточасний струм.



16. $P = N_C E$, $N_C = P/E$. P – потужність, E – енергія фотона, N_C – кількість фотонів, яку випромінює лазер за 1 секунду.

17. У колі змінного струму котушка індуктивності, окрім активного опору R , має ще індуктивний (реактивний) опір X_L .

20. Маса нейтрона і протона практично однакові $m_n \approx m_p = 1$ а.о.м. Масою електронів у тілі можна знехтувати у порівнянні з масою нуклонів. $N = m/m_n$.

21. Відбиті хвилі можуть привести до інтерференції в межах глядацького залу, що значно погіршує гучність звуку в окремих ділянках залу.

22. Поверхні тіл людина бачить завдяки розсіяному на цих поверхнях світлу. На вологих поверхнях сильно зростає дзеркальне відбивання від поверхні шару води. Частина розсіяного світла зменшується, поверхню бачимо темнішою.

24. При збільшенні сили натягу струни зростає швидкість поширення хвилі в струні, що призводить до збільшення частоти коливань струни.

25. Див. 8 клас, № 16.

26. Хвіст комети, внаслідок механічної дії світла, завжди спрямований від Сонця.
27. Заряд і його розподіл на поверхні провідників не залежить від наявності порожнин в середині провідників. З міркувань симетрії заряди розподіляться рівномірно.
28. Конвекційні потоки повітря вгору призводять до появи неоднорідностей показника заломлення світла в повітрі (це пов'язано зі зміною густини, температури повітря), що викликає криволінійне поширення світла.
29. Конденсатор заряджений. $q = CU$. (На лівій пластині $+q$.) Якщо збільшувати відстань між його пластинами, ємність конденсатора буде зменшуватись, відповідно має зменшуватись і заряд на пластинах. Позитивні заряди з лівої пластини мають рухатись до $+$ джерела струму.
30. Під-час проходження величезного струму в стінках трубки виникає дуже велике магнітне поле, яке діє на струм у стінках трубки (сила Ампера). Ця сила спрямована до вісі трубки, сильно нагріта трубка стискується, виникає суцільний дріт.

31. $v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}$, де v – швидкість звуку в повітрі, $\gamma = 7/5$ – показник адіабати повітря,

T – температура повітря.

32. Див. 10 клас, № 34.

33. $C = (\sqrt{\epsilon_0 \mu_0})^{-1}$.

34. Див. 10 клас, № 35.

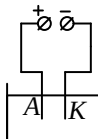
35. $I_1 = |I_2 - I_3|$, а що більше I_2 чи I_3 невідомо.

36. Потрібно гальванометр під'єднати до котушки. Якщо, при швидких поворотах котушки, гальванометр покаже виникнення струму (індукційного), на планеті існує магнітне поле.



37. Під-час удару в твердому тілі виникає стояча хвиля (тіло починає коливатись), це спричиняє поширення звукової хвилі, яку ми чуємо, це музичний звук. При наявності дефектів (тріщин) частота звуку зовсім інша.

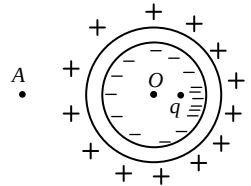
38. На Місяці відсутня атмосфера, що унеможливорює поширення коротких хвиль завдяки відбиванню від іонізованих шарів повітря.



39. Зануримо дроти у склянку з водою і спостерігаємо електроліз. На аноді (А) буде виділятися кисень O_2 , а на катоді (К) – водень H_2 (ми бачимо бульбашки). Водню виділяється вдвічі більше. $2H_2O = 2H_2 + O_2$.

40. $E_{qA} = k \frac{q}{R^2}$, R – відстань від заряду q до точки A .

Нехай $q > 0$. Якщо сферою оточити заряд q , тоді під дією електричного поля заряду q на внутрішній поверхні сфери нерівномірно розподілиться $-q$ так, щоб у стінках сфери і за її межами компенсувати електричне поле заряду q . На поверхні сфери виникне заряд $+q = |-q| = q$, який розподілиться рівномірно по зовнішній поверхні. За межами сфери буде існу-



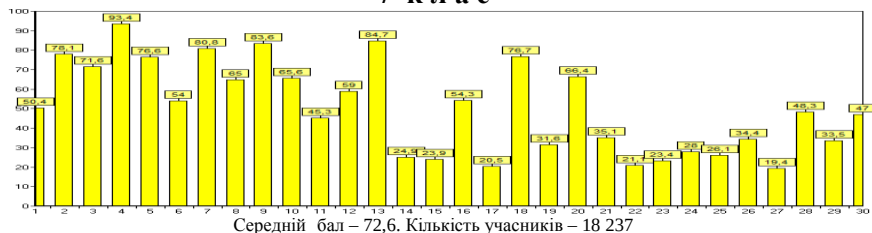
вати електричне поле створене тільки зарядом $+q$ на поверхні сфери. $E_{CA} = k \frac{+q}{R_0^2}$, R_0

– відстань від центра сфери O до точки A , оскільки $R > R_0$, $E_{CA} > E_{qA}$.

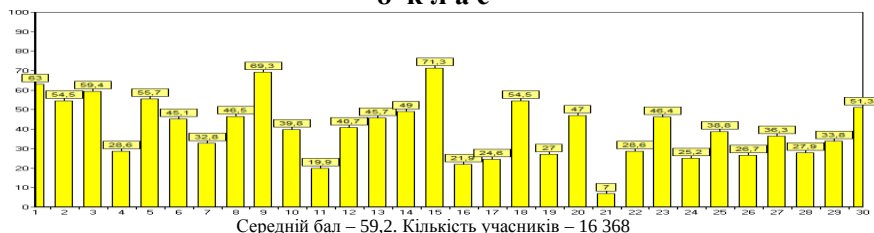
ДОДАТКИ

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

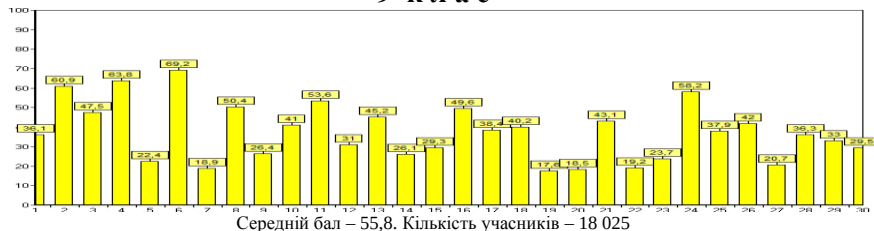
7 клас



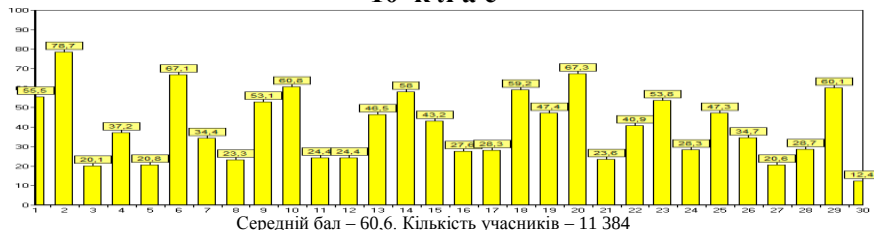
8 клас



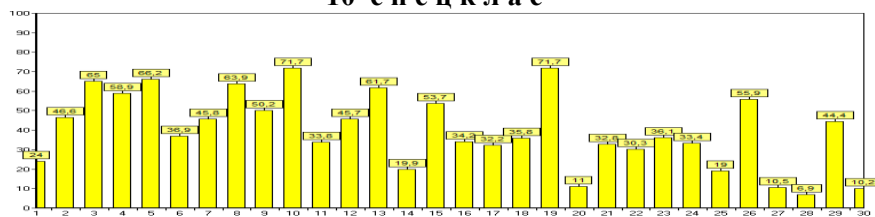
9 клас



10 клас

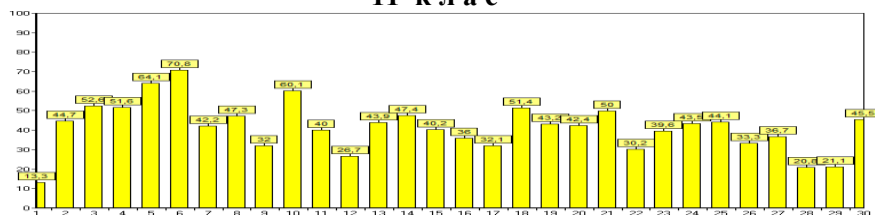


10 спецклас



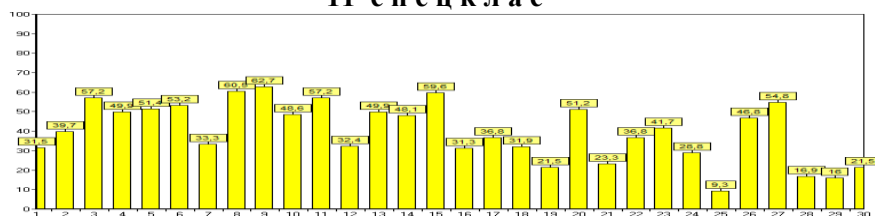
Середній бал – 57,8. Кількість учасників – 637

11 клас



Середній бал – 61,6. Кількість учасників – 7 665

11 спецклас



Середній бал – 58,6. Кількість учасників – 451

Більш докладну статистику “Левеня – 2019” можна знайти на сайті levenia.com.ua (на вкладці: результати 2019 – семінар).

LVI Всеукраїнська олімпіада юних фізиків, м. Херсон, 2019

Теоретичний тур

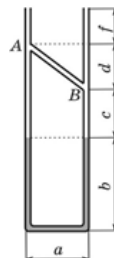
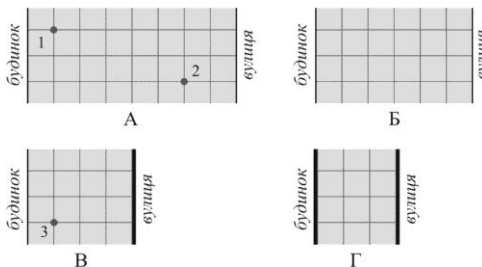
8-й клас

8.1. Посудину з водою при температурі $t_1 = 0^\circ\text{C}$ внесли до великої кімнати з температурою повітря $t_0 = 22^\circ\text{C}$. За час $\tau_1 = 15$ хв температура води піднялася до $t_2 = 2^\circ\text{C}$. Якщо в таку ж посудину покласти таку ж масу льоду при температурі $t_1 = 0^\circ\text{C}$, то він розтане за час $\tau_2 = 10$ годин. Користуючись цими даними, визначити питому теплоту плавлення льоду. Теплоємність посудини не враховувати.

8.2. Бабуся і дідусь у гірському селі вирішили поспідати на вершині гори. Бабуся вийшла о шостій ранку, а дідусь навздогін о пів на восьму. Швидкість бабусі 2 км/год, а дідуся – 3 км/год. На якій висоті над селом дідусь наздожене бабусю? Вершина знаходиться на 500 м над селом, а стежка піднімається на 100 м на кожний кілометр шляху. Разом з дідусем відправився у подорож пес. Він, не зупиняючись, бігає від дідуся до бабусі і назад, вгору зі швидкістю 8 км/год, а згори зі швидкістю 12 км/год. Яку відстань набігає пес до зустрічі своїх господарів і скільки кілокалорій витратить на кожен кілограм своєї маси, долаючи силу тяжіння? 1 кал = 4,2 Дж.

8.3. Наповнений повітрям тонкостінний м'ячик, занурений у воду, спливає з постійною швидкістю V , а такий самий за розмірами суцільний гумовий тоне зі швидкістю U . Куди і з якою швидкістю W вони рухатимуться у воді, якщо їх з'єднати ниткою? Силу опору води при русі в ній вважати пропорційною швидкостям руху, а силу Архімеда – однаковою як у спокої, так і при русі.

8.4. Споруджуючи будинок, господар вирішив перевірити розрекламовані засоби теплоізоляції. Зовнішні цегляні стінки А – Г мають однакову площу, але різну товщину. На стінці В тонкий додатковий теплоізолюючий шар нанесено тільки ззовні, а на стінці Г – ззовні та зсередини. У кількох точках всередині стін (мал.) закладені датчики температури. Покази датчиків $t_1 = 19^\circ\text{C}$, $t_2 = -6^\circ\text{C}$, $t_3 = 19^\circ\text{C}$. Вважайте, що всередині будинку температура всюди однакова, всі температури незмінні протягом тривалого часу. 1) Порівняйте втрати тепла через стінки Б і Г. 2) У скільки разів різні додаткові теплоізолюючі шари зменшують теплові втрати через стінку Г за даних температурних умов? 3) Визначте температури на межах стінки Г. 4) Коли температура на вулиці піднялася до 0°C , потужність системи опалення зменшили на 45%. Які тепер температури в будинку та на зовнішній поверхні цегляної стінки Г?



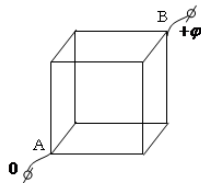
8.5. На мал. показано посудину, виготовлену з тонкостінних трубок з площею поперечного перерізу $0,2\text{ см}^2$. Розміри відрізків трубок $a = 20\text{ см}$, $b = 60\text{ см}$ (це рівень води в посудині), $c = 30\text{ см}$, $d = f = 15\text{ см}$. До лівого

вертикального коліна потроху наливають гас, він не зміщується з водою. Густини води та гасу дорівнюють відповідно 1 і $0,8 \text{ г/см}^3$. У правому вертикальному коліні посудини плавають дві маленькі кульки густиною $\rho_1 = 0,5 \text{ г/см}^3$ і $\rho_2 = 0,9 \text{ г/см}^3$. Побудуйте графіки залежності висот h_1 , h_2 цих кульок над дном посудини від об'єму V налитого гасу.

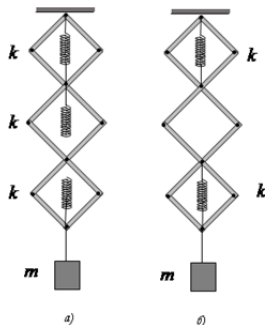
Задачі запропонували Р. В. Мартинюк (1), О. Ю. Орляський (2), В. П. Сохацький (3), І. М. Гельфгат (4 – 5).

9 клас

9.1. У дротяній моделі куба «входом» и «виходом» є вершини, розташовані по головній діагоналі. 1) У скільки разів зменшиться опір куба, якщо додатково впаяти в модель всі 16 діагоналей (і звичайні, й головні)? Всі проводи вкриті ізоляцією, так що в точках, де вони перетинаються, електричного контакту немає, товщина дротів підібрана так, що опори всіх відрізків однакові. 2) У скільки разів після цього може змінитися опір кола, якщо один з провідників перегорить? Розглянути всі можливі випадки.



9.2. На мал. а зображена конструкція, що називається «нюрнберзькі ножиці». Вона складається з легких стрижнів, які сполучені шарнірно. До нижнього вузла конструкції підвішений вантаж масою m . Система врівноважується трьома однаковими пружинами жорсткістю k , що сполучають сусідні вузли. Середня пружина лопається (мал. б). Визначити результуючу силу, яка буде діяти на вантаж відразу після розриву пружини.

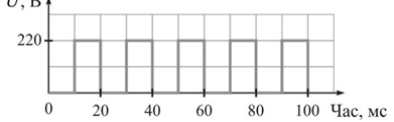


9.3. На похилій площині лежить однорідна тонка паличка з прямокутним перерізом. Паличка лежить горизонтально. Мураха прикладає силу перпендикулярно до палички та паралельно до площини схилу. 1) Знайти точку, в якій мураха повинна діяти на паличку, щоб зрушити її з мінімальною силою. 2) Знайти цю мінімальну силу. Маса палички m , коефіцієнт тертя μ , кут нахилу площини α . Сила реакції опори на похилій площині $N = mg \cos \alpha$

9.4. Швидкість течії річки шириною $l = 100 \text{ м}$ лінійно зростає від нульового значення біля берега до максимального $u = 2 \text{ км/год}$ посередині річки. Швидкість човна відносно води $v = 4 \text{ км/год}$, а курс він тримає перпендикулярно до берега. На яку відстань течія знесе човен під час переправи?

9.5. На електричній лампі розжарення зазначено «220 В, 60 Вт». Вольфрамова нитка розжарення лампи має діаметр 30 мкм . Уважайте, що питомий електричний опір вольфраму пропорційний його абсолютній температурі T , а втрати енергії нитки відбуваються тільки через випромінювання, при цьому потужність випромінювання

з поверхні площею S становить $P = \sigma ST^4$, де коефіцієнт $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$. Довідкові дані щодо вольфраму: густина $19 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$, питома теплоємність $130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, питомий опір $\rho_0 = 5,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (за температури $T_0 = 293 \text{ К}$). Тепловим розширенням знехтувати, питому теплоємність уважайте незмінною; через те, що різні ділянки нитки затіняють одна одну, фактичне випромінювання відбувається тільки з половини поверхні. 1) Визначте довжину нитки розжарення та її робочу температуру. 2) Оцініть середню температуру нитки розжарення та потужність лампи, коли її приєднали до джерела пульсуючої напруги (графік залежності напруги від часу наведено на мал.). 3) Оцініть різницю між максимальною та мінімальною температурами нитки розжарення, коли лампа працює від джерела пульсуючої напруги.

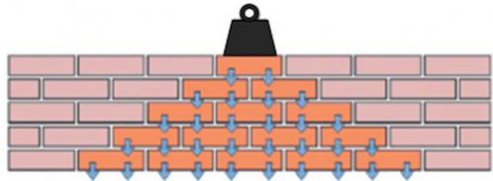


Задачі запропонували Є. П. Соколов (1 – 2), О. Ю. Орлянський (3), Р. В. Мартинюк (4), І. М. Гельфгат (5).

10 клас

10.1. Див. 9.1.

10.2. У будівництві використовують цеглу. Розподіл додаткового навантаження на цеглі зображено на рисунку, взятому з будівельного сайту (див. мал.). Спираючись на запропоновану будівельниками модель та вважаючи, що ґрунт складається з невеликих кубічних частинок, знайдіть, під яким кутом розходитиметься навантаження у ґрунті. Уявіть, що на горизонтальну поверхню такого ґрунту став триногий марсіанський корабель. Маса корабля 30 тон, відстань між опорами 3 м, 4 м і 5 м. Центр мас корабля знаходиться над точкою цього трикутника, яка однаково віддалена від його сторін. Знайдіть навантаження на кожен опору. Побудуйте залежність тиску у ґрунті від глибини під центром мас корабля. Густина ґрунту $2 \text{ г}/\text{см}^3$.



10.3. Фізик-експериментатор намагається дослідити оптичні властивості неоднорідної пластинки, показник заломлення якої змінюється за законом $n = n_0/(1 + |z|/a)$, де $2a$ – товщина пластинки, z – координата вздовж сторони довжиною $2a$, початок відліку на осі симетрії пластинки. Довжина пластинки $x-L \gg a$. Експериментатор пускає промінь світла у пластинку майже паралельно осі x у точці з координатою $z = z_0$. Якою траєкторією буде рухатись світло? Визначте середню швидкість світла в пластинці, якщо час проходження світла через пластинку дорівнює t . На якій відстані від площини симетрії світло вийде з пластинки?



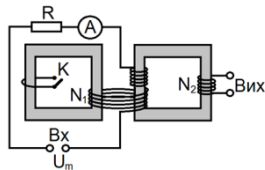
10.4. Протиракета, яка запущена на перехоплення іншої ракети, розривається у деякий момент часу на велику кількість уламків, що розлітаються рівномірно відносно центра мас по всіх напрямках зі швидкістю U . В цей момент швидкість протиракети дорівнює V і направлена на ракету, що перехоплюється. Ракета рухається перпендикулярно до напрямку V зі швидкістю W . Знайдіть можливе значення W , при яких ракета буде уражена за умови, що $U < V$.

10.5. Див. 9.2. Знайдіть амплітуду і період коливань, що виникають після цього.

Задачі запропонували Є. П. Соколов (1, 5), О. Ю. Орлянський (2), С. А. Кригін (3), В. П. Сохацький (4).

11 клас

11.1. Два однакових осердя виготовлені з матеріалу, який має велику магнітну проникність. Первинна обмотка має N витків, частина яких охоплює тільки одне осердя, а решта – обидва осердя. Коло цієї обмотки містить активний опір R і живиться від джерела змінної напруги з амплітудою U_m . Коли ключ K (див. окремий виток на мал.) розімкнутий, амплітуда струму в колі складає I_1 , а коли замкнений – I_2 . Знайдіть кількість витків N_1 , що охоплюють обидва осердя. Знайдіть амплітуду напруги на вторинній обмотці з N_2 витками у двох випадках: коли ключ K розімкнений та коли він замкнений. У розв'язку не враховувати магнітні втрати та знехтувати активним опором усіх дріотів.



11.2. Для маневрування космічної станції "Lunar Orbital Platform-Gateway", яку планується збудувати у навколomisячному просторі у 20-х роках, на цій станції буде розміщено іонні ракетні двигуни, які забезпечуватимуть силу тяги 1.77 Н. Робочим тілом у цих двигунах буде ксенон (маса атома складає приблизно $2,2 \cdot 10^{-25}$ кг), однозарядні іони якого прискорюватимуться напругою у 140 В. Оцініть час, через який іони перестануть виходити з двигуна за рахунок зарядження станції, якщо вважати, що заходів для її електричної нейтралізації не застосовуватиметься. Для оцінок вважати, що характерний розмір станції складає 10 м. Елементарний заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, електрична стала $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

11.3. Два точкових спостерігачі прискорено рухаються у деякій інерційній системі відліку K вздовж прямої OX . Перший спостерігач, у супутній йому інерційній системі відліку K_1 , має прискорення a_1 , а другий – прискорення a_2 у системі відліку K_2 , що є супутньою для другого спостерігача. У момент часу $t = 0$ спостерігачі у системі відліку K мають нульову швидкість та знаходяться у точках $x_1(0) = c^2/a_1$ та $x_2(0) = c^2/a_2$ відповідно, де c – швидкість світла. Яке прискорення, в залежності від власних швидкостей, мають спостерігачі відносно K ? Визначте, як координати $x_1(t)$ та $x_2(t)$ залежать від часу в системі відліку K . Нехай $a_1 > a_2$. Перший спостерігач відправляє промінь світла в бік другого. Як тільки другий спостерігач приймає промінь,

він миттєво відправляє його в бік першого. Перший спостерігач за власним годинником визначає час τ , що пройшов між моментами випромінювання та реєстрації ним світла. Надалі перший спостерігач визначає відстань L до другого як $L = c\tau/2$. Яку відстань виміряє перший спостерігач?

11.4. Для заселення планети радіусом R_0 , що містить у надрах гамма-радіоактивний ізотоп, її поверхню вкрили еластичною та непроникною для радіації оболонкою, коефіцієнт поверхневого натягу якої σ . Через деякий час t_0 після цього жителі встановили, що оболонка відстала від твердої поверхні і роздувається під дією тиску p випромінювання зсередини, який пов'язаний з густиною енергії випромінювання ϵ формулою $p = \epsilon/3$. Вважаючи, що надра планети є прозорими для гамма-променів, знайдіть: 1) час t_0 , якщо відомі маса планети M_0 , масова частка радіоактивного ізотопу η , його масове число A , енергія E_0 , що виділяється під час одного розпаду у вигляді гамма-променів; 2) залежність радіусу від часу та час до розриву оболонки, якщо вона руйнується при зростанні її площі поверхні вдвічі. В подальшому вважайте t_0 відомим і набагато меншим за період піврозпаду ізотопу. Одразу після початку роздування оболонки в момент часу t_0 почалася термінова евакуація жителів з планети. Один з жителів опинився в точці планети, діаметрально протилежній до космодрому. В його розпорядженні є мотоцикл, електродвигун якого забезпечує рух з постійною швидкістю v ; 3) За якого значення v він встигне дістатися космодрому до руйнування оболонки; 4) Наскільки відстане за час руху годинник мотоцикліста, побудований за принципом математичного маятника; 5) Вкажіть 5 ознак, за якими жителі планети можуть виявити розширення оболонки?

11.5. Політ літака здійснюється невисоко над землею за нормальних умов. Палива в кількості 12 000 кг вистачає на 3 год. 20 хв. роботи двигуна, сила тяги якого 170 кН. 1) Визначте швидкість витоку газів з сопел двигуна в режимі польоту зі сталою швидкістю 900 км/год, якщо площа повітрозабірників (вхідних отворів реактивних двигунів для засмоктування повітря) складає $S = 1 \text{ м}^2$. 2) Як змінюється розхід палива в такому режимі польоту?

Задачі запропонували І. Л. Рубцова (1), О. І. Кельник (2), С. О. Кригін (3), С. Й. Вільчинський, О. О. Соболев (4), В. П. Сохацький (5).

Експериментальний тур

8 клас

Завдання 1. Використовуючи водний розчин солі та чисту воду, визначити масу сталевого тіла. Яка з характеристик, які визначаються, призводить до найбільшої похибки вимірювань? $\rho_{\text{парафіну}} = 900 \text{ кг/м}^3$, $\rho_{\text{сталі}} = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Об'єм кулі визначається за формулою: $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi d^3$, де R – радіус, d – діаметр.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: 60 мл 8%-го розчину NaCl у пластиковій склянці (200 мл) (видається інструктором), пластикова склянка з водою (об'єм 300 мл), шприц медичний 20 мл (без голки), пластикова ложка (виделка), міліметровий папір, кулька парафінова з вплавленим у неї стальним тілом. *Групове:* паперові серветки, фломастер (3 – на клас), чиста вода.

Концентрація водяного розчину NaCl			Густина ρ , г/мл
$\frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{розчину}}}, \%$	$C_1 = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V_{\text{розчину}}}, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	$C_2 = \frac{m_{\text{NaCl}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}}, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	
0	0	0	1
1	0,01005	0,010101	1,005
2	0,02025	0,020418	1,012
4	0,04107	0,041656	1,027
6	0,06247	0,063841	1,041
8	0,08447	0,086945	1,056
10	0,1071	0,111111	1,071
12	0,1302	0,136221	1,086
14	0,1541	0,162742	1,101
16	0,1785	0,1904	1,116
18	0,2037	0,219433	1,132
20	0,2295	0,249864	1,148
22	0,256	0,281938	1,164
24	0,2832	0,315789	1,18
26	0,3112	0,351321	1,197

Увага!!! Використовувати обладнання задачі № 2 не дозволяється!!!

Завдання 2. Визначить питому теплоємність цукрового розчину. Питому теплоємність чистої води вважати рівною $4190 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: пробірка, штатив шкільний з лапкою, спиртівка, термометр, рукавичка з тканини, пластикова склянка, серветка. *Групове:* розчин цукру (40%), ємність з чистою водою, терези цифрові, коробок сірників, відро.

УВАГА!!!

- 1) Запалювання спиртівки і закріплення пробірки виконує інструктор!
- 2) Гасіння спиртівки виконувати за допомогою ковпачка!
- 3) При вийманні нагрітої пробірки використовувати рукавичку!
- 4) Занурюючи термометр у воду, не відпускати його (тримати рукою)!
- 5) Нагрівання води або розчину обмежити температурою 75°C.

9 клас

Завдання 1. Використовуючи запропоноване обладнання, визначте:

- 1) питомий електричний опір матеріалу, з якого виготовлено осердя олівця.
- 2) вважаючи переріз сліду простого олівця на наданих паперових смужках прямокутником, геометричні розміри цього перерізу.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: цифровий мультиметр, паперова смужка з проведеними простим олівцем лініями, смужка прозорої плівки з надрукованою міліметровою сіткою, аркуш міліметрового паперу, шматок осердя простого олівця, лінійка, дротина.

Завдання 2. Використовуючи запропоноване обладнання, приготуйте розчин цукру у воді з концентрацією 50 % за масою та визначте швидкість поширення світла у цьому розчині. (Під масовою концентрацією розуміємо відношення маси цукру до загальної маси розчину, виражене у відсотках.)

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: лазерна указка, керамічна тарілка, пластикова склянка для виготовлення розчину, смужка прозорої плівки з надрукованою міліметровою сіткою, виделка для перемішування розчинів. *Груове:* відро з водою, відро для зливання відпрацьованих розчинів, серветки для витирання пролітої рідини, терези, скотч, ножиці, цукор.

УВАГА! *Всі дослідження і вимірювання проводити з розчином, налитим у тарілку! Обов'язково навести методику приготування розчину та проведення вимірювань.*

Застереження: 1) Будьте обережні з лазерними указками, не спрямовуйте промінь у напрямку очей! 2) Пам'ятайте, що ресурс батарейок лазерної указки **ДУЖЕ обмежений**, тому використовуйте його **ощадливо**. Ретельно плануйте вимірювання.

10 клас

Завдання 1. Використовуючи запропоноване обладнання визначте:

- 1) роботу, яку необхідно виконати для збільшення об'єму гумової кульки від 0,5 до 3,5 л.
- 2) роботу, яку може виконати надута кулька під час зменшення об'єму від 3,5 до 0,5 л.

Перед проведенням основного експерименту один раз надуйте кульку до 4 л та випустіть з неї повітря.

Опишіть методику проведення експерименту та мінімізації похибок.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: гумова кулька, гнучка пластикова трубка, мірна стрічка, шприц без голки, дерев'яна рейка, трійник, штатив з лапкою. *Групове:* вода, нитки, скотч, ножиці.

Примітка: об'єм еліпсоїда можна обчислити за формулою $V = \frac{4}{3}\pi abc$, де a , b , c – півосі еліпсоїда; густина води 1 г/см^3 .

Побажання: дерев'яні рейки не ламати.

Завдання 2. Визначити коефіцієнт поверхневого натягу рідини у склянці.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: штатив з горизонтальним стержем, тягарець масою 100 г, лінійка, дротина, тарілка, сірник, склянка з невідомою рідиною, ручка. *Групове:* нитки, ножиці.

Примітка. Коефіцієнт поверхневого натягу – сила молекулярної взаємодії, що приходить на одиницю довжини межі між твердим тілом та рідиною $\sigma = \frac{F}{l}$.

11 клас

Завдання 1. Визначити молярну масу досліджуваної речовини. Детально опишіть методику проведення вимірювань, вжиті заходи підвищення точності результату та як саме використовувалось обладнання.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: півтора літрова пластикова пляшка, шприц медичний (2 мл) без голки, кришка з вмонтованою пластиковою трубкою довжиною приблизно 1,5 м і отвором для шприца без голки, лінійка на 100 см, гумові кільця 2 шт, штатив. *Групове:* посудина з невідомою речовиною (летюча рідина), кімнатний термометр, голки для шприца, туалетний папір, посудина з водою, скотч, відро.

Довідка: Універсальна газова стала $R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$, густина рідини $1,59 \text{ г/см}^3$, повний об'єм пластикової пляшки $1,53 \text{ л}$.

Завдання 2. Використовуючи запропоноване обладнання визначте:

1. Характеристики окулярів.
2. Спектр білого люмінофорного світлодіода, що складається з напівпровідникового світлодіодного випромінюючого елемента і люмінофора.

3. Характеристики випромінювання напівпровідникового елемента світлодіода.
Матеріали та обладнання: Індивідуальне: окуляри “Веселка”, картонний планшет із затискачем, чистий лист паперу А4, прозора плівка із міліметровою шкалою, лінійка довжиною 1 м. *Групове:* лазерний випромінювач з довжиною хвилі 532 нм, білий люмінофорний світлодіод.

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ

8 клас

Задача 8.1. Вважаємо кімнату великою настільки, що температура повітря в ній під час нагрівання води або танення льоду не змінюється. Потужність нагрівання води за законом теплообміну Ньютона прямо пропорційна різниці температур повітря та води $P = \alpha(t_0 - t)$. Отже, під час нагрівання потужність змінюється зі збільшенням температури води, і для розрахунку кількості теплоти, що отримує вода, будемо використовувати середнє значення потужності $cm(t_2 - t_1) = P > \tau_1$. (1)

З визначенням середньої потужності маємо певні труднощі, бо не знаємо, за яким законом змінюється температура води із плином часу. Для спрощення розв'язку будемо вважати, що температура лінійно залежить від часу. Тоді середню потужність можна записати як середнє арифметичне із початкового та кінцевого значень потужності $\langle P \rangle = \frac{\alpha}{2}(2t_0 - t_1 - t_2)$. (2)

З таненням льоду ситуація набагато простіша, бо температура льоду є сталою під час усього процесу танення $\lambda m = \alpha \tau_2(t_0 - t_1)$. (3)

Розв'язуючи систему рівнянь (1) – (3), знаходимо питому теплоту плавлення льоду:

$$\lambda = \frac{2c\tau_2(t_0 - t_1)(t_2 - t_1)}{\tau_1(2t_0 - t_1 - t_2)} = 352 \text{ кДж/кг}$$

Задача 8.2.

1. Знайдемо довжину стежки з умови задачі (100 м висоти – 1 км стежки, то 500 м висоти – 5 км стежки). $L = 5 \text{ км}$.

Визначимо, за скільки часу кожен пройде цей шлях, та відповідно в котрій годині буде на горі:

$$t_6 = L/v_6 = 5:2 = 2,5 = 5/2 \text{ (год) на годиннику буде 6 год} + 2 \text{ год } 30 \text{ хв} = 8 \text{ год } 30 \text{ хв};$$

$$t_d = L/v_d = 5:3 = 5/3 \text{ (год) на годиннику буде 7 год } 30 \text{ хв} + 1 \text{ год } 40 \text{ хв} = 9 \text{ год } 10 \text{ хв}.$$

Висновок: бабуся і дідусь зустрінуться на горі, куди бабуся прийде раніше на 40 хв.

Зустріч дідуса з бабусяю відбудеться на висоті 500 м.

2. Знайдемо відстань між дідусем і бабусяю в момент часу, коли дідусь с собакою почав рух: $l_0 = v_6 \Delta t = 2 \text{ км/год} \cdot 1,5 \text{ год} = 3 \text{ км}$.

Позначимо: v_1 – швидкість, з якою собака рухається вгору, v_2 – швидкість, з якою собака рухається вниз. Час, за який Сірко наздожене бабусяю 1-й раз: $t_0 = l_0/(v_1 - v_6)$ (2.1), $t_0 = 3 \text{ км}/(8 \text{ км/год} - 2 \text{ км/год}) = 0,5 \text{ год} = 30 \text{ хв}$.

Відстань між дідом і бабою на момент, коли бабуся зустрілася с собакою 1-й раз: $l'_0 = l_0 - (v_d - v_6)t_0$ (2.2).

$$\text{Підставимо (2.1) в (2.2): } l'_0 = l_0(v_d - v_6)l_0/(v_1 - v_6) = l_0((v_1 - v_d)/(v_1 - v_6)) \text{ (2.3).}$$

Сірко подолає цю відстань за час (враховуючи (2.3)):

$$t'_0 = l'_0/(v_2 + v_d) = l_0(v_1 - v_d)/((v_1 - v_6) \cdot (v_2 + v_d)), t'_0 = (1/6) \text{ год} = 10 \text{ хв}.$$

Знайдемо відношення часу руху вгору та часу руху вниз (2.4):

$$\frac{t_0}{t'_0} = \frac{l_0(v_2 + v_d)(v_1 - v_6)}{(v_1 - v_6)l_0(v_1 - v_d)} = \frac{(v_2 + v_d)}{(v_1 - v_d)}.$$

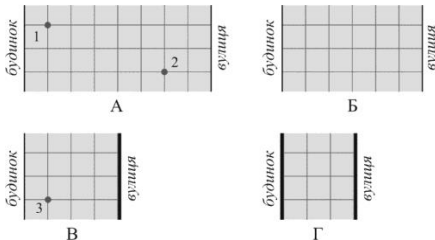
Висновок: співвідношення часу руху собаки вгору і вниз не залежить від відстані між бабусею і дідусем, та від швидкості бабусі, а залежить лише від швидкості руху собаки вгору і вниз та швидкості дідуса. Тобто це співвідношення (2.4) можна узагальнити для всього часу руху собаки вгору і вниз (2.5): $\frac{t}{t'} = \frac{(v_2 + v_d)}{(v_1 - v_d)} = \frac{3}{1}$. (2.5)

Загальний час руху собаки дорівнює загальному часу руху дідуса. Зі співвідношення (2.5) отримаємо для загального часу руху: $T_1/T_2 = 3/1$, звідси $T_1 = 3T_2$, (2.6), де T_1 – загальний час руху собаки вгору, T_2 – загальний час руху собаки вниз. Загальний час руху собаки вгору-вниз: $T = T_1 + T_2 = T_d = L/v_d$ (2.7). З (2.6) і (2.7) знайдемо $T_1 = 5/4$ год = 1 год 15 хв, $T_2 = 5/12$ год = 25 хв, Розв’язок системи рівнянь (2.6) – (2.7). Шлях, що пройшов собака вгору: $L_1 = v_1 T_1$, $L_1 = 8$ км/год 1 год 15 хв = 10 км. Шлях, що пройшов собака вниз: $L_2 = v_2 T_2$, $L_2 = 12$ км/год 25 хв = 5 км. Загальний шлях: $L_{1-2} = v_1 T_1 + v_2 T_2 = 15$ км.

3. Втрата енергії на супротив силі тяжіння відбувається під час руху вгору, оскільки при $L = 5$ км висота гори $h = 0,5$ км, то при $L_1 = 10$ км висота, що відповідає зміні потенціальної енергії собаки $h_c = 2h$, $\Delta E/m = mgh_c/m$, $\Delta E/m = gh_c = 9,8$ м/с²·1000 м = = 9,8 кДж, 1 кал = 4,2 Дж, $\Delta E/m = (9800/4,2)$ кал = 2,33 ккал.

Задача 8.3. У першому випадку – $F_A = m_0 g + kV$, у другому – $F_A + kU = m_1 g$, k – коефіцієнт пропорційності, однаковий для обох кульок для зв’язаних тіл $2F_A = (m_n + m_r)g + 2kW$, звідки $W = (V - U)/2$. При $V > U$ кульки спливають, а якщо $V < U$, – то тонуть. При $V = U$ – вони знаходяться у рівновазі, тобто $W = 0$.

Задача 8.4. Оскільки температура не змінюється, кожний шар речовини за певний час τ отримує та віддає однако-ву кількість теплоти Q . Звідси випли-ває, що всередині цегляної стінки тем-пература змінюється лінійно: при пере-міщенні на одну клітинку перпендику-лярно поверхні стінки зміна температу-ри $\Delta t_{\text{кл}}$ буде однаковою (але різною для різних стінок). Через теплоізолюючий шар



протягом часу τ теж проходить кількість теплоти Q . Вважатимемо, що для кожного шару речовини потужність теплопередачі через одиницю площі пропорційна різниці температур Δt на двох поверхнях цього шару (отже, потік тепла через кожну стінку пропорційний $\Delta t_{\text{кл}}$ для цієї стінки). Врахуємо також, що за відсутності додаткового теплоізолюючого шару температура поверхні стінки практично збігається з температурою повітря біля неї. Для стінки А: $\Delta t_{\text{клА}} = \frac{t_1 - t_2}{5} = 5^\circ\text{C}$. Звідси випливає, що температура всередині будинку $t_{\text{буд}} = t_1 + \Delta t_{\text{клА}} = 24^\circ\text{C}$, а температура на вулиці – $t_{\text{вуд}} = t_2 - 2\Delta t_{\text{клА}} = -16^\circ\text{C}$. Позначимо Q_A втрати тепла протягом певного фіксовано-го часу через стінку А. Для стінки Б: $\Delta t_{\text{клБ}} = \frac{40^\circ\text{C}}{6} = \frac{4}{3}\Delta t_{\text{клА}}$. Отже, втрати тепла че-

рез стінку Б дорівнюють $Q_B = \frac{4}{3} Q_A$. Для стінки В $\Delta t_{\text{кл}}$ має таке саме значення, як

для стінки А. Це означає, що різниця температур між поверхнями тонкого додаткового теплоізолюючого шару дорівнює 20°C , як і між поверхнями цегляної стінки. Отже, цей додатковий шар еквівалентний цегляній стінці завтовшки 4 клітинки. Втрати тепла $Q_B = Q_A$.

Для стінки Г з урахуванням додаткових теплоізолюючих шарів ефективна товщина цієї стінки становить 11 клітинок. Отже, $\Delta t_{\text{клГ}} = \frac{8}{11} \Delta t_{\text{клА}} = 3,64^\circ\text{C}$. Отже, $Q_G = \frac{8}{11} Q_A$.

Тепер можна дати відповіді на поставлені запитання. 1) $\frac{Q_B}{Q_G} = 1,8$.

2) Додаткові теплоізолюючі шари збільшують ефективну товщину стінки Г від 3 до 11 клітинок, тобто зменшують теплові втрати в $11/3$ разу (приблизно в 3,7 разу).

3) Різниця температур між будинком і вулицею становить 40°C . На кожний із додаткових теплоізолюючих шарів припадає по $4/11$ від цієї різниці температур, тобто по $14,5^\circ\text{C}$. Отже, температури на межах цегляної стінки з додатковими шарами дорівнюють $9,5$ і $-1,5^\circ\text{C}$.

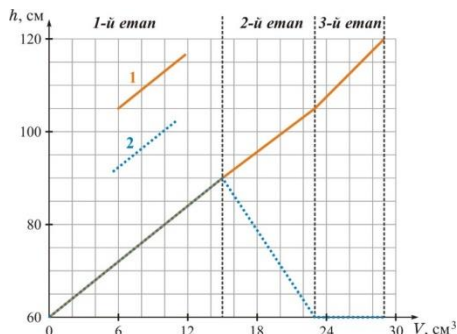
4) За нових умов потік тепла через стінки становить 55% від початкового. Отже, різниця температур усередині та зовні дорівнює $0,55 \cdot 40^\circ\text{C}$, тобто 22°C . Отже, температура в будинку тепер 22°C , а на зовнішній поверхні цегляної стінки – $\frac{4}{11} \cdot 22^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$.

Задача 8.5. Розглянемо три етапи процесу.

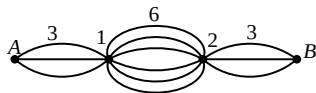
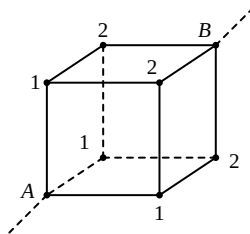
1. Рівень води в правому вертикальному коліні зростає від b до $b+c$, при цьому рівень води в лівому коліні зменшується на c . Очевидно, на цьому етапі (як і на наступних) залежність висот h_1, h_2 від V є лінійною (на цьому етапі $h_1 = h_2$). Коли кульки піднімаються до точки В, висоту стовпа гасу $h_{\text{гас}}$ можна знайти з умови рівності тисків в обох колінах на рівні межі обох рідин: $\rho_{\text{гас}} g h_{\text{гас}} = 2\rho_{\text{вод}} g h_{\text{вод}}$, звідки $h_{\text{гас}} = 2\rho_{\text{вод}} c / \rho_{\text{гас}} = 75$ см. Зазначимо, що гас у лівому коліні посудини доходить якраз до точки А. Об'єм налитого гасу $V_1 = S h_{\text{гас}} = 15 \text{ см}^3$.

2. Заповнення похилої трубки АВ гасом. При цьому гас потрапляє й у праве коліно, тисне на воду та спричиняє зворотне перетікання води в ліве коліно. Цей етап закінчується, коли гас у обох колінах посудини встановиться на рівні точки А. При цьому й рівні води мають бути однаковими, тобто повернутися до початкових. Наприкінці цього етапу $h_1 = b+c+d = 105$ см (перша кулька плаває на поверхні гасу), $h_2 = b = 60$ см (друга кулька плаває на межі води та гасу), а загальний об'єм налитого гасу $V_2 = 2S(c+d) + S\sqrt{a^2 + d^2} = 23 \text{ см}^3$.

Графіки залежностей $h_1(V), h_2(V)$ наведені на малюнку.



Задача 9.1. 1. Визначимо опір початкового куба. Через точки А і В проходить вісь симетрії куба АВ, відносно якої: точки 1 – симетричні, точки 2, так само симетричні. Це означає, що існує симетрія струмів і електричного поля, тобто потенціали всіх точок 1 однакові, так само і для точок 2. Якщо з'єднати всі точки 1, струму між ними не буде, струми в дротах не зміняться аналогічно для точок 2. Тоді еквівалентне коли має вигляд:

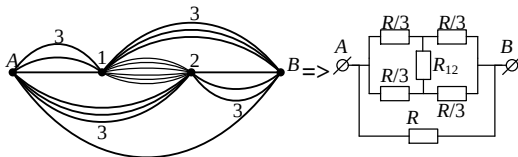


$$R_{AB1} = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5R}{6}.$$

При наявності всіх діагоналей симетрія не зміниться. З'єднаємо симетричні точки (викинувши дроти, що з'єднують симетричні точки, в них струму немає).

Кількість дрітів між точками 1 і 2 не цікава, як і опір R_{12} між цими точками, оскільки маємо збалансований місток Уїтстона (між 1 і 2 струму немає).

$$R_{AB2} = \frac{1}{R/3} + \frac{1}{3} = \frac{R}{4} \Rightarrow \frac{R_{AB1}}{R_{AB2}} = \frac{10}{3} = 3,3. \text{ Опір куба зменшиться у 3,3 рази.}$$



2. Відповідаючи на друге питання використовувати симетрію не можна (її немає). Це питання для комп'ютера або омметра.

Задача 9.2. На мал. 1 зображена система (“Нюрнберзькі ножиці”) в недеформованому стані. Якщо причепити тіло m (або прикласти силу $T = mg$), система деформується (видовжується на x), кожна пружина розтягується на $x_1 = x/3$ (не залежно від кількості пружин, мал. 2). Для визначення сили T , що зрівноважує систему при деформації x , скористаємось методом віртуальних переміщень. Нехай під дією сили T система видовжилась (нескінченно мала) на dx (переміщення точки 3), див. мал. 3. Тоді сума робіт всіх сил зв’язків дорівнює нулю. Всі сили пружності однакові

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = kx_1.$$

При пружини. $Tdx - F_6 dx + F_5 \frac{2}{3} dx - F_4 \frac{2}{3} dx + F_3 \frac{1}{3} dx - F_2 \frac{1}{3} dx + F_1 \cdot 0 = 0.$

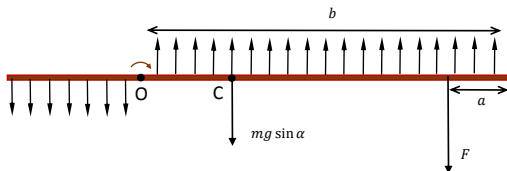
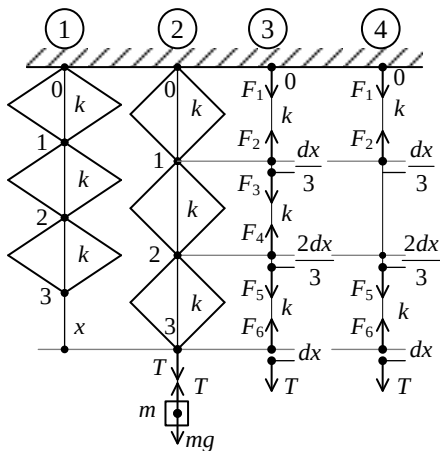
$$T = F_6 = kx_1 = \frac{k}{3}x = k_3x. \quad k_3 = k/3 - \text{коефіцієнт жорсткості системи (три пружини).}$$

Дві пружини. $Tdx - F_6 dx + F_5 \frac{2}{3} dx - F_2 \frac{1}{3} dx + F_1 \cdot 0 = 0. \quad T = F_6 \frac{2}{3} = \frac{2}{3}kx_1 = \frac{2}{3}kx = k_2x.$

$k_2 = 2k/9$ – коефіцієнт жорсткості системи (дві пружини).

У момент розриву пружини деформовані на $mg = T = k_3x_0 \Rightarrow x_0 = mg/k_3 = 3mg/k$, це відповідає силі (в системі з двох пружин) $F = k_2x_0 = 2mg/3$. На тіло m діють сила F і mg . $F_R = mg - F = mg/3$.

Задача 9.3. Інтуїтивно здається, що мураха має прикласти силу до краю палички вниз. Доведемо це, припустивши, що силу F прикладено на деякій відстані a від кінця палички. Початкове зміщення палички можна уявити як поворот навколо миттєвої осі обертання. Оскільки у площині схилу на паличку діють проекція сил тяжіння $mg \sin \alpha$ і сила F перпендикулярно паличці, то з умови статичної рівноваги саме у цьому ж напрямку має діяти і сили тертя (інакше паличка матиме прискорення), що можливо тільки тоді, коли миттєва вісь обертання знаходиться на лінії палички. Максимальне значення сили тертя $\mu mg \cos \alpha$ більше за $mg \sin \alpha$, оскільки за умовою, паличка лежить на поверхні. Тоді, якщо вісь обертання поза паличкою, то всі розподілені вздовж палички сили тертя діятимуть проти схилу і тоді $F = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$, але це внаслідок різних плечей сили можливо тільки, коли силу F прикладено до центру мас. Висновок: миттєва вісь обертання проходить через



паличку (точка О), сили тертя з двох сторін від неї діятимуть у різних напрямках (див. мал.).

Сила тертя рівномірно розподілена вздовж палички. Отже, справа від точки О діє вгору вздовж схилу сила $\frac{b}{l}\mu mg \cos \alpha$, а зліва – вниз сила $\frac{l-b}{l}\mu mg \cos \alpha$, які можна вважати прикладеними до середин відповідних відрізків. Тоді

$$F = \frac{b}{l}\mu mg \cos \alpha - \frac{l-b}{l}\mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha.$$

Щоб знайти, як залежить відстань від краю палички до осі обертання b від відстані прикладання сили a , напишемо умови моментів відносно точки, через яку проходить сила F :

$$\frac{b}{l}\mu mg \cos \alpha \left(\frac{b}{2} - a\right) = mg \sin \alpha \left(\frac{l}{2} - a\right) + \frac{l-b}{l}\mu mg \cos \alpha \left(\frac{l+b}{2} - a\right).$$

Введемо для зручності безрозмірні $x = a/l$, $y = b/l$, $k = \tan \alpha/\mu$ і перепишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} F = \mu mg \cos \alpha (2y - 1 - k), \\ y^2 - 2xy = (k + 1) \left(\frac{1}{2} - x\right). \end{cases}$$

Виражаємо y з другого рівняння і підставляємо у перше.

$$F = \mu mg \cos \alpha \left(\sqrt{z^2 + 1 - k^2} - z\right),$$

де $z = 1 + k - 2x > 0$. Якщо вираз для сили переписати у вигляді

$$F = \mu mg \cos \alpha \frac{1 - k^2}{\sqrt{z^2 + 1 - k^2} + z},$$

стає зрозумілим, що сила зменшується при збільшенні z , а, отже, при зменшенні x – до 0. Тоді $x = 0$, $y = \sqrt{2(1+k)}/2$, $z = 1 + k$.

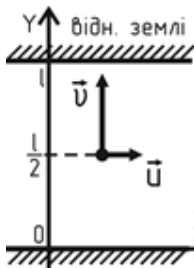
$$F_{\min} = \mu mg \cos \alpha \left(\sqrt{2(1+k)} - (1+k)\right).$$

Якщо б паличка знаходилась на горизонтальній площині, $k = \tan \alpha/\mu = 0$ і $F_{\min} = \mu mg(\sqrt{2} - 1) \approx 0,414\mu mg$, а відстань від краю до осі обертання була б $b = \frac{\sqrt{2}}{2}l \approx 0,707l$.

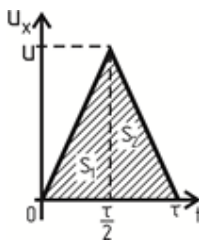
Задача 9.4. Розглянемо рух човна відносно землі, розклавши його на взаємно перпендикулярні складові: рух вздовж осі X паралельно до берега та рух вздовж осі Y перпендикулярно до берега (мал. 1).

Вздовж осі Y човен рухається рівномірно прямолінійно зі швидкістю v , бо швидкість течії має нульову проекцію на цю вісь і течія не впливає на рух човна у цьому напрямі: $y(t) = vt$, (1) рівняння

руху човна по осі Y , $\tau = \frac{l}{v}$. (2) час переправи човна через річку.



мал. 1



мал.2

Вздовж осі X човен рухається прямолінійно, але нерівномірно, бо паралельно до берега його рух обумовлений лише течією ріки, а її швидкість лінійно залежить від координати човна по осі Y . Рівняння (1) відображає лінійну залежність координати човна по осі Y від часу, отже, швидкість човна по осі X також лінійно залежить від часу руху (мал. 2). Використовуючи геометричний зміст шляху тіла, знаходимо відстань, на яку течія знесе човен під час переправи, як площу двох прямокутних трикутників $s = S_1 + S_2 = \frac{1}{2} \frac{u\tau}{2} + \frac{1}{2} \frac{u\tau}{2} = \frac{u\tau}{2} = \frac{ul}{2v} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 4} = 25$ м.

Задача 9.5.

1) Площа поперечного перерізу нитки $s = \frac{\pi d^2}{4}$. У робочому режимі опір нитки $R_1 = \frac{U^2}{P} = \rho \frac{L}{s} = \rho_0 \frac{LT}{sT_0}$. Отже, $LT = \frac{sT_0 U^2}{\rho_0 P}$. З іншого боку, зазначена на лампі потужність має збігатися з потужністю випромінювання з половини бокової поверхні нитки $S = \frac{\pi dL}{2}$, тобто $P = \frac{\sigma \cdot \pi dL \cdot T^4}{2}$. З отриманих рівнянь випливає, що:

$$T = \left(\frac{2\rho_0 P^2}{\pi \sigma d s T_0 U^2} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{2}{d} \left(\frac{\rho_0 P^2}{\pi^2 \sigma T_0 U^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cong 1950 \text{ K},$$

$$L = \pi d^3 \left(\frac{\pi^2 \sigma}{2P} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{T_0 U^2}{4\rho_0 P} \right)^{\frac{4}{3}} \cong 1,56 \text{ м.}$$

2) Очевидно, протягом часу 0,01 с температура T_1 нитки розжарення не встигає дуже суттєво змінитися. Ця температура залежить від середньої потужності струму

$$P_1 = \frac{U^2}{2R_1} = \frac{U^2 T_0 s}{2\rho_0 T_1 L}.$$

З енергетичного балансу $\frac{U^2 T_0 s}{2\rho_0 T_1 L} = \frac{\sigma \cdot \pi dL \cdot T_1^4}{2}$ отримуємо $T_1^5 = \frac{U^2 T_0 s}{\pi \sigma d L^2 \rho_0 L} = \frac{U^2 T_0 d}{4\sigma L^2 \rho_0}$, тобто $T_1 \cong 1690$ К. Потужність $P_1 \cong 34,4$ Вт.

Як і слід було очікувати, потужність лампи суттєво зменшилася.

3) Очевидно, за відсутності струму температура нитки дещо знижується, а потім знов підвищується. Оцінимо перепад температури ΔT між моментами закінчення «імпульсу» напруги (відповідає максимальній температурі) та початком наступного «імпульсу» (відповідає мінімальній температурі): $cm\Delta T = P_1 \tau$. Тут $m = \rho^* LS$ — маса нитки розжарення, ρ^* — густина вольфраму, 0,01 с — проміжок часу коли напруга відсутня. Звідси дістанемо $\Delta T = \frac{4P_1 \tau}{\pi c \rho^* d^2 L} \cong 110$ К.

Отже, можна вважати, що відхилення температури від середньої сягає ± 55 К, що дійсно значно менше від отриманого значення температури. Проте таких відхилень досить, щоб виникало неприємне та стомлююче «підморгування» лампи.

10 клас

Задача 10.1. Див. 9.1.

Задача 10.2. На малюнку фрагмент ілюстрації з будівельного сайту. Оскільки частинки мають однакові розміри у вертикальному і горизонтальному напрямках, як на малюнку з умови, вважаємо їх кубічними цеглинками. Тоді кут, під яким розходяться навантаження у ґрунті, дорівнює 45° .

Знайдемо точку, що рівновіддалена від сторін прямокутного трикутника зі сторонами 3, 4, 5. Взагалі, мова йде про центр вписаного кола, але і без цього знання її легко знайти. З малюнку, де відстані наведені у SI, знаходимо $5 = 3 - x + 4 - x$, звідки $x = 1$ м.

Розподіл сил знайдемо з умови статичної рівноваги (правила моментів сил) відносно сторін трикутника. Відносно сторони 3 м (вісь обертання – вертикальна пунктирна лінія на малюнку 2) маємо (у SI)

$$mgx = F_1 \cdot 4 \text{ звідки } F_1 = \frac{mg}{4} = 75 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Відносно сторони 4 м (горизонтальний пунктир) –

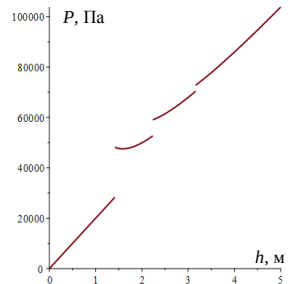
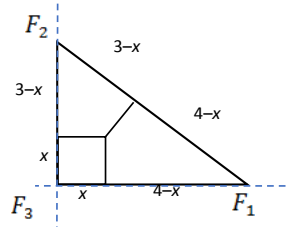
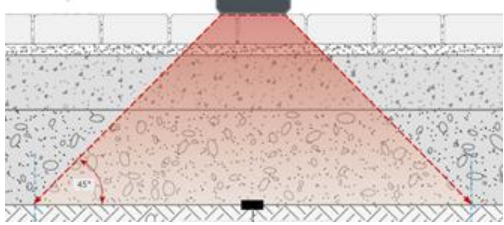
$$mgx = F_2 \cdot 3 \text{ і } F_1 = \frac{mg}{3} = 100 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Значення третьої сили, яка відповідає прямому куту, можна найти, наприклад, таким чином: $F_3 = mg - F_1 - F_2 = mg - \frac{mg}{4} - \frac{mg}{3} = \frac{5mg}{12} = 125 \cdot 10^3 \text{ Н.}$

Оскільки площі опор в умові не задані, знехтуємо їх розмірами при визначенні тиску на глибині h . Вважатимемо, що від кожної опори йде вниз конус додаткового навантаження з кутом при вершині 45° . Тоді радіус конуса дорівнює його висоті h ,

отже, додатковий тиск буде $\frac{F}{\pi h^2}$, а загальний (без урахування атмосферного): $P = \rho gh + \frac{F}{\pi h^2}$.

Відстані від вершин трикутника до лінії центру мас знайдемо з теореми Піфагора: від $F_1 - \sqrt{10}$ м, від $F_2 - \sqrt{5}$ м, від $F_3 - \sqrt{2}$ м. Тоді на глибині $\sqrt{2}$ м конус додаткового навантаження від найближчої опори почне впливати на загальний тиск. Тиск від другої опори «підключиться» на глибині $\sqrt{5}$ м, а від першої – на глибині $\sqrt{10}$ м.



$$P = \rho gh + \frac{F}{\pi h^2}, \text{ де } \begin{cases} F = 0, & h < \sqrt{2} \\ F = F_3, & \sqrt{2} \leq h < \sqrt{5} \\ F = F_3 + F_2, & \sqrt{5} \leq h < \sqrt{10} \\ F = mg, & h \geq \sqrt{10} \end{cases}$$

Графік залежності тиску у ґрунті від глибини під точкою центру мас має розриви, а також невеликий мінімум для глибини $\approx 1,6$ м, що неможливо для рідин та газів, а у нас виникає внаслідок конічного розповсюдження навантаження у напрямку сили.

Задача 10.3. Розглянемо малу частинку траєкторії світла. Очевидно, що траєкторія світла у пластинці з неоднорідним показником заломлення не буде прямою. Однак, у деяких випадках, на перший погляд, складної залежності $n(z)$, траєкторія може все одно бути простою кривою.

Пластинку можна подумки розбити на множину тонких шарів, перпендикулярних осі z , шари можна вибрати достатньо тонкими, щоб зміною показника заломлення у кожному окремому шарі можна було знехтувати. Запишемо закон заломлення для променя, коли, він знаходиться у точці з координатою z і проходить границю розділу сусідніх шарів. Кут падіння – α , кут заломлення – $\alpha + \Delta\alpha$.

$$n(z_0) = n(z) \sin \alpha = n(z + \Delta z) \sin(\alpha + \Delta\alpha), \text{ або}$$

$$\frac{1}{1 + \frac{z_0}{a}} = \frac{\sin \alpha}{1 + \frac{z}{a}} = \frac{1}{1 + \frac{z + \Delta z}{a}} (\sin \alpha \cos \Delta\alpha + \sin \Delta\alpha \cos \alpha).$$

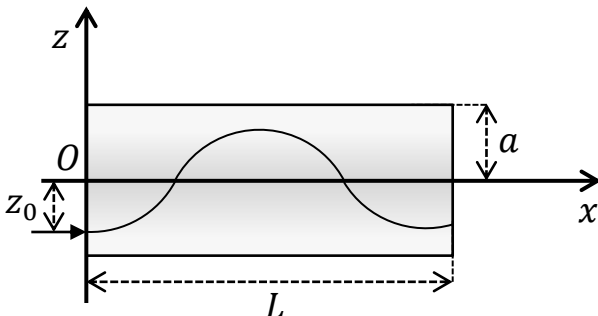
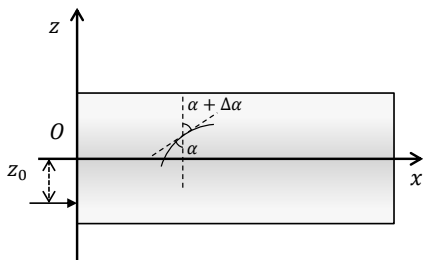
$|\Delta\alpha| \ll 1$, бо показники заломлення шарів z і $z + \Delta z$ відрізняються мало, отже, $\cos \Delta\alpha \approx 1$, $\sin \Delta\alpha \approx \Delta\alpha$. Звідси отримуємо:

$$\Delta z = (a + z_0) \cos \alpha \cdot \Delta\alpha.$$

Також зауважимо, що для відстані Δl , яку пройшов промінь, і зміни координати Δz виконується рівність $\Delta l \cos \alpha = \Delta z$. Отже, маємо такий вираз:

$$\frac{\Delta l}{\Delta\alpha} = a + z_0 = \text{const.}$$

Таку властивість з плоских кривих має лише коло, оскільки траєкторія світла з



заданими початковими умовами однозначно визначена, то траєкторія має бути дугою кола радіусом $R = a + z_0$, центр якого розташований на відстані a від осі.

Модуль середньої швидкості світла в пластинці: $v_{\text{сеп}} = \frac{L}{t}$. Проте

наведемо також підрахунок середньої шляхової швидкості v коли промінь рухається у верхній половині пластинки, то він рухається по дузі кола з центром на нижньому краю пластинки і радіусом R . Нижня частина траєкторії – аналогічне коло з центром на верхній поверхні пластинки. Отже, траєкторія буде частинами кіл, які впорядковані, як на малюнку.

Знайдемо, яку відстань вздовж x проходить промінь, рухаючись від середини до точки максимального відхилення від середини:

$$d = \sqrt{R^2 - (R - |z_0|)^2} = \sqrt{z_0^2 + 2a|z_0|}.$$

Довжина однієї дуги кола:

$$l_n = 2R\varphi = 2(a + |z_0|) \arccos\left(\frac{a}{a + |z_0|}\right).$$

Оскільки $L \gg a$, то отримаємо формулу для довжини шляху світла – l .

$$l = l_n \frac{L}{2d} = \frac{L(a + |z_0|)}{\sqrt{z_0^2 + 2a|z_0|}} \arccos\left(\frac{a}{a + |z_0|}\right).$$

Тоді ефективна швидкість світла:

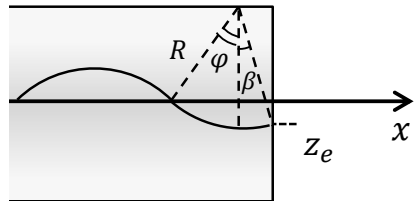
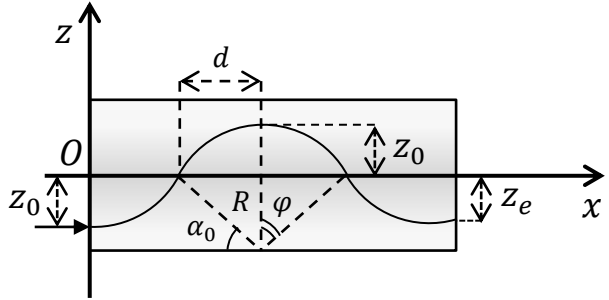
$$v = \frac{L(a + |z_0|)}{t\sqrt{z_0^2 + 2a|z_0|}} \arccos\left(\frac{a}{a + |z_0|}\right).$$

Щоб знайти $|z_e|$, вже не можна нехтувати початковими і кінцевими частинами кола, бо тільки поведінка променя на останній дузі кола має вирішальне значення. Знайдемо, яку частину останнього кола проходить світло перед виходом з пластинки:

$$d_e = 2d \left\{ \frac{L - d}{2d} \right\}.$$

Фігурна дужка – функція дробової частини. Формула, наведена вище, враховує найпершу «чверть хвилі» і d_e дорівнює останній частині «півхвилі».

Розглянемо останню частину кола



для світла перед виходом. З теореми Піфагора знайдемо відстань до осі симетрії, на якій світло покидає пластинку:

$$|z_e| = \sqrt{R^2 - (d - d_e)^2} - a = \sqrt{(a + |z_0|)^2 - \left(\sqrt{z_0^2 + 2a|z_0|} - 2d \left\{ \frac{L-d}{2d} \right\}^2 \right)^2} - a,$$

Отже, отримаємо таку залежність від відстані до осі симетрії:

$$|z_e| = \sqrt{a^2 + 4d^2 \left(\left\{ \frac{L-d}{2d} \right\} - \left\{ \frac{L-d}{2d} \right\}^2 \right)} - a,$$

де $d = \sqrt{z_0^2 + 2a|z_0|}$.

Задача 10.4. Розв'язок задачі при відсутності поля тяжіння або при розриві на невеликій відстані від ракети.

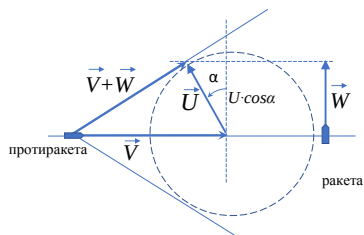
Розглянемо рух уламків в нерухомій системі стороннього спостерігача. До швидкостей уламків додається початкова швидкість протиракети, тому уламки розлітаються в конус – *див. малюнок*.

Ракета буде уражена, якщо складова швидкості уламків, яка перпендикулярна напрямку руху протиракети, буде більше ніж швидкість ракети

$$W \leq U \cdot \cos \alpha.$$

Оскільки уламки розлітаються у всіх напрямках, то зрозуміло, що відповідь:

$$W \leq U.$$



Задача 10.5. *Див. 9.2.* Оскільки з боку системи на тіло m діє квазіпружна сила $F = k_2 x$,

тіло коливається гармонічно. Період коливань тіла $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_2}} = 3\pi \sqrt{\frac{2m}{k}}$. В момент

початку коливань $x_0 = 3mg/k$. В положенні рівноваги $x_p = mg/k_2 = 9mg/(2k)$. Тоді амплітуда коливань $A = x_p - x_0 = 3mg/(2k)$.

11 клас

Задача 11.1. Нехай індуктивність одного витка, намотаного на одне осердя, дорівнює L . Індуктивність одного витка, намотаного на два осердя, при розімкненому ключі K складає відповідно $2L$ (нагадаємо, що індуктивність – це коефіцієнт пропорційності між струмом і створеним ним магнітним потоком, $\Phi = LI$), тому повна індуктивність вхідного кола при розімкненому ключі K складає $(N - N_1) \cdot L + N_1 \cdot 2L = (N + N_1) \cdot L$.

Якщо ключ K замкнений, завдяки явищу електромагнітної індукції ідеальний замкнений виток (за умовою він не має активного опору подібно до надпровідників) повністю скомпенсує будь-які спроби змінити магнітний потік у першому осерді, тобто перетворює це осердя на немагнітне середовище. Отже, при замкненому ключі

індуктивність кожного витка визначається лише одним осердям і складає L , а індуктивність первинної обмотки – $L \cdot N$.

Тоді можна записати систему двох рівнянь для амплітуд струмів при розімкненому

та замкненому ключі К:
$$I_1 = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + [\omega L(N + N_1)]^2}}, \quad (1) \quad I_2 = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L N)^2}}. \quad (2)$$

Розв'язавши систему (1) та (2), знаходимо:
$$N_1 = N \left[\frac{(U_m/I_1)^2 - R^2}{(U_m/I_2)^2 - R^2} - 1 \right].$$

Для ідеального трансформатора $U_{вих} = \frac{N_2}{N} U_L$, (3) де, U_L – падіння напруги на ін-

дуктивному опорі $X_L = \sqrt{\left(\frac{U_m}{I_2}\right)^2 - R^2}$ первинної обмотки.

У результаті, амплітуди напруги (3) на вторинній обмотці при розімкненому та за-

мкненому ключі:
$$U_{m_вих_1,2} = \frac{N_2}{N} X_L I_{1,2} = I_{1,2} \cdot \frac{N_2}{N} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_m}{I_2}\right)^2 - R^2}.$$

Задача 11.2. Виходячи з умови задачі про те, що потрібно ОЦІНИТИ час, будемо шукати модель явища, за допомогою якою ми зможемо це зробити.

1. Сила тяги забезпечується за рахунок реактивної тяги, пов'язаної з імпульсом, який надають іони ксенона, що викидаються з сопла іонного двигуна з будь-якою швидкістю.

2. Для оцінки будемо вважати F сталою на вказаному проміжку часу.

3. Сила тяги F буде рівною зміні імпульсу за одиницю часу, тобто імпульсові іона P_i , що викидається з двигуна назовні, помноженому на кількість іонів N , яка викидатиметься за одиницю часу. $F = P_i N$

4. Кількість іонів, що викидаються з сопла, буде залежати від потенціалу оболонки космічної станції, яку будемо вважати металевою кулею.

5. Виходячи з закону збереження електричного заряду, якщо космічну оболонку залишають позитивно заряджені частинки, а оболонка не заземлена, то вона буде заряджатися негативним зарядом.

6. Потенціал цього заряду буде зменшувати швидкість вилітаючих позитивних зарядів до нуля.

7. Імпульс іона відповідатиме кінетичній енергії, яку цей іон набуде після прискорення напругою U . Оскільки іони односторонні, їхній електричний заряд дорівнюватиме елементарному (e). Маємо $\frac{P_i^2}{2M_i} = eU$, тобто $P_i = \sqrt{2eM_i U}$ де M_i – маса атома

ксенону.

Електричний струм, що витікає з двигуна, дорівнюватиме зарядові одного іона, помноженому на кількість іонів N , яка викидатиметься за одиницю часу: $I = eN$.

Підставляємо сюди $N \left(N = \frac{F}{P_i} = \frac{F}{\sqrt{2eM_i U}} \right)$, тоді $I = e \frac{F}{\sqrt{2eM_i U}} = F \sqrt{\frac{e}{2M_i U}}$

Електричний заряд, який накопичуватиметься на станції за час t , дорівнюватиме:

$$Q = It = tF \sqrt{\frac{e}{2M_i U}}. \text{ Іони припинять покидати станцію, коли електричний потенціал}$$

на її поверхні $\phi \geq U$. Потенціал металевої сферичної оболонки: $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_0}$, де R_0 – характерний розмір станції. Звідси $Q = 4\pi\epsilon_0 R_0 U$.

Прирівнюючи два вирази для заряду станції, отримаємо:

$$Q = 4\pi\epsilon_0 R_0 U = tF \sqrt{\frac{e}{2M_i U}}.$$

$$\text{Звідси час роботи двигунів: } t = \frac{4\pi\epsilon_0 R_0 U}{F} \sqrt{\frac{2M_i U}{e}} = \frac{4\pi\epsilon_0 R_0 U^{\frac{3}{2}}}{F} \sqrt{\frac{2M_i}{e}}.$$

Підставивши числові значення, отримаємо $t \approx 1.7 \cdot 10^{-9} \text{ c} = 1.7 \text{ ns}$. Це верхня гранична межа часу, яка дуже маленька.

Це свідчить про те, що заходи з електричної нейтралізації при застосуванні іонних двигунів слід застосовувати обов'язково.

Задача 11.3. Очевидно, що прискорення першого спостерігача у системі відліку K не дорівнює a_1 – прискоренню у супутній системі відліку, хоча б тому що спостерігач змг би досягти швидкостей більших за швидкість світла.

Запишемо вираз для приросту швидкості у супутній, для першого спостерігача, системі відліку K_1 (оскільки швидкість у цій системі нескінченно мала, то усіма релятивістськими ефектами всередині системи можна знехтувати):

$$dv_1' = a_1 dt'.$$

Перейдемо до системи відліку K . Для цього знайдемо приріст швидкості в системі K , який відповідає dv_1' . Для цього запишемо формулу додавання швидкостей:

$$v_1 + dv_1 = \frac{v_1 + dv_1'}{1 + \frac{v_1 dv_1'}{c^2}}.$$

Нехтуючи нескінченно малими другого і вищих порядків, отримаємо:

$$dv_1 = \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right) dv_1' = \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right) a_1 dt' = \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}} a_1 dt.$$

У останньому переході ми використали формулу для релятивістського сповільнення часу

$$dt' = \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)^{\frac{1}{2}} dt.$$

Прискорення відносно нерухомої системи відліку

$$\frac{dv_1}{dt} = a_1 \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}$$

можна було отримати, продиференціювавши закон додавання швидкостей за часом. Аналогічний вигляд має формула для другого прискорення.

Проінтегруємо отриманий вираз, розділивши змінні:

$$\int_0^{v_1} \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)^{-\frac{3}{2}} dv_1 = \int_0^t a_1 dt \rightarrow \frac{v_1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} = a_1 t \rightarrow v_1 = \frac{a_1 t}{\sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}}$$

Проінтегруємо ще раз, щоб отримати $x_1(t)$:

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{a_1 t}{\sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}} \rightarrow \int_{x_1(0)}^{x_1} dx_1 = \int_0^t \frac{a_1 t dt}{\sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}} \rightarrow x_1 = \frac{c^2}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}.$$

Таким чином, маємо:

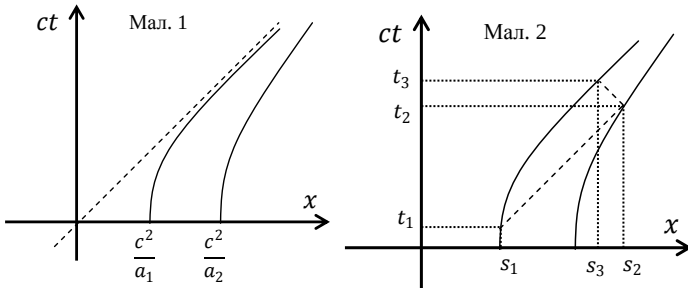
$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \left(1 - \frac{v_1^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}} a_1, \quad x_1 = \frac{c^2}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}.$$

Для другого спостерігача вираз буду аналогічним:

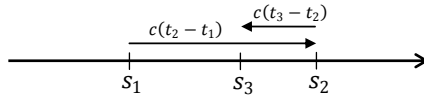
$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} = \left(1 - \frac{v_2^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}} a_2, \quad x_2 = \frac{c^2}{a_2} \sqrt{1 + \frac{a_2^2 t^2}{c^2}}.$$

Тепер розглянемо рух променя світла між спостерігачами у системі відліку K .

Для наочності, наприклад, можна побудувати залежність координати від часу (просторово – часову діаграму). Як можна побачити з формул для $x_1(t)$ та $x_2(t)$, отримані нами криві є гіперболами (мал. 1, зображені однорідними лініями). Пунктирними лініями зображені траєкторії променів світла (мал. 2).



Нехай у системі відліку K промінь світла був випромінений першим спостерігачем у момент часу t_1 у точці з координатою $s_1 = x_1(t_1)$, прийнятий другим спостерігачем та відбитий у протилежному напрямку в момент часу t_2 в точці $s_2 = x_2(t_2)$, знов прийнятий першим спостерігачем у момент часу t_3 у точці $s_3 = x_1(t_3)$ (дивись мал. 2 або 3).



Спочатку знайдемо залежність між проміжком часу τ за власним годинником першого спостерігача та моментами часу t_1 і t_3 у системі K . Для цього використаємо формулу для релятивістського сповільнення часу:

$$\begin{aligned} d\tau &= \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} dt \rightarrow \tau = \int_{t_1}^{t_3} \sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}} dt = \int_{t_1}^{t_3} \frac{dt}{\sqrt{1 + \frac{a_1^2 t^2}{c^2}}} \\ &= \frac{c}{a_1} \ln \frac{a_1 t_3 + \sqrt{c^2 + a_1^2 t_3^2}}{a_1 t_1 + \sqrt{c^2 + a_1^2 t_1^2}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Тепер, для наочності, використаємо *малюнок 2 (або 3)* та знайдемо кінематичні співвідношення:

$$\begin{aligned} s_2 - s_3 &= c(t_3 - t_2), \\ s_2 - s_1 &= c(t_2 - t_1). \end{aligned}$$

З першого рівняння отримаємо:

$$\frac{c}{a_2} \sqrt{1 + \frac{a_2^2 t_2^2}{c^2}} + t_2 = t_3 + \frac{c}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t_3^2}{c^2}}. \quad (2)$$

Зазначимо, що останній вираз співпадає з чисельником логарифма. Аналогічно отримаємо

$$\frac{c^2}{a_2} \sqrt{1 + \frac{a_2^2 t_2^2}{c^2}} - \frac{c^2}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t_1^2}{c^2}} = c(t_2 - t_1).$$

Або

$$\frac{c}{a_2} \sqrt{1 + \frac{a_2^2 t_2^2}{c^2}} - t_2 = \frac{c}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t_1^2}{c^2}} - t_1.$$

Щоб отримати знаменник логарифма, помножимо і розділимо ліву і праву частину рівності на відповідні спряжені вирази:

$$t_1 + \frac{c}{a_1} \sqrt{1 + \frac{a_1^2 t_1^2}{c^2}} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 \left(\frac{c}{a_2} \sqrt{1 + \frac{a_2^2 t_2^2}{c^2}} + t_2\right). \quad (3)$$

Підставивши вирази 2 і 3 у формулу 1 для проміжку часу за власним годинником першого спостерігача, отримаємо остаточний вираз для τ :

$$\tau = \frac{c}{a_1} \ln \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 = 2 \frac{c}{a_1} \ln \frac{a_1}{a_2}.$$

Можна бачити цікавий факт: відстань, виміряна першим спостерігачем до другого, не залежить від часу, а залежить тільки від прискорень спостерігачів. Це виконується лише за умови запропонованих початкових умов.

$$L = \frac{c^2}{a_1} \ln \frac{a_1}{a_2}.$$

Таку несподівану, на перший погляд, відповідь можна пояснити у системі відліку K тим, що на виміри відстані впливають декілька конкуруючих ефектів, які врівноважують один одного при правильно підібраних початкових умовах. Перший ефект: скорочення різниці координат спостерігачів з часом, оскільки швидкість першого завжди більша швидкості другого. Другий ефект: при великих швидкостях спостерігачів, світло витрачає все більше і більше часу у системі K , щоб досягти другого спостерігача. Третій ефект: для спостерігачів власні часи τ_1 і τ_2 течуть повільніше, ніж час t зі збільшенням швидкостей спостерігачів у системі відліку K .

Таким чином, можна говорити про коректний спосіб визначення відстані «радарним способом», оскільки отримана нами відповідь не залежить від часу і точки простору, у якій першим спостерігачем було випромінене світло. Це означає, що для всіх систем відліку, які рухаються з постійною швидкістю вздовж осі OX відносно системи K , виміряна відстань буде однаковою, тобто інваріантом.

Задача 11.4.

1) Повна кількість радіоактивних ядер у надрах планети у початковий момент становить

$$N_0 = \frac{\eta M_0}{A m_a}, \quad (1)$$

де $m_a = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг – атомна одиниця маси. Тоді, за законом радіоактивного розпаду, кількість ядер, що розпалися від початку до моменту часу t , дорівнює

$$\Delta N(t) = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} \right). \quad (2)$$

За умовою задачі, в момент часу t_0 гамма-випромінювання в об'ємі планети чинить тиск, який зрівноважує лапласівський тиск з боку оболонки:

$$p_{rad} = \frac{1}{3} \epsilon_{rad} = \frac{1}{3} \frac{\Delta N(t_0) E_0}{\frac{4}{3} \pi R_0^3} = p_L = \frac{2\sigma}{R_0}. \quad (3)$$

Примітка. У задачі вважається, що матеріал оболонки дуже швидко виходить з області пружних деформацій і майже увесь час зазнає незворотних непружних розтягів (т.зв. текучих деформацій), а тому може бути ефективно охарактеризований певним коефіцієнтом поверхневого натягу σ . При цьому його можна приписати як оболонці в цілому, так і кожній з двох її поверхонь (за аналогією з мильною бульбашкою). У першому випадку слід обчислювати лапласівський тиск, як у формулі (3), у другому випадку треба писати $p_L = \frac{4\sigma}{R_0}$. Головне розуміти, який конкретно коефіцієнт мається на увазі.

Тоді з рівняння (3) знайдемо шуканий момент часу t_0 :

$$t_0 = -T_{1/2} \log_2 \left(1 - \frac{8\pi R_0^2 \sigma}{E_0 N_0} \right) = -T_{1/2} \log_2 \left(1 - \frac{8\pi Z m_a R_0^2 \sigma}{\eta E_0 M_0} \right). \quad (4)$$

2) Запишемо аналог рівняння (3) для довільного моменту часу $t > t_0$, і поділимо його почленно на рівність (3):

$$\frac{1 - 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}{1 - 2^{-\frac{t_0}{T_{1/2}}}} = \left(\frac{R(t)}{R_0} \right)^2. \quad (5)$$

Беручи до уваги те, що частота t_0 і час існування оболонки (який, як ми побачимо, за порядком величини порівнянний з t_0) набагато менші від періоду напіврозпаду ізотопу, показникову функцію можна наближено розкласти при малому значенні аргументу:

$$2^{-\frac{t}{T_{1/2}}} = e^{-\frac{t}{T_{1/2}} \ln 2} \approx 1 - \frac{t}{T_{1/2}} \ln 2. \quad (6)$$

Тоді ліва частина рівності (3) значно спроститься і закон зміни радіуса оболонки буде наступним:

$$R(t) = R_0 \sqrt{t/t_0}, \quad t \geq t_0. \quad (7)$$

Час руйнування t_1 знайдемо з умови того, що площа оболонки зросла вдвічі:

$$4\pi R^2(t_1) = 4\pi R_0^2 \frac{t_1}{t_0} = 2 \cdot 4\pi R_0^2, \quad \Rightarrow \quad t_1 = 2t_0. \quad (8)$$

3) Відносно центра планети мотоцикліст перебуває на кутовій відстані $\Delta\varphi = \pi$ від космодрому. Її треба подолати за час, поки оболонка ще не зруйнувалася. За нескінченно малий час dt мотоцикліст пройде лінійну відстань $dl = v dt$, а відповідна кутова відстань становитиме

$$d\varphi = \frac{dl}{R(t)} = \frac{v dt}{R(t)}. \quad (9)$$

Проінтегруємо обидві частини рівності від t_0 до деякого моменту часу t , знайдемо пройдену кутову відстань:

$$\Delta\varphi(t) = \int_{t_0}^t \frac{v dt'}{R(t')} = \int_{t_0}^t \frac{v \sqrt{t_0} dt'}{R_0 \sqrt{t'}} = 2 \frac{vt_0}{R_0} \left(\sqrt{\frac{t}{t_0}} - 1 \right). \quad (10)$$

Мотоцикліст приїде до космодрому у момент часу, коли пройдена кутова відстань становить $\Delta\varphi = \pi$. Звідси знайдемо повний час руху:

$$t_k = t_0 \left(1 + \frac{\pi R_0}{2vt_0} \right)^2. \quad (11)$$

Мінімальну швидкість, необхідну для вчасної евакуації, знайдемо з умови того, що $t_k = t_1 = 2t_0$:

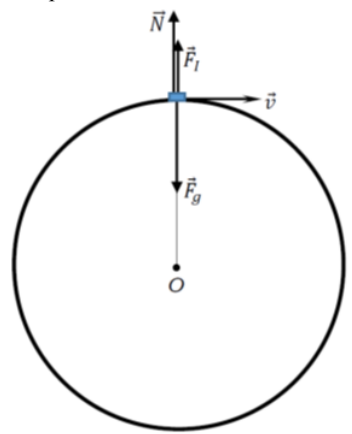
$$v_{min} = \frac{\pi}{2(\sqrt{2} - 1)} \frac{R_0}{t_0}. \quad (12)$$

Мінімальну швидкість можна знайти безпосередньо інтегруючи рівність (9) від t_0 до $t_1 = 2t_0$ і вимагаючи, щоб повна пройдена кутова відстань була не меншою, ніж π . Але так чи інакше, вираз (11) для повного часу руху потрібен буде у подальших пунктах, тому він має бути знайдений в роботі. Бали за отримання виразу (11) враховуються при оцінюванні третього пункту задачі.

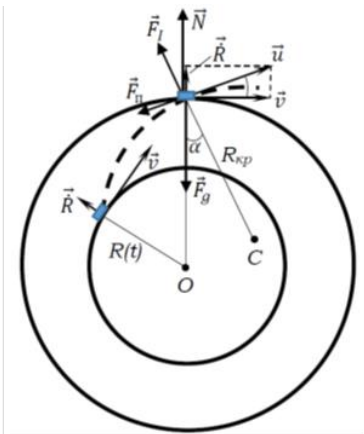
4) Власна система відліку мотоцикліста не є інерціальною, адже планета розширюється, а мотоцикліст здійснює обертальний рух відносно її центру. В неінерціальних системах відліку окрім реальних активних сил, які мають фізичну причину (гравітація, електромагнітні поля, сили реакції і тертя і т.д.), присутні ще й сили інерції. Вони є фіктивними, бо не мають фізичної причини і носія, а вводяться лише для того, щоб можна було записати другий закон Ньютона у такій же формі, як і в інерціальних системах відліку, тобто кожній зміні стану руху приписати дію певної сили.

Якби розширення не було (див. мал. 1), то відцентрова сила інерції $\vec{F}_I$ була б спрямована від центру планети (точки О) точно по радіусу кола. Вона відігравала б роль лише в балансі сил у нормальному напрямку: визначала б величину сили нормальної реакції $\vec{N}$, але не впливала б на дотичний рух. Тому за відсутності розширення рівномірний рух поверхнею планети не потребує сили тяги (за умови, що силами опору знехтували).

Якщо ж планета розширюється, то траєкторія руху мотоцикла вже не є колом, оскільки його відстань до центру постійно зростає (див. мал. 2). Тому відцентрова сила інерції $\vec{F}_I$ напрямлена не від центру планети (точки О), а від центру кривини траєкторії (точки С), що зміщений від центру планети вперед по руху мотоцикла. Як наслідок, існує її проекція, напрямлена проти руху мотоцикла, яка мусить бути скомпенсована силою тяги, щоб забезпечити рівномірний рух. Інша компонента, напрямлена перпендикулярно до поверхні планети, разом із силою тяжіння $\vec{F}_g$ компенсується силою нормальної реакції $\vec{N}$. Окрім відцентрової сили інерції $\vec{F}_I$, є ще сила, пов'язана з тим, що швидкість мотоцикліста u змінюється за абсолютним значенням, т.зв. поступальна сила інерції $\vec{F}_n$ (див. мал.2). Ця сила також має проекції і в нормальному, і в тангенціальному напрямках (відносно поверхні планети). Тангенціальна компонента компенсується силою тяги двигуна, а нормальна – силою нормальної реакції.



Мал. 1



Мал. 2

Обчислення сили тяги може бути здійснене кількома методами лише у випадку, коли швидкість розширення планети набагато менша за швидкість руху тіла. Тоді кут відхилення відцентрової сили інерції від радіального напрямку малий і це дозволяє не знаходити точного рівняння траєкторії і положення центру її кривини. Також у цьому наближенні можна знехтувати поступальною силою інерції.

Відцентрова сила інерції має вигляд:

$$F_I = \frac{mu^2}{R_{кр}(t)} \approx \frac{mv^2}{R(t)}, \quad (13)$$

де в силу обговореного вище наближення, радіус кривини траєкторії наближено можна вважати поточним радіусом планети. Тангенс малого кута відхилення напрямку сили інерції від радіуса можна знайти з подібного трикутника швидкостей:

$$\operatorname{tg} \alpha \approx \alpha \approx \frac{\dot{R}(t)}{v}. \quad (14)$$

Тоді сила тяги, яка за модулем дорівнює проекції сили інерції проти напрямку руху, має вигляд:

$$F(t) \approx F_I \cdot \alpha = mv \frac{\dot{R}}{R}. \quad (15)$$

Незважаючи на всі наближення в розрахунках, кінцева відповідь (15) для сили тяги виявляється справедливою в загальному випадку, для довільної швидкості розширення (це може бути показано із закону зміни моменту імпульсу мотоцикла відносно центру планети або враховуючи обидві сили інерції і обчислюючи точно радіус кривини траєкторії). Але знаходження сили тяги є поза межами умови задачі, тому ці обчислення не обов'язкові. Бажано хоча б на якісному рівні зрозуміти, що рівномірний рух планетою, що розширюється, вимагає прикладання сили.

Тепер зупинимося на нормальній компоненті сили інерції. Вважаючи розширення набагато повільнішим за швидкість руху мотоцикліста, $\dot{R} \ll v$, можна вважати кут відхилення центру кривини траєкторії від центру планети малим і використати, що $\cos \alpha \approx 1$. Тоді складова сили інерції, перпендикулярна до поверхні, має вигляд:

$$F_{In} \approx \frac{mv^2}{R(t)} = \frac{mv^2 \sqrt{t_0}}{R_0 \sqrt{t}}. \quad (16)$$

Ця сила ефективно змінить значення прискорення вільного падіння. Окрім того, прискорення вільного падіння зменшиться ще й за рахунок зростання радіуса планети. Якщо взяти до уваги обидва ці ефекти, то отримаємо наступне значення прискорення вільного падіння, що відчуває мотоцикліст:

$$g_{\text{eff}}(t) = \frac{GM_0}{R^2(t)} - \frac{F_{In}}{m} = g_0 \frac{t_0}{t} - \frac{v^2 \sqrt{t_0}}{R_0 \sqrt{t}}, \quad (17)$$

де $g_0 = \frac{GM_0}{R_0^2}$ – прискорення вільного падіння на планеті початкового радіусу і для нерухомого спостерігача.

Нехай тепер мотоцикліст використовує старомодний годинник на основі математичного маятника. Тобто час за його годинником пропорційний кількості коливань математичного маятника n , а коефіцієнт пропорційності – це період коливань маят-

ника на звичайній планеті (оскільки годинник був відкалібрований ще до розширення):

$$\tau = T_0 n, \quad T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}}. \quad (18)$$

Насправді, прискорення вільного падіння зменшується за законом (17), тому період коливань постійно зростає:

$$T(t) = 2\pi \left(\frac{l}{g_{\text{eff}}(t)} \right)^{1/2} = \frac{T_0}{\left(\frac{t_0}{t} - \frac{v^2}{g_0 R_0} \frac{\sqrt{t_0}}{\sqrt{t}} \right)^{1/2}}. \quad (19)$$

Виходячи з цього за фізичний проміжок часу dt маятник зробить кількість коливань

$$dn = \frac{dt}{T(t)}. \quad (20)$$

Таким чином проміжок власного часу, який мине, становить:

$$d\tau = T_0 dn = \frac{T_0}{T(t)} dt = \left(\frac{t_0}{t} - \frac{v^2}{g_0 R_0} \frac{\sqrt{t_0}}{\sqrt{t}} \right)^{1/2} dt. \quad (21)$$

Щоб дізнатися, який час збіг по власному годиннику мотоцикліста, проінтегруємо моє рівняння (21) в межах від t_0 до t_k , заданого виразом (11):

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= \int_{t_0}^{t_k} \left(\frac{t_0}{t} - \frac{v^2}{g_0 R_0} \frac{\sqrt{t_0}}{\sqrt{t}} \right)^{1/2} dt = \left| \frac{t}{t_0} = x^2, \quad dt = 2t_0 x dx \right| = \\ &= 2t_0 \int_1^{1+\frac{\pi R_0}{2v\sqrt{t_0}}} \left(1 - \frac{v^2}{g_0 R_0} x \right)^{1/2} dx \\ &= \frac{4t_0}{3} \frac{g_0 R_0}{v^2} \left[\left(1 - \frac{v^2}{g_0 R_0} \right)^{3/2} - \left(1 - \frac{v^2}{g_0 R_0} - \frac{\pi v}{2g_0 t_0} \right)^{3/2} \right]. \end{aligned} \quad (22)$$

Якщо вважати вплив сил інерції нехтовно малим (це можна робити, коли швидкість мотоцикла v значно менша за першу космічну швидкість для планети $v_I = \sqrt{g_0 R_0}$), то слід знехтувати під інтегралом доданком з v^2 . Тоді вираз значно спроститься, і ми матимемо для проміжку власного часу наступний вираз:

$$\Delta\tau = \int_{t_0}^{t_k} \left(\frac{t_0}{t} \right)^{1/2} dt = 2t_0 \int_1^{1+\frac{\pi R_0}{2v\sqrt{t_0}}} dx = \frac{\pi R_0}{v}. \quad (23)$$

Годинник відстане відносно фізичного часу, вимірюваного космічним спостерігачем, на величину:

$$\delta t = (t_k - t_0) - \Delta\tau. \quad (24)$$

У загальному випадку сюди слід підставити вираз (22). Якщо сили інерції нехтовно малі у порівнянні з гравітаційними, час затримки обчислимо за виразом (23):

$$\delta t = \frac{\pi^2 R_0^2}{4v^2 t_0}. \quad (25)$$

Швидкість роздування можна охарактеризувати часом очікування t_0 , чим він більший, тим повільніше роздувається оболонка. Якщо спрямувати $t_0 \rightarrow \infty$ (роздування відсутнє), то і відставання між годинниками ніякого не буде.

Оскільки при врахуванні сил інерції підінтегральний вираз у (22) лише зменшується, то власний час вимірюваний по годиннику мотоцикліста вийде ще меншим. Таким чином, сили інерції призводять до зростання відставання власного годинника від космічного часу.

5) Розширення можна ідентифікувати за наступними ознаками:

- безпосередньо за зміною відстані між віддаленими об'єктами (методами ехолокації, за розривами ліній електропередачі, розходженням рейок залізниці на стиках і т. п.);

- за зменшенням ваги тіл, вимірюваної пружинними вагами (чи іншими, що не використовують порівняння ваги з еталоном, тобто не шальковими терезами);

- за уповільненням ходу математичного маятника шляхом вимірювання його періоду коливань по пружинному, електронному, кварцовому чи атомному годиннику;

- за виникненням сил інерції, що протидіють будь-якому рухові (див. відповідь на 4-те запитання), хоча ці сили досить слабкі, якщо розширення повільне;

Екзотичні методи:

- за зменшенням атмосферного тиску (та ж вага повітря розподіляється на більшу площу);

- за допомогою геологічної розвідки (визначення відстані до твердих порід планети методами ехолокації);

- за зміною висоти орбіт штучних супутників над поверхнею планети;

- за ефектом Допплера (наприклад, акустичним) при передачі звукових сигналів між віддаленими об'єктами;

- якщо в планеті є природний супутник, то за зміною часу проходження його через тінь планети під час затемнення...

Тут вітається творчість учнів.

Задача 11.5. Якщо не користуватись табличним значенням густини повітря при нормальних умовах. $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$, то його можна визначити із рівняння стану ідеального газу: $PV = (m/\mu)RT$, з якого густина $\rho = P\mu/RT \approx 1,29 \text{ кг/м}^3$ (при атмосферному тиску $P = 10^5 \text{ Па}$; моль повітря – $\mu = 29 \text{ г/моль}$; $R = 8,31 \text{ Дж/(град}\cdot\text{моль)}$; $T = 273 \text{ К}$.

Витрати палива за час $t = 1 \text{ с}$ складуть $m = 12000 \text{ кг}$; $12000 \text{ с} = 1 \text{ кг/с}$.

Відстань, що долає літак за одну секунду – $L = 900 \text{ км/год} : 3600 \text{ с} = 250 \text{ м}$.

Об'єм повітря, що прокачується за цей час $t = 1 \text{ с}$ через реактивні двигуни, – $V = S \times L = 250 \text{ м}^3$.

Маса цього повітря разом із паливом, що викидається за час $t = 1 \text{ с}$:

$$M = \rho \cdot V + m = 1,29 \text{ кг/м}^3 \times 250 \text{ м}^3 + 1 \text{ кг} = 322,5 \text{ кг}.$$

При силі тяги двигунів $F = 170 \text{ кН}$ швидкість вильоту газів складатиме (із закону збереження імпульсу): $u = F \cdot t/M = 527,1 \text{ м/с}$.

Витрати палива зменшуватимуться через зменшення сили тяжіння та відповідної підйомної сили, що призводить до зменшення сили опору повітря, зокрема через зменшення кута атаки і т. ін.

ЗАЯВКА

на участь у Всеукраїнському фізичному конкурсі „Левеня–2020”

від _____
(повна назва школи)

У нашій школі бажають взяти участь у конкурсі “Левеня–2020” _____ 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)

Код школи: _____

(код місця проведення, якщо ви вже брали участь у конкурсі, можна знайти на сайті: **levenia.com.ua**, у розділі реєстрація).

Координатор проведення конкурсу у школі:

(прізвище)

(ім’я)

(по батькові)

Контактний тел. з кодом
населеного пункту:

моб. тел.:

e-mail:

Підпис _____

Заявку, бажано, заповнювати і відправляти на сайті ВФК “Левеня”:

<http://levenia.com.ua>

(в цьому випадку ви отримаєте повідомлення (заявка прийнята) по електронній пошті)

ПОВІДОМЛЕННЯ

Благодійний фонд „Ліцей”

Установа банку: Філія АТ “Укресімбанк”

Рахунок отримувача : IBAN: UA213223130000026003000028161

МФО 322313, код 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 “Укресімбанк”

Рахунок отримувача : IBAN: UA213223130000026003000028161

МФО 322313, код 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 благодійних внесків учасників. Розмір благодійного внеску від (23 + 2) 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–2019” *Інформаційний вісник*

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

Редактор і коректор *Олександр Хміль*,
Технічний редактор *Роксоляна Бедрій*

Підписано до друку з готових діапозитивів 19.07.2019.

Формат 60х84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк 3,95.

Обл.- вид. арк. 4,84. Наклад 15 000 прим.

Видавництво “Каменярь”, 79008, Львів, Підвальна, 3.

Свідоцтво Держ. реєстру: серія ДК, № 462.

Ел. адреса: vyd@kamenyar.com.ua

Віддруковано ТЗОВ “Видавничий Дім ІНБУК”

79070 Львів, Г. Хоткевича, 14/117

В85 **Всеукраїнський фізичний конкурс «Левеня – 2019»** [текст]: Інформаційний вісник / Упорядник В. І. Алексейчук; Міністерство освіти і науки України; Львівський фізико-математичний ліцей-інтернат при Львівському національному університеті ім. І. Франка. – Львів: Каменярь, 2019. – 68 с: іл.

ISBN 978-966-607-510-0

Інформаційний вісник підготовлено оргкомітетом за підсумками Всеукраїнського фізичного конкурсу «Левеня–2019» – 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.

УДК 372.853

