

Міністерство освіти і науки України

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

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИЧНИЙ КОНКУРС „ЛЕВЕНЯ – 2016”

Інформаційний вісник



Львів
Каменяр
2016

УДК 372.853
ББК 74.265.1-922
В85

Інформаційний вісник підготовлено оргкомітетом за підсумками Всеукраїнського фізичного конкурсу «Левеня–2016» – 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 – 2016”:

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

Адреса оргкомітету:

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

Директор ліцею
Мар'ян Добосевич

Благодійний фонд “Ліцей”:

Філія АТ “Укресімбанк”
рахунок отримувача 260030260560
МФО 325718
ЄДРПОУ 22360064

Виконавчий директор
благодійного фонду “Ліцей”
Михайло Мурашук

Автор логотипу **Орест Бурак**

ISBN 978-966-607-382-9

©Львівський фізико-математичний ліцей, 2016

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

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

6 квітня 2016 року, згідно з наказом Міністерства освіти і науки України № 553 від 07.05.2012 року, відбувся XV Всеукраїнський фізичний конкурс “Левеня”.

Незважаючи на складну військово-політичну ситуацію на сході України, у конкурсі взяли участь **96 692** учасників з **3 858** шкіл України. Відмінні сертифікати отримали **12 423**, добрі – **36 398** конкурсантів. За цим стоїть велика організаційна робота координаторів, яким ми хочемо висловити вдячність за підтримку та поширення ідей конкурсу.

Область	2012	2013	2014	2015	2016
АР Крим	3 677	4 092	940	–	–
м. Севастополь	894	1 379	1 294	–	–
Вінницька	3 967	4 842	5 905	4 731	4 550
Волинська	3 788	4 090	3 605	2 306	2 676
Дніпропетровська	11 563	12 605	13 274	10 343	11 310
Донецька	9 411	11 077	9 306	3 724	3 296
Закарпатська	4 639	5 353	5 345	4 662	3 427
Житомирська	5 143	7 094	7 827	5 713	5 566
Запорізька	6 715	6 897	6 128	5 071	5 248
Івано-Франківська	2 681	3 155	2 254	1 794	1 221
м. Київ	825	920	956	827	969
Київська	4 066	5 026	4 172	3 232	2 696
Кіровоградська	2 903	3 226	3 210	2 324	2 701
Луганська	5 492	6 376	5 441	1 947	1 302
Львівська	14 382	16 440	13 460	9 022	9 386
Миколаївська	5 058	5 075	4 651	3 374	3 235
Одеська	2 913	3 399	2 167	1 884	1 742
Полтавська	7 539	8 506	8 220	5 844	5 843
Рівненська	1 775	4 190	5 349	4 598	4 651
Сумська	6 998	7 301	7 698	5 814	5 597
Тернопільська	3 518	3 659	3 559	2 776	2 543
Харківська	8 925	10 554	10 435	8 425	6 846
Херсонська	2 332	2 813	2 366	1 867	2 162
Хмельницька	6 282	6 573	6 184	3 644	3 568
Черкаська	3 388	3 845	3 859	2 979	3 085
Чернівецька	2 879	2 855	2 978	2 408	2 147
Чернігівська	1 354	1 294	1 555	774	925
Усього учасників	133 130	152 637	142 138	100 085	96 692

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

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

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

Вітаємо всіх учасників конкурсу, сподіваємось, що участь 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 **5 квітня 2017 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 – 2016”

7 К Л А С

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

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

**Будь уважний! Тобі під силу віднайти всі правильні відповіді!
Часу обмаль, тож поспішай! Бажаємо успіху!**

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. Одна доба це ... (Який період обертання Землі навколо власної вісі, відносно Сонця?)

- A:** 86400 с; **B:** 10^4 с; **V:** 3600 с; **Г:** 60 с; **Д:** 1 с.

2. Коли говорять, що Сонце сходить і заходить, мають на увазі систему відліку, яка пов’язана з ...

- A:** Сонцем; **B:** центром Землі; **V:** поверхнею Землі; **Г:** Місяцем.



3. Якщо в склянку з чаєм вкинути декілька шматочків цукру, то рівень води в склянці спочатку підніметься, а потім опуститься майже до початкового рівня. Це пов’язано з ... молекул.



- A:** неперервним рухом; **B:** взаємодією; **V:** вільними проміжками між; **Г:** формою; **Д:** розмірами.

4. Чим відрізняються молекули гарячої і холодної води?

- A:** розмірами; **B:** формою; **V:** масою; **Г:** швидкістю; **Д:** складом.

5. 1). Кольорову білизну не можна прати разом з білою (линяє). 2). Якщо капусту покласти в солону воду, то через деякий час вона стане солоною. 3). Якщо в каструлі пригоріла каша, її важко відмити. Але якщо у каструлю додати води, то через 1–2 години вона відмийся досить легко.

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

- A:** дифузії; **B:** броунівського руху; **V:** тяжіння; **Г:** випаровування; **Д:** інерції.

6. Сила, яка зупиняє автомобіль при гальмуванні, прикладена до...

- A:** двигуна; **B:** корпусу; **V:** коліс; **Г:** педалі; **Д:** дороги.

7. Ствол рушниці при пострілі треба направляти дещо вище цілі. Це пов’язано з дією сили...

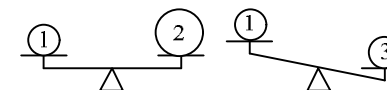


- A:** пружності; **B:** тяжіння; **V:** тертя; **Г:** опору.

8. У твердих тілах частинки здійснюють коливання біля положення рівноваги. Іноді (дуже рідко) частинка робить “стрибок” до іншого положення рівноваги. Яке явище, в твердих тілах, зумовлене “стрибками” частинок?

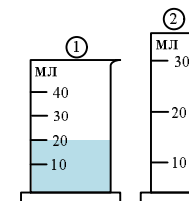
- A:** деформація; **B:** дифузія; **V:** плавлення; **Г:** нагрівання; **Д:** сублимація.

9. Густина якої з однорідних куль, що зображені на терезах, найменша? $V_2 > V_1 = V_3$.



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

10. У мензурці 1 знаходиться рідина. Який об’єм рідини виявиться у мензурці 2, якщо всю рідину з першої мензурки перелити у другу?



- A:** 13,3 мл; **B:** 15 мл; **V:** 20 мл; **Г:** 30 мл.

Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

11. Для визначення швидкості дитячої машинки (наприклад, радіокерованої) достатньо мати...



1) терези, 2) мензурку, 3) лінійку, 4) годинник, 5) мікрометр, 6) ареометр.

- A:** 1 і 2; **B:** 2 і 3; **V:** 3 і 4; **Г:** 4 і 5; **Д:** 5 і 6.

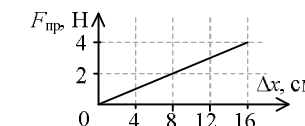
12. У пригодницькому кіно літак сідає на дах потяга. При якій умові це можливо?



v_1 – швидкість літака, v_2 – потяга.

- A:** $v_1 > v_2$; **B:** $v_1 = v_2$; **V:** $v_1 < v_2$; **Г:** від швидкості не залежить.

13. На малюнку зображено графік залежності сили пружності пружини ($F_{пр}$) від її видовження (Δx). Яка жорсткість цієї пружини?



- A:** 1 Н/м; **B:** 4 Н/м; **V:** 8 Н/м; **Г:** 25 Н/м; **Д:** 50 Н/м.

14. Потяг рушає з місця. Яка сила штовхає його вперед?



- A:** тяжіння; **B:** тертя ковзання, спокою; **V:** пружності; **Г:** тертя кочення.

15. Зерно, яке висипають з мішка, не розподіляється по кругу рівним шаром, а утворює купу конічної форми. Це пов'язано з дією сили...



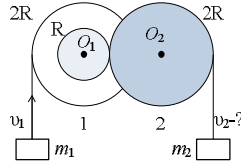
А: тертя; Б: тяжіння; В: пружності; Г: в'язкого тертя.

16. Чи зможуть двоє чоловіків підняти ртуть об'ємом 10 літрів, якщо кожен може підняти по 70 кілограмів? (густина ртуті 13 600 кг/м³).



А: так; Б: ні; В: зможуть, якщо покличуть третього; Г: залежить від форми посудини.

17. Два диски, що мають закріплені вісі обертання, приведено в контакт. Диск 1 (вісь O_1) складається з двох склеєних дисків $2R$ і R , що мають спільну вісь обертання O_1 . Диск 2 радіусом $2R$ має вісь обертання O_2 . На диски $(2R, 2R)$ намотано нитки, до яких причепили два тіла. Диск 1 обертається так, що тіло m_1 рухається вгору зі швидкістю $v_1 = v$. З якою швидкістю і в якому напрямку рухається тіло m_2 ?

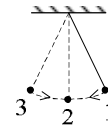


А: $2v$, вгору; Б: v , вгору; В: $v/2$, вгору; Г: $2v$, вниз; Д: v , вниз.

18. На скільки 1 м^3 нафти густиною $0,9 \text{ г/см}^3$ має більшу масу ніж 1 м^3 нафти, добутої на Стрийщині, з густиною 850 кг/м^3 ?

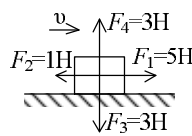
А: 0,5 г; Б: 50 кг; В: 0,05 г; Г: 0,05 кг; Д: 500 г.

19. Період коливань математичного маятника (див. мал.) 4 с. За який найменший час маятник переміститься з точки 1 у точку 3? 1 і 3 – амплітудні точки.



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

20. На малюнку зображено сили, що діють на тіло, яке рухається по горизонтальній поверхні вправо. Чому дорівнює рівнодійна сил (сума сил), що діють на тіло? Як рухається тіло?



А: 6 Н, сповільнено; Б: 4 Н, прискорено; В: 12 Н, рівномірно; Г: 6 Н, прискорено; Д: 4 Н, сповільнено.

Завдання 21–30 оцінюються п'ятьма балами

21. Для визначення об'єму повітря в піску достатньо мати...

1) вагу, 2) лінійку, 3) воду, 4) мензурку, 5) ареометр, 6) годинник.

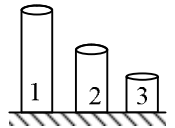
А: 1 і 2; Б: 2 і 3; В: 3 і 4; Г: 4 і 5; Д: 5 і 6.

22. У поліні застрягла сокира, якою рубають дрова. Чим краще вдарили по колоді, щоб розколоти поліно: 1) поліном; 2) обухом сокири? Якщо: а) маса поліна m_n більша за масу сокири m_c ; б) $m_c > m_n$.



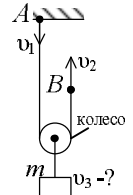
А: $1 - a, 2 - b$; Б: $1 - b, 2 - a$; В: $1 - a, i b$; Г: $2 - a i b$; Д: однаково.

23. Три металеві циліндри (мідний, залізний і алюмінієвий) мають однакову площу поперечного перерізу і однакову масу (див. мал.). Який з них алюмінієвий?



А: 1; Б: 2; В: 3; Г: відрізати неможливо.

24. До вісі колеса причепили тягарець m (див. мал.). З якою швидкістю рухається тягарець m , якщо точки мотузки, на якій закріплено колесо, рухаються? Точка А – $v_1 = 4 \text{ м/с}$, точка В – $v_2 = 6 \text{ м/с}$.



А: 1 м/с, вгору; Б: 1 м/с, вниз; В: 2 м/с, вгору; Г: 5 м/с, вгору; Д: 5 м/с, вниз.

25. Щоб легко розрізати великий шматок мила достатньо мати...

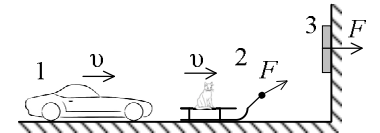
А: гострий ніж; Б: міцну нитку; В: зубило і молоток; Г: пилку; Д: шило.



26. 1). Яблуко падає з дерева. 2). Супутник рухається навколо Землі. 3). Снаряд вилетів з гармати. 4). Шайба ковзає по льоду. В якому випадку рух тіла пов'язаний з дією сили тяжіння?

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

27. 1). Автомобіль збільшує швидкість, рухаючись вправо (див. мал.). 2). Санки тягнуть за мотузку вправо. 3). Книгу притисли до стінки горизонтальною силою. В якому випадку сила тертя, що діє на тіла, направлена вліво?



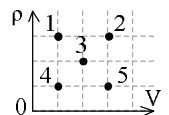
А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: тільки 1 і 2; Д: 1, 2, 3.

28. Яке з чотирьох наведених явищ є причиною трьох інших? 1). Дифузія. 2). Тепловий (неперервний хаотичний) рух молекул. 3). Необмежене розширення газу до заповнення всього вільного простору. 4). Броунівський рух.

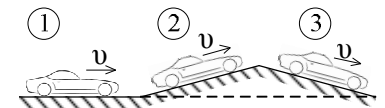
А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4.

29. На діаграмі залежності густини тіла від його об'єму точки відповідають п'ятьом різним тілам. Які тіла мають однакову масу?

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



30. В якому з наведених на малюнку випадків автомобіль, з виключеним двигуном, може рухатись рівномірно?



А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 1 і 3; Д: у всіх випадках.

8 К Л А С

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. Чи можуть у рідкому стані перебувати: 1 – кисень, 2 – гелій?

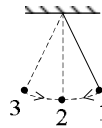
A: 1 і 2 – ні; **Б:** 1 і 2 – так; **В:** 1 – так, 2 – ні; **Г:** 1 – ні, 2 – так; **Д:** невідомо.

2. 1). Вовняний одяг тепліший за полотняний. 2). У тісному взутті ноги змерзнуть швидше, ніж у просторому. 3). У спеку жителі пустель одягають теплий (ватяний або хутряний) одяг. У всіх випадках це пов'язано з ... повітря.

A: малою теплоємністю; **Б:** малою теплопровідністю;
В: великою теплоємністю; **Г:** великою теплопровідністю; **Д:** прозорістю.

3. Період коливань математичного маятника 4 с (*див. мал.*). За який найменший час маятник переміститься з точки 1 у точку 2? 1 і 3 – амплітудні точки.

A: 1 с; **Б:** 2 с; **В:** 3 с; **Г:** 4 с; **Д:** 6 с.



4. Для демонстрації перетворення механічної енергії (кінетична → потенціальна → кінетична → ...) достатньо мати...

1) лінійку, 2) мензурку, 3) нитку, 4) терези, 5) тягарець, 6) воду.

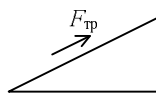
A: 1, 2, 6; **Б:** 3, 4; **В:** 1, 5; **Г:** 3, 5; **Д:** 2, 5, 6.

5. 1). У спеку людина пітніє. 2). Черствий хліб має меншу масу, ніж свіжоспечений. 3). Спеку переносити легше, якщо повітря сухе, а не вологе.

У всіх випадках це пояснюється явищем...

A: теплопровідності; **Б:** конденсації; **В:** випаровування; **Г:** дифузії.

6. В якому випадку сила тертя, що діє на: 1) лижі (хлопчик їде з гори на лижах); 2) автомобіль (авто їде на гору); 3) хлопчика (хлопчик йде на гору); 4) сани (хлопчик тягне сани на гору), направлена вгору по схилу гори (*див. мал.*)?



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

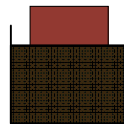
7. 1). Плечові ремені рюкзака роблять широкими. 2). Гуси і качки проходять по болоту легко, а курям це робити важко. 3). Бджола і комар легко проколюють шкіру людини своїми жалами. У всіх випадках це пов'язано з...

A: силою тиску; **Б:** тиском; **В:** силою тертя; **Г:** вагою; **Д:** силою тяжіння.

8. Дерев'яний брусок плаває у воді (*див. мал.*). При опусканні в яку з рідин глибина його занурення збільшиться?

1) олія, 2) спирт, 3) гас, 4) морська вода, 5) ртуть.

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



9. Коли листок рослини мати-й-мачухи (підбілу) прикласти до щоки одною стороною, то відчуваємо прохолоду, а якщо прикласти іншою стороною – тепло. Це пов'язано з тим, що листок з двох сторін має різну...



A: теплоємність; **Б:** теплопровідність; **В:** температуру; **Г:** вологість; **Д:** колір.

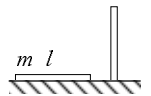
10. У погребах, овочесховищах, парниках для запобігання замерзанню (овочів, фруктів, розсади) встановлюють посудини з водою. Використовують явище ..., яке відбувається з ... енергії. 1) випаровування, 2) конденсації, 3 кристалізації, 4 плавлення.

(↑ – виділенням, ↓ – поглинанням.)

A: 4, ↓; **Б:** 3, ↑; **В:** 2, ↑; **Г:** 1, ↓; **Д:** 1, ↑.

Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

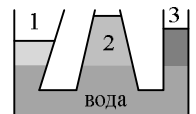
11. Довгий (l) тонкий стрижень масою m , що лежав на горизонтальній поверхні, підняли у вертикальне положення (*див. мал.*). На скільки змінилась потенціальна енергія стрижня?



(↑ – збільшилась, ↓ – зменшилась).

A: ↑ на mg l; **Б:** ↑ на mg l/2; **В:** не змінилась; **Г:** ↓ на mg l; **Д:** ↓ на mg l/2.

12. У сполучені посудини налито три рідини (бензин – $0,7 \text{ г/см}^3$, гас – $0,8 \text{ г/см}^3$, олія – $0,9 \text{ г/см}^3$) так, що рівні води однакові. В якій посудині міститься бензин.



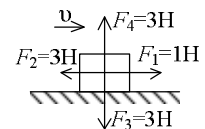
A: 1; **Б:** 2; **В:** 3; **Г:** визначити неможливо.

13. Надлишковий тиск у легенях людини сягає $0,1P_0$ ($P_0 = 10^5 \text{ Па}$). На якій максимальній глибині людина може дихати під водою через трубочку?



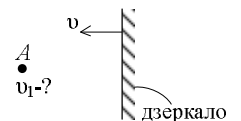
A: 0,1 м; **Б:** 1 м; **В:** 5 м; **Г:** 10 м; **Д:** 20 м.

14. На малюнку зображено сили, що діють на тіло, яке рухається по горизонтальній поверхні вправо. Чому дорівнює рівнодійна сил (сума сил), що діють на тіло? Як рухається тіло?



A: 4 Н, сповільнено; **Б:** 2 Н, прискорено; **В:** 10 Н, рівномірно; **Г:** 4 Н, прискорено; **Д:** 2 Н, сповільнено.

15. Дзеркало рухається відносно Землі зі швидкістю v . З якою швидкістю відносно Землі v_1 і в якому напрямі має рухатись точка A , щоб її зображення відносно дзеркала було нерухомим?



A: $2v$ – від дзеркала; **Б:** $2v$ – до дзеркала;
В: v – від дзеркала; **Г:** v – до дзеркала; **Д:** $v_1 = 0$.

16. На білому папері зробили два малюнки: один – жовтим олівцем, а другий – синім. Через світлофільтр якого кольору треба дивитись, щоб побачити тільки синій малюнок?

- А: синій; Б: жовтий; В: червоний; Г: фіолетовий; Д: прозорий.

17. У радіатор водяного опалення в кімнаті поступило 100 кг води при $t_1 = 80^\circ\text{C}$. З радіатора вийшла вода при $t_2 = 60^\circ\text{C}$. Яку кількість теплоти отримала кімната? $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.

- А: 84 Дж; Б: 8,4 МДж; В: 0,84 МДж; Г: 84 кДж; Д: 0,84 Дж.

18. Порівняйте кінетичні енергії (K) легкового (1 – m , $3v$) і вантажного (2 – $3m$, v) автомобілів.



- А: $K_1 = K_2$; Б: $3K_1 = K_2$; В: $K_1 = 3K_2$; Г: $K_1 = 1,5K_2$; Д: $1,5K_1 = K_2$.

19. Аеростат піднімається вгору завдяки... енергії атмосферного повітря.



- А: кінетичної; Б: внутрішньої;
В: потенціальної; Г: внутрішньої енергії повітря в аеростаті.

20. У двох однакових склянках міститься: 1) гарячий чай, 2) бульйон (температура і об'єм однакові). Яка рідина охолоне швидше?

- А: 1; Б: 2; В: однаково; Г: залежить від сорту чаю.

Завдання 21 – 30 оцінюються п'ятьма балами

21. Для порівняння маси невеликого металевого циліндра ($m < 200 \text{ г}$) і гирі ($m_1 = 100 \text{ г}$) достатньо мати...

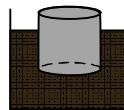
- А: барометр; Б: посудину з водою; В: ареометр; Г: лінійку; Д: мензурку.

22. У поліні застрягла сокира, якою рубануть дрова. Чим краще вдарити по колоді, щоб розколоти поліно: 1) поліном; 2) обухом сокири? Якщо: а) маса поліна m_n більша за масу сокири m_c ; б) $m_c > m_n$.



- А: 1 – а, 2 – б; Б: 1 – б, 2 – а; В: 1 – а і б; Г: 2 – а і б; Д: однаково.

23. У посудині з водою вертикально плаває циліндричне тіло. Для визначення густини тіла достатньо мати...



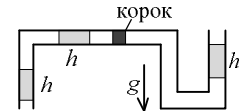
- А: лінійку; Б: мензурку; В: терези; Г: ареометр; Д: барометр.

24. Краплини сконденсованої пари (біла хмара), які виходять з носика чайника (вода кипить), піднімаються вгору, а краплини води, розпилені оприскувачем, опускаються вниз. Це пов'язано з явищем...



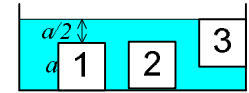
- А: конденсації; Б: випаровування; В: конвекції; Г: теплопровідності; Д: дифузії.

25. У фігурній трубці перерізом S знаходяться легкий корок і три стовпчики води (ρ) довжиною h . Яка сила тертя і в якому напрямі діє на корок? (\leftarrow – вправо, \rightarrow – вліво).



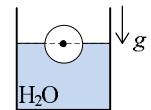
- А: 0; Б: $\rho g 3hS$, \leftarrow ; В: $\rho g 3hS$, \rightarrow ; Г: $\rho g 2hS$, \leftarrow ; Д: $\rho g 2hS$, \rightarrow .

26. У посудині з водою містяться три однакові кубики ($a \times a \times a$): 1 – на дні, вода під нього не підтікає; 2 – на дні, вода підтікає; 3 – біля бічної стінки, між ним і стінкою вода не затікає. На який з кубиків сила, що діє з боку води, спрямована вертикально вниз?



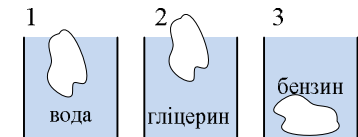
- А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: 1 і 2; Д: на жоден.

27. У посудині плаває куля, наполовину занурена у воду. Як зміниться глибина занурення кулі, якщо посудину перенести на планету, де $g_{\text{планети}} = g/2 = 5 \text{ Н}/\text{кг}$?



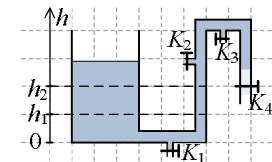
- А: збільшиться; Б: зменшиться; В: не зміниться.

28. У трьох склянках, до країв наповнених рідинами (1 – вода, 2 – гліцерин ($\rho = 1,26 \text{ г}/\text{см}^3$), 3 – бензин ($\rho = 0,7 \text{ г}/\text{см}^3$)), знаходяться шматки льоду. В якій зі склянок після танення льоду: а) рівень рідини не зміниться; б) рівень рідини понизиться?



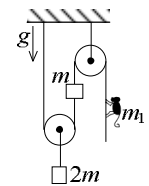
- А: а – 1, б – 2; Б: а – 1, б – 3; В: а – 2, б – 3; Г: а – 2, б – 1; Д: а – 3, б – 1.

29. Посудина і фігурна трубка з кранами наповнені водою (див. мал.). Як зміниться рівень води в посудині, якщо відкрити кран K_1 ?



- А: підвищиться трохи; Б: не зміниться; В: опуститься до 0; Г: опуститься до h_1 ; Д: опуститься до h_2 .

30. У системі (див. мал.) всі тіла нерухомі (блоки і мотузки невагомими, тертя відсутнє). Яка маса мавпи m_1 ?



- А: $m/4$; Б: $m/2$; В: m ; Г: $2m$; Д: $4m$.

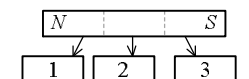
9 КЛАС

Завдання 1–10 оцінюються трьома балами

1. Як змінюється потенціальна енергія 1 м^3 води в річці з часом?

- А: збільшиться; Б: зменшиться; В: не зміниться.

2. Штабовий магніт (див. мал.) поділили на три однакові частини. Яка з частин намагнічена найменше?



- А: 1; Б: 2; В: 3; Г: всі практично однаково; Д: всі немагнічені.

3. Властивість провідника обмежувати силу струму в колі позначають...

А: I ; Б: U ; В: R ; Г: ρ ; Д: P .

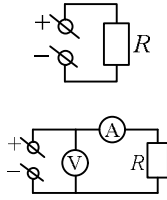
4. Для визначення кількості теплоти, що виділяється в електричному колі на споживачі, достатньо мати...

1) омметр, 2) ватметр, 3) вольтметр, 4) амперметр, 5) секундомір.

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

5. В електричному колі на малюнку $R = 3 \text{ Ом}$, $I = 1 \text{ А}$. Яка ціна поділки вольтметра, якщо його стрілка відхилилась на 30 поділок?

А: 10 мВ/под; Б: 100 мВ/под; В: 1 В/под; Г: 10 В/под; Д: 90 В/под.



6. У сонячний день для визначення висоти дерев, стовпів, будинків достатньо мати...

А: метрову лінійку; Б: барометр; В: динамометр; Г: циркуль; Д: транспортир.



7. По дорозі рівномірно рухається автомобіль. Кінетична енергія водія авто буде найменшою у системі відліку, зв'язаній з...

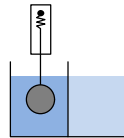
А: деревом на дорозі; Б: зустрічним авто; В: власним авто; Г: з авто, що його наздоганяє; Д: авто, що відстає від нього.

8. Ви спостерігаєте: 1) іскру в електрофорній машині; 2) Північне сяйво; 3) блискавку між хмарою і Землею; 4) веселку; 5) блискавку між хмарами. В якому випадку ви спостерігаєте електричний струм?

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

9. Мідну кулю, підвішену до динамометра, переносять з посудини з водою у посудину з гасом. Як при цьому змінюються покази динамометра?

А: збільшуються; Б: зменшуються; В: не змінюються; Г: залежить від маси кулі.



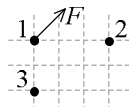
10. На білому папері зробили два малюнки: один – жовтим олівцем, а другий – синім. Через світлофільтр якого кольору треба дивитись, щоб побачити тільки жовтий малюнок?

А: синій; Б: жовтий; В: червоний; Г: фіолетовий; Д: прозорий.

Завдання 11–20 оцінюються чотирма балами

11. На малюнку зображено три точкові заряди і показано напрям результуючої сили, що діє на заряд 1 з боку зарядів 2 і 3. Який знак мають заряди 1 і 2, якщо заряд 3 додатний (+)? (–) – від'ємний.

А: 1 і 2, +; Б: 1 і 2, –; В: 1+, 2–; Г: 1–, 2+; Д: визначити неможливо.

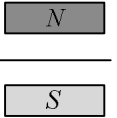


12. Як на електричних схемах позначають прилад, який визначає заряд, що проходить через нього за 1 с?

А: ; Б: ; В: ; Г: ; Д:

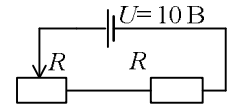
13. Між полюсами магніту (N , S) розташований провідник зі струмом, на який з боку магнітного поля діє сила Ампера, що спрямована перпендикулярно площині малюнка від нас. Який напрям струму в провіднику?

А: вліво; Б: вправо; В: визначити неможливо.



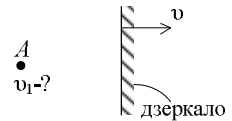
14. В електричному колі на малюнку опори реостата і резистора однакові $R = 10 \text{ Ом}$. В яких межах, за допомогою реостата, можна змінювати силу струму в колі? $U = 10 \text{ В}$.

А: $0 \div 1 \text{ А}$; Б: $0 \div 0,5 \text{ А}$; В: $0 \div 1,5 \text{ А}$; Г: $0,5 \div 1 \text{ А}$; Д: $1 \div 2 \text{ А}$.



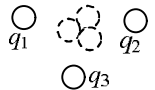
15. Дзеркало рухається відносно Землі зі швидкістю v . З якою швидкістю відносно Землі v_1 і в якому напрямі має рухатись точка A , щоб її зображення відносно дзеркала було нерухомим?

А: $2v$ – від дзеркала; Б: $2v$ – до дзеркала; В: v – від дзеркала; Г: v – до дзеркала; Д: $v_1 = 0$.



16. Три однакові металеві кулі ($q_1 = +6$, $q_2 = -12$, $q_3 = -3$) приводять у контакт і знову розділяють. Як при цьому зміниться заряд кулі 3?

А: $\Delta q_3 = 0$; Б: $\Delta q_3 = +3$; В: $\Delta q_3 = -3$; Г: $\Delta q_3 = 6$; Д: $\Delta q_3 = -6$.



17. Яку кількість однакових лампочок (розрахованих на 6 В) потрібно з'єднати у ялинковій гірлянді, що розрахована на підключення до мережі з напругою 127 В? Як треба з'єднати лампочки?

А: 127, паралельно; Б: 20, послідовно; В: 21, паралельно; Г: 22, послідовно.

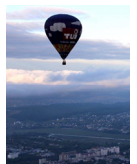


18. Скільки електронів втратила скляна паличка під час електризації, якщо вона набула заряд $8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$? $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

А: $8 \cdot 10^{12}$; Б: $5 \cdot 10^{11}$; В: $8 \cdot 10^{11}$; Г: $5 \cdot 10^{-19}$; Д: $8 \cdot 10^{-19}$.

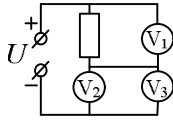
19. Для повітряних куль існує максимальна висота ("стеля"), яку вони не в змозі подолати. Це пов'язано зі ... повітря при збільшенні висоти в атмосфері.

А: збільшенням густини; Б: зменшенням густини; В: збільшенням температури; Г: зменшенням температури; Д: збільшенням прозорості.



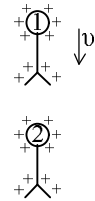
20. В електричному колі напруга джерела $U = 10$ В, а покази першого вольтметра (V_1) $U_1 = 4$ В. Визначте покази другого (V_2) вольтметра.

- А: 10 В; Б: 6 В; В: 3 В; Г: 1,5 В; Д: 0.



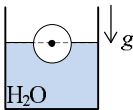
Завдання 21–30 оцінюються п'ятьма балами

21. Два, однаково заряджених, електроскопи розташували один над другим. Як буде змінюватись відхилення листочків електроскопів, якщо електроскоп 1 наближати до другого 2, опускаючи його? (\uparrow – збільшується, \downarrow – зменшується, \leftrightarrow – не змінюється).



- А: 1 і 2, \uparrow ; Б: 1 і 2, \downarrow ; В: 1 \uparrow , 2 \downarrow ; Г: 1 \downarrow , 2 \uparrow ; Д: 1 і 2, \leftrightarrow .

22. У посудині плаває куля, наполовину занурена у воду. Як зміниться рівень води в посудині, якщо її перенести на планету, де $g_{\text{планети}} = 2g = 20$ Н/кг?

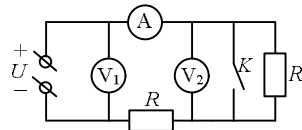


- А: збільшиться; Б: зменшиться; В: не зміниться.

23. У кошику за довгий час назбирились курячі яйця. Щоб відрізнити свіжі яйця, достатньо мати... 1) банку з водою, 2) сіль, 3) перець, 4) ареометр, 5) терези, 6) мензурку.

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

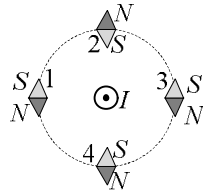
24. В електричному колі на малюнку прилади ідеальні, покази: амперметра $I = 2$ А, першого вольтметра $U_1 = 4$ В. Якими стануть покази амперметра і другого вольтметра (U_2), якщо замкнути ключ K ? $U = \text{const}$.



- А: $I = 0$, $U = 0$; Б: $I = 2$ А, $U = 0$;
Г: $I = 4$ А, $U = 2$ В; Д: $I = 4$ А, $U = 4$ В.

В: $I = 4$ А, $U = 0$;

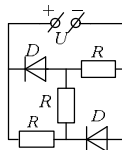
25. На малюнку зображено прямий провідник зі струмом I (струм до нас), розташований перпендикулярно площині малюнка. Яка з чотирьох вільних магнітних стрілок, що взаємодіють з магнітним полем струму, зображена правильно?



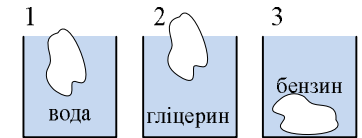
- А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4.

26. Яка теплова потужність виділяється в електричному колі на малюнку?

- А: U^2/R ; Б: $3U^2/R$; В: $U^2/3R$; Г: $U^2/6R$.

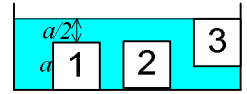


27. У трьох склянках, до країв наповнених рідиною (1 – вода, 2 – гліцерин ($\rho = 1,26$ г/см³), 3 – бензин ($\rho = 0,7$ г/см³)), знаходяться шматки льоду. В якій зі склянок після танення льоду: а) рівень рідини не зміниться; б) рідина витече?



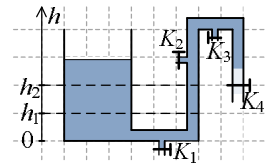
- А: а – 1, б – 2; Б: а – 1, б – 3; В: а – 2, б – 3; Г: а – 2, б – 1; Д: а – 3, б – 1.

28. У посудині з водою містяться три однакові кубики ($a \times a \times a$): 1 – на дні, вода під нього не підтікає; 2 – на дні, вода підтікає; 3 – біля бічної стінки, між ним і стінкою вода не затікає. На який з кубиків сила, що діє з боку води, спрямована вертикально вгору?



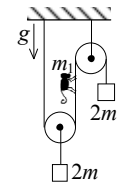
- А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: 1 і 2; Д: на всі.

29. Посудина і фігурна трубка з кранами заповнені водою (див. мал.). Як зміниться рівень води в посудині, якщо відкрити кран K_2 ?



- А: підвищиться трохи; Б: не зміниться;
В: опуститься до 0; Г: опуститься до h_1 ; Д: опуститься до h_2 .

30. У системі (див. мал.) всі тіла нерухомі (блоки і мотузки невагомі, тертя відсутнє). Яка маса мавпи m_1 ?



- А: $m/4$; Б: $m/2$; В: m ;
Г: $2m$; Д: $4m$.

10 КЛАС

Оцінювання завдань

Не спеціалізовані класи: завдання 1–10 – три бали; 11–20 – чотири бали; 21–30 – п'ять балів.

Спеціалізовані класи: завдання 11–20 – три бали; 21–30 – чотири бали; 31–40 – п'ять балів.

1. У поливальних машинах є пристрій, що змінює кут нахилу вилітаючого струменя води. Цей пристрій встановили для зміни... струменя.



- А: швидкості; Б: дальності польоту; В: маси; Г: діаметра.

2. Зенітні і далекобійні гармати виготовляють з довгими стволами для ... роботи сили ... над снарядом.

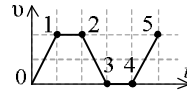
- 1) збільшення, 2) зменшення, а) тяжіння, б) тиску газів, в) тертя.



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

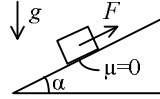
3. На малюнку представлена залежність модуля швидкості тіла від часу. Вкажіть ділянку, на якій тіло рухається під дією сталої сили, яка спрямована протилежно до напрямку руху тіла.

А: 0 – 1; Б: 1 – 2; В: 2 – 3; Г: 3 – 4; Д: 4 – 5.



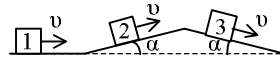
4. Що легше: 1) утримувати тіло на похилій площині; 2) рівномірно тягти тіло вгору по похилій площині? В якому випадку за однаковий час виконується більша робота? Тертя відсутнє.

А: 1, 1; Б: 2, 2; В: однаково, 1; Г: однаково, 2; Д: однаково, однакова.



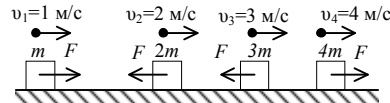
5. Три однакові бруски рухаються по поверхнях з однаковим коефіцієнтом тертя (див. мал.). На який брусок діє найбільша сила тертя?

А: 1; Б: 2; В: 3; Г: всюди однакова.



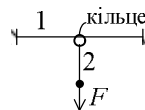
6. Чотири тіла рухаються рівномірно. На кожне тіло, окрім інших сил, діє сила F (однакова). В якому випадку потужність сили F найбільша?

А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: однакова.



7. На майже горизонтально натягнутій нитці 1 знаходиться легке кільце, до якого прив'язана така сама нитка 2. Нитку 2 тягнуть вниз (див. мал.), збільшуючи силу. Яка з ниток ввірветься швидше?

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

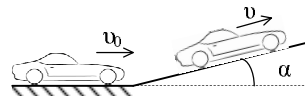


8. 1). У гоночних велосипедів руль опущений низько. 2). Спортсмени при стрибках з трамплінів, при вході у воду, витягають вперед складені разом руки. В обох випадках все пов'язане з дією сили ...

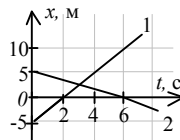
А: тяжіння; Б: опору; В: пружності; Г: реакції опору; Д: Ампера.

9. Автомобіль, що рівномірно рухався по горизонтальній дорозі зі швидкістю v_0 , почав рівномірно підніматись вгору, не змінюючи потужності двигуна. При цьому його швидкість v ..., це пов'язано з дією сили ... 1) тертя (опору), 2) тяжіння, 3) нормальної реакції опору.

А: $v = v_0$; Б: $v > v_0$, 1; В: $v < v_0$, 2; Г: $v > v_0$, 3; Д: $v < v_0$, 1.



10. На малюнку зображено графіки залежності координати двох тіл, що рухаються уздовж вісі OX , від часу. Яке з тіл



рухається за напрямом вісі OX ? В який момент часу тіла зустрілись?

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

11. На електричних схемах прилад для вимірювання здатності провідника обмежувати силу струму позначається...

А: ; Б: ; В: ; Г: ; Д: такого приладу немає.

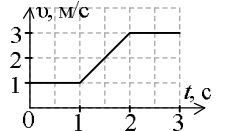
12. Для визначення росту людини достатньо мати ...

1) секундомір, 2) гайку, 3) нитку, 4) мензурку, 5) динамометр.

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

13. На малюнку зображено графік залежності швидкості тіла ($m = 2 \text{ кг}$) від часу. Чому дорівнює рівнодійна сил, що діють на тіло, у момент часу $t = 1,5 \text{ с}$?

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



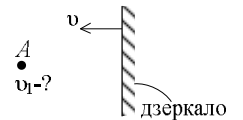
14. При пострілі з рушниці радять її приклад щільно притискати до плеча. У цій пораді враховано закон збереження ...

А: маси; Б: енергії; В: імпульсу; Г: заряду.



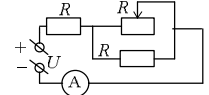
15. Дзеркало рухається відносно Землі зі швидкістю v . З якою швидкістю відносно Землі v_1 і в якому напрямі має рухатись точка A , щоб її зображення відносно Землі було нерухомим?

А: $2v$ – від дзеркала; Б: $2v$ – до дзеркала; В: v – від дзеркала; Г: v – до дзеркала; Д: $v_1 = 0$.



16. В яких межах можна змінювати силу струму в електричному колі на малюнку? $U = const$.

А: $0 < I < U/R$; Б: $0 < I < 2U/3R$; В: $2U/3R < I < U/R$; Г: $U/R < I < 3U/2R$.



17. Для визначення кількості молекул води у склянці достатньо мати ...

1) таблиці, 2) ареометр, 3) барометр, 4) мензурку, 5) мікроскоп, 6) годинник.

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

18. У газах тиск однаковий у всіх точках і у всіх напрямках. Це наслідок ... молекул газу.

А: хаотичного руху; Б: дуже малої маси; В: великої відстані між; Г: великої концентрації; Д: малих розмірів.

19. Якій фізичній величині відповідає вираз $\frac{N}{tF}$? Де: F – сила, N – потужність, t – час.

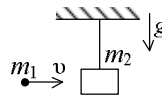
А: роботі; Б: шляху; В: швидкості; Г: масі; Д: прискоренню.

20. На гоночних автомобілях використовують двигуни значно більшої потужності, ніж на звичайних. Це робиться для того, щоб сила тяги ... залежала від швидкості авто.



А: не; Б: лінійно; В: квадратично.

21. Куля (m_1), що летить зі швидкістю v , влучає у підвішений на тросі ящик з піском (m_2) і застрягає в ньому. Якої швидкості набуде при цьому ящик?



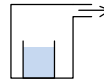
А: $m_1v/(m_1 + m_2)$; Б: m_2v/m_1 ; В: $m_2v/(m_1 + m_2)$; Г: m_1v/m_2 .

22. Скляний посуд, що падає на камінь, б'ється, а якщо падає на пісок або траву, то не б'ється. Це можна пояснити використовуючи закон...



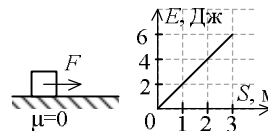
А: $F = k\Delta x$; Б: $F = \gamma m_1 m_2 / R^2$; В: $\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$; Г: $F = \rho g V$; Д: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

23. У герметичній посудині знаходиться склянка з водою. Що станеться з водою, якщо з посудини відкачують повітря?



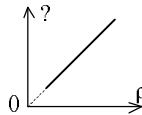
А: випарується; Б: трохи охолоне; В: закипить і кристалізується; Г: нагріється.

24. Нерухоме, у початковий момент, тіло рухається по гладкій горизонтальній поверхні під дією постійної сили F (див. мал.). Користуючись графіком залежності кінетичної енергії (E) тіла від переміщення (S), визначте величину цієї сили?



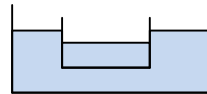
А: 1 Н; Б: 2 Н; В: 3 Н; Г: 4 Н; Д: 6 Н.

25. На малюнку зображено графік ізотермічного процесу, що здійснюють зі сталюю масою газу. Залежність якої величини від густини газу зображено?



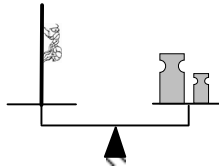
А: P ; Б: V ; В: m ; Г: T ; Д: U .

26. У посудині з киплячою солоною водою плаває менша посудина з: 1) прісною водою; 2) такою самою солоною водою. Чи кипітиме вода в меншій посудині?



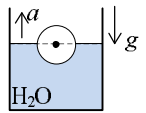
А: 1 і 2 – так; Б: 1 – ні, 2 – так; В: 1 – так, 2 – ні;
Г: 1 і 2 – ні; Д: залежить від атмосферного тиску.

27. На лівій шальці зрівноважених терезів знаходиться вертикальна соломинка, на якій сидить мураха (див. мал.). Чи порушиться рівновага терезів, якщо мураха буде прискорено рухатись вгору по соломинці?



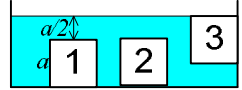
А: ні; Б: так, переважить мураха;
В: так, переважать тягарці; Г: залежить від маси соломинки.

28. У посудині плаває куля, наполовину занурена у воду. Як зміниться рівень води в посудині, якщо посудина буде рухатись вгору з прискоренням $a = g$?



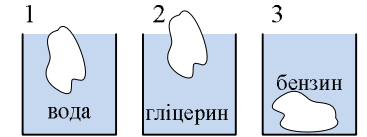
А: збільшиться; Б: зменшиться; В: не зміниться.

29. У посудині з водою містяться три однакові кубики ($a \times a \times a$): 1 – на дні, вода під нього не підтікає; 2 – на дні, вода підтікає; 3 – біля бічної стінки, між ним і стінкою вода не затікає. На який з кубиків сила, що діє з боку води, найбільша?



А: 1; Б: 2; В: 3; Г: однакова на всі.

30. У трьох склянках, до країв наповнених рідинами (1 – вода, 2 – гліцерин ($\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$), 3 – бензин ($\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$)), знаходяться шматки льоду. В якій зі склянок після танення льоду: а) рідина витече; б) рівень рідини понизиться?

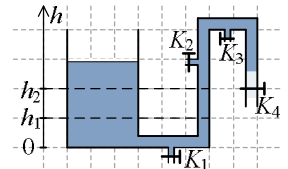


А: а – 1, б – 2; Б: а – 1, б – 3; В: а – 2, б – 3; Г: а – 2, б – 1; Д: а – 3, б – 1.

31. Якої з наведених сил в природі не існує?

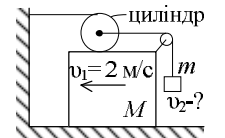
А: всесвітнього тяжіння; Б: тертя; В: пружності; Г: інерції; Д: всі існують.

32. Посудина і фігурна трубка з кранами заповнені водою (див. мал.). Як зміниться рівень води в посудині, якщо відкрити кран K_3 ?



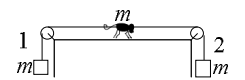
А: підвищиться трохи; Б: не зміниться; В: опуститься до 0;
Г: опуститься до h_1 ; Д: опуститься до h_2 .

33. У системі тіл (див. мал.) циліндр з намотаною на нього ниткою котиться без проковзування. Тіло M рухається зі швидкістю $v_1 = 2 \text{ м/с}$ (вліво). Чому дорівнює вертикальна складова (v_2) швидкості тіла m і як вона спрямована?



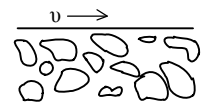
А: вверх, 2 м/с; Б: вверх, 1 м/с; В: вверх, 0,5 м/с; Г: вниз, 1 м/с; Д: вниз, 2 м/с.

34. У системі (див. мал.) всі тіла нерухомі (блоки і мотузки невагомі, тертя відсутнє). Мавпа (m), потягнувши за нитку, починає рухатись вправо зі швидкістю $v = 4 \text{ м/с}$. В якому напрямі і з якою швидкістю почне рухатись тіло 2 (праве тіло)? Нитка суцільна.



А: вниз, 4 м/с; Б: вниз, 2 м/с; В: вниз, 1 м/с; Г: вверх, 4 м/с; Д: вверх, 2 м/с.

35. Під час льодоходу помітно, що багато крижин обертається, особливо біля берега. Обертання крижин пов'язано з ... води. Якщо дивитись зверху на річку, то крижини біля правого берегу



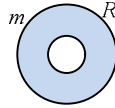
обертаються ... (за – за годинниковою стрілкою, проти – проти годинникової стрілки).

- A:** теплоємністю, за; **Б:** великою теплопровідністю k , проти;
В: в'язкістю, за; **Г:** в'язкістю, проти; **Д:** малою k , за.

36. Чи може розсіювальна лінза дати збільшене, дійсне, пряме зображення предмета? 1) предмет дійсний, 2) предмет уявний.

- A:** 1 і 2 – ні; **Б:** 1 і 2 – так; **В:** 1 – так, 2 – ні; **Г:** 1 – ні, 2 – так.

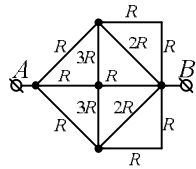
37. Дві порожнистих кулі (1 – мідна і 2 – алюмінієва), що мають однакові маси і радіуси, пофарбовані однаковою фарбою. Щоб відрізнити кулі достатньо мати...



- A:** динамометр; **Б:** мензурку; **В:** посудину з водою; **Г:** похилу площину; **Д:** магніт

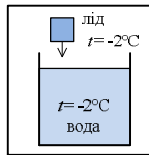
38. Визначте опір ділянки кола між точками A і B дротяної сітки.

- A:** $2R$; **Б:** R ; **В:** $2R/3$; **Г:** $R/3$; **Д:** $R/6$.



39. У теплоізольовану посудину з переохолодженою водою ($t = -2^\circ\text{C}$) кидають маленький шматок льоду ($t = -2^\circ\text{C}$). Яка температура (t_k) встановиться в посудині?

- A:** $t_k = -2^\circ\text{C}$; **Б:** $t_k < -2^\circ\text{C}$; **В:** $-2^\circ\text{C} < t_k < 0^\circ\text{C}$;
Г: $t_k = 0^\circ\text{C}$; **Д:** $t_k > 0^\circ\text{C}$.



40. Під час наземних ядерних вибухів утворюються хмари у вигляді грибів. Виникнення гриба пов'язано з ... 1) дифузією, 2) конвекцією, 3) конденсацією, 4) випаровуванням, 5) зменшенням атмосферного тиску з висотою, 6) збільшенням атмосферного тиску з висотою.



- A:** 1, 4, 6; **Б:** 2, 3, 5; **В:** 1, 3, 5; **Г:** 2, 4, 6.

11 КЛАС

Оцінювання завдань

Неспеціалізовані класи: завдання 1–10 – три бали;

11–20 – чотири бали; 21–30 – п'ять балів.

Спеціалізовані класи: завдання 11–20 – три бали;

21–30 – чотири бали; 31–40 – п'ять балів.

1. Для польотів на великих висотах використовують не гвинтові, а реактивні двигуни. Це пов'язано з ... повітря.



- A:** низькою температурою; **Б:** малою густиною;
В: великим тиском; **Г:** великою вологістю; **Д:** великою прозорістю.

2. У Львові і на вершині Говерли за допомогою однакових кип'ятильників, в однакових посудинах, нагрівають воду. Де вода закипить швидше?



- A:** у Львові; **Б:** на Говерлі; **В:** одночасно; **Г:** відповісти неможливо.

3. Чи можна для вимірювання тиску повітря в космічному кораблі на орбіті скористатись: 1) барометром-анероїдом, 2) ртутним барометром?



- A:** 1 і 2 – так; **Б:** 1 і 2 – ні; **В:** 1 – так, 2 – ні; **Г:** 1 – ні, 2 – так.

4. Для визначення ємності конденсатора достатньо мати ...

1 – омметр; 2 – терези; 3 – лінійку; 4 – амперметр змінного струму; 5 – вольтметр змінного струму; 6 – манометр; 7 – джерело змінного струму відомої частоти.

- A:** 1, 2 і 3; **Б:** 2, 3 і 6; **В:** 1, 4 і 7; **Г:** 4, 5 і 7; **Д:** 3, 4 і 5.

5. В електричних колах прилад, в якому накопичується енергія магнітного поля, позначають...

- A:** ; **Б:** ; **В:** ; **Г:** ; **Д:** .

6. Електрон рухається у вакуумі в однорідному магнітному полі. Як змінюється модуль швидкості електрона з часом?

- A:** збільшується; **Б:** зменшується;
В: не змінюється; **Г:** може збільшуватись, а може зменшуватись.

7. На білому папері зробили два малюнки: один – жовтим олівцем, а другий – синім. Через світлофільтр якого кольору треба дивитись, щоб побачити тільки синій малюнок?

- A:** синій; **Б:** жовтий; **В:** червоний; **Г:** фіолетовий; **Д:** прозорий.

8. У мікроскоп спостерігають за хаотичним рухом маленьких частинок пилку квітів у краплині олії. Це явище називають...

- A:** дифузією; **Б:** випаровуванням; **В:** Броунівським рухом;
Г: конденсацією; **Д:** плавленням.

9. Фотоэффект використовують у: 1) фотоелементах, 2) відеокамерах, 3) сонячних батареях, 4) ксероксах.

- A:** тільки 1; **Б:** тільки 1 і 2; **В:** тільки 1, 2 і 3;
Г: 1, 2, 3 і 4; **Д:** у жодному з наведених приладів.

10. В якому з наведених прикладів сила тяжіння виконує роботу?

1). Тіло ковзає по горизонтальній поверхні; 2). Штучний супутник Землі (ШСЗ) рухається по коловій орбіті; 3). ШСЗ рухається по еліптичній орбіті; 4). При пострілі снаряд рухається вгору.

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

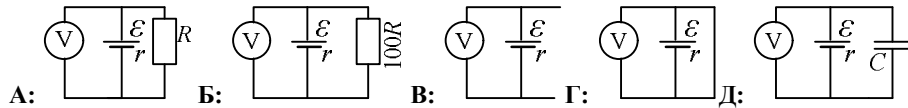
11. Чи небезпечна для людини куля, свист якої вона почула?

А: так; Б: ні; В: залежить від швидкості кулі; Г: залежить від температури повітря.

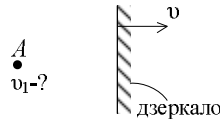
12. Якій фізичній величині відповідає вираз $\sqrt{\frac{ml}{F}}$? Де: m – маса, F – сила, l – шлях.

А: масі; Б: часу; В: швидкості; Г: роботі; Д: прискоренню.

13. В якому випадку покази ідеального вольтметра мінімальні? Джерела струму (ϵ , r) однакові.



14. Дзеркало рухається відносно Землі зі швидкістю v . З якою швидкістю відносно Землі v_1 і в якому напрямі має рухатись точка А, щоб її зображення відносно Землі було нерухомим?

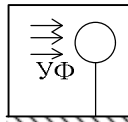


А: $2v$ – від дзеркала; Б: $2v$ – до дзеркала;
В: v – від дзеркала; Г: v – до дзеркала;

Д: $v_1 = 0$.

15. Незаряджену вольфрамову кулю на діелектричній підставці у вакуумі опромінюють ультрафіолетовим (УФ) світлом. Як з часом змінюється потенціал кулі?

А: збільшується; Б: зменшується; В: не змінюється.

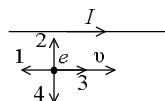


16. В якому випадку куля, що вилітає з рушниці, має більшу швидкість: 1) рушниця жорстко закріплена; 2) рушниця підвішена на мотузках (див. мал.). Це пов'язано з законом збереження...



А: 1, енергії; Б: 2, енергії; В: 1, імпульсу; Г: 2, імпульсу; Д: однаково.

17. Паралельно прямолінійному провіднику зі струмом I , у напрямі струму, летить електрон (e). Як спрямована сила Лоренца, що діє на e з боку магнітного поля струму?



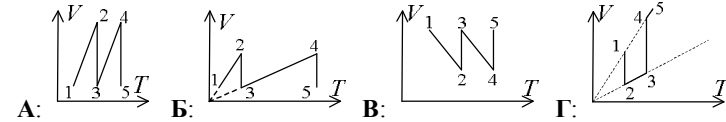
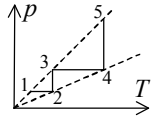
А: 1; Б: 2; В: 3; Г: 4; Д: $F = 0$.

18. Якщо гроза далеко, блискавка має червонуватий відтінок, якщо гроза близько, тоді блискавка з фіолетовим відтінком. Це пов'язано з явищем ... світла.



А: заломлення; Б: дифракції; В: розсіяння; Г: відбивання; Д: поляризації.

19. На малюнку зображено графік зміни стану ідеального газу ($m = const$) в осях PT . Який з графіків відповідає цим процесам в осях VT ?



20. Пластини конденсатора коливального контуру занурили у чисту воду ($\epsilon = 81$). Як зміниться частота коливань у контурі?



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

А: \uparrow у 9 разів; Б: \uparrow у 3 рази; В: \downarrow у 9 разів;
Г: \downarrow у 3 рази; Д: коливання припиняться.

21. 1). Безпечним для пасажирів є автомобіль, який при зіткненні з перешкодою деформується. 2). В кінці стрибка спортсмен опускається на зігнуті ноги. В обох випадках враховують закон...

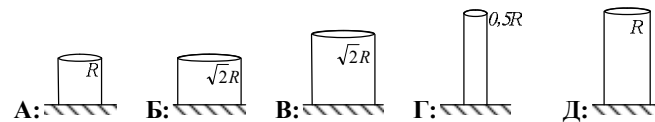
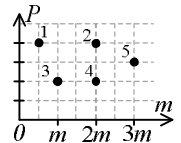
А: $F = \gamma m_1 m_2 / R^2$; Б: $F = \rho g V$; В: $F = k \Delta x$; Г: $\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{p}$; Д: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

22. У поліні застрягла сокира, якою рубають дрова. Чим краще вдарили по колоді, щоб розколоти поліно: 1) поліном; 2) обухом сокири? Якщо: а) маса поліна m_n більша за масу сокири m_c ; б) $m_c > m_n$.



А: 1 – а, 2 – б; Б: 1 – б, 2 – а; В: 1 – а, і б; Г: 2 – а і б; Д: однаково.

23. П'ять циліндрів, що виготовлені з одного матеріалу, розташовані на горизонтальній поверхні. На діаграмі залежності тиску, що створюють циліндри, від їх маси кожному циліндру відповідає точка. Який циліндр відповідає точці 4?



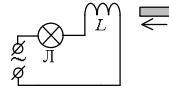
24. Для демонстрації кипіння води при кімнатній температурі достатньо мати:

А: колбу з водою; Б: медичний шприц з водою; В: насос; Г: барометр; Д: термометр.

25. Коли відносна вологість повітря у вашій квартирі найменша?

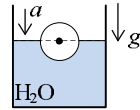
А: взимку; Б: влітку; В: навесні; Г: восени; Д: однакова.

26. У колі змінного струму в котушку L вводять осердя: 1) залізне; 2) мідне. Як змінюється яскравість свічення лампочки L ? (↑ – збільшується, ↓ – зменшується, ↔ – не зміниться).



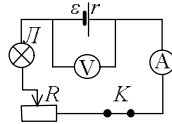
А: 1 і 2 – ↑; Б: 1 і 2 – ↓; В: 1 – ↑, 2 – ↓; Г: 1 – ↓, 2 – ↔; Д: 1 і 2 – ↔.

27. У посудині плаває куля, наполовину занурена у воду. Як зміниться рівень води в посудині, якщо посудина буде рухатись вниз з прискоренням $a = g/2$?



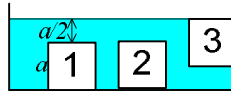
А: збільшиться; Б: зменшиться; В: не зміниться.

28. 1). Повзунок реостата R пересувають вправо. 2). Повзунок реостата R пересувають вліво. 3). Вимикають ключ K . В якому випадку покази вольтметра зменшуються?



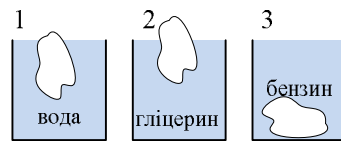
А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: тільки 1 і 2; Д: 1, 2 і 3.

29. У посудині з водою містяться три однакові кубики ($a \times a \times a$): 1 – на дні, вода під нього не підтікає; 2 – на дні, вода підтікає; 3 – біля бічної стінки, між ним і стінкою вода не затікає. На який з кубиків сила, що діє з боку води, найменша?



А: тільки 1; Б: тільки 2; В: тільки 3; Г: однакова на всі.

30. У трьох склянках, до країв наповнених рідинами (1 – вода, 2 – гліцерин ($\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$), 3 – бензин ($\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$)), знаходяться шматки льоду. В якій зі склянок після танення льоду: а) рідина витече; б) рівень рідини не зміниться?

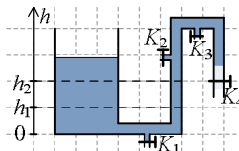


А: а – 1, б – 2; Б: а – 1, б – 3; В: а – 2, б – 3; Г: а – 2, б – 1; Д: а – 3, б – 1.

31. Швидкість течії води в річці біля берегів і дна менша, ніж посередині на поверхні. Це пов'язано з ... води.

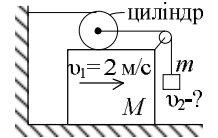
А: прозорістю; Б: в'язкістю; В: теплопровідністю; Г: теплоємністю; Д: густиною.

32. Посудина і фігурна трубка з кранами заповнені водою (див. мал.). Як зміниться рівень води в посудині, якщо відкрити кран K_4 ?



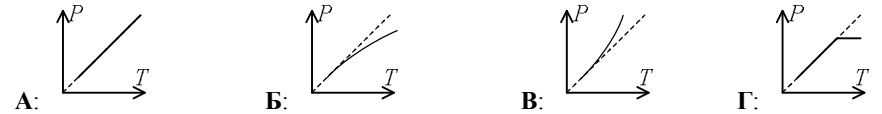
А: підвищиться трохи; Б: не зміниться; В: опуститься до h_1 ; Г: опуститься до h_2 ; Д: опуститься між h_1 і h_2 .

33. У системі тіл (див. мал.) циліндр з намотаною на нього ниткою котиться без проковзування. Тіло M рухається зі швидкістю $v_1 = 2 \text{ м/с}$ (вправо). Чому дорівнює вертикальна складова (v_2) швидкості тіла m і як вона спрямована?

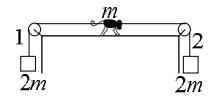


А: вгору, 2 м/с; Б: вгору, 1 м/с; В: вгору, 0,5 м/с;
Г: вниз, 1 м/с; Д: вниз, 2 м/с.

34. На якому з графіків правильно враховано відхилення від закону Шарля, яке пов'язане з дисоціацією багатоатомних молекул, при значному нагріванні газу?

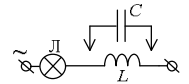


35. У системі (див. мал.) всі тіла нерухомі (блоки і мотузки невагомні, тертя відсутнє). Мавпа (m), потягнувши за нитку, починає рухатись вправо зі швидкістю $v = 4 \text{ м/с}$. В якому напрямі і з якою швидкістю почне рухатись тіло I (ліве тіло)? Нитка суцільна.



А: вниз, 4 м/с; Б: вниз, 2 м/с; В: вниз, 1 м/с; Г: вгору, 4 м/с; Д: вгору, 2 м/с.

36. Як зміниться яскравість свічення лампочки в електричному колі на малюнку, якщо паралельно котушці (L) під'єднати конденсатор (C , невеликої ємності)?



А: збільшиться; Б: зменшиться;
В: залежно від L , C і ω може збільшитись, а може і зменшитись.

37. Розмова двох людей на великій відстані, при прямій видимості, неможлива, хоча звук чути (він не розбірливий). Це пов'язано з явищами ... звуку.

1) поглинання, 2) заломлення, 3) дисперсії, 4) відбивання, 5) дифракції.

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

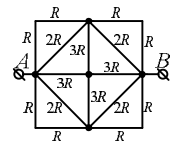
38. Чи може збиральна лінза дати зменшене, дійсне, пряме зображення предмета? 1) предмет дійсний, 2) предмет уявний.

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

39. Лінзу якої форми слід покласти на поверхню плоского скла, щоб замість кільця Ньютона отримати систему паралельних смуг змінної ширини?

А: плоско-опуклу; Б: плоско-вгнуту;
В: плоско-циліндричну; Г: плоско-конічну.

40. Визначте опір ділянки кола між точками A і B дрютяної сітки.



А: R ; Б: $6R/7$; В: $2R/3$; Г: $3R/7$; Д: $R/3$.

**Таблиця правильних відповідей до завдань
Всеукраїнського фізичного конкурсу
“Левеня–2016”**

7 клас

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

8 клас

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

9 клас

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

10 клас

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

11 клас

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

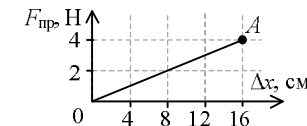
РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВКАЗІВКИ ДО ДЕЯКИХ ЗАДАЧ

7 клас

9. З рівноваги терезів: 1) $m_1 = m_2$, $V_1 < V_2$, тоді $m_1/V_1 > m_2/V_2$, тобто $\rho_1 > \rho_2$; 2) $m_3 > m_1$, $V_1 = V_3$, тоді $m_1/V_1 < m_3/V_3$, тобто $\rho_3 > \rho_1$.

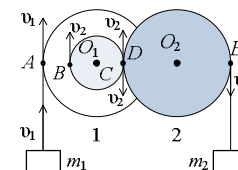
12. Літак повинен бути нерухомим відносно потяга.

13. На графіку виберемо довільну точку, наприклад, точки A , і визначимо її координати: $F_{\text{пр}} = 4 \text{ Н}$, $\Delta x = 16 \text{ см}$. Тоді, за законом Гука, маємо: $k = F_{\text{пр}}/\Delta x = 4/0,16 = 25 \text{ Н/м}$.



14. На людину, потяг, велосипед, автомобіль ..., які рушають з місця, діє у горизонтальному напрямі опора (дорога), тобто сила тертя спокою (якщо нема проковзування), або сила тертя ковзання (якщо колеса проковзують).

17. Швидкість тіла m_1 дорівнює швидкості точки A на диску. Точки A і B обертаються з однаковим періодом (диски склеєні), але точка A рухається по колу радіусом $2R$, а точка B – R . Швидкість точки B у 2 рази менша за швидкість точки A і дорівнює $v_C = v_D = v_E = v_2 = v_1/2$.



20. $\vec{F}_3 + \vec{F}_4 = 3 \text{ Н} - 3 \text{ Н} = 0$; $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 5 \text{ Н} - 1 \text{ Н} = 4 \text{ Н}$. Сума сил спрямована вправо, тіло збільшує свою швидкість.

21. 1. Висипаємо пісок у мензурку і визначаємо $V_{\text{піску}} + V_{\text{повітря}} = V_1$. 2. У порожню мензурку наливаємо воду – $V_{\text{води}}$ і висипаємо пісок. $V_{\text{піску}} = V_1 - V_{\text{повітря}}$. Визначаємо об'єм піску з водою $V_2 = V_{\text{піску}} + V_{\text{води}} = V_1 - V_{\text{повітря}} + V_{\text{води}} \Rightarrow V_{\text{повітря}} = \dots$

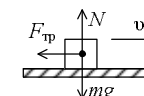
22. Маса міра інертності тіла. 1) при ударі по колоді поліном, поліно зупиняється, а сокира продовжує ще якийсь невеликий час рухатися у поліні; 2) при ударі по колоді сокирою, сокира зупиняється, а поліно ще якийсь невеликий час рухається, «найжджаючи» на сокиру. Якщо $m_c > m_{\text{п}}$, сокира більш інертна і в випадку 1) пройде більшу відстань в поліні, ніж поліно у випадку 2).

23. $P_1 = P_2 = P_3 = \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 = \rho_3 g h_3$, ρ алюмінію найменша.

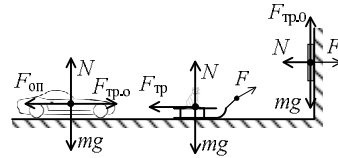
24. Якщо $v_1 = v_2$, тоді блок обертається, а його вісь нерухома $v_3 = 0$. Якщо точка A нерухома, а $v_2 > 0$, тоді блок обертається, а його вісь рухається ввєрх із швидкістю $v_3 = v_2/2$. В нашому випадку $v_2 > v_1$, вісь блока рухається вгору зі швидкістю $v_3 = (v_2 - v_1)/2$.

25. З наведених тіл тертя між милом і ниткою найменше.

26. Рух шайби визначається дією сили тертя $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$. Величина сили тертя пов'язана з силою тяжіння.

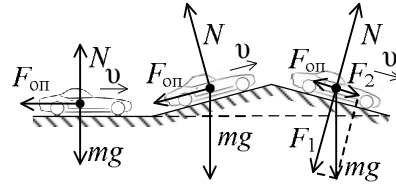


27. На малюнку зображено сили, що діють на тіла.



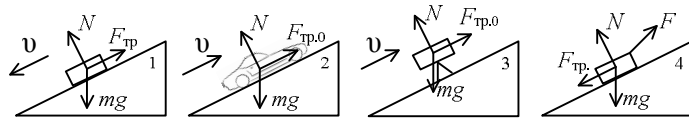
29. $m_1 = 3\rho \cdot V$, $m_2 = 3\rho \cdot 3V$, $m_3 = 2\rho \cdot 2V$, $m_4 = \rho \cdot V$, $m_5 = \rho \cdot 3V$.

30. На авто діють сили тяжіння (mg), опору ($F_{оп}$) і нормальної реакції опору (N) (сила тяги – сила тертя спокою – відсутня (двигун виключений)). Тіло рухається рівномірно тільки при умові, що сума всіх сил дорівнює нулю $\vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{оп} = 0$. Це можливо лише у третьому випадку.



8 клас

6. На малюнках зображено сили, що діють на тіла, для всіх випадків. $F_{тр}$ – сила тертя ковзання, $F_{тр,о}$ – сила тертя спокою, mg – сила тяжіння, N – сила нормальної реакції опору, F – сила натягу нитки.



7. Ремені рюкзака руйнують шкіру, курка провалюється в болото – руйнує опору (болото), бджола руйнує шкіру. Руйнування тіла настає при певній величині тиску на тіло.

10. При охолодженні до 0°C вода починає кристалізуватись, що супроводжується величезним виділенням енергії $\lambda = 340\,000$ Дж/кг.

11. Центр мас стрижня піднявся на $l/2$.

12. Оскільки рівні води однакові, то і тиски стовпчиків всіх рідин однакові. $P = \rho gh$. Чим менша густина рідини, тим більша висота її стовпчика.

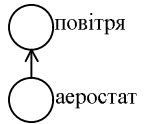
13. $0,1P_0 = \rho gh \Rightarrow h = 0,1P_0/(\rho g) = 1$ м.

14. $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = F_2 - F_1 = 2\text{H}$, спрямована проти напрямку руху тіла, швидкість зменшується.

15. Точка A має бути нерухома відносно дзеркала.

16. Біле світло складне, це сукупність світлових хвиль, що відповідають всім кольорам спектру (райду). Світлофільтр, наприклад, жовтий, пропускає тільки жовте світло. Якщо дивитись через жовтий світлофільтр, листок паперу бачимо жовтим. На жовтому фоні жовтий малюнок не видно. Синє світло через світлофільтр не проходить, тому від синього малюнку світло в око не потрапляє, малюнок виглядає чорним.

19. Коли аеростат піднімається вгору, повітря опускається вниз, його потенціальна енергія зменшується.

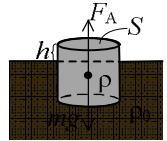


20. Поверхня бульйону покрита жиром, що значно зменшує швидкість випаровування, яке приводить до охолодження рідини. Охолодження бульйону в основному відбувається теплообміном посудини з оточуючим середовищем.

21. На краю стола, визначивши положення центру мас, з лінійки легко зробити важіль.

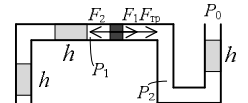
22. Див. 7 клас, № 22.

23. Розглянемо плавання тіла (H – висота циліндра). $F_A = mg \Rightarrow \rho_0 g S(H - h) = \rho S H g \Rightarrow \rho = \rho_0(H - h)/H \Rightarrow$ достатньо мати лінійку.

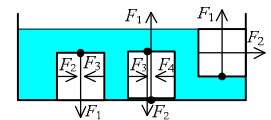


24. Гаряче повітря і водяна пара, що виходять з чайника мають густину меншу ніж оточуюче повітря. Внаслідок дії сили Архімеда на гаряче повітря виникає потік повітря вгору (конвекційний), який і несе краплини води. Краплини розпилені оприскувачем опускаються вниз, оскільки їх густина більша за густину повітря.

25. На корок діють: $F_2 = P_2 S$ – сила тиску газу справа від корка; $F_1 = P_1 S$ – сила тиску газу зліва від корка; $F_{тр}$ – сила тертя. Умова рівноваги корка $P_2 S = P_1 S + F_{тр} \Rightarrow F_{тр} = (P_2 - P_1) S$. Враховуючи, що $P_1 = P_0 - \rho g h$, $P_2 = P_0 + \rho g h$, $P_2 - P_1 = 2\rho g h \Rightarrow F_{тр} = 2\rho g h S$.



26. На кубики з боку води діють сили тиску (див. мал.). $F_{в1} < F_{в2} < F_{в3}$.

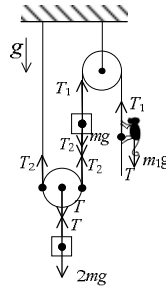


27. З умови плавання тіла (див. № 23) випливає, що глибина занурення тіла від величини g не залежить.

28. При таненні льоду маса води не змінюється, а об'єм води стає меншим ($\rho_{л} < \rho_{в}$). Випадок 1. $F_A = m_{л} g \Rightarrow m_{вв} = m_{л} = m_{вл}$ ($m_{вв}$ – маса витісненої льодом води, $m_{л}$ – маса льоду, $m_{вл}$ – маса води, що виникла з льоду). Рівень води не зміниться. Випадок 2. $F_A = m_{л} g \Rightarrow \rho_2 g V_{вр} = \rho_{л} V_{л} g = \rho_{в} V_{вл} g$ ($V_{вр}$ – об'єм витісненої рідини (гліцерину), $V_{л}$ – об'єм льоду, $V_{вл}$ – об'єм води з льоду) $\Rightarrow V_{вл} = V_{вр} \rho_2 / \rho_{в} \Rightarrow V_{вл} > V_{вр} \Rightarrow$ Вода буде витікати. Випадок 3. Коли лід розтане, вода займе менший об'єм. Рівень рідини в посудині понизиться.

29. Якщо відкрити K_1 , вода з посудини витече (як дірка у дні посудини) і частково витече з трубки (до K_3). Якщо відкрити K_2 , вода частково може витікати з трубки (від K_2 до K_3). Якщо відкрити K_3 , вода з трубки (від K_3 до K_2) перетече в посудину (тиск повітря (атмосферний) більше за тиск води у крані K_3 до відкриття). Якщо відкрити K_4 , вода почне витікати з трубки до рівня $\approx h_2$ в посудині.

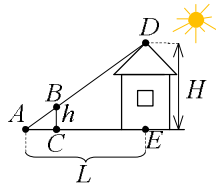
30. Зобразивши сили на мавпу, тіла і рухомий блок, запишемо умови рівноваги. $T_1 = m_1g$, $T_1 = mg + T_2$, $2T_2 = T$, $T = 2mg$. Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо $m_1 = 2m$.



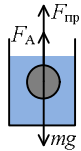
9 клас

5. $U = IR = N \cdot c_V \Rightarrow c_V = IR/N = 0,1 \text{ В} = 100 \text{ мВ}$ – ціна поділки вольтметра.

6. $\triangle ABC$ і $\triangle ADE$ – подібні, $h(H)$ – висота лінійки (будинка), $AC = l$, $l(L)$ – довжина тіні від лінійки (будинка)
 $h/l = H/L \Rightarrow H = hL/l$.



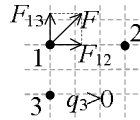
9.



$$F_{np} + F_A = mg \Rightarrow F_{np} = mg - F_A = mg - \rho_{\text{рідини}} g V_{\text{кулі}} - \rho_{\text{газу}} < \rho_{\text{води}}$$

10. Див. 8 клас, № 16.

11. З малюнка: $\vec{F} = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{12}$. Тоді: $q_1 > 0$ (з напрямку F_{13}), $q_2 < 0$ (з напрямку F_{12}).



14. Опір кола можна змінювати від R до $2R$. Сила струму при цьому змінюється від $I_1 = U/2R$ до $I_2 = U/R$.

15. Див. 8 клас, № 15.

16. Оскільки всі кулі однакові, після їх розділення вони будуть мати однаковий заряд q . Використовуючи закон збереження заряду, отримаємо $q = (q_1 + q_2 + q_3)/3$. Тоді $\Delta q_3 = q - q_3 = 0$.

17. $N \cdot U_0 = U \Rightarrow N = U/U_0 = 127/6 > 21$. Якщо взяти 22 лампочки, тоді напруга на кожній з них буде трохи менша за 6 В.

19. Аеростат піднімається доки його середня густина менша за густину повітря, яка зі збільшенням висоти зменшується.

20. $U_2 = U_3$, $U = U_1 + U_3 = U_1 + U_2 \Rightarrow U_2 = U - U_1$.



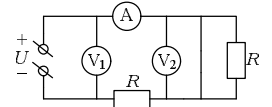
21. При наближенні електроскопів їхні заряди починається інтенсивніше взаємодіяти (відштовхуватись). Внаслідок цього відбувається перерозподіл зарядів на електроскопах. На першому електроскопі заряд листочків змен-

шується, як наслідок відхилення листочків зменшується, збільшується заряд головки. Для другого електроскопа все навпаки.

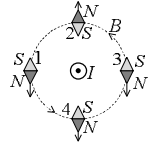
22. Див. 8 клас, № 27.

23. З часом яйця висихають внаслідок випаровування рідини, тому їхня середня густина зменшується. Густина свіжих яєць трохи більша за густину води (тонуть у воді). Якщо у воду додати трохи солі (збільшивши густину води), старі яйця спливають на поверхню, а свіжі залишаться на дні.

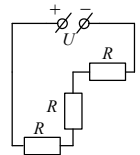
24. Після замикання ключа напруга на 2-му вольтметрі стане рівною 0 В (вольтметр закорочений) і зникне струм через другий резистор. Тоді: до замикання ключа $I_1 = U_1 / (R + R) \Rightarrow R = U_1 / 2I_1$, після замикання ключа $I_2 = U_1 / R = 2I_1$.



25. Напрямок лінії індукції магнітного поля прямого провідника визначається за правилом правого гвинта. Вільні магнітні стрілки розташуються так, щоб їх магнітне поле збігалось з напрямком прямого провідника у даній точці поля.



26. Зображаємо еквівалентне коло, враховуючи, що струм через діоди відсутній.



27. Див. 8 клас, № 28.

28. Див. 8 клас, № 26.

29. Див. 8 клас, № 29.

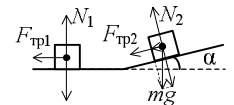
30. Див. 8 клас, № 30.

10 клас

3. На ділянці графіка 2 – 3 швидкість тіла лінійно зменшується ($v = v_2 - at$), це означає, що сила постійна і спрямована протилежно до напрямку руху тіла.

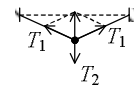
4. В обох випадках сили однакові (рівновага). В першому випадку робота не виконується ($S = 0$).

5. $F_{\text{тр}} = \mu N$. $N_1 = mg$, $N_2 = N_3 = mg \cos \alpha \Rightarrow F_{\text{тр}1} = \max$.

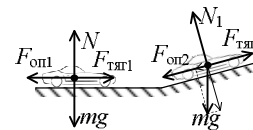


6. $N = F \cdot v$.

7. Як видно з мал. $T_1 > T_2$, перша нитка ввірветься швидше.



9.



12. Треба зробити математичний маятник (гайка, нитка), довжина якого дорівнює росту людини, і визначити його період коливань (годинник). $T = 2\pi\sqrt{l/g} \Rightarrow l \dots$

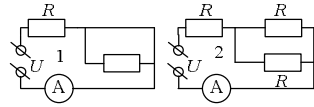
13. Протягом другої секунди (від $t_1 = 1$ с до $t_2 = 2$ с) тіло рухається рівноприскорено (швидкість лінійно залежить від часу), рівнодійна сил постійна. $F_R = ma = m\Delta v/\Delta t = = 2(3 - 1)/(2 - 1) = 4$ Н.

15. Відносно дзеркала. Зображення рухається зі швидкістю v від дзеркала, відповідно і предмет рухається від дзеркала зі швидкістю v . Швидкість предмета відносно Землі $v_1 = 2v$.

16. Еквівалентні кола на малюнках.

1. $I_1 = U/R$.

2. $I_2 = U/(3R/2) = 2U/3R$.



17. Визначивши об'єм V води (мензурка), визначають її масу $m = \rho V$. З таблиць визначають масу молекул води (m_0). $N = m/m_0$.

19. $\frac{N}{tF} = \frac{Nv}{tFv} = \frac{v}{t} \left[\frac{m}{c^2} \right]$ – прискорення.

20. Силою тяги авто є сила тертя спокою (ковзання) між колесами і дорогою $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$, це максимальне значення. Якщо потужність дуже велика, тоді і швидкість v_1 , при якій починається зменшення сили тяги, дуже велика $N = F_T \cdot v_1$. На трасі $v < v_1$.

22. В обох випадках зміна імпульсу посудини однакова $\Delta p = mv$, а час взаємодії (Δt) у випадку падіння на пісок (траву) значно більший, відповідно з $F\Delta t = \Delta p \Rightarrow F$ при падінні на пісок значно менша.

23. При певному тиску повітря вода почне кипіти (за рахунок власної внутрішньої енергії) і швидко охолоджуватись. При досягненні 0°C кипіння води відбувається за рахунок її кристалізації.

24. За теоремою про кінетичну енергію $A_F = \Delta K \Rightarrow FS = K_S \Rightarrow F = K_S/S = 6/3 = 2$ Н.

25. З рівняння стану $PV = \frac{m}{\mu} RT \Rightarrow P = \frac{\rho}{\mu} RT \Rightarrow P = \rho \text{ const } (T = \text{const})$. При ізотермічному процесі тиск газу прямо пропорційний його густині.

26. Рідина кипить за умови досягнення температури кипіння (при даному зовнішньому тиску) і підведення теплоти, яка необхідна для пароутворення при даній температурі. За однакових умов температура кипіння солоної води вища за температуру кипіння чистої води. У першому випадку температура солоної води вища за температуру кипіння прісної води – вода кипітиме. У другому випадку температури кипіння однакові, теплообмін відсутній, вода не кипить.

27. Якщо мураха почала рухатись прискорено, це означає, що дія соломинки на мураха (вгору) стала більшою, відповідно (за третім законом Ньютона) зросла дія (вниз) на соломинку. Переважить мураха.

28. При рівновазі $F_{\text{Арх}} = mg$. Якщо куля (разом з посудиною) рухається вгору з прискоренням $F_{\text{Арх}} > mg$, то куля зануриться глибше у воду, що приведе до збільшення рівня води в посудині.

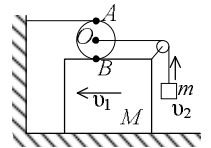
29. Див. 8 клас, № 26.

30. Див. 8 клас, № 28.

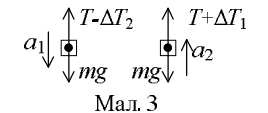
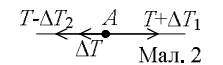
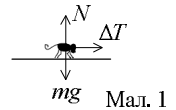
31. Сили інерції придумали для зручності розв'язування задач. Це фіктивні сили, їх в природі не існує.

32. Див. 8 клас, № 29.

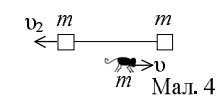
33. Оскільки циліндр ковтається без проковзування, точка B циліндра рухається зі швидкістю v_1 вліво. Точка A циліндра у дану мить нерухома (її можна розглядати як миттєву вісь обертання циліндра). Швидкість тіла m (вертикальна складова) дорівнює швидкості точки O , $v_2 = v_1/2$.



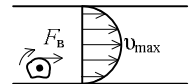
34. У момент розгону (див. мал. 1) на мавпу діє мотузка (ΔT) вправо. $ma = \Delta T \Rightarrow a = \Delta T/m$. Мавпа діє (ΔT) на деяку точку мотузки (A), тому натяг мотузки з двох сторін від точки A змінюється (див. мал. 2) ($T = mg$ – натяг мотузки у стані рівноваги). Для точки A запишемо $T - \Delta T_2 + \Delta T = \Delta T + \Delta T_1$ ($m_A = 0$) (1). Оскільки тіла зв'язані, їх швидкості і прискорення (a_1) однакові (див. мал. 3). Тоді, з другого закону Ньютона, отримаємо: $mg - (T - \Delta T_2) = ma_1$, $(T + \Delta T_1) - mg = ma_1$



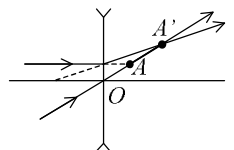
$\Rightarrow \Delta T_2 = \Delta T_1 \Rightarrow \Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T/2 \Rightarrow a_1 = (\Delta T/2)/m = a/2$. Прискорення тіл у 2 рази менше за прискорення мавпи. $v_2 = v/2$. Промодельоємо ситуацію. Наша система еквівалентна системі (мал. 4), що складається з мавпи і двох тіл, з'єднаних легких стрижнем на гладкій горизонтальній поверхні. Тоді з закону збереження імпульсу $2mv_2 = mv \Rightarrow v_2 = v/2$.



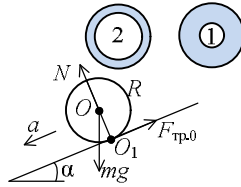
35. Завдяки в'язкості води швидкість її течії найбільша посередині річки, а біля берегів $v_r \approx 0$. Вода обтікає крижину з двох сторін з різною швидкістю, тому сила в'язкого тертя далі від берега більша ніж коло берега. Різниця цих сил створює момент.



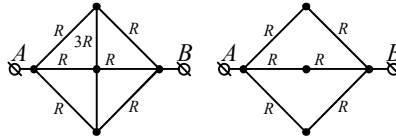
36. Якщо предмет дійсний, тоді зображення тільки уявне. Якщо предмет уявний, тоді його зображення дійсне, пряме, збільшене. Зображення уявної точки $A - A'$ (див. мал.).



37. Порожністі кулі (алюмінієва 1, мідна 2) при однакових зовнішніх розмірах і масі мають різну товщину стінок і відповідно різний момент інерції $I_2 > I_1$. При русі по похилій площині (без проковзування) їх прискорення різні $a_1 > a_2$. Запишемо закон динаміки для обертального руху відносно миттєвої вісі обертання O_1 (див. мал.) $mgR\sin\alpha = I_{O_1}\beta_{O_1} = I_{O_1}a/R \Rightarrow a = mgR^2\sin\alpha/I_{O_1}$.



38. I і II еквівалентні кола (з міркувань симетрії). $R_{AB} = 2R/3$.



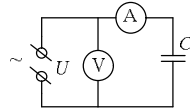
39. Переохолоджена вода ($t = -2^\circ\text{C}$), це нестійкий стан речовини, хоче кристалізуватися. При киданні шматка льоду починається кристалізація, яка супроводжується значним виділенням енергії. ($Q = \lambda m$, $\lambda = 340\,000$ Дж/кг). Ця енергія йде на нагрівання води і льоду. При $t = 0^\circ\text{C}$ настає рівновага між льодом і водою.

40. Величезна температура газу (плазми) в області вибуху приводить до дуже сильного конвекційного потоку повітря вгору. Піднімаючись вгору повітря розширюється (атмосферний тиск зменшується – зменшується швидкість конвекційного потоку) і охолоджується, водяна пара конденсується (виникає хмара).

11 клас

2. Температура кипіння на Говерлі менша (оскільки менший тиск) ніж у Львові.

4. $I = U/x_C = U\omega C \Rightarrow C = I/(\omega U)$.

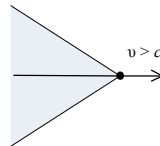


6. На електрон діє сила Лоренца, яка спрямована перпендикулярно до напрямку руху електрона. Ця сила роботу не виконує.

7. Див. 8 клас, № 16.

10. У двох перших випадках сила тяжіння спрямована перпендикулярно до напрямку руху тіла.

11. Свист від кулі виникає при її русі з швидкістю, більшою за швидкість звуку. На малюнку зображено область, що “заповнена” звуком при русі надзвукової кулі.



12. $\sqrt{\frac{ml}{F}} = \sqrt{\frac{mgl}{Fg}} = \sqrt{\frac{l}{g}} [c]$.

13. У випадку Γ маємо коротке замикання. $U = 0$.

14. Див. 10 клас, № 15.

15. Внаслідок фотоелектричного ефекту з кулі вилітають електрони, куля отримує позитивний заряд. $\phi = kq/R$ – її потенціал збільшується (до певного значення).

16. У першому випадку внутрішня енергія порохів газів (ΔU) перетворюється в кінетичну енергію кулі. У другому випадку ΔU перетворюється у кінетичну енергію кулі і рушниці, яка так само почне рухатись (відсутні зовнішні горизонтальні сили на систему рушниця – куля, виконується закон збереження імпульсу).

17. У точці, де знаходиться електрон, індукція магнітного поля спрямована від нас (за правилом правого гвинта для прямого провідника). Напрямок сили Лоренца визначаємо за правилом правої руки ($q_e < 0$).

18. Чим більший шлях приходить світло в повітрі, тим більше воно розсіюється на флуктуаціях концентрації повітря. Найбільше розсіюється світло з меншою довжиною хвилі (фіолетове, синє...).

19. За умовою об’єм газу в точках 1, 3 і 5 однаковий (лежать на одній ізохорі), аналогічно $V_2 = V_4$. 1 – 2, 3 – 4 – ділянки ізобар (в осях VT їх продовження проходять через початок координат).

20. При зануренні у воду ємність конденсатора зростає у 81 раз ($C = \epsilon_0 S/d$). Тоді частота коливань контуру зменшиться у 9 разів ($\nu = 1/(2\pi\sqrt{LC})$).

21. Див. 10 клас, № 22.

22. Див. 7 клас, № 22.

23. Тиск циліндра на опору $P = \rho gh$ (виведіть). Для точок 3 і 4 тиски однакові (найменші), це циліндри А і Б. Точці 4 відповідає більша маса циліндра (Б).

24. У шприці (5 см³) набрати трохи води (1 см³), закрити отвір і потягти поршень, збільшуючи об’єм (тиск повітря зменшиться).

25. Абсолютна вологість повітря в квартирі і надворі однакові (якщо повітря в кімнаті спеціально не зволожують). Взимку абсолютна вологість повітря в атмосфері мінімальна (холодно), у квартирі відносна вологість мала ($t = 20^\circ\text{C}$ практично завжди).

26. Яскравість свічення лампи пропорційна силі струму в колі. $I = U/z$, де $z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ – імпеданс кола. При внесенні залізного осердя в котушку її індуктивність (L) суттєво ($\mu \gg 1$) збільшується, лампа згасає. Мідне осердя на індуктивність не впливає ($\mu = 1$).

27. Див. 10 клас, № 28.

28. Напряга на джерелі (покази вольтметра) визначається виразом $U = \epsilon - Ir$. У випадку 1) опір кола зменшується, струм ($I = \epsilon/(R + r)$) збільшується, U – зменшується. У випадку 2) опір кола збільшується, струм зменшується, U – збільшується. У випадку 3) $I = 0$, $U = \epsilon$.

29. Див. 8 клас, № 26.

30. Див. 8 клас, № 28.

31. Див. 10 клас, № 25.

32. Див. 8 клас, № 29.

33. Див. 10 клас, № 33.

34. При дисоціації зростає кількість частинок газу (N) і при $V = \text{const}$ зростає їх концентрація ($n = N/V$). $P = nkT$, тобто тиск росте і за рахунок збільшення T , так і за рахунок збільшення n .

35. Див. 10 клас, № 34.

36. Провідність паралельної ділянки LC визначається: $\frac{1}{Z_{LC}} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} \Rightarrow$

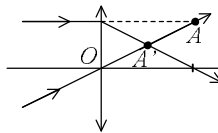
$$Z_{LC} = \frac{X_L \cdot X_C}{X_C - X_L} = \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}$$

Тобто при під'єднанні конденсатора невеликої ємності

($c < 2/(\omega^2 L)$) опір Z_{LC} зростає, яскравість свічення лампочки зменшується ($I \downarrow$).

37. Будь який звук можна представити як результат додавання гармонічних коливань (хвиль) певних амплітуд, частот і фаз. Внаслідок поглинання звуку зменшується амплітуда коливань (для різних хвиль по-різному), а внаслідок дисперсії змінюються фази коливань, які додаються. Як результат змінюється форма результуючого звукового сигналу, що суттєво впливає на розбірливість мови.

38. Якщо предмет дійсний, то його дійсне зображення тільки обернене. Якщо предмет уявний, його дійсне зображення – пряме. Зображення уявної точки $A - A'$ (див. мал.).

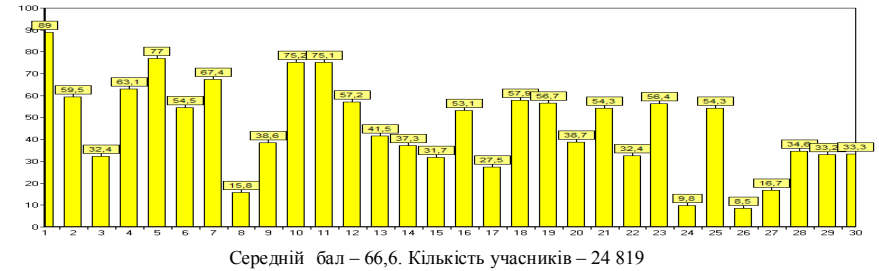


40. Див. 10 клас, № 28.

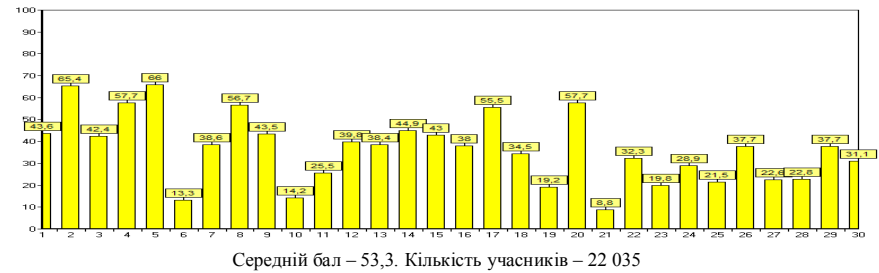
ДОДАТКИ

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

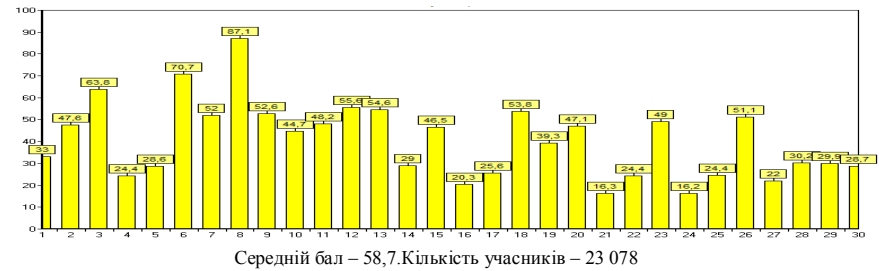
7 клас



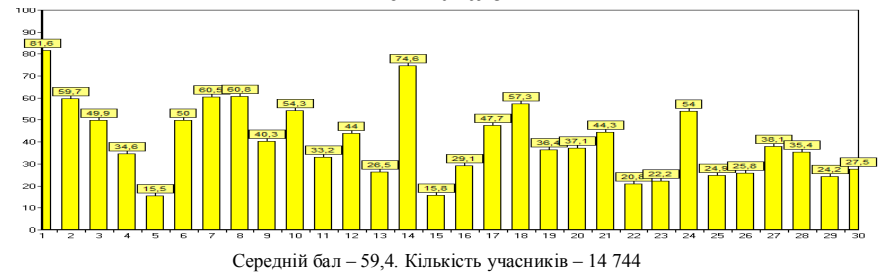
8 клас



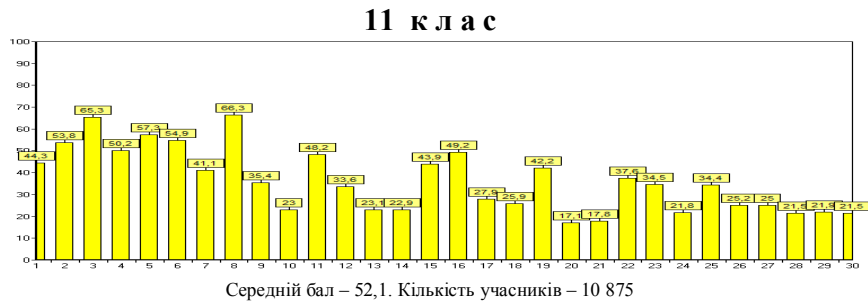
9 клас



10 клас

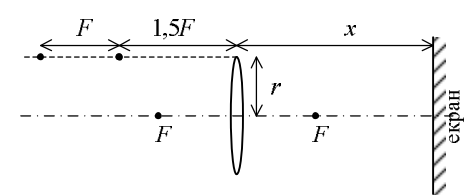


ЛІІІ Всеукраїнська олімпіада юних фізиків
Івано-Франківськ, 2016
Теоретичний тур
8-й клас



Більш докладну статистику “Левеня – 2016” можна знайти на сайті levenia.com.ua (на вкладці: результати 2016 – семінар).

8.1. Якщо за допомогою тонкої лінзи сфокусувати на екрані, розташованому перпендикулярно до головної оптичної осі лінзи, зображення двох точкових джерел світла, які знаходяться на одній прямій, паралельній до головної оптичної осі лінзи на відстані, що дорівнює радіусу лінзи (*див. мал.*), то точковим може бути лише одне з зображень, друге ж «розмиється».



Визначте, на якій відстані від лінзи необхідно розмістити екран, щоб загальна «розмитість» (сума площ двох світлих плям від точкових джерел світла на екрані) виявилась найменшою. Зробіть схематичний рисунок плям (у вибраному Вами масштабі) у цьому випадку. Радіус лінзи $r = 53$ мм, фокусна відстань $F = 2,5r$.

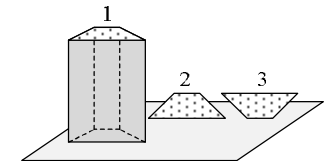
8.2. Новий катер має три однакові двигуни. Перший етап випробувань катера провели на озері в безвітряну погоду, вимірюючи швидкість руху катера за різної кількості увімкнених двигунів.

Кількість працюючих двигунів	1	2	3
Швидкість, км/год	20,0	25,2	28,8

Потім катер з вимкненими двигунами (як і раніше, в безвітряну погоду) плыв річкою, швидкість течії якої 5 км/год. Виявилось, що швидкість катера відносно берегів при цьому дорівнює 4,5 км/год. Оцініть, з якою швидкістю відносно берегів рухатиметься катер за течією цієї річки, увімкнувши один двигун, якщо швидкість зустрічного вітру 30 км/год? Вважати силу опору пропорційною квадрату швидкості.

8.3. Велотрек має довжину 300 м. Три велосипедисти одночасно стартували в одному напрямку з трьох точок, що ділять доріжку велотреку на три рівних проміжки. Швидкості велосипедистів $v_1 = 12$ м/с, $v_2 = 11,1$ м/с, $v_3 = 9$ м/с. Знайдіть найменшу довжину колони (найменшу ділянку велотреку, яка містить всіх трьох велосипедистів) у процесі руху. Велосипедистів вважати точковими.

8.4. Є три однакові заповнені водою посудини, що мають форму призми, які стоять на різних гранях (*див. мал.*). Сила тиску води на дно першої дорівнює $F_1 = 12$ Н, а на дно другої $F_2 = 10$ Н. З якою силою F_3 буде тиснути вода на дно третьої посудини?



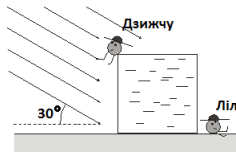
8.5. Для охолодження хімічного обладнання було запропоновано використати як охолоджувальну рідину суміш холодної води ($t_0 = 0$ °C) з дрібно перетертим льодом.

При тестуванні установки з'ясувалося, що при закачуванні до системи охолоджувальної рідини зі швидкістю $v_1 = 0,2$ м/с на виході отримували воду з температурою $t_1 = 30$ °С, а при закачуванні охолоджувальної рідини зі швидкістю $v_2 = 0,1$ м/с – воду з температурою $t_2 = 80$ °С. 1) Яку об'ємну частину складає крига в охолоджувальній рідині? 2) При якій мінімальній швидкості прокачування система охолодження ще буде нормально працювати (тобто рідина не буде закипяти усередині системи)? $C = 4200$ Дж/(кг·К), $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг, $\rho_{л}/\rho_{в} = 0,9$. Під терміном «об'ємна частина льоду» слід розуміти відношення об'єму льоду до об'єму охолоджувальної рідини.

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

9 клас

9.1. Дві однакові комашки Жужу і Лілі люблять грітися у вранішніх променях Сонця. Для сонячних ванн вони використовують скляний куб, загублений колись місцевим любителем оптики (див. мал.). Жужу сідає на саме сонечко – на вершину куба, а Лілі розташовується у «тіні» куба, притулившись до його грані. Скільки сонячного тепла отримусь за один сеанс Лілі, якщо Жужу отримусь 14,015 мДж тепла? Показник заломлення скла рівний $\sqrt{3}$, висота Сонця над горизонтом дорівнює 30°. Втратами світлової енергії знехтуйте.



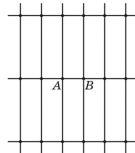
9.2. Бойлер – це пристрій для нагрівання води. Якщо бойлер залишати увімкненим, він весь час споживатиме електроенергію, адже необхідно буде компенсувати теплові втрати, потужність яких пропорційна різниці температур води та навколишнього середовища. Якщо ж бойлер з нагрітою водою вимкнути, вода в ньому почне остигати. При наступному ввімкненні її знову доведеться нагрівати до необхідної температури.

Не дуже якісний бойлер з 10 л води вимкнули, і за годину температура в ньому знизилась з 75 °С до 45 °С. Ще через годину бойлер увімкнули. За наступну годину він знову нагрів воду до 75 °С. Визначте температуру води в бойлері у момент його вмикання та потужність його нагрівального елемента. Навколишня температура 15 °С, питома теплоємність води 4200 Дж/(кг·°С).

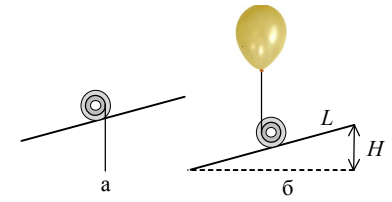
Схематичне зображення бойлера подано на малюнку, де 1 – зовнішній кожух, 3 – смінь для води, 6 – антикорозійний анод. Поясніть призначення інших елементів бойлера, позначених на малюнку.

Як можна знизити споживання електроенергії бойлером?

9.3. На малюнку показано частину нескінченної дротяної сітки з прямокутними комітками. Кожний горизонтальний відрізок дроту має опір 1 Ом, кожний вертикальний – опір 3 Ом. Визначте наближене значення опору між сусідніми вузлами сітки А і В. Похибка має бути не більшою за 0,05 Ом.

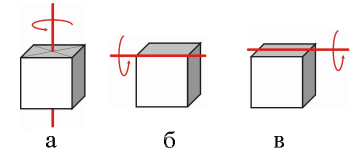


9.4. Котушка з намотаною стрічкою перебуває у рівновазі на похилому схилі, зробленому з двох однакових лінійок, коли з неї звисає третина стрічки (див. мал. а). При цьому стрічка обвиває котушку рівно три рази. На мал. б ця ж котушка знову у рівновазі, але тепер на ній на півоберта стрічки більше, а підтримує рівновагу наповнена гелієм повітряна кулька.



Визначте масу стрічки, якщо маса порожньої котушки $m_0 = 5$ г, а її зовнішній радіус у півтора рази більший за радіус частини зі стрічкою. Знайдіть, на скільки густина гелію у кульці менша за густину зовнішнього повітря. Об'єм кульки 2 л, маса оболонки 1 г. Довжина лінійки $L = 51$ см, верхній кінець вище нижнього на $H = 3$ см. Дайте обґрунтовану відповідь, як буде рухатись котушка у першому і другому випадках, якщо її трохи прокотити вздовж схилу вгору або вниз і відпустити?

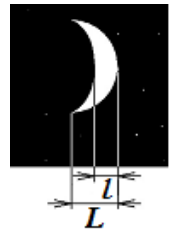
9.5. Однорідний куб, обертаючись навколо осі, що проходить через його центр мас (див. мал. а) перпендикулярно до його основи, має кінетичну енергію W_0 . Знайти кінетичну енергію обертання цього куба з тим самим періодом: а) відносно осі, що проходить через одне з його ребер (див. мал. б); б) відносно осі, що проходить через середини ребер (див. мал. в). Примітка: кінетична енергія обертання прямокутного паралелепіпеда відносно осі, що проходить через його центр мас перпендикулярно до його основи, прямо пропорційна добуткові його маси на квадрат довжини його основи та обернено пропорційна квадратів періоду обертання $W \sim \frac{m}{T^2} (a^2 + b^2)$.



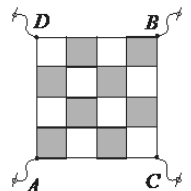
Задачі запропонували: Є. П. Соколов (1, 5), О. Ю. Орлянський (2, 4), І. М. Гельфгат(3), Р. В. Мартинюк (5).

10 клас

10.1. З марсохода Земля може мати вигляд серпа (див. мал.) із товщиною освітленої частини l у середній частині, удвічі меншою за видиму ширину L . Визначте відстань між Землею та Марсом у цей момент. Через скільки діб Земля виявиться повністю затемненою, якщо у період спостереження відношення l/L зменшується? Відстань від Землі до Сонця $R_{зс} = 150$ млн. км; від Марса до Сонця $R_{мс} = 228$ млн. км; маса Сонця $M = 2 \cdot 10^{30}$ кг; гравітаційна стала $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/кг·с².

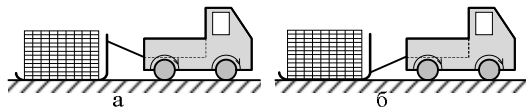


10.2. У лабораторії виготовили плоску пластину з провідників двох сортів: «білого» та «чорного» (див. мал.). Питомі опори напівпровідників: «білого» – $\rho_1 = 8 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, «чорного» – $\rho_2 = 16 \cdot 10^{-6}$ Ом·м, товщина плиток однакова. Опір пластини по «чорній» діагоналі (між виводами А та В) дорівнює $R_{AB} = 12$ Ом, а по «білій» (між виводами С та D) – $R_{CD} = 8$ Ом. Після нагріву



пластини питомий опір «білого» напівпровідника зменшився удвічі, а «чорного» – у вісім разів. Яким після нагріву став опір пластини між виводами A і B та між виводами C і D ? Опір контактів у точках A, B, C, D не враховуйте.

10.3. Щоб пересунути піддон, на якому було складено 1000 цеглин, використали вантажівку. Коли прикріпили трос



до верхнього гачка (див. мал. а), то вантажівка пробуксовувала і не змогла зсунути вантаж. Щоб вона змогла зсунути вантаж, потрібно зняти не менше 315 цеглин. Коли ж прикріпили трос до нижнього гачка (див. мал. б), то вантажівка змогла зрушити вантаж з додатковими 315 цеглинами (до початкової кількості – 1000 цеглин). В обох випадках трос утворював той самий кут із горизонтом. Визначте масу вантажівки «в цеглинах», якщо маса піддона дорівнювала масі 125 цеглин. Коефіцієнт тертя коліс і піддона об землю однаковий, двигун передає обертання на всі колеса.

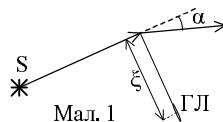
10.4. Переважна більшість метеорних тіл перед входом в атмосферу Землі мають швидкості від v_{\min} до v_{\max} . Вважається, що це свідчить про їхню належність Сонячній системі. Знайдіть значення v_{\min} і v_{\max} . Щорічно астрономи фіксують нові довгоперіодичні комети, періоди яких сягають десятків і сотень тисяч років. Уявіть, що площина орбіти такої комети перпендикулярна площині земної орбіти, і комета пролітає зовсім близько від земної атмосфери. Оцініть швидкість комети відносно Землі у цей момент. Чи може такий проліт привести до того, що комета назавжди покине Сонячну систему? Відповідь обґрунтуйте. Відстань від Землі до Сонця $r_0 = 1,5 \cdot 10^{11}$ м, радіус Землі $R = 6,4 \cdot 10^6$ м, перша космічна швидкість для Землі $v_1 = 7,9$ км/с.

10.5. Див. 11 клас № 3.

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

11 клас

11.1. Гравітаційною лінзою (ГЛ) називається масивне небесне тіло маси M , в гравітаційному полі якого може відбуватись помітне відхилення світлових променів, що випромінюються джерелом S , від прямолінійного поширення (див. мал. 1).



Кут α відхилення світла залежить від гравітаційного радіуса ГЛ $r_g = 2GM/c^2$ (G – гравітаційна стала, c – швидкість світла) та прицільного параметра ξ – найменшої відстані від ГЛ до початкового напрямку променя (див. мал. 1).

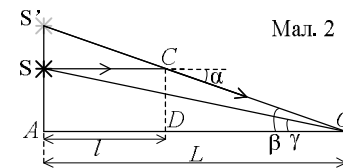
Завдання 1. При якому співвідношенні між ξ та r_g кут α буде малим? ($\alpha \ll 1$)

Кут α зв'язаний із ξ та r_g співвідношенням $\alpha = A(r_g)/\xi$ (1), де $A(r_g)$ суттєво залежить від того, яку теорію (Ньютона чи Ейнштейна) використовують для опису явища.

Завдання 2. Використовуючи закон всесвітнього тяжіння Ньютона, вважаючи кут відхилення α малим, доведіть справедливість співвідношення (1) та знайдіть чому дорівнює $A(r_g)$.

Вказівка: Вважати за початковий момент часу $t = 0$ момент, коли світло проходить повз гравітаційну лінзу ($r(t = 0) = \xi$), і $dr/dt = c$.

На мал. 2 зображено хід променя, який поширюється від джерела S до спостерігача на Землі (точка O) повз ГЛ (точка D). Для спрощення траєкторію променя зображено у вигляді ламаної. Спостерігач бачить джерело випромінювання не в точці S (у напрямку OS під кутом γ), а в напрямку променю OC на прямій OS' під кутом β .



Завдання 3. Вважаючи кути β, γ малими і що кут α визначається співвідношенням (1), а величини l та L – відомі, знайдіть рівняння ГЛ, що пов'язує кути β, γ , відстані l, L і коефіцієнт $A(r_g)$.

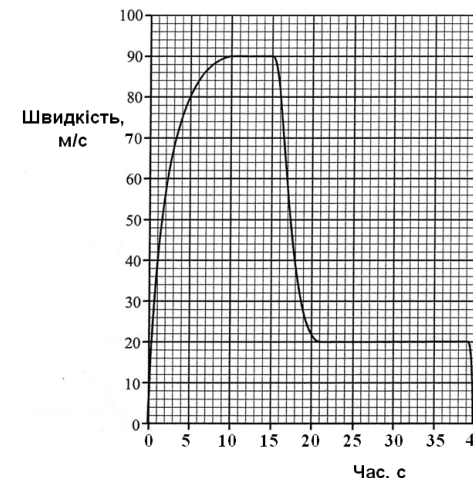
Завдання 4. Знайдіть кут β як функцію γ та l, L і $A(r_g)$. Скільки зображень джерела буде спостерігатись? Якщо зображень буде більше одного, то зобразіть схематично хід променів у полі ГЛ і знайдіть прицільні параметри та кути відхилення для кожного з них

Завдання 5. Що буде спостерігатись, коли точки S, D та O лежать на одній прямій?

11.2. Циліндричний електронний пучок з однорідною концентрацією n рухається із релятивістською швидкістю v_0 вздовж силових ліній зовнішнього однорідного магнітного поля з індукцією B_0 , обертаючись як єдине ціле навколо своєї осі. Якою має бути частота обертання, щоб пучок зберігав свою форму? Вважати, що 1) поперечна складова швидкості електронів значно менша від поздовжньої складової; 2) індукція магнітного поля поздовжнього струму силою I з аксіально-симетричним розподілом густини на віддалі r від осі визначається лише силою струму через поперечний переріз циліндра радіусу r , вісь якого збігається з віссю системи: $B = \mu_0 I / (2\pi r)$.

11.3. На малюнку відображено залежність вертикальної швидкості парашутиста від часу. Проаналізуйте графік з фізичної точки зору і аргументовано вкажіть на можливі наявні в ньому неточності. Зобразіть схематично правильну, на Ваш погляд, залежність вертикальної швидкості парашутиста від часу. Висоту падіння парашутиста оберіть приблизно такою самою, як і на наведеному малюнку.

11.4. Маятникова система складається з двох кульок масами m_1 та m_2 , сполучених легким стержнем. Цю систему розташували біля поверхні



сферичного астероїда так, щоб вона могла вільно обертатись у вертикальній площині навколо горизонтальної осі, що проходить через її центр мас. Який кут із вертикаллю утворює стержень у стані рівноваги? Розрахуйте період малих коливань системи, якщо період обертання супутника, який рухається навколо астероїда з першою космічною швидкістю, складає 130 хв.

11.5. 11 лютого 2016 року колаборація LIGO оголосила про успішне детектування гравітаційних хвиль, існування яких передбачив Ейнштейн. LIGO складається з двох гравітаційних обсерваторій: у Лівінгстоні ($30,6^\circ$ пн. ш., $90,8^\circ$ зх. д.) і Хенфорді ($46,5^\circ$ пн. ш., $119,4^\circ$ зх. д.). Обсерваторія у Хенфорді зафіксувала сигнал на 6,9 мс пізніше, ніж обсерваторія у Лівінгстоні. Визначте, під яким кутом до лінії Лівінгстон – Хенфорд поширювалася гравітаційна хвиля. Гравітаційні хвилі розповсюджуються зі швидкістю світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Землю вважати кулею радіусом $R = 6370$ км. Як ще один метод визначення напрямку на джерело гравітаційних хвиль можна використати ефект Доплера. Яка максимальна різниця відносних зсувів частоти хвиль може спостерігатися для обсерваторій колаборації LIGO? Для якого напрямку на джерело?

Вважати, що при ефекті Доплера відносний зсув частоти $\Delta\nu/\nu$ дорівнює відношенню проекції швидкості руху приймача в напрямку джерела до швидкості поширення хвиль.

Задачі запропонували: С. Й. Вільчинський (1), І. О. Анісімов (2), О. Ю. Орлянський (3 - 5)

Експериментальний тур

8 клас

Завдання 1. Визначити відносний вміст піску в суміші за масою.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: пісок, пластилін, суміш піску з пластиліном, лінійка, шприц 5 мл, дві однакових коробочки. Групове: вода.

Завдання 2. За допомогою запропонованого обладнання:

1. Побудувати графік залежностей температури води в металевій посудині (з теплоізоляцією та без неї) в діапазоні від $+50^\circ\text{C}$ до $+70^\circ\text{C}$ від часу;

2. Визначити на скільки відсотків (по відношенню до неізольованої посудини) один шар теплоізолятора дозволяє максимально зменшити швидкість теплових втрат при температурі води $+60^\circ\text{C}$.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: металева посудина, термометр, листовий теплоізолюючий матеріал, міліметровий папір. Групове: ножиці, настінний годинник, ємність для зливу води, гаряча вода, скоч.

9 клас

Завдання 1. Дослідити залежність ККД електродвигуна від величини навантаження на його вал. Поясніть отриману експериментально залежність.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: джерело струму (батарея), амперметр, вольтметр, електродвигун, з'єднувальні провідники. Групове: метроном, вимірювальна стрічка, нитки, тягарці відомої маси.

Завдання 2. Див. 8 клас, завдання 2.

10 клас

Завдання 1. Визначте максимальний обертовий момент двигуна.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: джерело струму (батарея); мініатюрний електродвигун зі шківом і припаяними провідниками; дві лінійки з однакового матеріалу. Групове: монета 5 коп. масою 4,30 г.

Завдання 2. Виготовити паперовий динамометр як показано на малюнку. Виготовити вантажки, нарізавши товстий дрот на частини. Представте план проведення дослідження. У звіті вкажіть, як Ви виготовили динамометр, вантажки.

1. Проведіть дослідження залежності чутливості динамометра від ширини стрічки.

2. Проаналізуйте отримані результати та оберіть динамометр, який дозволяє зважити всі отримані вантажки з найбільшою точністю. Проградуйте його.

3. Представте графіки отриманих результатів.

4. Проведіть контрольне зважування тіла.



5. Опишіть, чим визначаються лінійна та нелінійна ділянки залежності «розтягнення» паперового динамометра від навантаження, що прикладається.

6. Вкажіть основні зовнішні фактори та особливості виготовлення динамометра, які впливають на «стабільність» та чутливість його роботи. Оцініть їхній вплив.

Матеріали та обладнання: Індивідуальне: штатив лабораторний шкільний; лінійка; мідний дріт довжиною 10–15 см і діаметром 0,65 мм; тонкий мідний дріт для вказівника – 5 см; лист паперу; міліметровка. *Групове:* ножиці; котушка ниток; пластикін; скотч.

Теоретична довідка: густина міді $\rho = 8900 \text{ кг/м}^3$.

11 клас

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

1. Момент інерції I порожньої пляшки з кришкою відносно її осі симетрії.

2. Використовуючи результат п. 1, модуль пружності міді для деформації зсуву G .

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

Теоретична довідка: З теорії пружності відомо, що при деформації кручення момент сили, який необхідний для закручування циліндричного стержня радіусом r та довжиною l на кут φ , може бути обчислений за формулою: $M = G \cdot \frac{\pi r^4}{2l} \cdot \varphi$, де G – модуль пружності матеріалу стержня для деформації зсуву.

Завдання 2. За допомогою запропонованого обладнання:

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

проведіть градування одержаного приладу шляхом побудови градувального графіка;

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

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

У звіті:

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

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

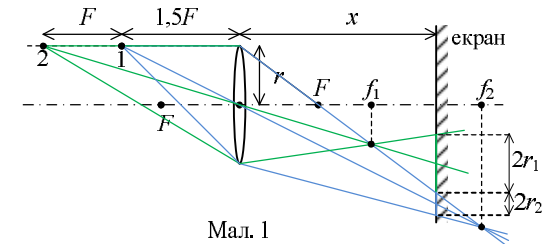
Які недоліки та переваги вимірювання сили струму таким приладом?

РОЗВ'ЯЗКИ ЗАДАЧ

8 клас

Задача 8.1.

Побудуємо хід променів від джерел (див. мал. 1). Очевидно, що екран слід розташувати між f_1 і f_2 – відстанями від лінзи до зображень першого і другого джерел. Спільний промінь світла, що йде від джерел через



Мал. 1

верхній край лінзи, і далі через її фокус, на відстанях від f_1 до f_2 є своєрідною межею між двома заповненими світлом (від різних джерел) конічними областями простору. Обидва конуси з вершинами у точках зображень мають основою круглу лінзу. Отже, будь-який переріз, паралельний лінзі, також буде кругом. Саме тому на екрані ми побачимо дві світлі круглі плями радіусами r_1 і r_2 (див. мал. 2), що ззовні дотикаються одна до одної.



Мал. 2

З подібності трикутників $\frac{2r_1}{2r} = \frac{x - f_1}{f_1}$ і $\frac{2r_2}{2r} = \frac{f_2 - x}{f_2}$ знайдемо радіуси цих плям:

$$r_1 = r \left(\frac{x}{f_1} - 1 \right), \quad r_2 = r \left(1 - \frac{x}{f_2} \right). \quad (1)$$

Загальна площа плям:

$$S = \pi r_1^2 + \pi r_2^2 = \pi r^2 \left[\left(\frac{x}{f_1} - 1 \right)^2 + \left(1 - \frac{x}{f_2} \right)^2 \right]. \quad (2)$$

З формули тонкої лінзи знайдемо

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2,5F} = \frac{3}{5F}, \quad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{1,5F} = \frac{1}{3F}. \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{Тоді: } S &= \pi r^2 \left[\left(\frac{x}{f_1} - 1 \right)^2 + \left(1 - \frac{x}{f_2} \right)^2 \right] = \pi r^2 \left[\left(\frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} \right) x^2 - 2 \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \right) x + 2 \right] = \\ &= \pi r^2 \left(\frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} \right) \left[\left(x - \frac{1/f_1 + 1/f_2}{1/f_1^2 + 1/f_2^2} \right)^2 + \left(\frac{1/f_1 - 1/f_2}{1/f_1^2 + 1/f_2^2} \right)^2 \right]. \end{aligned}$$

Найменше значення площі буде, коли $x = \frac{1/f_1 + 1/f_2}{1/f_1^2 + 1/f_2^2} = \frac{105}{53} F = 262,5 \text{ мм}$.

З (1) знаходимо $r_1 = 10 \text{ мм}$, $r_2 = 18 \text{ мм}$. Отже, на екрані будуть дві круглі світлі плями радіусами 1 см і 1,8 см.

Задача 8.2.

За умовою задачі сила опору $F = \alpha v^2$, тоді для рівномірного руху потужність двигунів $P = Fv = \alpha v^3$, де стала $\alpha = \frac{P_1}{v_1^3}$ (тут P_1 – потужність одного двигуна).

З таблиці одержимо:

$$\frac{v_2^3}{v_1^3} = \left(\frac{25,2}{20,0}\right)^3 = 2,000 \quad \text{і} \quad \frac{v_3^3}{v_1^3} = \left(\frac{28,8}{20,0}\right)^3 = 2,986.$$

Загальна сила опору є сумою сил опору води та повітря (очевидно, характер залежності цих сил від швидкості можна вважати однаковим). Отже, $\alpha = \alpha_v + \alpha_n$.

Коли катер пливе з вимкненими двигунами за течією, сили з боку води та повітря зрівноважують одна одну. Знайдемо вирази для коефіцієнтів опору: $\alpha_v \cdot 0,5^2 = \alpha_n \cdot 4,5^2$.

$$\text{Звідки: } \alpha_v = 81\alpha_n \quad \text{і} \quad \alpha_v = \frac{81P_1}{82v_1^3}, \quad \alpha_n = \frac{P_1}{82v_1^3}.$$

При рівномірному русі з увімкненим двигуном (за течією, але проти вітру) прикладені сили знов зрівноважують одна одну, але таких сил тепер три.

Зазначимо, що потужність двигуна є фіксованою лише у системі відліку «Вода», оскільки сила тяги виникає внаслідок взаємодії саме з водою. Тому сила тяги дорівнює $\frac{P_1}{v-5}$.

$$\text{Отже, } \frac{P_1}{v-5} = \alpha_v(v-5)^2 + \alpha_n(v+30)^2.$$

Тут v – шукана швидкість руху катера відносно берегів.

Підставивши вирази для коефіцієнтів опору, отримаємо рівняння

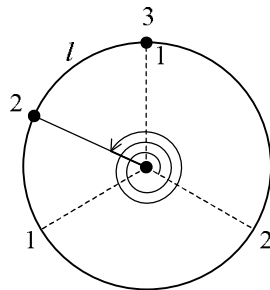
$$82v^3 = 81(v-5)^3 + (v-5)(v+30)^2.$$

Тут усі швидкості виражено в км/год.

Оскільки права частина рівняння є монотонно зростаючою функцією швидкості (за очевидної умови $v > 5$), рівняння має єдиний корінь. Його легко підібрати за допомогою калькулятора: $v = 24,474 \approx 24,5$ (км/год).

Задача 8.3.

Зазначимо, що найменшою довжина «колони» буде у випадку, коли найшвидший велосипедист порівняється з найповільнішим. Дійсно, за мить до цього найшвидший (1-й) скорочував відстань до найповільнішого (3-го). Де б не був при цьому 2-й велосипедист, попереду 3-го чи позаду 1-го, довжина колони (відстань між найвіддаленішими велосипедистами) скорочувалась. А вже через мить після того, як 1-й наздожене 3-го, довжина колони збільшуватиметься, незважаючи на положення 2-го велосипедиста.



Знайдемо час, через який 1-й і 3-й велосипедисти порівнюються один з одним. За умовою, відстань між будь-якою парою велосипедистів 100 м. Виявляється, можливі два випадки, коли 1-й їде в напрямку 3-го (безпосередня відстань 100 м) і коли 1-й їде в напрямку 2-го (тоді до третього слід подолати відстань 200 м). Почнемо з другого випадку, коли 1-й рухається за 2-м, а 2-й за 3-м.

Відстань між 1-м і 3-м скорочується зі швидкістю $v_{13} = 3$ м/с. Отже, зустріч відбується через $t_0 = 200/3$ с. За цей час 3-й велосипедист подолає шлях $v_3 t_0 = 600$ м, тобто зробить два повних оберти по 300 м. 2-й велосипедист подолає шлях $v_2 t_0 = 740$ м (див. схем. мал.), тобто два повних оберти і ще 140 м. Враховуючи початкові 100 м, 2-й велосипедист опиниться на відстані $l = 40$ м попереду від першого і третього. Це й буде мінімальна довжина колони, яку у цю мить очолюватиме 2-й велосипедист, а замикатимуть 1-й і 3-й. Чи є відстань 40 м найменшою можливою? У подальшому через кожні $t_1 = L/v_{13} = 300/3 = 100$ с 1-й велосипедист обганятиме 3-го. Запишемо закон руху 2-го велосипедиста відносно 3-го, починаючи з зображеного на малюнку випадку: $x_{23} = l + (v_2 - v_3)t$ або в СИ: $x_{23} = 40 + 2t$. Через кожні $t_1 = 100$ с слід перевіряти положення 2-го велосипедиста. Можливо, у якийсь з цих моментів часу довжина колони виявиться меншою. Припустити, що пройшло n разів по $t_1 = 100$ с: $t = nt_1 = 100n$. Це означає, що відстань вздовж доріжки велотреку, на яку 2-й випередить 3-го, визначатиметься формулою $x_{23} = 40 + 2,1t = 40 + 210n$. Пам'ятаємо, що довжина доріжки велотреку $L = 300$ м. Це означає, наприклад, що для $n = 10$, $x_{23} = 40 + 2100 = 40 + 7 \cdot 300$, тобто 7 додаткових обертів і ще 40 м. Початкове розташування повторюється. Складемо таблицьку:

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_{23}	40	250	460	670	880	1090	1300	1510	1720	1930	2140
l	40				-20			10			40

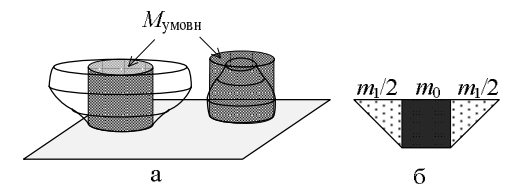
Найменшою довжина колони у 10 м буде, коли $n = 7$ (17, 27, 37...). Це відбується через $t = 7t_1 = 700$ с після початку відліку часу (див. мал.) і через 700 с + $200/3$ с після старту.

Випадок руху у зворотному напрямку розв'язується аналогічно, як і в першому випадку, довжина колони 10 м.

Задача 8.4.

Сила тиску на дно будь-якої посудини, що заповнена на висоту h , дорівнює вазі рідини, яка займає умовну циліндричну посудину висотою h , що побудована над основою реальної посудини (див. мал. 1, а).

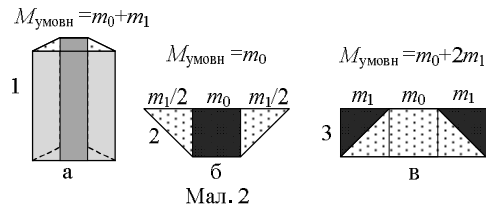
Дійсно, сила тиску:
 $F = P \cdot S = \rho g h S = \rho g V_{\text{умовн}} = M_{\text{умовн}} g$.



Мал. 1

Для нашого випадку див. мал. 1, б і мал. 2, а, б, в.

Для кожного з випадків можна записати: $F_1 = (m_0 + m_1)g$;
 $F_2 = m_0g$; $F_3 = (m_0 + 2m_1)g$.
 Тоді: $F_3 = 2F_1 - F_2 = 14 \text{ Н}$.



Задача 8.5.

Позначимо об'ємну частину льоду буквою α , а переріз підвідних труб буквою S .

З якою б швидкістю не прокачували охолоджуючу рідину, вона завжди виносить з установки за одиницю часу одну і ту ж кількість тепла. Знайдемо цю теплову потужність. Для цього врахуємо, що за час t в систему потрапляє:

- 1) об'єм охолоджуючої рідини $V_{об} = \nu St$;
- 2) маса льоду в ньому дорівнює $m_{л} = \alpha \nu St \rho_{л}$ і маса води $m_{в} = (1 - \alpha) \nu St \rho_{в}$;
- 3) на плавлення льоду йде кількість тепла рівна $Q_1 = \lambda m_{л} = \alpha \lambda \nu St \rho_{л}$, на нагрів всієї води (в тому числі, що вийшла з розтопленого льоду) йде кількість тепла рівна $Q_2 = c(m_{л} + m_{в})\Delta t = c[\alpha \rho_{л} + (1 - \alpha)\rho_{в}]\Delta t \nu St$.

Таким чином, теплова потужність, яку забирає охолоджуюча рідина, дорівнює

$$P = \frac{Q_1 + Q_2}{t} = [\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t]\nu S.$$

2) Прирівнюючи два цих вирази для випадків, описаних в задачі, отримуємо рівняння: $[\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_1) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_1]\nu_1 S = [\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_2) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_2]\nu_2 S$.

Звідси випливає відповідь для об'ємної частини льоду в охолоджуючій рідині (позначимо $\varepsilon = (\rho_{в} - \rho_{л})/\rho_{в} = 0,1$):

$$\alpha = \left[\frac{\rho_{в} - \rho_{л}}{\rho_{в}} + \frac{\lambda \rho_{л}}{c \rho_{в}} \cdot \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_2 \Delta t_2 - \nu_1 \Delta t_1} \right]^{-1} = \left[\varepsilon + \frac{\lambda \rho_{л}}{c \rho_{в}} \cdot \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_2 \Delta t_2 - \nu_1 \Delta t_1} \right]^{-1} = 0,275.$$

3) Для гранично малої швидкості охолоджуючої рідини ν_3 на виході буде виходити вода при температурі $t_3 = 100^\circ \text{C}$. Пов'язуючи цю течію з першою, отримуємо рівняння:

$$[\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_1) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_1]\nu_1 S = [\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_3) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_3]\nu_3 S.$$

$$\nu_3 = \frac{\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_1) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_1}{\alpha \rho_{л}(\lambda + c\Delta t_3) + (1 - \alpha)\rho_{в}c\Delta t_3} \nu_1 = 0,083 \text{ м/с}.$$

9 клас

Задача 9.1.

Дослідимо, як утворюється „тінь” за скляним кубом у місці розташування комашки Лілі. Куб пронизують кілька груп променів, які характеризуються подібними умовами поширення.

Враховавши, що при даному показнику заломлення граничний кут повного відбивання становить близько 35° , маємо:

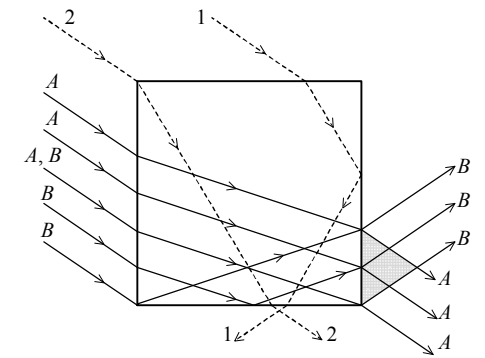
Група променів „1” після заломлення верхньою гранню куба та повного відбивання від бічної грані виходить крізь нижню грань і не потрапляє на комашку.

Крупа променів „2” після подвійного заломлення також виходить крізь нижню грань.

Група променів „А” після подвійного заломлення потрапляє на комашку.

Група променів „В” також потрапляє на комашку після заломлення, повного відбивання та повторного заломлення.

Таким чином, комашка Лілі, яка знаходиться у заштрихованій області, освітлюється як променями групи „А”, так і променями групи „В”, отримуючи порцію світлової енергії $28,03 \text{ мДж}$.



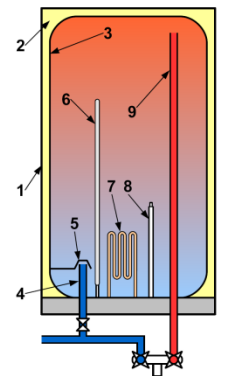
Задача 9.2.

Скористасьмося законом збереження енергії. Припустимо, що за тиждень споживається 1 м^3 гарячої води і наприкінці тижня бойлер знаходиться у такому ж стані, як і на початку. Перший бойлер, який весь час підтримує воду у гарячому стані, і другий, який вмикають, витрачають на нагрівання води однакову кількість енергії. Але перший внаслідок більшої різниці температур віддає у навколишнє середовище більше теплоти, ніж другий. Всі ці втрати компенсуються за рахунок споживання електроенергії. Отже, з енергетичної точки зору вигідніше вимикати бойлер. Будуть менші платежі за електрику. Але з точки зору економії часу (треба чекати, поки нагріється вода, або ж вмикати заздалегідь) більш зручним може виявитись завжди гарячий бойлер.

Щоб зменшити його втрати енергії слід подбати про гарну теплоізоляцію.

Відсутні в умові пояснення:

- 2 – теплоізоляція;
- 4 – патрубок впуску холодної води;
- 5 – розсікач (щоб завадити примусовому перемішуванню води);
- 7 – нагрівальний елемент;
- 8 – термодатчик;
- 9 – забірник гарячої води (гаряча вода зверху, холодна внизу).



1-й спосіб (наближений). Під час остигання води темп втрати нею теплоти змінюється, оскільки змінюється різниця температур між водою у бойлері і навколишнім середовищем. Для розрахунків беремо середню арифметичну температуру води.

Для першої години це $t_1 = \frac{t_1 + t_2}{2} = 60^\circ \text{C}$, для другої $t_{II} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{t_3}{2} + 22,5^\circ \text{C}$.

$$\text{Розв'яжемо систему рівнянь} \begin{cases} cm(75-45) = k(60-15)\tau, \\ cm(45-t_3) = k(t_3/2 + 22,5-15)\tau, \end{cases}$$

де $\tau = 1$ год. Знаходимо не тільки $t_3 = 30^\circ\text{C}$, й коефіцієнт

$$k = \frac{70 \text{ Дж}}{9 \text{ с} \cdot \text{град}} \approx 7,78 \frac{\text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{град}}.$$

Другий етап (нагрівання від $t_3 = 30^\circ\text{C}$ до $t_1 = 75^\circ\text{C}$) наближеного розв'язку виглядає аналогічно. Для врахування втрат теплоти беремо середню температуру $t_c = \frac{t_1+t_3}{2} = 52,5^\circ\text{C}$. Потужність нагрівального елемента бойлера позначимо P_6 . Тоді $cm(75-30) = (P_6 - k(52,5-15))\tau$,

$$\text{звідси знаходимо } P_6 \approx 817 \text{ Вт}.$$

2-й спосіб (точний). Розглянемо зміну температури Δt води за невеликий проміжок часу Δt . Вода остигає і віддає теплоту в навколишнє середовище: $cm\Delta t = k(t - t_{\text{навк}})\Delta t$. На початку першої години остигання ($t_1 = 75^\circ\text{C}$) різниця температур з навколишнім середовищем $t_1 - t_{\text{навк}} = 60^\circ\text{C}$, і темп втрати температури високий. Наприкінці першої години (початку другої) остигання ($t_2 = 45^\circ\text{C}$) різниця температур з навколишнім середовищем $t_2 - t_{\text{навк}} = 30^\circ\text{C}$, і темп втрати температури удвічі менший: $cm\Delta t_1 = 60^\circ k\Delta t$, $cm\Delta t_2 = 30^\circ k\Delta t$.

За один і той самий час Δt у другому випадку температура зменшиться у два рази менше $\Delta t_2 = \frac{1}{2}\Delta t_1$. Наприклад, $\Delta t_2 = 1^\circ\text{C}$, $\Delta t_1 = 2^\circ\text{C}$. Тоді різниця температур стане 29°C і 58°C , і знову відрізняться рівно у два рази. Отже, темпи остигання води протягом першої і другої години відрізняться удвічі. Якщо протягом першої години різниця температур зменшилась з $t_1 - t_{\text{навк}} = 60^\circ\text{C}$ до $t_2 - t_{\text{навк}} = 30^\circ\text{C}$,

то протягом другої години вона повинна зменшитись з $t_2 - t_{\text{навк}} = 30^\circ\text{C}$ до $t_3 - t_{\text{навк}} = 15^\circ\text{C}$. Наприкінці другої години остигання (початку третьої) температура води стане $t_3 = t_{\text{навк}} + 15^\circ\text{C} = 30^\circ\text{C}$. Як бачимо, точна відповідь збіглася з наближеною. *Якби бойлер й далі остигав, це б через годину різниця температур стала б $7,5^\circ\text{C}$, а температура води $22,5^\circ\text{C}$. Таким чином, температура води постійно наближатиметься до навколишньої, так її і не досягаючи.*

Під час нагрівання умова теплового балансу має вигляд:

$$cm\Delta t = (P_6 - k(t - t_{\text{навк}}))\Delta t = k(P_6/k + t_{\text{навк}} - t)\Delta t.$$

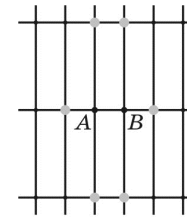
Для нашого бойлера за $\tau = 1$ год вираз $P_6/k + t_{\text{навк}} - t$, що є аналогом різниці температур, повинен змінитись у 2 рази: $P_6/k + t_{\text{навк}} - t_3 = 2(P_6/k + t_{\text{навк}} - t_1)$. Звідси знаходимо:

$$P_6 = k(2t_1 - t_3 - t_{\text{навк}}) = 105^\circ k \approx 849 \text{ Вт}.$$

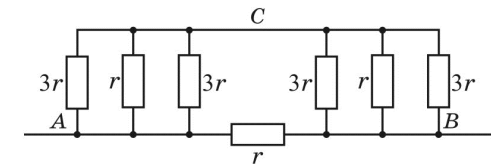
Задача 9.3.

Встановимо верхню та нижню межі можливих значень опору. Скористаємося тим, що збільшення будь-якого опору в колі спричиняє збільшення загального опору кола, а зменшення будь-якого опору спричиняє зменшення загального опору. Зокрема, розрізання будь-якого провідника може спричинити тільки збільшення опору R між вузлами A і B , а закорочування будь-якої ділянки – тільки зменшення опору. Таким чином можна оцінити межі R_{max} і R_{min} .

а) оцінимо спочатку нижню межу значень опору. Для цього уявімо, що ми з'єднуємо провідниками C без опору всі обведені на мал. 1 сірими колами вузли. На мал. 2 показано еквівалентну схему такого кола.



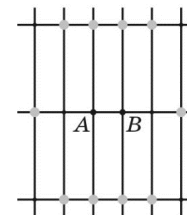
Мал. 1



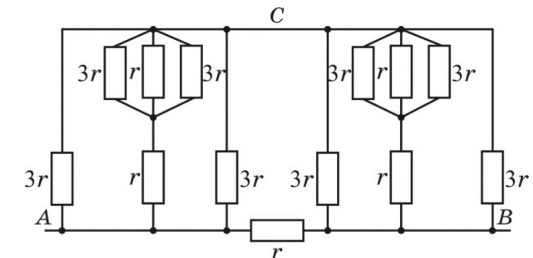
Мал. 2

Простий підрахунок дає значення $R_{\text{min}1} = \frac{6}{11}r \approx 0,545 \text{ Ом}$.

Отриману оцінку можна дещо поліпшити, якщо закорочувати більш віддалені вузли. Ці вузли та відповідну еквівалентну схему кола показано на мал. 3, 4.



Мал. 3



Мал. 4

Підрахунок дає значення $R_{\text{min}2} = \frac{48}{79}r \approx 0,608 \text{ Ом}$.

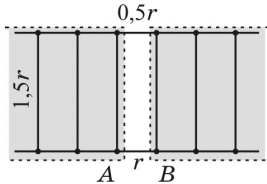
б) оцінимо тепер верхню межу значень опору. Для цього перш за все «перегнемо» коло вздовж прямої AB , з'єднавши точки що мають рівні потенціали. Опір з'єднаних паралельно провідників зменшується вдвічі. Після цього обріжемо всі вертикальні провідники другого ряду. Отримаємо коло, що наведено на мал. 5 (опори всіх вертикальних провідників однакові; опори всіх горизонтальних провідників на кожному рівні також однакові).

Отримане коло можна розглядати як з'єднання двох однакових нескінченних кіл, що виділені сірим тонуванням (позначимо їх опори X), а також провідників опорамі r і $0,5r$. Еквівалентну схему такого кола показано на мал. 6. Його опір

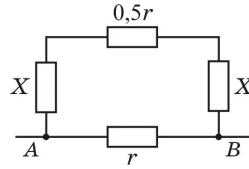
$R_{\max} = \frac{r(2X + 0,5r)}{2X + 1,5r}$. Опір X нескінченного кола знайдемо з умови незалежності

опору від кількості комірок у лінійному колі: $X = \frac{1,5r(X + 1,5r)}{X + 3r}$. Звідси

$$X = \frac{3r}{4}(\sqrt{5} - 1) \text{ і } R_{\max} = r \left(1 - \frac{2}{3\sqrt{5}} \right) \approx 0,702r \approx 0,702 \text{ Ом.}$$



Мал. 5



Мал. 6

Враховуючи отримані оцінки зверху та знизу, можемо записати остаточний результат у вигляді $R = r(0,65 \pm 0,05) = 0,65 \pm 0,05 \text{ (Ом)}$.

Задача 9.4.

Позначимо масу стрічки через m . У першому випадку звисає частина стрічки масою $\frac{1}{3}m$, а центр тяжіння намотаної частини масою $\frac{2}{3}m$ знаходиться у центрі котушки. Розглянемо сили та їх моменти, що діють на котушку (див. мал. 1). З умови рівноваги

$$\left(m_0 + \frac{2}{3}m \right)gd_1 = \frac{1}{3}mgd_2,$$

де $d_2 = r - d_1$, а d_1 знайдемо з подібності трикутників (з мал. 1 і мал. умови б):

$$\frac{d_1}{R} = \frac{H}{L}. \text{ Отже, } m = \frac{3m_0}{\frac{r}{d_1} - 3} = \frac{3m_0}{\frac{r}{R} \frac{L}{H} - 3} = \frac{9}{25}m_0 = 1,8 \text{ г.}$$

Відповімо на якісне питання. Якщо котушку трохи повернути вгору (мал. 1 і мал. умови а), невеличка маса намотаної стрічки набуде вертикального положення і відповідна їй сила тяжіння збільшить плече. Отже, момент сили, який обертає котушку за годинниковою стрілкою, збільшиться, і вона, збільшуючи швидкість, покотиться вгору. Це виглядає парадоксальним лише на перший погляд, адже разом з підйомом котушки опускатиметься вільна частина стрічки. Потенціальна енергія стрічки в цілому зменшуватиметься швидше, ніж збільшуватиметься потенціальна енергія котушки, звідси й енергія на рух. Якщо котушку трохи повернути вниз (мал. 1), все аналогічно, тільки тепер невеличка маса стрічки зменшить своє плече, рівновага порушиться, і котушка покотиться вниз.

У другому випадку вертикальна частина стрічки матиме масу $\frac{2}{9}m$, а центр тяжіння

намотаної частини масою $\frac{7}{9}m$ знаходиться на вертикалі, що проходить через центр

котушки. \vec{T} – сила натягу стрічки у місці дотику до котушки, яка складається з сили Архімеда $\rho_{\text{нов}}gV$, спрямованої вгору, і сили тяжіння, що діє на гелій у кульці, її оболонку і вертикальну частину стрічки, тобто

$$T = \rho_{\text{нов}}gV - \rho_{\text{гел}}gV - m_{\text{обол}}g - \frac{2}{9}mg. \text{ З умови рівноваги (мал. 2)}$$

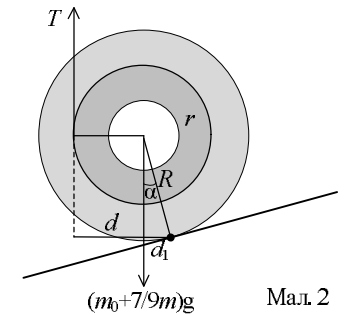
$$Td = \left(m_0 + \frac{7}{9}m \right)gd_1, \text{ де } d = r + d_1. \text{ Враховуючи } m = \frac{9}{25}m_0 \text{ і}$$

$$T = (\rho_{\text{нов}} - \rho_{\text{гел}})gV - m_{\text{обол}}g - \frac{2}{9}mg, \text{ знаходимо:}$$

$$\rho_{\text{нов}} - \rho_{\text{гел}} = \frac{1}{V} \left(m_{\text{обол}} + \frac{68}{370}m_0 \right) = \frac{71 \text{ кг}}{74 \text{ м}^3} \approx 0,96 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

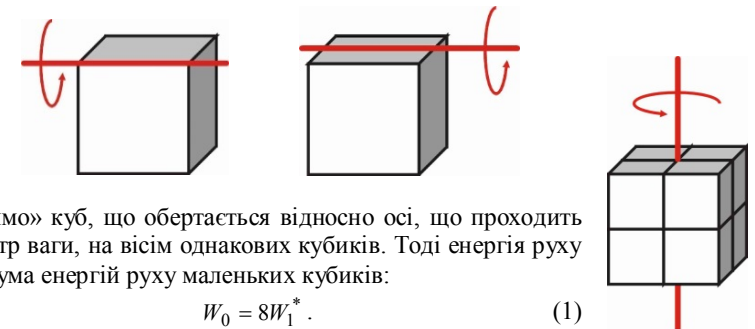
Відповімо на якісне питання. Якщо котушку трохи повернути вгору (Мал. 2), невеличка маса намотаної стрічки набуде вертикального положення і відповідна їй сила тяжіння збільшить плече, протидіючи моменту підйомної сили кульки. Цьому ж сприятиме і зміна положення центру ваги півдуги стрічки. Котушка повернеться назад. Якщо котушку трохи повернути вниз, розгляд аналогічний. Котушка повертається у попереднє положення.

Тобто рівновага котушки в першому випадку є нестійкою, а в другому – стійкою.



Мал. 2

Задача 9.5.



а) «Розділимо» куб, що обертається відносно осі, що проходить через його центр ваги, на вісім однакових кубиків. Тоді енергія руху цілого куба є сума енергій руху маленьких кубиків:

$$W_0 = 8W_1^*. \quad (1)$$

Кожен маленький кубик обертається відносно осі, що проходить через одне з його ребер. Енергію саме такого обертального руху для цілого куба нам і необхідно знайти. З огляду на співвідношення маси і розмірів маленького кубика щодо цілого

куба, можна записати вираз, що зв'язує енергії їх руху (візьмемо до уваги, що куб окремий випадок прямокутного паралелепіпеда, для куба $a = b$)

$$W_1^* = \alpha \frac{m^* a^{*2}}{T^2} = \frac{\alpha}{T^2} \frac{m}{8} \left(\frac{a}{2}\right)^2 = \alpha \frac{ma^2}{32T^2} = \frac{W_1}{32}, \quad (2)$$

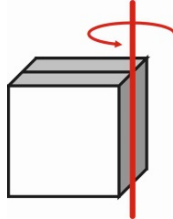
де α – коефіцієнт пропорційності.

З рівнянь (1) і (2) неважко отримати кінетичну енергію обертання куба відносно осі, що проходить через одне з його ребер:

$$W_1 = 4W_0. \quad (3)$$

б) «Розділимо» куб, що обертається відносно осі, що проходить через середини ребер, на два однакових прямокутних паралелепіпеди. Тоді енергія руху цілого куба є сумою енергій руху паралелепіпедів:

$$W_2 = 2W_1^*. \quad (4)$$



Зауважимо, що кожен з паралелепіпедів обертається відносно осі, що проходить через одне з його ребер, тоді, використовуючи рівняння (3) з попереднього випадку, для енергії його обертання можна записати вираз

$$W_1^* = 4W_0^*, \quad (5)$$

де W_0^* – енергія обертання прямокутного паралелепіпеда відносно осі, що проходить через центр його ваги перпендикулярно до його основи.

Для цілого куба ($a = b$) маємо

$$W_0 = \frac{2\alpha ma^2}{T^2}. \quad (6)$$

З огляду на співвідношення маси і розмірів паралелепіпеда щодо цілого куба, вираз для W_0^* набирає вигляду

$$W_0^* = \frac{\alpha}{T^2} \frac{m}{2} \left(a^2 + \frac{a^2}{4}\right) = \frac{5\alpha ma^2}{8T^2}, \quad (7)$$

де α – коефіцієнт пропорційності.

Тоді з (4), (5) і (7) отримаємо для енергії обертання куба відносно осі, що проходить через середини ребер

$$W_2 = 5 \frac{\alpha ma^2}{T^2}. \quad (8)$$

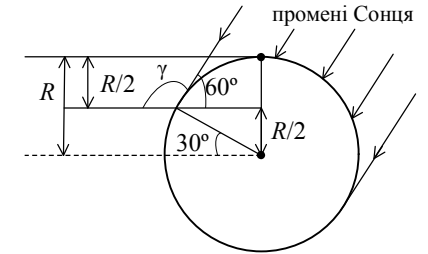
Враховуючи (6), остаточно отримаємо

$$W_2 = \frac{5}{2} W_0.$$

10 клас

Задача 10.1.

Розглянемо освітленість Землі Сонцем. Оскільки при початковому освітленні товщина середньої частини місяця вдвічі менша за загальну ширину (радіус), то, як можна побачити з малюнка, освітленість Землі Сонцем відбувається під кутом 120° до напрямку на Марс, з якого дивиться спостерігач.



На наступному малюнку показано, як при цьому розташовуються Марс та Земля. Розглянувши вказаний на рисунку трикутник M1-C-31, можна за теоремою косинусів знайти шукану відстань $R_{MЗ}$.

$$R_{MЗ}^2 = R_{ЗМ}^2 + R_{ЗС}^2 - 2R_{ЗМ}R_{ЗС} \cos 120^\circ.$$

Звідси, розв'язуючи квадратне рівняння відносно $R_{ЗМ}$, знайдемо: $R_{ЗМ} \approx 112$ млн. км.

З теореми синусів можна знайти кут α : $\frac{\sin \alpha}{R_{ЗМ}} = \frac{\sin \gamma}{R_{СМ}} \Rightarrow \alpha \approx 25,3^\circ$.

Планети рухаються по орбіті під дією сили тяжіння, яка в цьому випадку є

доцентровою: $m\omega^2 R = G \frac{mM}{R^2}$.

Тому кутова швидкість, з якою рухаються планети, визначається виразом:

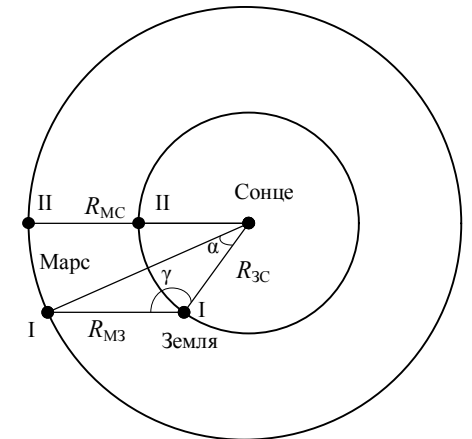
$$\omega = \sqrt{G \frac{M}{R^3}}.$$

Зміщення Землі відносно Марса визначається відносною кутовою швидкістю:

$$\omega_{\text{в}} = \sqrt{G \frac{M}{R_{ЗС}^3}} - \sqrt{G \frac{M}{R_{МС}^3}}.$$

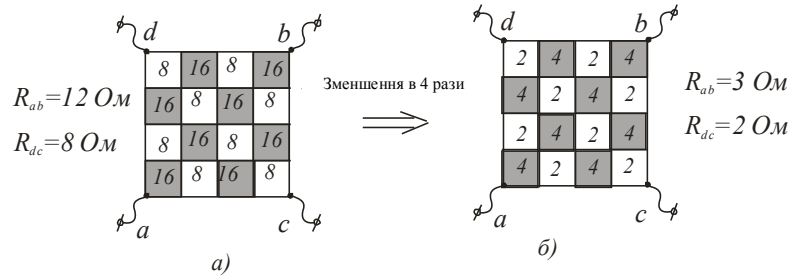
Тоді час змінення фази Землі можна

знайти: $t = \frac{\gamma}{\omega_{\text{в}}} = \sqrt{R_{ЗС}^3} \frac{\gamma}{\left(1 - \sqrt{(R_{ЗС}/R_{МС})^3}\right)} \approx 55$ діб.



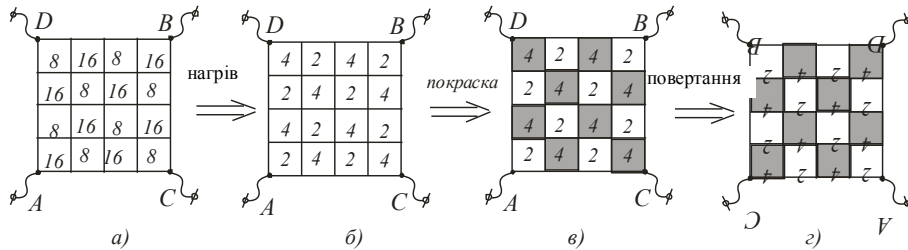
Задача 10.2.

1) Якби опір обох напівпровідників зменшився в однакову кількість разів (n разів), то й опір пластини по обох діагоналях зменшився б у ту саму кількість разів. На мал. 1 показано, який вигляд мала б пластинка за $n = 4$.



Мал. 1. Зменшення всіх опорів у чотири рази

2) Подивимось тепер, що виходить з нашою пластинкою внаслідок нагрівання. Щоб побачити відповідь, ми на мал. 2, в зафарбували чорним не другий тип напівпровідника, а перший – ті плитки, у яких менший питомий опір.



Мал. 2

Пластина на мал. 2, в дуже схожа на ту, яка зображена на мал. 1, б. Тотожність буде повною, якщо ми подивимось на нашу пластину з іншого боку аркуша (повернемо аркуш на 180° відносно вертикальної осі, як на мал. 2, д). Отже, читаємо відповідь з малюнків 2 і 3.

Опір нагрітої пластини між виводами А і В такий самий, як опір пластини на мал. 1, б між точками С і D. Тому $R_{AB} = 2 \text{ Ом}$.

Опір нагрітої пластини між виводами С і D такий самий, як опір пластини на мал. 1, б між точками А і B. Тому $R_{CD} = 3 \text{ Ом}$.

Задача 10.3

Розглянемо обидва випадки.

Враховуючи, що тіла рушають з місця ($F_{\text{тр}} = \mu N$), запишемо умови рівноваги.

$$F_{\text{тр}1} = T \cos \alpha = F_{\text{тр}2}; \quad F_{\text{тр}3} = T_1 \cos \alpha = F_{\text{тр}4};$$

$$N = 810 m_0 g + T \sin \alpha; \quad N_2 + T_1 \sin \alpha = 1440 m_0 g;$$

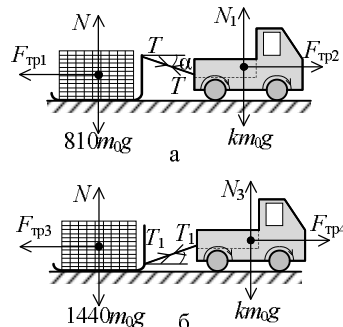
$$N_1 + T_1 \sin \alpha = k m_0 g; \quad N_3 = k m_0 g + T_1 \sin \alpha;$$

k – кількість цеглин, якій рівна маса авто.

Розв'язавши систему рівнянь, отримаємо:

$$810/k = (k - 810)/(1140 - k) \Rightarrow$$

$$k = \sqrt{810 \cdot 1440} = 1080.$$



Задача 10.4

Вважатимемо, що Земля рухається по колу з періодом $T = 365$ діб. Швидкість її орбітального руху

$$v_1 = \frac{2\pi r_0}{T} \approx 30 \text{ км/с}.$$

Це теж перша космічна швидкість, але відносно Сонця на відстані однієї астрономічної одиниці. Друга космічна швидкість у

$\sqrt{2}$ разів більша за першу: $v_2 = \sqrt{2}v_1$.

Отже, тіла сонячної системи можуть перегинати відстань в 1 а. о. зі швидкостями не більшими за v_2 . Найбільшою швидкістю відносно Землі

$v_2 + v_1 = (\sqrt{2} + 1)v_1$ буде, якщо таке

тіло рухатиметься назустріч Землі (на деякій відстані від планети, де її гравітаційним впливом ще можна нехтувати). Далі Земля притягне тіло і додатково розжене його. Оскільки висота атмосфери у порівнянні з радіусом Землі невелика, знайдемо v_{max} із закону збереження енергії, де за найменшу відстань від центру Землі до комети візьмемо R :

$$\frac{m((\sqrt{2} + 1)v_1)^2}{2} = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} + \left(-\frac{GmM}{R}\right) = \frac{mv_{\text{max}}^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2},$$

$$v_{\text{max}} = \sqrt{(\sqrt{2} + 1)^2 v_1^2 + 2v_1^2} \approx 73 \text{ км/с}.$$

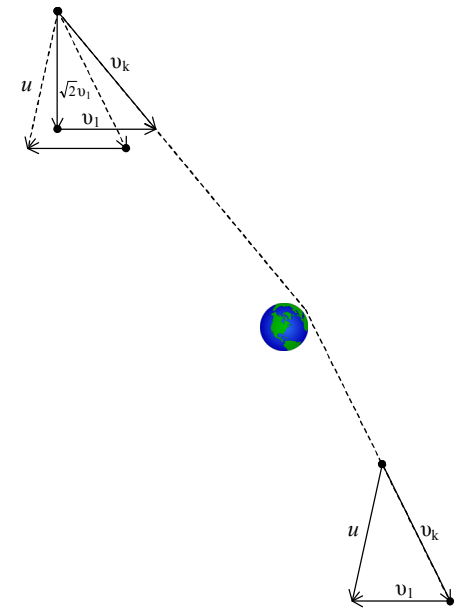
Найменша швидкість відносно Землі (на відстані, де її гравітаційним впливом можна знехтувати) може дорівнювати нулю. Тоді із закону збереження енергії отримаємо найменшу швидкість падіння на Землю метеорних тіл:

$$0 = \frac{mv_{\text{min}}^2}{2} - \frac{GmM}{R} = \frac{mv_{\text{min}}^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}.$$

Як бачимо, найменша швидкість $v_{\text{min}} = v_2 = \sqrt{2}v_1 \approx 11 \text{ км/с}$ збіглася з другою космічною, що й зрозуміло із оберненості руху у подібних задачах. Отже, більшість метеорних тіл перед входом в атмосферу Землі мають швидкості від 11 км/с до 73 км/с.

За умовою комета має дуже великий період. Це означає, що вона віддаляється від Сонця на величезну відстань, а її швидкість при наближенні на 1 а. о. майже дорівнює другій космічній $v_2 = \sqrt{2}v_1$. Точність числових умов задачі (дві значущі цифри) дозволяє знехтувати відмінністю швидкості комети від v_{II} на 1 а. о. від Сонця.

Швидкості комети і Землі перпендикулярні одна одній. Отже, відносна швидкість на



відстані, де гравітаційним впливом Землі ще можна знехтувати, $v_k = \sqrt{v_2^2 + v_1^2} = \sqrt{3}v_1$. Скористаємось законом збереження енергії

$$\frac{m(\sqrt{3}v_1)^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \left(-\frac{GmM}{R}\right) = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}, \text{ звідси знаходимо швидкість } u \text{ комети}$$

поблизу земної атмосфери:

$$u = \sqrt{3v_1^2 + 2v_1^2} \approx 53 \text{ км/с.}$$

Такий проліт комети повз Землю не тільки змінить напрям її руху, але й збільшить або зменшить її швидкість відносно Сонця в залежності від того, з якої сторони комета пролітатиме повз Землю. Подібні маневри стандартно і навіть по декілька разів за місію використовують автоматичні космічні станції на шляху до віддалених тіл сонячної системи або за її межі. Якщо швидкість комети буде збільшена, вона назавжди покине сонячну систему з дуже малими шансами наблизитись до іншої зорі хоча б і через мільйони років. Відносно Землі швидкість комети на однаковій, достатньо великій, відстані буде однаковою $\sqrt{3}v_1$ – хоч до наближення, хоч після. Але після наближення комети зміниться напрям її відносної швидкості, що й призведе до збільшення її швидкості відносно Сонця. Випадок найбільш суттєвого збільшення швидкості зображений на малюнку.

Задача 10.5. Див. 11 клас № 3.

11 клас

Задача 11.1.

Завдання 1. Кут відхилення променя від прямолінійного розповсюдження буде малим, якщо кінетична енергія частинок, з яких утворено промінь, буде набагато більшою за їх максимальну потенціальну енергію в гравітаційному полі лінзи:

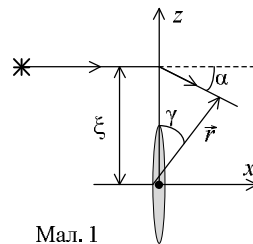
$$\frac{mv_0^2}{2} \gg \frac{GmM}{\xi}.$$

Звідси, враховуючи, що $v_0 = c$, знаходимо, що $\xi \gg 2GM/c^2 \equiv r_g$, тобто $\xi \gg r_g$.

Розміри більшості гравітаційних лінз набагато більші за їх гравітаційний радіус, тому ця умова добре виконується.

Завдання 2. Згідно із законом всесвітнього тяжіння, сила, яка діє з боку гравітаційної лінзи на частинки, з яких утворено промінь, завжди спрямована в сторону гравітаційної лінзи вздовж лінії, яка з'єднує центр мас гравітаційної лінзи з миттєвим положенням частинки, яке задається радіус-вектором r , а модуль цієї сили $f = GmM/r^2$, де $r = |\vec{r}|$ – відстань між частинкою та гравітаційною лінзою. Вважаючи α малим, можна записати $\alpha \approx -\Delta v_z / c$. Знайдемо зміну швидкості частинки по осі OZ , записавши рівняння проекції руху на вісь OZ .

$$m \frac{dv_z}{dt} = -f \cos \varphi.$$



Мал. 1

Оскільки як кут α малий, можна наближено вважати $\cos \varphi \approx \xi / r$ і

$$m \frac{dv_z}{dt} = -m \frac{GM}{r^2} \frac{\xi}{r} \rightarrow \frac{dv_z}{dt} = -\frac{GM\xi}{r^3} \rightarrow \Delta v_z = -GM\xi \int_0^\infty \frac{dt}{r^3(t)}. \text{ Враховуючи, що } \frac{dr}{dt} = c$$

і що згідно з умовою задачі $r(t=0) = \xi$, маємо

$$\Delta v_z = -GM\xi/c \int_0^\infty \frac{dt}{r^3} = -\frac{GM\xi}{c} \left(-\frac{1}{2r^2}\right) \Big|_\xi^\infty = \frac{GM\xi}{c} \left(\frac{1}{\infty} - \frac{1}{\xi^2}\right) = -GM/(2c\xi). \text{ Звідси знахо-}$$

димо $\alpha = -\frac{GM}{2c^2\xi} = \frac{r_g}{4\xi}$, тобто $A(r_g) = \frac{r_g}{4}$ у даному наближенні.

Завдання 3. З мал. умова видно, що $AS' = AS + SS'$. Оскільки кути α , β , γ є малими, так що $\sin \alpha \approx \alpha$, $\sin \beta \approx \beta$, $\sin \gamma \approx \gamma$, $\cos \alpha \approx 1$, $\cos \beta \approx 1$, $\cos \gamma \approx 1$, то маємо

$$L\beta = L\gamma + l\alpha. \text{ Враховуючи, що } \alpha = \frac{A(r_g)}{\xi}, \text{ а } \xi = (L-l)\beta, \text{ знаходимо } L\beta = L\gamma +$$

$$+l \frac{A(r_g)}{(L-l)\beta}, \text{ звідки знаходимо рівняння гравітаційної лінзи: } \beta^2 - \gamma\beta - \frac{l}{L} \frac{A(r_0)}{(L-l)\beta} = 0.$$

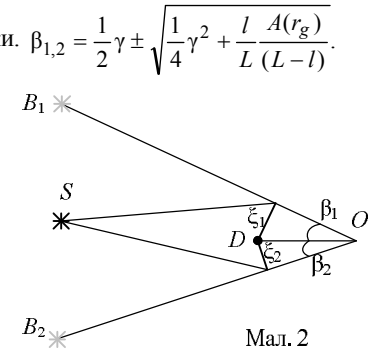
$$\text{Завдання 4. Отримане рівняння має 2 розв'язки. } \beta_{1,2} = \frac{1}{2}\gamma \pm \sqrt{\frac{1}{4}\gamma^2 + \frac{l}{L} \frac{A(r_g)}{(L-l)}}.$$

Це означає, що лінза створює 2 зображення, напрямком на які даються кутами β_1 та β_2 . Перший з цих кутів є додатнім, другий – від'ємним. Хід відповідних променів зображений на мал. 2. Прицільні параметри ξ_1 та ξ_2 є різними для цих двох розв'язків: $\xi_1 = (L-l)\beta_1$, $\xi_2 = (L-l)\beta_2$, а значить різними є і кути відхилення:

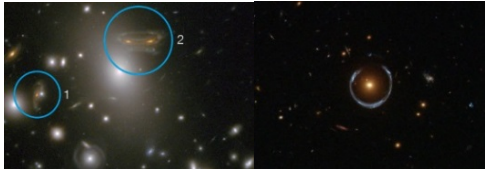
$$\alpha_1 = \frac{A(r_g)}{\xi_1}, \alpha_2 = \frac{A(r_g)}{\xi_2}.$$

Завдання 5. У випадку, коли грав. лінза, спостерігач та джерело випромінювання знаходяться строго на одній лінії, кут $\gamma = 0$ і в цьому випадку розв'язок рівняння гравітаційної лінзи має вигляд: $\beta \approx \beta_0 = \pm \sqrt{\frac{l}{L} \frac{A(r_g)}{(L-l)}}$.

Картина має очевидну симетрію, так що спостерігач бачить не точку S' , а кільце, яке утвориться обертанням цієї точки навколо осі симетрії OS . Кутовий радіус кільця дорівнює β_1 . Ці кільця називаються кільцями Ейнштейна.



Мал. 2



Задача 11.2.

Для того, щоб форма пучка не змінювалася, сума сил, що діють на кожний електрон у радіальному напрямку, повинна дорівнювати нулеві:

$$\frac{mv_\phi^2}{r\sqrt{1-(v_0/c)^2}} - eE_r = -e\{v_0B_\phi - v_\phi B_0\}, \quad (1)$$

де E_r – радіальне електричне поле, зумовлене зарядом пучка, B_ϕ – аксіальне магнітне поле, зумовлене струмом пучка. В силу умови $v_\phi \ll v_0$ магнітним полем, зумовленим обертанням пучка, можна знехтувати поруч із зовнішнім магнітним полем, а релятивістський множник визначається лише поздовжньою швидкістю електронів.

Поле E_r на поверхні нескінченного зарядженого циліндра легко знайти з теореми Гаусса: $\epsilon_0 E_r 2\pi r \Delta L = -en\pi r^2 \Delta L$, $E_r = -\frac{enr}{2\epsilon_0}$. (2)

В силу обставини, вказаної в примітці, аксіальне магнітне поле на поверхні рівномірно зарядженого циліндра, що рухається зі швидкістю v_0 , можна знайти за формулою $B_\phi = -\frac{\mu_0 I}{2\pi r} = -\frac{\mu_0 en v_0 \pi r^2}{2\pi r} = -\frac{\mu_0 en v_0 r}{2}$ (3)

Шукана частота обертання пучка ω пов'язана з азимутальною швидкістю v_ϕ співвідношенням $v_\phi = \omega r$.

Підставимо всі ці співвідношення до умови (1):

$$\frac{mv_\phi^2}{\sqrt{1-(v_0/c)^2}} + \frac{e^2 nr}{2\epsilon_0} = v_0 \frac{e\mu_0 en v_0 r}{2} + e\omega r B_0,$$

або
$$\frac{\omega_\phi^2}{\sqrt{1-(v_0/c)^2}} + \frac{e^2 n}{2\epsilon_0 m} = v_0 \frac{e^2 \mu_0 n v_0}{2m} + \frac{\omega e B_0}{m}. \quad (4)$$

Введемо позначення

$$\omega_b^2 = \frac{e^2 n}{\epsilon_0 m}, \quad \omega_c = \frac{e B_0}{m}, \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-(v_0/c)^2}} \quad \text{– відповідно пучкова частота, циклотронна}$$

частота та релятивістський фактор. Тоді замість (4) маємо:

$$\gamma \omega^2 + \frac{\omega_b^2}{2} + \omega_c = \frac{e^2 n v_0^2}{2m c^2 \epsilon_0} \quad \text{(враховано, що } \epsilon_0 \mu_0 = 1/c^2), \text{ або остаточно}$$

$$\gamma \omega^2 - \omega_c + \frac{\omega_b^2}{2\gamma^2} = 0. \quad (5)$$

$$\text{Розв'язавши квадратне рівняння (5), маємо: } \omega_{1,2} = \frac{1}{2\gamma} \left(\omega_c \pm \sqrt{\omega_c^2 - \frac{\omega_b^2}{2\gamma}} \right). \quad (6)$$

Якщо густина пучка мала, а магнітне поле велике, так що $\omega_b \ll \omega_c$, формулу (6)

$$\text{можна спростити до вигляду } \omega_{1,2} \approx \frac{1}{2\gamma} \left(\omega_c \pm \omega_c \left(1 - \frac{\omega_b^2}{\gamma \omega_c^2} \right) \right).$$

Задача 11.3.

Відповідно до малюнка, перші 10 секунд парашутист падав із зростаючою вертикальною швидкістю, яка, досягнувши сталого значення 90 м/с, у наступні 5 с не мінялась. У момент часу $t = 15$ с парашутист розкрив парашут, про що свідчить наступне різке зменшення швидкості падіння. Після 21-ї секунди парашутист спускався на парашуті уже з новою сталою швидкістю 20 м/с. На протязі останньої, 40-й секунди парашутист, мабуть, торкнувся поверхні землі і погасив свою швидкість до нуля. Висоту, з якої був здійснений стрибок, можна оцінити по площі під графіком приблизно як 1,8 км.

Далі про основні невідповідності графіка.

Оскільки у початковий момент часу вертикальна швидкість парашутиста дорівнювала нулю, то у момент стрибка його літак чи гвинтокрил або летів горизонтально, або завис. В обох випадках спочатку на парашутиста у вертикальному напрямку діяла тільки сила тяжіння, тому його початкове вертикальне прискорення мало б дорівнювати прискоренню вільного падіння. На графіку $v(t)$ прискорення відповідає тангенсу кута нахилу дотичної $a = \Delta v / \Delta t$, отже для знаходження прискорення можна провести дотичну і в утвореному прямокутному трикутнику знайти відношення катетів. В той же час, на представленому графіку, наявне різке зростання швидкості із прискоренням, що у кілька разів переважає прискорення вільного падіння g .

Таке зростання не відповідає реаліям, оскільки на падаючого парашутиста, крім тяжіння, діє сила опору повітря, яка збільшується по мірі зростання швидкості, що зменшує прискорення і врешті-решт призводить до набуття падаючим тілом сталого значення швидкості.

Ще одна помилка на графіку пов'язана із кінцевою ділянкою руху (із розкритим парашутом). Відповідно до графіка, парашутист із розкритим парашутом рухався зі сталою швидкістю 20 м/с, тобто 72 км/год. Такої швидкості тіло могло б набути, наприклад, у процесі вільного падіння з висоти $h = v^2 / 2g \approx 20$ м, тобто приблизно висоти 6-поверхового будинку. Падіння з такої висоти звичайно призводить до фатальних наслідків.

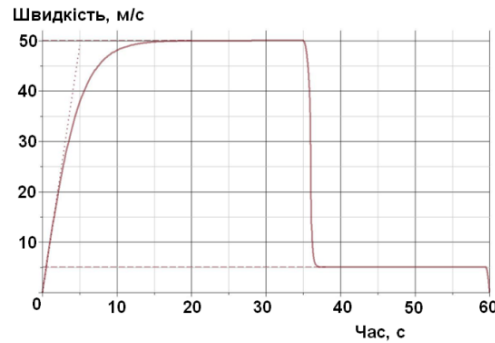
Площа під графіком за останню секунду руху явно перевищує 10 м. Зрозуміло, що парашутист на такій відстані не може тормозити ногами, хоча і може це зробити за допомогою маніпуляцій із стопами парашута.

Оцінимо реальну швидкість спуску на парашуті. Якщо припустити можливість падіння зі швидкістю такою, яка була б при стрибку із висоти приблизно 1,5 м (максимально безпечна висота для людини спортивного складу), то ця швидкість $v = \sqrt{2gh}$ перед ударом об землю буде трохи меншою за 5,5 м/с. Таким чином, мо-

жна припустити, що парашут має забезпечувати швидкість спуску не більше за ≈ 5 м/с.

На малюнку наведений графік зміни в часі швидкості парашутиста при стрибку із типовими значеннями часів, швидкостей та прискорень, які мають місце на практиці. Висота стрибка в цьому випадку оцінюється за площею під графіком і становить також, як і в попередньому графіку, приблизно 1,8 км.

З дрібних неточностей графіка слід відзначити фіксовані переходи до усталеного руху (моменти на 10-й та 21-й секундах) і у зв'язку з цим не досить правдоподібні криві. У другому випадку навіть створюється враження, що крива має злам.



Припустимо, що парашутист падає вертикально вниз, а сила опору повітря пропорційна квадрату швидкості $F_c = kv^2$. З другого закону Ньютона прискорення $a = g - \frac{k \cdot v^2}{m}$.

При швидкості $v_{90} = 90$ м/с, прискорення рівне нулю, отже $\frac{k}{m} = \frac{g}{v_{90}^2}$. Тепер вираз

для прискорення приймає зручний вигляд: $a = g \cdot \left(1 - \frac{v^2}{v_{90}^2}\right)$. Підставимо швидкість

близьку до 90 м/с, наприклад $v = 88$ м/с, і отримаємо $a = 0,43$ м/с². З графіка знаходимо $a = 1,5$ м/с². Аналогічні невідповідності є і поблизу виходу на швидкість 20 м/с,

де $a = g \cdot \left(1 - \frac{v^2}{v_{90}^2}\right)$.

Відзначимо також, що швидкість 90 м/с є завищеною для вільного падіння. Реальне значення ближче до 50 м/с. Звичайно, це потребує фактичних знань, втім, враховуючи, що сила опору пропорційна площі перпендикулярного перерізу, а вона для реальних парашутів явно менша за $10 \text{ м} \times 10 \text{ м} = 100 \text{ м}^2$, можна спробувати оцінити швидкість падіння з нерозкритим парашутом, якщо з розкритим 5 м/с. Площу перерізу парашутиста зі складеним парашутом за плечами оцінимо у $0,5 \text{ м}^2$, тоді площа розкритого парашута виявиться у 200 разів більшою, а швидкість у $\sqrt{200} \approx 14$ разів більшою, тобто приблизно 70 м/с.

Задача 11.4.

Зауважимо, що в однорідному полі тяжіння система перебувала б у рівновазі в будь-якому положенні. Однак в умові йде мова про сферичний астероїд. Його поле тяжіння неоднорідне. Розглянемо довільне положення стержня (кут між стержнем і

вертикаллю φ) і запишемо умову рівності моментів сил відносно осі обертання, що проходить через центр мас (див. мал.): $M_1 = M_2$,

$$M_1 = F_1 l_1 \sin \alpha = \frac{Gmm_1}{r_1^2} l_1 \sin \alpha, \quad M_2 = F_2 l_2 \sin \beta = \frac{Gmm_2}{r_2^2} l_2 \sin \beta,$$

m – маса астероїда. $\sin \alpha$ (аналогічно $\sin \beta$) можна виразити з теореми синусів (див. мал.)

$\frac{\sin \alpha}{r} = \frac{\sin \varphi}{r_1}$. В результаті знаходимо

$$M_1 = \frac{Gmm_1 l_1 r}{r_1^3} \sin \varphi, \quad M_2 = \frac{Gmm_2 l_2 r}{r_2^3} \sin \varphi. \quad (1)$$

У положенні рівноваги моменти рівні. Після скорочення отримаємо:

$$\frac{m_1 l_1}{r_1^3} \sin \varphi = \frac{m_2 l_2}{r_2^3} \sin \varphi.$$

Оскільки вісь обертання проходить через центр мас, $m_1 l_1 = m_2 l_2$, останнє рівняння за-

писується у вигляді: $\left(\frac{1}{r_1^3} - \frac{1}{r_2^3}\right) \sin \varphi = 0$.

Виявляється, існує три положення рівноваги, коли

$$1) \ r_1 = r_2, \quad 2) \ \varphi = 0, \quad 3) \ \varphi = \pi.$$

Значення кута в першому випадку знайдемо, прирівнявши квадрати відстаней r_1^2 і r_2^2 , виражені через відповідні теореми косинусів:

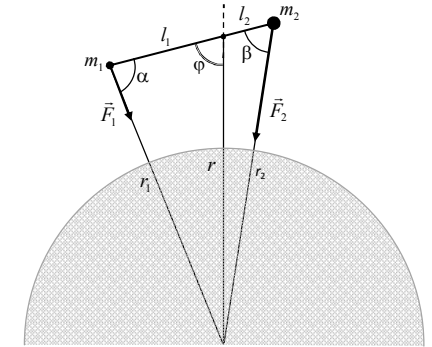
$$r^2 + l_1^2 - 2rl_1 \cos \varphi = r^2 + l_2^2 + 2rl_2 \cos \varphi,$$

звідси $\cos \varphi = \frac{l_1 - l_2}{2r}$. За умовою система з стержня і двох кульок була підвішена поблизу поверхні сферичного астероїда, що фізично можливо, коли довжина стержня набагато менше радіуса астероїда, тобто, $l_1, l_2 \ll r$, $\cos \varphi = \frac{l_1 - l_2}{2r} \approx 0$, а, отже,

$\varphi \approx \pm \frac{\pi}{2}$. У загальному випадку даному куту відповідає положення нестійкої рівноваги.

Що стосується кутів $\varphi = 0$ і $\varphi = \pi$, вони обидва відповідають положенню стійкої рівноваги. Це впливає з формул (1) для моментів.

Запишемо рівняння динаміки обертального руху для невеликого відхилення від кута $\varphi = 0$:



$$I\ddot{\varphi} = -M_1 + M_2 = -Gmm_1l_1r\left(\frac{1}{r_1^3} - \frac{1}{r_2^3}\right)\sin\varphi,$$

де $I = m_1l_1^2 + m_2l_2^2$ – момент інерції системи (в нашому випадку $I = m_1l_1(l_1 + l_2)$). Для малих кутів φ : $\sin\varphi \approx \varphi$, $r_1 = r - l_1$, $r_2 = r + l_2$. Враховуючи $l_1, l_2 \ll r$, рівняння коливань приймає вид:

$$\ddot{\varphi} + \frac{3Gm}{r^3}\varphi = 0.$$

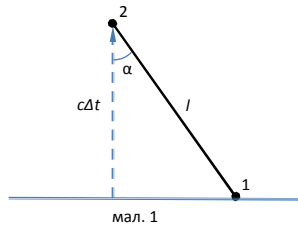
Виявляється, циклічна частота $\sqrt{\frac{3Gm}{r^3}}$, а з нею і період не залежать від маси кульок і довжини стержня

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{3Gm}} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{2\pi r}{\sqrt{Gm/r}} = \frac{1}{\sqrt{3}}\frac{2\pi r}{v_1} = \frac{T_1}{\sqrt{3}} = \frac{130\text{хв}}{\sqrt{3}} = 75\text{хв}.$$

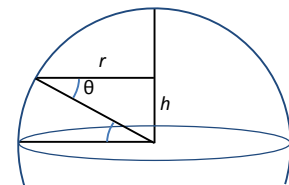
Оскільки відповідь не залежить від m_1 і m_2 , період коливань при $\varphi = \pi$ виражатиметься такою ж формулою.

Задача 11.5.

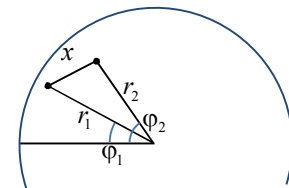
Для зручності обсерваторію у Лівінгстоні, яка першою зафіксувала сигнал, позначимо цифрою 1, а обсерваторію у Хенфорді – цифрою 2. На мал. 1 зображено фронт і напрям руху гравітаційної хвилі, яка зі швидкістю c падає під кутом α на лінію 1–2 (Лівінгстон – Хенфорд). Оскільки швидкість перпендикулярна фронту, $\cos\alpha = \frac{c\Delta t}{l}$. Залишилося знайти відстань l між обсерваторіями. Кут θ , який виміряє північну широту від екватору, задає відстань обсерваторії до земної осі: $r_1 = R\cos\theta_1$, $r_2 = R\cos\theta_2$ (див. мал. 2), а також «висоту» над площиною екватора $h_1 = R\sin\theta_1$, $h_2 = R\sin\theta_2$. Отже, по вертикалі різниця «висот» між обсерваторіями $y = h_2 - h_1 = R(\sin\theta_2 - \sin\theta_1)$. Якщо подивитися «гори» вздовж земної осі (мал. 3), ми побачимо відстань між обсерваторіями x в «горизонтальній» проекції, яку можна виразити, наприклад, з теореми косинусів $x^2 = r_1^2 + r_2^2 - 2r_1r_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$. Далі, за теоремою Піфагора, знаходимо



мал. 1



мал. 2



мал. 3

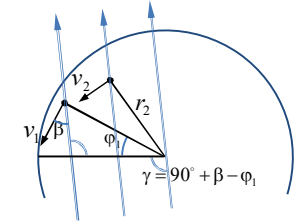
$$l = \sqrt{x^2 + y^2} = R\sqrt{2(1 - \sin\theta_1\sin\theta_2 - \cos\theta_1\cos\theta_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1))} \approx 3000\text{ км}.$$

Отже, $\cos\alpha = \frac{c\Delta t}{l} = 0,69$, і кут, під яким до лінії Лівінгстон – Хенфорд пройшла

гравітаційна хвиля, $\alpha \approx 46,4^\circ$. Можна уявити конічну поверхню з кутом $\alpha \approx 46,4^\circ$ між віссю (Лівінгстон – Хенфорд) і твірною, звідки могла надійти гравітаційна хвиля.

Для визначення напрямку можна скористатися як просторовою орієнтацією гравітаційних обсерваторій, так і ефектом Доплера. Зазначимо, що за рахунок обертання Землі швидкості обох обсерваторій лежать у площинах, паралельних екватору. Це означає повну відсутність відносного зсуву частоти у випадку, коли гравітаційна хвиля рухатиметься вздовж земної осі (перпендикулярно до швидкостей), і максимальний ефект, коли рух гравітаційної хвилі перпендикулярний до земної осі. Будь-яке відхилення руху гравітаційної хвилі від цього напрямку може хіба що зменшити не тільки відносний зсув частоти кожної лабораторії, а й різницю їх зсувів. Саме різниця зсувів є важливою, оскільки ми не знаємо, напевно, рухається в нашому напрямку джерело, чи ні. Розглянемо рух гравітаційної хвилі в екваторіальній площині. Кут між швидкістю v_1 першої обсерваторії і напрямком на джерело гравітаційного випромінювання β (див. мал. 4). Тоді:

$$\frac{\Delta v_1}{v} = \frac{v_1 \cos\beta}{c}, \quad \frac{\Delta v_2}{v} = \frac{v_2 \cos(\beta + (\varphi_2 - \varphi_1))}{c}.$$



мал. 4

Швидкості лабораторій $v_1 = \omega r_1 = \omega R \cos\theta_1$ і $v_2 = \omega r_2 = \omega R \cos\theta_2$, де кутова швидкість обертання Землі (період $T \approx 24$ год): $\omega = \frac{2\pi}{T} \approx 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$. Максимум різниці відносних зсувів частоти

$$f(\beta) = \frac{\Delta v_1}{v} - \frac{\Delta v_2}{v} = \frac{\omega R}{c}(\cos\theta_1 \cos\beta - \cos\theta_2 \cos(\beta + \Delta\varphi)).$$

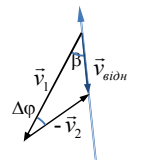
Прирівнюючи похідну до нуля $f'(\beta) = \frac{\omega R}{c}(-\cos\theta_1 \sin\beta + \cos\theta_2 \sin(\beta + \Delta\varphi)) = 0$,

отримуємо рівняння

$$\cos\theta_1 \sin\beta = \cos\theta_2 \sin(\beta + \Delta\varphi) = \cos\theta_2(\sin\beta \cos\Delta\varphi + \cos\beta \sin\Delta\varphi),$$

звідки $\text{ctg}\beta = \frac{\cos\theta_1}{\cos\theta_2 \sin\Delta\varphi} - \text{ctg}\Delta\varphi \approx 0,778$, а кут $\beta \approx 52,1^\circ$. Кут $\gamma = 90^\circ + \beta - \varphi_1 \approx 51,3^\circ$ (див. мал. 4).

Отримати відповідь можна було інакше, без використання похідної. Відносний зсув частоти $\frac{\Delta v_1}{v} = \frac{v_1 \cos\beta}{c}$ можна записати через скалярний добуток вектору швидкості і одиничного вектору \vec{n} , що спрямований на джерело хвилі. Тоді



мал. 5

$$\frac{\Delta v_1}{v} = \frac{\bar{v}_1 \cdot \bar{n}}{c}, \quad \frac{\Delta v_2}{v} = \frac{\bar{v}_2 \cdot \bar{n}}{c} \quad \text{і} \quad \frac{\Delta v_1}{v} - \frac{\Delta v_2}{v} = \frac{(\bar{v}_1 - \bar{v}_2) \cdot \bar{n}}{c}.$$

З останньої формули видно, що максимальний ефект буде у випадку, коли відносна швидкість $\bar{v}_1 - \bar{v}_2$ спрямована або на джерело хвилі або від нього. Отже, напрям на джерело визначає відносна швидкість. З теореми синусів для трикутника швидкостей (мал. 5) знаходимо вже знайдене раніше рівняння:

$$\frac{\sin \beta}{v_2} = \frac{\sin(\beta + \Delta\varphi)}{v_1}, \quad \text{або} \quad \cos \theta_1 \sin \beta = \cos \theta_2 \sin(\beta + \Delta\varphi).$$

(мал. 5) легко знайти відносну швидкість $v_{\text{відн}} = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 - 2v_1v_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$, а

потім і максимальну різницю відносних зсувів частоти: $f_{\text{max}} = \frac{v_{\text{відн}}}{c} \approx 6.4 \cdot 10^{-7}$.

ЗАЯВКА

На участь у Всеукраїнському фізичному конкурсі „Левеня–2017”
від _____

(повна назва школи)

У нашій школі бажають взяти участь у конкурсі “Левеня–2017” _____ осіб.
Просимо вислати нам завдання для учасників

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

Повна адреса школи:

_____ (поштовий індекс – обов’язково)

_____ (область, район)

_____ (населений пункт)

_____ (вулиця, номер будинку)

_____ (назва школи)

Координатор проведення конкурсу у школі:

_____ (прізвище)

_____ (ім’я)

_____ (по батькові)

Контактний тел. з кодом населеного пункту:

_____ моб. тел.:

_____ e-mail:

_____ Підпис _____

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

<http://levenia.com.ua>

ПОВІДОМЛЕННЯ

Благодійний фонд „Ліцей”
Установа банку: Філія АТ “Укресімбанк”
Рахунок отримувача : 260030260560 МФО 325718
ЄДРПОУ 22360064

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

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

Касир

Платник

ПОВІДОМЛЕННЯ

Благодійний фонд “Ліцей”
Установа банку: Філія АТ “Укресімбанк”
Рахунок отримувача : 260030260560 МФО 325718
ЄДРПОУ 22360064

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

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

Касир

Платник

ПРИМІТКА: Всі витрати на проведення конкурсу здійснюються за рахунок благодійних внесків учасників. Розмір благодійного внеску від (17 + 1) грн за одного учасника.

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

І н ф о р м а ц і й н е в и д а н н я

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

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ФІЗИЧНИЙ КОНКУРС “ЛЕВЕНЯ–2016”

Інформаційний вісник

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

Редактор і коректор *Олександр Хміль*, Технічний редактор *Леся Пелехата*

Підписано до друку з готових діапозитивів 12.07.2016.

Формат 60 x 84 1/16. Папір офсет. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк 4,19.

Обл.- вид. арк. 4,55. Наклад 30 000 прим.

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

Свідоцтво Держ. реєстру: серія ДК, № 462.

Ел. адреса: vud@kamenyar.com.ua

Віддруковано ТЗОВ “Видавничий Дім ІНБУК”

79070 Львів, Г. Хоткевича, 14/117

Всеукраїнський фізичний конкурс «Левеня – 2016» [текст]:

B85 Інформаційний вісник/ Упорядник В. І. Алексейчук; Міністерство освіти і науки України; Львівський фізико-математичний ліцей-інтернат при Львівському національному університеті ім. І. Франка. – Львів: Каменяр, 2016. – 71 с: іл.

ISBN 978-966-607-382-9

Інформаційний вісник підготовлено оргкомітетом за підсумками Всеукраїнського фізичного конкурсу «Левеня–2016» – 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.

УДК 372.853
ББК 74.265.1-922