МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

„Затверджено”
на засіданні кафедри фізики

протокол №___ від „___” _____ 2005 р.
Тираж 300 примірників
Вимогам, що ставляться до
навчально-методичних видань, відповідає

Зав. кафедри фізики Ващенко В.А. _____

ПРАКТИКУМ

з курсу: “Фізика. Механіка”

для студентів інженерних спеціальностей

Весь цифровий і фактичний матеріал та бібліографічні відомості перевірено. Зауваження рецензента враховано

Зав. кафедри фізики _____ Ващенко В.А.

Укладачі: _____ Ващенко В.А., д.т.н., професор

_____ Колінько С.О., к.ф-м.н., доцент

_____ Сирота Д.С.

_____ Михайлов А.В.

_____ Коваленко Ю.І.

_____ Бондаренко М.О.

Відповідальний редактор _____ Ващенко В.А., д.т.н., професор

Рецензент: _____ Прямухін В.Є., к.ф-м.н, доцент

Відповідальний за випуск _____ Колінько С.О., к.ф-м.н., доцент

Черкаси ЧДТУ 2005

УДК 531(07)
М 54

Укладачі: **Ващенко** В‘ячеслав Андрійович, д.т.н, професор,
Колінько Сергій Олександрович, к.ф-м.н., доцент,
Сирота Дмитро Семенович,
Михайлов Анатолій Володимирович,
Коваленко Юрій Іванович,
Бондаренко Максим Олексійович,

Рецензент: Прямухін В.Є., к.ф-м.н, доцент

Практикум з курсу “Фізика. Механіка” для студентів інженерних спеціальностей / Укл. В.А.Ващенко, С.О.Колінько, Д.С.Сирота, А.В.Михайлов, Ю.І.Коваленко, М.О.Бондаренко. – Черкаси, ЧДТУ, 2005. – 75 с.

Передмова.

В останній час все більше уваги приділяється самостійній роботі студентів, а також посиленню індивідуального підходу до навчання студентів. Такі тенденції вимагають відповідного методичного забезпечення. Зокрема, вивчення фізики неможливе без розв'язування задач. Фізичні задачі сприяють закріпленню теоретичного матеріалу курсу, допомагають зрозуміти зміст фізичних законів, закріпити в памяті формули, прищеплюють навички практичного застосування теоретичних знань, розвивають творчі здібності і формують фізичне мислення.

Пропонований практикум з курсу "Фізика. Механіка" є першою складовою частиною запланованого кафедрою фізики ЧДТУ комплексу практикумів з усіх розділів загальної фізики для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Практикум призначений для самостійного оволодіння студентами практичними навичками шляхом розв'язування задач по фізиці із розділу "Механіка". Кількість запропонованих задач (500) така, що дозволяє скласти різні варіанти завдань різної складності для академічної групи студентів. Всі задачі оцінені по рівню складності:

А (прості) – розрахункові задачі, які вимагають знання основних формул і одиниць вимірювання фізичних величин;

В (середні) – тематичні задачі і вправи, які потребують розуміння суті фізичних явищ;

С (середні) – комбіновані і аналітичні задачі, які вимагають поєднання знань із різних тем і уміння аналізувати умову і отриманний розвязок задачі.

Видання, окрім тексту задач, містить достатній теоретичний і довідковий матеріал , що позбавляє необхідності звертатися до різних довідників. Безпосередньо після умови кожної задачі приводиться відповідь до неї, що дозволяє студенту самостійно оцінювати правильність розв'язання свого завдання.

Література, яка використана для укладання практикуму, приведена в кінці видання.

РОЗДІЛ І. КІНЕМАТИКА

1.1. Кінематика матеріальної точки

Середня швидкість руху матеріальної точки

$$\left\langle \vec{\upsilon} \right\rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t},$$

де $\Delta \vec{r}$ – переміщення точки;

Δt – проміжок часу, за який відбулося переміщення.

Миттєва швидкість $\vec{\upsilon} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}$,

де $\vec{r}(t)$ – радіус-вектор, який визначає положення матеріальної точки (рисунок 1). Напрям швидкості співпадає з напрямом дотичної до траєкторії. Вектор швидкості $\vec{\upsilon}$ матеріальної точки розкладається на три складові, що напрямлені вздовж осей прямокутної декартової системи координат,

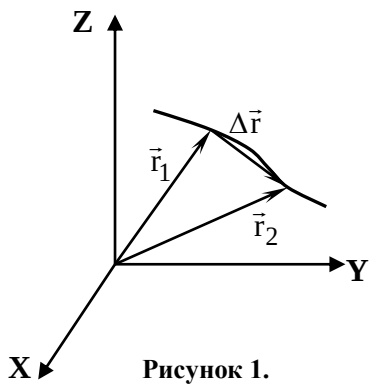

Рисунок 1.

$$\vec{\upsilon} = \upsilon_x \vec{i} + \upsilon_y \vec{j} + \upsilon_z \vec{k},$$

де υ_x, υ_y, υ_z – проекція вектора швидкості на осі координат; $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ – орти, тобто одиничні вектори, які визначають додатні напрямки координатних осей.

Оскільки $\upsilon_x = \frac{dx}{dt}$; $\upsilon_y = \frac{dy}{dt}$; $\upsilon_z = \frac{dz}{dt}$,

то модуль швидкості $\upsilon = \left|\vec{\upsilon}\right| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}$.

Закон додавання швидкостей Галілея: $\vec{\upsilon} = \vec{\upsilon}' + \vec{\upsilon}_0$,

де $\vec{\upsilon}$ – швидкість матеріальної точки в умовно нерухомій системі координат (абсолютна швидкість);

$\vec{\upsilon}'$ – швидкість в рухомій системі координат (відносна швидкість);

$\vec{\upsilon}_0$ – швидкість рухомої системи координат (переносна швидкість).

Якщо задана залежність швидкості від часу, то можна визначити переміщення матеріальної точки $\Delta \vec{r}$ за час $\Delta t = t_2 - t_1$:

$$\Delta \vec{r} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{\upsilon}(t)\,dt.$$

Середнє прискорення матеріальної точки

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta \vec{\upsilon}}{\Delta t},$$

де $\Delta \vec{\upsilon}$ – приріст швидкості за час Δt.

Миттєве прискорення матеріальної точки $\vec{a} = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{\upsilon}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$.

Вектор прискорення розкладається на три складові, що напрямлені вздовж осей декартової системи координат:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k},$$

де a_x, a_y, a_z – проекція вектора прискорення на осі координат.

Оскільки $a_x = \frac{d^2x}{dt^2}$; $a_y = \frac{d^2y}{dt^2}$; $a_z = \frac{d^2z}{dt^2}$,

то модуль прискорення

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}.$$

Залежність координати x точки від часу t при рівномірному русі:

$$x = \int_0^t \upsilon_x\,dt + x_0 = \upsilon_0 t + x_0,$$

де x_0 – значення x в початковий момент часу.

Шлях **S**, який проходить точка за проміжок часу від 0 до **t** вздовж осі **OX** при рівномірному русі:

$$S = x - x_0 = \upsilon t.$$

Залежність числового значення швидкості точки від часу для рівноприскореного прямолінійного руху:

$$\vec{\upsilon} = \int_0^t \overrightarrow{a_\tau}\,dt + \overrightarrow{\upsilon_0} = \overrightarrow{\upsilon_0} + \overrightarrow{a_\tau}\,t,$$

де υ_0 – початкова швидкість.

Якщо рух відбувається вздовж осі **OX** рівноприскорено, то координата матеріальної точки змінюється з часом за таким законом:

$$x = \int_0^1 \upsilon\, dt + x_0 = x_0 + \upsilon_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2},$$

де x_0 – значення x при $t = 0$. Відповідно шлях, який проходить точка з моменту початку відліку часу –

$$S = x - x_0 = \upsilon_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

При криволінійному русі

$$a_\tau = \frac{d\upsilon}{dt},$$

де a_τ– тангенціальна складова повного прискорення, a_τ визначає швидкість зміни швидкості точки по абсолютній величині і направлена по дотичній до траєкторії.

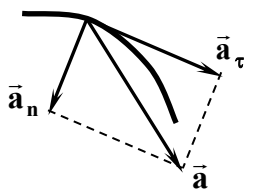

Рисунок 2

Нормальна складова повного прискорення

$$a_n = \frac{\upsilon^2}{R},$$

де υ – швидкість точки; R – радіус кривизни траєкторії, визначає швидкість зміни швидкості точки за напрямком і спрямована до центра кривизни траєкторії руху.

Повне прискорення при русі по криволінійній траєкторії складається з двох складових (рисунок 2): $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$,

$$a = \left|\vec{a}\right| = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}.$$

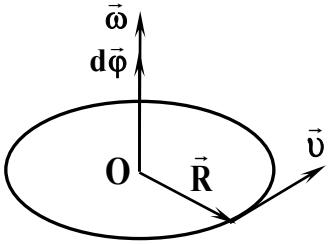

Рисунок 3

1.2. Обертальний рух

Положення тіла при обертальному русі відносно нерухомої вісі визначається кутом повороту φ. Вектор елементарного кута повороту $d\vec{\varphi}$ напрямлений по осі обертання згідно з правилом буравчика (рисунок 3).

Обертання тіла відносно вісі характеризується кутовою швидкістю:

- середньою $\left\langle \vec{\omega} \right\rangle = \frac{\Delta\vec{\varphi}}{\Delta t}$, - миттєвою $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$,

та кутовим прискоренням:

- середнім $\left\langle \vec{\varepsilon} \right\rangle = \dfrac{\Delta \vec{\omega}}{\Delta t}$, - миттєвим $\vec{\varepsilon} = \dfrac{d\vec{\omega}}{dt} = \dfrac{d^2\vec{\varphi}}{dt^2}$.

Кутова швидкість ω пов'язана з лінійною швидкістю υ співвідношенням: $\upsilon = \omega \cdot R$.

Тому, тангенціальне і нормальне прискорення при обертальному русі можуть бути виражені таким чином:

$$a_\tau = \varepsilon \cdot R, \quad a_n = \omega^2 R.$$

Кінематичне рівняння рівномірного обертання (ω = const): $\varphi = \varphi_0 + \omega \cdot t$,

де φ_0 - початкове кутове положення.

Частота обертання: $n = \dfrac{N}{t}$, де N – число обертів за час t.

Період обертання: $T = \dfrac{t}{N}$. Отже, $T = \dfrac{1}{n}$.

Кінематичні рівняння рівноприскоренного обертання (ε = const):

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t + \frac{\varepsilon t^2}{2}, \qquad \omega = \omega_0 + \varepsilon t,$$

де – початкова кутова швидкість.

У випадку обертального руху кутова швидкість дорівнює:

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n.$$

В таблиці 1 наводиться співставлення рівнянь поступального руху з рівняннями обертального руху.

Таблиця 1 – Співставлення рівнянь поступального руху з рівняннями обертального руху

	Рівномірний	Рівноприскорений
Поступальний рух	$s = \upsilon \cdot t$, $\vec{\upsilon} = const$, $a = 0$	$s = \upsilon_0 t + \dfrac{at^2}{2}$, $\upsilon = \upsilon_0 + at$, $\vec{a} = const$
Обертальний рух	$\varphi = \omega \cdot t$, $\vec{\omega} = const$, $\varepsilon = 0$	$\varphi = \omega_0 t + \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$, $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$, $\vec{\varepsilon} = const$

Задачі до розділу „Кінематика”

1. A Першу половину часу автомобіль рухався з швидкістю $\upsilon_1 = 80$ *км/год*, а другу половину часу – з швидкістю $\upsilon_2 = 40$ *км/год*. Яка середня швидкість руху автомобіля?
Відповідь: $\upsilon = 60$ ***км/год.***

2. A Першу половину свого шляху автомобіль рухався з швидкістю $\upsilon_1 = 80$ *км/год*, а другу половину шляху – з швидкістю $\upsilon_2 = 40$ *км/год*. Яка середня швидкість руху автомобіля?
Відповідь: $\upsilon = 53{,}3$ ***км/год.***

3. B Катер пройшов першу половину шляху з середньою швидкістю в два рази більшою, ніж другу. Середня швидкість на всьому шляху $\upsilon_{сер} = 4$ *км/год*. Визначити швидкості катера на першій і другій половині шляху.
Відповідь: $\upsilon_1 = 6$ ***км/год,*** $\upsilon_2 = 2$ ***км/год.***

4. B Автомобіль рухався половину шляху з швидкістю $\upsilon_1 = 60$ *км/год*, ще четверть шляху він проїхав з швидкістю $\upsilon_2 = 15$ *км/год*, а останній відрізок шляху – з швидкістю $\upsilon_3 = 45$ *км/год*. Визначити середню швидкість автомобіля на всьому шляху.
Відповідь: $\upsilon_{сер} = 45$ ***км/год.***

5. A З пунктів А і В, які розташовані на відстані $l = 120$ *км,* одночасно, назустріч один одному, почали рух два автомобілі. Швидкість першого автомобіля $\upsilon_1 = 70$ *км/год,* другого $\upsilon_2 = 50$ *км/год.* Визначити, через який час і на якій відстані від пункту А вони зустрінуться.
Відповідь: $t = 1$ ***год,*** $s = 70$ ***км.***

6. B З населених пунктів А і В, які розташовані на відстані $l = 3$ *км* один від одного, одночасно в одному напрямку розпочали рух велосипедист і пішохід. Велосипедист, який рухається з пункту А, має швидкість $\upsilon_1 = 15$ *км/год*, а пішохід, який рухається з пункту В, має швидкість $\upsilon_2 = 5$ *км/год.* Через який час велосипедист наздожене пішохода? Який шлях вони пройдуть при цьому?
Відповідь: $t = 18$ ***хв,*** $s_1 = 4{,}5$ ***км,*** $s_2 = 1{,}5$ ***км.***

7. C З пункту А виїхав велосипедист з швидкістю $\upsilon_1 = 25$ *км/год*. Через певний час $t_0 = 6$ хв з пункту В, який знаходиться на відстані $l = 10$ *км* від пункту А, назустріч велосипедисту вийшов пішохід. За час $t_2 = 50$ *с.* пішохід подолав такий самий шлях, як і велосипедист за час $t_1 = 10$ *с*. Де зустрінуться пішохід і велосипедист?
Відповідь: $s = 8{,}7$ ***км.***

8. C Автомобіль який рухається з швидкістю $\upsilon_1 = 80$ *км/год*, здійснює обгін автомобіля, швидкість якого $\upsilon_2 = 60$ *км/год.* Яку відстань подолав перший автомобіль за час обгону, якщо обгін почався на відстані $s_1 = 50$ *м* до другого автомобіля і закінчився після того, як відстань між автомобілями дорівнювала $s_2 = 50$ *м*? Розмірами автомобілів знехтувати.
Відповідь: ***l = 400 м.***

9. C Два велосипедисти виїжджають одночасно назустріч один одному з пунктів А і В, відстань між якими $l = 54$ *км*, і через дві години зустрічаються. Не зупиняючись, вони продовжують рух з тією ж самою швидкістю, і другий прибуває в пункт А на $t = 54$ *хв* раніше ніж перший в пункт В. Визначити швидкість велосипедистів.
Відповідь: $\upsilon_1 = 12$ ***км/год;*** $\upsilon_2 = 15$ ***км/год.***

10. C Пароплав проходить відстань між двома пунктами вниз по річці за $t_1 = 60$ *год*, а в зворотному напрямку – за $t_2 = 80$ *год*. Скільки діб між цими пунктами пливуть плоти?
Відповідь: ***t = 20 діб.***

11. C Колона військових вантажівок довжиною $l = 4{,}5$ *км* рухається по дорозі з швидкістю $\upsilon_1 = 18$ *км/год*. Командир відправляє із голови колони в її хвіст мотоцикліста з наказом. Мотоцикліст рухається з швидкістю $\upsilon_2 = 54$ *км/год*, не зупиняючись, віддає наказ і повертається в голову колони. Скільки часу тривала поїздка мотоцикліста?
Відповідь: ***t = 3 хв. 45 сек.***

12. B Літак летить з швидкістю $\upsilon_1 = 800$ *км/год* відносно повітря. Із заходу на схід дме вітер з швидкістю $\upsilon_2 = 15$ *м/с*. З якою швидкістю літак буде рухатися відносно землі і під яким кутом до меридіана треба тримати курс, щоб переміщення було: 1) на південний захід, 2) на північний захід, 3) на захід, 4) на схід?
Відповідь: **1)** $\varphi = 3°52'$; $\upsilon = 798$ ***км/год,*** **2)** $\varphi = 3°52'$; $\upsilon = 798$ ***км/год,*** **3)** $\upsilon = 746$ ***км/год,*** **4)** $\upsilon = 854$ ***км/год.***

13. B Літак летить від пункту А до пункту В, який розташований на сході на відстані $s = 300$ *км*. Визначити тривалість польоту, якщо: 1) вітру немає, 2) вітер дме з півдня на північ, 3) вітер дме із заходу на схід. Швидкість вітру $\upsilon_1 = 20$ *м/с*, швидкість літака відносно повітря $\upsilon_2 = 600$ *км/год*.
Відповідь: **1)** ***t = 30 хв,*** **2)** ***t = 30,2 хв,*** **3)** ***t = 26,8 хв.***

14. B Човен рухається перпендикулярно берегу з швидкістю $\upsilon_1 = 7{,}2$ *км/год* (відносно води). Течія відносить його на $s = 150$ *м* вниз по річці. Знайти швидкість течії річки та час, який витрачається на переїзд через річку. Ширина річки $l = 0{,}5$ *км.*
Відповідь: $\upsilon = 0{,}6$ *м/с*, $t = 250$ *с.*

15. B Пасажирський потяг їде з швидкістю $\upsilon_1 = 80$ *км/год*. Назустріч йому рухається товарний потяг довжиною $l = 1$ *км* з швидкістю $\upsilon_2 = 40$ *км/год*. Скільки часу товарний потяг буде рухатися вздовж пасажирського?
Відповідь: $t = 0{,}5$ *хв.*

16. C Коли потяги рухаються паралельними курсами назустріч один одному, то вони проходять один вздовж другого за час t_1, а коли в одному напрямку – то за час t_2. Довжина потягів відповідно складає l_1 та l_2. Визначити швидкості руху потягів.
Відповідь: $\upsilon_1 = (l_1 + l_2)\cdot(t_1 + t_2) / 2t_1t_2$; $\upsilon_2 = (l_1 + l_2)\cdot(t_2 - t_1) / 2t_1t_2$.

17. C Два потяги рухаються паралельним курсом назустріч один одному. Пасажир першого потягу бачить, що другий потяг проходить поруч протягом часу $t_1 = 10$ *с*. Пасажир другого потягу бачить, що перший потяг проходить поруч протягом часу $t_2 = 5$ *с*. Визначити відношення довжини другого потягу до довжини першого.
Відповідь: $n = 2$.

18. B Моторний човен проходить відстань між пунктами А і В за час $t_1 = 3$ *год*, а пліт – за час $t = 12$ *год*. Скільки часу витратить моторний човен на зворотній шлях?
Відповідь: $t_2 = 6$ *год.*

19. C Ескалатор метро опускає людину, що йде по ньому, за $t_1 = 1$ *хв*. Якщо людина буде йти вдвічі швидше, то опуститься за $t_2 = 45$ *сек*. Скільки часу опускається людина, що стоїть на ескалаторі?
Відповідь: $t = 1{,}5$ *хв.*

20. B Краплини дощу у вікнах нерухомого трамваю залишають смуги, які нахилені під кутом $\alpha = 30°$ до вертикалі. При русі трамваю з швидкістю $\upsilon = 18$ *км/год* смуги від дощу вертикальні. Визначити швидкість краплин дощу υ_1 коли вітру немає та швидкість вітру υ_2.
Відповідь: $\upsilon_1 = 8{,}66$ *м/с*; $\upsilon_2 = 5$ *м/с.*

21. C З катера, який пливе вниз по річці, спустили рятівний круг в момент, коли катер пропливав під мостом. Через півгодини катер повернув назад і

зустрів рятівний круг на відстані $s = 1,5$ *км* від моста. Знайти швидкість течії ріки.

Відповідь: $\upsilon = 1,5$ ***км/год.***

22. C Катер з швидкістю $\upsilon_1 = 90$ *км/год* проходить від корми до носа теплохода і назад за $t = 37,5$ *с*. Знайти швидкість теплохода. Довжина теплоходу $l = 300$ *м*.

Відповідь: $\upsilon = 15$ ***м/с.***

23. A Тіло, яке кинули вертикально вгору, повернулося на землю через $t = 3$ *с*. Визначити якою була початкова швидкість тіла і на яку висоту воно піднялося.

Відповідь: $\upsilon_0 = 14,7$ ***м/с***, $h = 11$ ***м.***

24. A Камінь підкинули вгору на висоту $h = 10$ *м*. Визначити через який час він впаде на землю і на яку висоту підніметься камінь, якщо початкову швидкість каменя збільшити вдвічі?

Відповідь: $t = 2,9$ ***с***, $h_1 = 40$ ***м.***

25. A З аеростата, що знаходиться на висоті $h = 300$ *м*, впав камінь. Через який час камінь досягне землі, якщо: 1) аеростат піднімається з швидкістю $\upsilon_1 = 5$ *м/с*, 2) аеростат опускається з швидкістю $\upsilon_2 = 5$ *м/с*, 3) аеростат нерухомий?

Відповідь: **1)** $t_1 = 8,4$ ***с;*** **2)** $t_2 = 7,3$ ***с;*** **3)** $t_3 = 7,8$ ***с.***

26. A Накреслити графік залежності висоти h і швидкості υ від часу t для тіла, кинутого вертикально вгору з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 9,8$ *м/с*. Графік побудувати для інтервалу часу $0 \le t \le 2$ *с* з кроком $0,2$ *с*.

27. B Тіло падає вертикально з висоти $h = 19,6$ *м* з нульовою початковою швидкістю. Який шлях пройде тіло: 1) за першу $0,1$ *с* свого руху, 2) за останню $0,1$ *с* свого руху?

Відповідь: **1)** $s_1 = 0,049$ ***м;*** **2)** $s_2 = 1,9$ ***с.***

28. B Тіло падає вертикально з висоти $h = 19,6$ *м* з нульовою початковою швидкістю. За який час тіло пройде: 1) перший 1 *м* свого шляху, 2) останній 1 *м* свого шляху?

Відповідь: **1)** $t_1 = 0,45$ ***с;*** **2)** $t_2 = 0,05$ ***с.***

29. C Тіло, що падає вільно, в останню секунду свого падіння проходить половину всього шляху. Знайти з якої висоти h падає тіло та тривалість його падіння.

<u>Відповідь</u>: *h = 57 м, t = 3,4 с.*

30. C Тіло А кинуте вертикально вгору з початковою швидкістю υ_1, тіло В падає з висоти h з початковою швидкістю $\upsilon_2 = 0$. Знайти залежність відстані x між тілами А і В від часу t, якщо відомо, що тіла почали рухатися одночасно.
<u>Відповідь</u>: $x = h - \upsilon_1 \cdot t$. Тіла зустрінуться при $x = 0$ в момент часу $t = h / \upsilon_1$.

31. C Тіло, що падає вільно, має в точці А швидкість $\upsilon_1 = 40$ *м/с*, а в точці В – $\upsilon_2 = 70$ *м/с*. Визначити відстань d між точками А і В, а також час t_1, за який тіло пролетить відстань АВ.
<u>Відповідь</u>: $t_1 = 3$ с, $d = 165$ м.

32. C Спостерігач виміряв, що за $t = 2$ *с*, тіло у вільному падінні пролетіло відстань $s = 100$ *м*. Як довго падало тіло з початкового стану спокою до моменту початку спостереження та який шлях пройшло при цьому?
<u>Відповідь</u>: $t_0 = 4$ с, $s_0 = 80$ м.

33. C Тіло падає з певної висоти H і останню частину шляху $h = 200$ *м* проходить за час $t_1 = 4$ *с*. Скільки часу падало тіло? Визначити висоту H.
<u>Відповідь</u>: $t = 7$ с, $H = 245$ м.

34. C Тіло, що падає вільно, за останню секунду падіння пройшло 1/3 свого шляху. Знайти час падіння та висоту з якої впало тіло.
<u>Відповідь</u>: $t = 5{,}45$ с, $h = 145$ м.

35. B Тіло падає з певної висоти на протязі $t = 2$ *с*. Визначити швидкість, з якою треба кинути його вертикально вгору, щоб воно піднялося на висоту, що в два рази перевищує початкову.
<u>Відповідь</u>: $\upsilon = 28$ м/с.

36. C Який проміжок часу між початками падіння двох краплин води з даху будинку, якщо через $t_1 = 2$ *с*. після початку падіння другої краплини, відстань між краплинами складала $s = 25$ *м*?
<u>Відповідь</u>: $t = 1$ с.

37. C З висоти $h_1 = 10$ *м* без початкової швидкості падає тіло. Водночас, з висоти $h_2 = 5$ *м* вертикально вгору кидають друге тіло. З якою початковою швидкістю υ_0 кинули друге тіло, якщо тіла зустрілися на висоті $h = 1$ *м* над землею?

<u>Відповідь</u>: υ_0 = 3,69 м/с.

38. C Друге тіло кинули вертикально вгору вслід за першим тілом через $t_0 = 4$ *с* з тією ж швидкістю $\upsilon_0 = 49$ *м/с*, що й перше тіло. Через який час *t* після кидання другого тіла і на якій висоті *h* обидва тіла зустрінуться?
<u>Відповідь</u>: *t* = 3 с, *h* = 85 м.

39. C Два тіла знаходяться на одній вертикалі на відстані $h = 10$ *м* один від одного. В певний момент часу верхнє тіло кидають униз зі швидкістю $\upsilon = 20$ *м/с*, а нижнє відпускають. Через який час тіла зустрінуться?
<u>Відповідь</u>: *t* = 0,5 с.

40. C Одне тіло кинули вертикально вгору з початковою швидкістю υ_0, а інше падає з висоти *h* без початкової швидкості. Рух тіл розпочався одночасно і відбувається вздовж однієї прямої. Знайти залежність відстані *s* між тілами від часу *t*.
<u>Відповідь</u>: $s = h - \upsilon_0 \cdot t$.

41. C Повітряна куля підіймається вертикально вгору з землі з прискоренням $a = 2$ *м/с*^{2}. Через час $t_1 = 10$ *с* від неї відділяється камінь. На якій висоті від поверхні землі буде знаходитися камінь через $t_2 = 4$ *с* після початку його вільного падіння?
<u>Відповідь</u>: *h* = 101,6 м.

42. C Плавець зістрибнув з п‘ятиметрової вишки та занурився у воду на $h = 2$ *м*. Скільки часу і з яким прискоренням він занурювався?
<u>Відповідь</u>: *t* = 0,4 с, *a* = 25 м/с^2.

43. C Камінь, кинутий вертикально вгору, знаходився на висоті $h = 10$ *м* двічі, з проміжком часу $t = 1,5$ *с*. Знайти початкову швидкість каменя.
<u>Відповідь</u>: υ_0 = 16 м/с.

44. A Відстань між двома станціями метрополітену $s = 1,5$ *км*. Першу половину цієї відстані потяг проходить рівноприскорено, другу – рівносповільнено. Максимальна швидкість потяга $\upsilon = 50$ *км/год*. Знайти величину прискорення, вважаючи його чисельно рівним сповільненню та час руху потяга між станціями.
<u>Відповідь</u>: *a* = 0,13 м/с^2, *t* = 3,6 хв.

45. A Потяг рухається з швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год*. Якщо припинити подачу пари, то потяг рухаючись рівносповільнено, зупиняється через $t = 20$ *с*. Знайти прискорення потяга та відстань до зупинки при якій треба

припинити подачу пари.
Відповідь: ***a = – 0,5 м/с², s = 100 м.***

46. A Швидкість потяга, що рухається рівносповільнено, зменшується протягом $t = 1$ *хв* від $\upsilon_1 = 40$ *км/год* до $\upsilon_2 = 28$ *км/год*. Знайти прискорення потяга та відстань пройдену ним за час гальмування.
Відповідь: ***a = – 0,055 м/с², s = 566 м.***

47. A Вагон починає рухатись рівносповільнено з прискоренням $a = 0,5$ *м/с²*. Початкова швидкість вагона $\upsilon_0 = 54$ *км/год*. Через який час після початку гальмування вагон зупиниться? Яку відстань пройде вагон за цей час?
Відповідь: ***t = 30 с, s = 225 м.***

48. B Тіло А починає рухатися з початковою швидкістю υ'_0 і рухається з постійним прискоренням a_1. Одночасно з тілом А починає рухатися тіло В з початковою швидкістю υ''_0 і рухається з постійним від‘ємним прискоренням a_2. Через який час після початку руху обидва тіла будуть мати однакову швидкість?
Відповідь: $\mathbf{t = \frac{\upsilon''_0 - \upsilon'_0}{a_1 + a_2}}$. ***Задача має розв'язок лише при умові*** $\boldsymbol{\upsilon''_0 > \upsilon'_0}$.

49. C Тіло А починає рухатися з початковою швидкістю $\upsilon'_0 = 2$ *м/с* і рухається з постійним прискоренням a. Через $\Delta t = 10$ *с* після початку руху тіла А з цієї ж точки в тому ж напрямку починає рухатися тіло В з початковою швидкістю $\upsilon''_0 = 12$ *м/с* і з тим же прискоренням a. При якому значені прискорення a тіло В наздожене тіло А?
Відповідь: ***a < 1 м/с².***

50. B Літак прискорюється на протязі $t = 10$ *с* і в останню секунду проходить шлях $s = 295$ *м*. Знайти прискорення a і кінцеву швидкість υ літака.
Відповідь: ***a = 10 м/с²; υ = 300 м/с .***

51. B Тіло, яке починає рухатися із стану спокою рівноприскорено, за шосту секунду пройшло шлях $s_6 = 22$ *м*. Який шлях тіло пройшло за перші $t_1 = 6$ *с* та за наступні $t_2 = 6$ *с*?
Відповідь: ***s₁ = 72 м; s₂ = 216 м.***

52. B Тіло, яке рухається рівноприскорено, пройшло за $t = 10$ *с* шлях, який дорівнює $s = 160$ *м*. При цьому за десяту секунду воно пройшло $s_{10} = 24$ *м*. Визначити початкову швидкість і прискорення тіла.
Відповідь: ***υ₀ = 5 м/с; a = 2 м/с² .***

53. А Залежність пройденого тілом шляху s від часу t задається рівнянням $s = A \cdot t - B \cdot t^2 + C \cdot t^3$, де $A = 2$ *м/с*, $B = 3$ *м/с*^{2}, $C = 4$ *м/с*^{3}. Знайти: 1) залежність швидкості υ і прискорення a від часу t; 2) відстань, пройдену тілом, швидкість і прискорення тіла через $t = 2$ *с* після початку руху. Побудувати графік шляху, швидкості і прискорення для $0 \le t \le 3$ *с* з кроком $\Delta t = 0{,}5$ *с*.

Відповідь: ***1)*** $\upsilon = 2 - 6t + 12t^2$ ***м/с;*** $a = -6 + 24t$ ***м/с*^{2}***;*
***2) s = 24 м; υ = 38 м/с; a = 42 м/с*^{2}.**

54. А Залежність пройденого тілом шляху s від часу t задається рівнянням $s = A - B \cdot t + C \cdot t^2$, де $A = 6$ *м*, $B = 3$ *м/с*, $C = 2$ *м/с*^{2}. Знайти середню швидкість, середнє прискорення тіла для $1 \le t \le 4$ *с* з кроком $\Delta t = 1$ *с*.
Відповідь: ***<υ> = 7 м/с; <a> = 4 м/с*^{2}.**

55. А Залежність пройденого тілом шляху s від часу t задається рівнянням $s = A + B \cdot t + C \cdot t^2$, де $A = 3$ *м*, $B = 2$ *м/с*, $C = 1$*м/с*^{2}. Знайти середню швидкість і середнє прискорення тіла за першу, другу і третю секунди його руху.
Відповідь: ***<υ*$_1$*> = 3 м/с; <υ*$_2$*> = 5 м/с; <υ*$_3$*> = 7 м/с; <a*$_1$*> = <a*$_2$*> = <a*$_3$*> = 2 м/с*^{2}.**

56. А Залежність пройденого тілом шляху s від часу t задається рівнянням $s = A + B \cdot t + C \cdot t^2 + D \cdot t^3$, де $A = 0{,}1$ *м*, $B = 0{,}1$ *м/с*, $C = 0{,}14$ *м/с*^{2}, $D = 0{,}01$ *м/с*^{3}. Через який час після початку руху прискорення тіла буде дорівнювати $a = 1$ *м/с*^{2} ? Чому дорівнює середнє прискорення тіла за цей проміжок часу?
Відповідь: ***t = 12 с; <a> = 0,64 м/с*^{2}.**

57. А Рух матеріальної точки задано рівнянням $x = 4t - 0{,}05t^2$. Визначити момент часу, в який швидкість точки $\upsilon = 0$. Знайти координату і прискорення точки в цей момент.
Відповідь: ***t = 40 с; x = 80 м; a = -0,1 м/с*^{2}.**

58. А Рух точки задано рівнянням $x = 12t - 2t^2$ (x виражено в метрах, t – в секундах). Визначити середню швидкість руху в інтервалі часу від $t_1 = 1$ *с* до $t_2 = 4$ *с*.
Відповідь: ***<υ> = 2 м/с.***

59. А З вежі висотою $s_y = 25$ *м* горизонтально кинули камінь з швидкістю $\upsilon_0 = 15$ *м/с*. Знайти: скільки часу камінь буде рухатись; на якій відстані s_x від основи вежі він впаде на землю; з якою швидкістю υ він впаде на землю; який кут φ складе траєкторія каменя з горизонтом в точці його

падіння на землю. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***t = 2,26 с; s_x = 33,9 м; υ = 26,7 м/с; φ = 55°48′.***

60. A Камінь, кинутий горизонтально, впав на землю через *t = 0,5 с* на відстані *s = 5 м* по горизонталі від місця кидання. З якої висоти *h* був кинутий камінь? З якою початковою швидкістю υ_0 він був кинутий? З якою швидкістю *υ* він впав на землю? Який кут *φ* складає траєкторія каменя з горизонтом в точці його падіння на землю? Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***h = 1,22 м; υ_0 = 10 м/с; υ = 11,1 м/с; φ = 26°12′.***

61. B М'яч, кинутий горизонтально, вдаряється об стінку, що знаходиться на відстані *s = 5 м* від місця кидання. Висота місця удару м'яча об стінку на *1 м* менше висоти, з якої кинуто м'яч. З якою швидкістю υ_0 був кинутий м'яч? Під яким кутом *φ* м'яч підлітає до поверхні стінки? Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***υ_0 = 11,1 м/с; φ = 68°12′.***

62. B Камінь кинутий у горизонтальному напрямку. Через *t = 0,5 с* після початку руху чисельне значення швидкості каменя стало в *1,5 рази більше* за його початкову швидкість. Знайти початкову швидкість каменя. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***υ_0 = 4,4 м/с.***

63. C Камінь кинутий горизонтально зі швидкістю υ_x *= 15 м/с*. Знайти нормальне і тангенціальне прискорення каменя через *t = 1 с* після початку руху. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***a_n = 8,2 м/с²; a_τ = 5,4 м/с².***

64. C Камінь кинуто горизонтально з швидкістю *υ = 10 м/с*. Знайти радіус кривизни траєкторії каменя через *t = 3 с* після початку руху. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***r = 305 м.***

65. C Камінь, який було кинуто горизонтально з крутого берега висотою *H = 10 м*, впав у воду на відстані *S = 14 м* від берега. Записати рівняння траєкторії каменя і знайти його початкову швидкість.
Відповідь: $y = H - \frac{g \cdot x^2}{2\upsilon_0^2}$; ***$\upsilon_0$ = 9,8 м/с.***

66. B Людина стрибає у воду з крутого берега висотою *H = 5 м* з горизонтальною швидкістю υ_0 *= 6,7 м/с*. Визначити модуль і напрямок

швидкості людини при досягненні нею води.
Відповідь: ***υ = 12 м/с; α = 55°.***

67. В Визначити швидкість тіла через *t = 3 с* після того, як його кинули горизонтально з швидкістю υ_0 *= 39,2 м/с*.
Відповідь: ***υ = 49 м/с; α = 37° до горизонту.***

68. В Дальність польоту тіла, кинутого горизонтально з швидкістю υ_0 *= 4,9 м/с*, дорівнює висоті, з якої його кинули. Чому дорівнює ця висота і під яким кутом до горизонту тіло впало на землю?
Відповідь: ***h = 4,9 м; α = 64°.***

69. С З вертольота, що летить на висоті *H = 125 м* з швидкістю υ *= 90 км/год*, скинули вантаж. На якій висоті швидкість вантажу буде спрямована під кутом α *= 45°* до горизонту?
Відповідь: ***h = 93 м.***

70. С Камінь кидають горизонтально з гори, кут нахилу якої дорівнює α. Визначити, з якою швидкістю υ було кинуто камінь, якщо він впав на схил на відстані *L* від точки кидання.
Відповідь: $\mathbf{L = \frac{2\upsilon^2 \sin\alpha}{g \cdot \cos^2\alpha}}$.

71. С Літак летить на висоті *h* горизонтально по прямій з швидкістю υ. Льотчик повинен скинути бомбу на ціль. Під яким кутом до вертикалі він повинен побачити ціль в момент скидання бомби? Якою в цей момент буде відстань від цілі до точки, над якою знаходиться літак? Опором повітря при русі бомби знехтувати.
Відповідь: $\mathbf{tg\,\alpha = \upsilon\sqrt{\frac{2}{g \cdot h}}}$; $\mathbf{S = \upsilon\sqrt{\frac{2h}{g}}}$.

72. В В мішень з відстані *s = 50 м* зроблено два постріли в горизонтальному напрямку при однаковому наведенні гвинтівки. Швидкість першої кулі υ_1 *= 320 м/с*, другої – υ_2 *= 350 м/с*. Визначити відстань між пробоїнами на мішені.
Відповідь: ***ΔH = 2 см.***

73. С Дерев'яна куля, яка скочується зі сходів, має горизонтальну початкову швидкість υ_0 *= 1,7 м/с*. Висота *h* та ширина *b* кожної сходинки дорівнюють *20 см*. Об яку по рахунку сходинку куля вдариться вперше?
Відповідь: ***n = 3.***

74. С В який момент часу t у тіла, яке кинуто горизонтально з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 19{,}6$ *м/с*, тангенціальне прискорення дорівнює нормальному?
Відповідь: $t = 2$ *с.*

75. С М'яч кинутий горизонтально з швидкістю $\upsilon_0 = 9{,}8$ *м/с*. Через який час та в якому місці нормальне прискорення м'яча буде в *2 рази більшим* тангенціального?
Відповідь: $t = 0{,}5$ *с;* $x = 4{,}9$ *м.*

76. В М'яч кинули зі швидкістю $\upsilon_0 = 10$ *м/с* під кутом $\alpha = 40°$ до горизонту. Знайти: на яку максимальну висоту s_y підніметься м'яч; на якій відстані s_x від місця кидання м'яч впаде на землю; скільки часу він буде в русі. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $s_y = 2{,}1$ *м;* $s_x = 10$ *м;* $t = 1{,}3$ *с.*

77. В На спортивних змаганнях у Петербурзі спортсмен штовхнув ядро на відстань $s_1 = 16{,}20$ *м*. На яку відстань полетить таке ж ядро в Ташкенті за тих самих умов? (При такій самій початковій швидкості, спрямованій під тим самим кутом до горизонту). Прискорення вільного падіння в Петербурзі дорівнює $g_П = 981{,}9$ *см/с*^{2}, у Ташкенті – $g_Т = 980{,}1$ *см/с*^{2}.
Відповідь: $s_2 = 16{,}23$ *м.*

78. С Тіло кинуто з швидкістю υ_0 під кутом α до горизонту. Тривалість польоту $t = 2{,}2$ *с*. Знайти найбільшу висоту підняття цього тіла. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $h_{max} = 5{,}9$ *м.*

79. В Камінь, кинутий з швидкістю $\upsilon_0 = 12$ *м/с* під кутом $\alpha = 45°$ до горизонту, впав на землю на відстані s від місця кидання. З якої висоти h треба кинути камінь в горизонтальному напрямку, щоб при тій самій початковій швидкості υ_0 він впав на те ж місце?
Відповідь: $h = 7{,}4$ *м.*

80. С Тіло кинуте зі швидкістю $\upsilon_0 = 14{,}7$ *м/с* під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту. Знайти нормальне і тангенціальне прискорення тіла через $t = 1{,}25$ *с* після початку руху. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $a_n = 9{,}15$ *м/с*^{2}; $a_\tau = 3{,}52$ *м/с*^{2}.

81. С Тіло кинуте зі швидкістю $\upsilon_0 = 10$ *м/с* під кутом $\alpha = 45°$ до горизонту. Знайти радіус кривизни траєкторії тіла через $t = 1$ *с* після початку руху.

Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***r = 6,3 м.***

82. C Тіло кинуте зі швидкістю υ_0 під кутом α до горизонту. Знайти величини υ_0 і α, якщо відомо, що найбільша висота підйому тіла $h = 3$ *м* і радіус кривизни траєкторії тіла у верхній точці траєкторії $R = 3$ *м*. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $\upsilon_0 = 9{,}4$ *м/с*; $\alpha = 54°44'$.

83. B З вежі висотою $H = 25$ *м* кинули камінь зі швидкістю $\upsilon_0 = 15$ *м/с* під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту. Знайти: 1) скільки часу t камінь буде в русі; 2) на якій відстані s від основи вежі він впаде на землю; 3) з якою швидкістю υ він впаде на землю; 4) який кут φ складе траєкторія каменя з горизонтом у точці його падіння на землю. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***1) t = 3,16 с; 2) s = 41,1 м; 3) υ = 26,7 м/с; 4) φ = 61°.***

84. C Хлопчик кидає м'яч з швидкістю $\upsilon_0 = 10$ *м/с* під кутом $\alpha = 45°$ до горизонту. М'яч вдаряється об стінку, що знаходиться на відстані $s = 3$ *м* від хлопчика. Визначити: коли відбувається удар м'яча об стінку (при підйомі м'яча чи при його опусканні); на якій висоті s_y м'яч вдариться об стінку (відраховуючи від висоти, з якої кинуто м'яч); швидкість м'яча υ в момент удару. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***удар м'яча об стінку відбувається при його підйомі; s_y = 2,1 м; υ = 7,6 м/с.***

85. C Під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту кинули тіло з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 20$ *м/с*. Через який час воно буде рухатися під кутом $\beta = 45°$ до горизонту? Тертям знехтувати.
Відповідь: ***t = 0,75 с.***

86. B Тіло кинули під кутом α до горизонту з швидкістю υ_0. Визначити швидкість цього тіла на висоті h. Чи залежить ця швидкість від кута кидання? Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 - 2g \cdot h}$ ***і не залежить від кута кидання.***

87. B Під яким кутом до горизонту потрібна кинути тіло, щоб його максимальна висота підйому була в *2 рази більшою* дальності польоту?
Відповідь: ***α = 76°.***

88. C Камінь, що кинули під кутом до горизонту, впав на землю через $t = 4$ *с*. Чому дорівнює висота і дальність польоту каменя, якщо відомо, що під

час руху його максимальна швидкість була вдвічі більшою мінімальної?
Відповідь: ***H = 78 м; S = 45 м.***

89. C Двоє перекидаються м'ячем. Знайти максимальну висоту м'яча над точкою кидання, якщо час його польоту складає $t = 2$ *с*.
Відповідь: ***h = 5 м.***

90. B Тіло, яке кинули з землі під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту, через $t = 4$ *с* мало вертикальну складову швидкості $\upsilon_y = 9{,}8$ *м/с*. Знайти дальність польоту тіла.
Відповідь: ***s = 284 м.***

91. C Два тіла кинули одночасно з однієї точки (одне вгору, інше – вниз) з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 30$ *м/с* під кутом $\alpha = 60°$ до вертикалі. Знайти різницю рівнів, на яких будуть знаходитися тіла через час $t = 2$ *с*.
Відповідь: $y_1 - y_2 \approx 60$ ***м.***

92. C З отвору шланга, прикритого пальцем, б'ють два струмені під кутами α, β до горизонту з однаковою початковою швидкістю υ_0 (рисунок 4). На якій відстані від отвору по горизонталі струмені перетнуться?

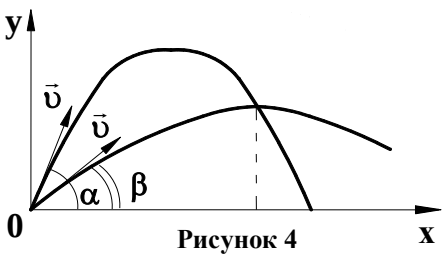

Рисунок 4

Відповідь: $L = \dfrac{2\upsilon^2}{g\sqrt{\operatorname{tg}\beta + \operatorname{tg}\alpha}}$.

93. C Літак летить по прямій лінії, що складає з горизонтом кут $\alpha = 30°$, з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 50$ *м/с* та прискоренням $a = 3$ *м/с*^{2}. З літака через час $t = 5$ *с* після відриву його від землі викинуто по вертикалі вниз ключ з початковою швидкістю $u_0 = 3$ *м/с* відносно літака. На якій відстані від місця злету впаде ключ?
Відповідь: ***S = 766 м.***

94. C Посланий футболістом під кутом α до горизонту з початковою швидкістю υ_0 м'яч відскакує від поперечини воріт. Де впаде м'яч, якщо відстань до воріт по горизонталі дорівнює x_0 і зіткнення м'яча з поперечиною абсолютно пружне?

Відповідь: $x = 2x_0 - \dfrac{\upsilon_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

95. C Тіло падає з висоти H без початкової швидкості. На висоті h воно абсолютно пружно відскакує від площадки, яка розташована під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту. Визначити висоту підйому тіла над точкою удару об площину.

Відповідь: $h_1 = (H - h)\sin^2\alpha$.

96. C Кулька вільно падає на похилу під кутом α до горизонту площину. Пролетівши відстань h, вона пружно відскакує і другий раз падає на ту ж площину. Визначити, через який час t після зіткнення кулька впаде на похилу площину і відстань S між першим і другим ударами кульки об площину.

Відповідь: $t = \dfrac{2\sqrt{2g \cdot h}}{g}$; $S = 8h\sin\alpha$.

97. C На похилу площину, що рухається горизонтально зі швидкістю $\upsilon_1 = 1$ *м/с* падає кулька з деякої висоти без початкової швидкості. Пролетівши відстань $h = 5$ *см*, кулька торкнувшись площини, відскочила і знову впала на неї. Знайти відстань між точками першого і другого ударів на площині. Удар абсолютно пружний. Нахил площини $\alpha = 45°$.

Відповідь: ***S = 0,3 м.***

98. B Точка рухається по колу радіусом $R = 10$ *см* з постійним тангенціальним прискоренням a_τ. Знайти тангенціальне прискорення a_t точки, якщо відомо, що до кінця п'ятого оберту після початку руху швидкість точки стала $\upsilon = 79{,}2$ *см/с*.

Відповідь: $a_\tau = 0{,}1$ *м/с*^{2}.

99. B Точка рухається по колу радіусом $R = 10$ *см* з постійним тангенціальним прискоренням a_τ. Знайти нормальне прискорення a_n точки через $t = 20$ *с* після початку руху, якщо відомо, що до кінця п'ятого оберту після початку руху лінійна швидкість точки дорівнює $\upsilon = 10$ *см/с*.

Відповідь: $a_\tau = 0{,}01$ *м/с*^{2}.

100. A Знайти кутові швидкості: 1) добового обертання Землі; 2) годинникової стрілки на годиннику; 3) хвилинної стрілки на годиннику; 4) штучного супутника Землі, що рухається по коловій орбіті з періодом обертання $T = 88$ *с;* 5) лінійну швидкість руху цього штучного супутника, якщо відомо, що його орбіта розташована на відстані $s = 200$ *км* від поверхні Землі $R_з = 6{,}37 \cdot 10^6$ м.

Відповідь: ***1) $\omega = 7{,}26 \cdot 10^{-5}$ рад/с; 2) $\omega = 14{,}5 \cdot 10^{-5}$ рад/с; 3) $\omega = 1{,}74 \cdot 10^{-3}$***

рад/с; 4) $\omega = 1{,}19 \cdot 10^{-3}$ рад/с; 5) $\upsilon = 7{,}8$ км/с.

101. А Знайти лінійну швидкість точок земної поверхні на *широті 60°*, $R_з = 6{,}37 \cdot 10^6$ м.
<u>Відповідь</u>: *$\upsilon = 21$ м/с.*

102. В З якою швидкістю повинен рухатися літак на екваторі зі сходу на захід, щоб пасажирам цього літака Сонце на небі здавалося нерухомим? $R_з = 6{,}37 \cdot 10^6$ м.
<u>Відповідь</u>: *$\upsilon = 1660$ км/год.*

103. В Два диски, розташовані на одній осі, на відстані $l = 0{,}5$ *м* один від одного, обертаються з однаковою кутовою швидкістю, що відповідає частоті $n = 1600$ *об/хв*. Куля, що летить вздовж вісі, пробиває обидва диски; при цьому отвір від кулі в другому диску зміщено щодо отвору в першому диску на кут $\varphi = 12°$. Знайти швидкість кулі.
<u>Відповідь</u>: *$\upsilon = 400$ м/с.*

104. В Знайти радіус колеса, яке рівномірно обертається, якщо відомо, що лінійна швидкість υ_1 точки, що лежить на ободі, в *2,5 рази більша* лінійної швидкості υ_2 точки, що лежить на *5 см* ближче до вісі колеса.
<u>Відповідь</u>: *$r = 8{,}33$ см.*

105. В Колесо, що обертається рівноприскорено, досягло кутової швидкості $\omega = 20$ *рад/с* через $N = 10$ *об* після початку обертання. Знайти кутове прискорення колеса.
<u>Відповідь</u>: *$\varepsilon = 3{,}2$ рад/с^2.*

106. В Махове колесо через $t = 1$ *хв* після початку обертання набуло швидкості, яка відповідає $n = 720$ *об/хв*. Знайти кутове прискорення колеса та число обертів колеса за цю хвилину. Рух вважати рівноприскореним.
<u>Відповідь</u>: *$\varepsilon = 1{,}26$ рад/с^2; $N = 360$ об.*

107. А Колесо, що обертається рівносповільнено, при гальмуванні зменшило частоту свого обертання за *1 хв* з *300 об/хв* до *180 об/хв*. Знайти кутове прискорення колеса і число обертів, зроблених ним за цей час.
<u>Відповідь</u>: *$\varepsilon = -0{,}21$ рад/с^2; $N = 240$ об.*

108. А Вентилятор обертається зі швидкістю, що відповідає частоті $n = 900$ *об/хв*. Після вимикання вентилятор, обертаючись рівносповільнено, зробив до зупинки $N = 75$ *об*. Скільки часу пройшло з моменту вимикання вентилятора до повної його зупинки?
<u>Відповідь</u>: *$t = 10$ с.*

109. A Вал обертається з постійною швидкістю, що відповідає частоті $n = 180$ *об/хв*. З деякого моменту вал гальмується і обертається рівносповільнено з кутовим прискоренням, що дорівнює $\varepsilon = 3$ *рад/с*^{2}. Через який час вал зупиниться? Скільки обертів він зробить до зупинки?
<u>Відповідь</u>: $t = 6{,}3$ с; $N = 9{,}4$ об.

110. A У першому наближенні можна вважати, що електрон в атомі водню рухається по коловій орбіті з постійною швидкістю υ. Знайти кутову швидкість обертання електрона навколо ядра і його нормальне прискорення. Радіус орбіти прийняти рівним $r=0{,}5\cdot10^{-10}$ *м*, і швидкість електрона на цій орбіті $\upsilon = 2{,}2\cdot10^{6}$ *м/с*.
<u>Відповідь</u>: $\omega = 4{,}4\cdot10^{16}$ рад/с; $a_n = 9{,}7\cdot10^{22}$ м/с^2.

111. A Колесо радіусом $R = 10$ *см* обертається з постійним кутовим прискоренням $\varepsilon = 3{,}14$ *рад/с*^{2}. Знайти для точок на ободі колеса до кінця першої секунди після початку руху: кутову швидкість ω; лінійну швидкість υ; тангенціальне прискорення a_τ; нормальне прискорення a_n; повне прискорення a; кут, між повним прискоренням та радіусом колеса α.
<u>Відповідь</u>: $\omega = 3{,}14$ рад/с; $\upsilon = 0{,}314$ м/с; $a_\tau = 0{,}314$ м/с^2; $a_n = 0{,}986$ м/с^2; $\alpha = 17°46'$.

112. C Камінь кинули з швидкістю $\upsilon_0 = 19{,}6$ *м/с* під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту. Визначити радіус кривизни його траєкторії в верхній точці та в момент падіння на землю.
<u>Відповідь</u>: $R_1 = 9{,}8$ м; $R_2 = 78$ м.

113. C Два тіла одночасно починають рухатися з однієї точки в полі сили тяжіння з однаковими швидкостями $\upsilon_0 = 2$ *м/с*. Одна із швидкостей спрямована під кутом $\alpha_1 = \pi/4$, а інша – під кутом $\alpha_2 = -\pi/4$ до горизонту. Визначити відносну швидкість цих тіл через $t = 2$ *с* після початку руху.
<u>Відповідь</u>: $\upsilon_{ВІД} \approx 2{,}8$ м/с.

114. C Камінь кинули під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту з швидкістю $\upsilon_0 = 19{,}6$ *м/с*. Визначити нормальне і тангенціальне прискорення каменя через $t = 0{,}5$ *с* після початку руху. Через який час після початку руху нормальне прискорення каменя буде максимальним?
<u>Відповідь</u>: $a_n = 6{,}2$ м/с^2; $a_\tau = 7{,}6$ м/с^2; $t = 1{,}73$ с.

115. C Точка рухається по колу радіусом $R = 2$ *см*. Залежність шляху від часу задається рівнянням $x = C\cdot t^3$, де $C = 0{,}1$ *см/с*^{3}. Знайти нормальне і тангенціальне прискорення точки в момент, коли лінійна швидкість точки дорівнює $\upsilon = 0{,}3$ *м/с*.

<u>Відповідь</u>: $a_n = 4{,}5$ м/с^2; $a_\tau = 0{,}06$ м/с^2.

116. В Точка рухається по колу так, що залежність шляху від часу задається рівнянням $s = A + B{\cdot}t + C{\cdot}t^2$, де $A = 5$ м, $B = -2$ м/с, $C = 1$ м/с^2. Знайти лінійну швидкість точки, її тангенціальне, нормальне і повне прискорення через $t = 3$ с після початку руху, якщо відомо, що нормальне прискорення точки при $t' = 2$ с дорівнює $a'_n = 0{,}5$ м/с^2.
<u>Відповідь</u>: $\upsilon = 4$ м/с; $a_n = 2$ м/с^2; $a_\tau = 2$ м/с^2; $a = 2{,}83$ м/с^2.

117. В Знайти кутове прискорення колеса, якщо відомо, що через $t = 2$ с після початку руху вектор повного прискорення точки, що лежить на ободі, складає кут $\alpha = 60°$ з напрямком лінійної швидкості цієї точки.
<u>Відповідь</u>: $\varepsilon = 0{,}43$ рад/с^2.

118. В Колесо обертається з постійним кутовим прискоренням $\varepsilon = 2$ рад/с^2. Через $t = 0{,}5$ с після початку руху повне прискорення колеса дорівнювало $a = 13{,}6$ см/с^2. Знайти радіус колеса.
<u>Відповідь</u>: $R = 6{,}1$ м.

119. В Колесо радіусом $R = 0{,}1$ м обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу задається рівнянням $\varphi = A + B{\cdot}t - C{\cdot}t^3$, де $A = 4$ рад, $B = 2$ рад/с, $C = 1$ рад/с^3. Знайти для точок, що лежать на ободі колеса, залежність від часу: кутової швидкості ω; лінійної швидкості υ; кутового прискорення ε; тангенціального прискорення a_τ; нормального прискорення a_n.
<u>Відповідь</u>: $\omega = 14$ рад/с; $\upsilon = 1{,}4$ м/с; $\varepsilon = 12$ рад/с^2; $a_\tau = 1{,}2$ м/с^2; $a_n = 19{,}6$ м/с^2.

120. В Колесо радіусом $R = 5$ см обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу задається рівнянням $\varphi = A + B{\cdot}t + C{\cdot}t^2 + D{\cdot}t^3$, де $A = 3$ рад, $B = 2$ рад/с, $C = 1$ рад/с^2, $D = 1$ рад/с^3. Знайти для точок на ободі колеса зміну тангенціального прискорення Δa_τ, за кожну секунду руху.
<u>Відповідь</u>: $\Delta a_\tau = 0{,}3$ м/с^2.

121. С Колесо радіусом $R = 10$ см обертається так, що залежність лінійної швидкості точок, що лежать на ободі колеса, від часу руху задається рівнянням $\varphi = A{\cdot}t + B{\cdot}t^2$, де $A = 3$ см/с^2, $B = 1$ см/с^3. Знайти кут між повним прискоренням та радіусом колеса в моменти часу $t = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ с після початку руху.
<u>Відповідь</u>: 1) *при $t = 0$, $tg\ \alpha = \infty$; $\alpha = 90°$ - повне прискорення спрямоване по дотичній;* 2) *при $t = 1$ с, $tg\ \alpha = 3{,}13$; $\alpha = 72°17'$;* 3) *при $t = 2$ с, $tg\ \alpha = 0{,}7$; $\alpha = 35°$;*

4) ***при t = 3 с, tg α = 0,278; α = 15°32′;*** **5)** ***при t = 4 с, tg α = 0,14; α = 7°58′;*** **6)** ***при t = 5 с, tg α = 0,081; α = 4°38′;*** **7)** ***при t = ∞, tg α = 0; α = 0° - повне прискорення спрямоване по нормалі.***

122. В Колесо обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу задається рівнянням $\varphi = A + B \cdot t + C \cdot t^2 + D \cdot t^3$, де $A = 1$ *рад*, $B = 1$ *рад/с*, $C = 1$ *рад/с*^{2}, $D = 1$ *рад/с*^{3}. Знайти радіус колеса, якщо відомо, що до кінця другої секунди руху нормальне прискорення точок, що лежать на ободі колеса, дорівнює $a_n = 346$ *м/с*^{2}.
<u>Відповідь</u>: ***R = 1,2 м.***

123. В Знайти, в скільки разів нормальне прискорення точки, що лежить на ободі колеса, яке обертається більше її тангенціального прискорення для того моменту, коли вектор повного прискорення цієї точки складає кут $\alpha = 30°$ з вектором її лінійної швидкості.
<u>Відповідь</u>: $\boldsymbol{a_n / a_\tau = 0{,}58}$.

РОЗДІЛ ІІ. ДИНАМІКА

2.1. Динаміка матеріальної точки

Імпульс (кількість руху) матеріальної точки:

$$\vec{P} = m\vec{\upsilon}.$$

Другий закон Ньютона (основне рівняння динаміки матеріальної точки) для тіл з сталою масою:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{\upsilon}}{dt} = m\frac{d^2\vec{r}^{\,2}}{dt^2}.$$

Другий закон Ньютона в загальній формі:

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}\left(m\vec{\upsilon}\right), \quad \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}.$$

Якщо на тіло діють декілька сил, то основне рівняння динаміки у векторній формі має вигляд:

$$m\vec{a} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_i.$$

У проекціях на координатні осі:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{ix}; \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{iy}; \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{iz}.$$

2.2. Пружні властивості твердих тіл. Всесвітнє тяжіння. Сили тертя

Сила пружності (закон Гука):

$$F_{пр} = -k \cdot x,$$

де **k** – коефіцієнт жорсткості, залежить від форми і розмірів тіла;
x – абсолютна деформація.

Механічна напруга при пружній деформації:

$$\sigma = \frac{F}{S},$$

де **F** – розтягуюча (стискуюча) сила;
S – площа поперечного перерізу.

Відносна повздовжня деформація:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0},$$

де $\mathbf{l_0}$ – довжина тіла до деформації;
l – довжина тіла після деформації.

Закон Гука для повздовжнього розтягу (стиску), відносна деформація прямо пропорційна механічній напрузі:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{S} \qquad \sigma = E \cdot \varepsilon .$$

Кут закручування стержня:

$$\varphi = \frac{2M \cdot l}{\pi \cdot G \cdot R^4},$$

де **M** – обертальний момент;
l – довжина стержня;
R – радіус стержня;
G – модуль зсуву.

Закон всесвітнього тяжіння:

$$F = \gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2},$$

де $\mathbf{m_1}$ і $\mathbf{m_2}$ – маси матеріальних точок;
r – відстань між ними;

$$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$$ - гравітаційна стала.

Третій закон Кеплера:

$$\frac{a_1^3}{a_2^3} = \frac{T_1^2}{T_2^2},$$

де $\mathbf{a_1}$ і $\mathbf{a_2}$ – великі півосі еліптичних орбіт планет навколо Сонця;
$\mathbf{T_1}$ і $\mathbf{T_2}$ – періоди обертання цих планет.

Сила тертя ковзання $F_{тр} = \mu \cdot N$, де μ – коефіцієнт тертя ковзання; **N** – сила нормального тиску.

Сила тертя кочення:

$$F_{тр} = \mu_{коч} \frac{N}{r},$$

де $\mu_{коч}$ - коефіцієнт тертя кочення;
r – радіус тіла, що котиться.

Координати центра мас системи матеріальних точок:

$$x_c = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i}; \quad y_c = \frac{\sum m_i \cdot y_i}{\sum m_i}; \quad z_c = \frac{\sum m_i \cdot z_i}{\sum m_i}.$$

2.3. Імпульс. Закон збереження імпульса

Закон збереження імпульсу системи (повний імпульс у замкненій системі, є величина постійна:

$$\vec{P} = \sum_{i=1}^{n} P_i = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot \vec{\upsilon}_i = const.$$

Закон зміни імпульсу системи:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F},$$

де $\vec{F}$ – результуюча всіх зовнішніх сил;

$\vec{P}$ – імпульс системи.

Швидкість руху тіл після абсолютно непружного центрального удару:

$$\upsilon = \frac{m_1\upsilon_1 + m_2\upsilon_2}{m_1 + m_2}.$$

Швидкості двох тіл масами m_1 і m_2 після абсолютно пружного центрального удару

$$\upsilon_1' = \frac{(m_1 - m_2)\upsilon_1 + 2m_2 \cdot \upsilon_2}{m_1 + m_2},$$

$$\upsilon_2' = \frac{(m_2 - m_1)\upsilon_2 + 2m_1 \cdot \upsilon_1}{m_1 + m_2},$$

де υ_1 і υ_2 - швидкості тіл до удару.

2.4. Робота, потужність, енергія

Робота постійної сили ($\vec{F} = const$):

$$A = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}, \text{ або } A = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha,$$

де $\Delta\vec{r}$ – вектор переміщенням;

α – кут між напрямком дії сили і переміщенням.

При змінній силі ($\vec{F} \neq const$) переміщення розбивають на елементарні переміщення $d\vec{r}$ такої величини, щоб в його межах силу можна вважати постійною. Тоді елементарна робота: $dA = \vec{F}\,d\vec{r}$.

Повна робота, яка виконується змінною силою при переміщенні точки з положення 1 в положення 2:

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F}\, d\vec{r} = \int_1^2 F \cos\alpha \; dr.$$

Середня потужність сили $\vec{F}$:

$$\langle N \rangle = \frac{\Delta A}{\Delta t}.$$

Миттєва потужність:

$$N = \frac{dA}{dt} \text{ або } N = \vec{F} \cdot \vec{\upsilon} = F \cdot \upsilon \cdot \cos\alpha.$$

Кінетична енергія матеріальної точки або тіла, що рухається поступально:

$$T = \frac{m \cdot \upsilon^2}{2}, \text{ або } T = \frac{P^2}{2m}.$$

Приріст кінетичної енергії:

$$T_2 - T_1 = A, \text{ або } \frac{m \cdot \upsilon_2^2}{2} - \frac{m \cdot \upsilon_1^2}{2} = A.$$

Потенціальна енергія пружно деформованого тіла (стиснутої або розтягнутої пружини):

$$\Pi = \frac{1}{2} k \cdot x^2.$$

Потенціальна енергія гравітаційної взаємодії двох матеріальних точок (або тіл) масами m_1 і m_2, що знаходяться на відстані r одна від одної:

$$\Pi = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r}.$$

Потенціальна енергія тіла, що знаходиться поблизу поверхні Землі ($h << R_3$):

$$\Pi = m \cdot g \cdot h.$$

Зменшення потенціальної енергії матеріальної точки дорівнює роботі сил поля:

$$\Pi_1 - \Pi_2 = A.$$

2.5. Механіка твердого тіла

Момент інерції матеріальної точки:

$$I = m r^2,$$

де **m** – маса точки;

r – відстань від точки до вісі обертання.

Момент інерції системи матеріальних точок:

$$\mathbf{I = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot r_i^2},$$

де $\mathbf{r_i}$ – відстань від матеріальної точки m_i до осі обертання.

У випадку неперервного розподілу маси:

$$\mathbf{I = \int r^2 dm}.$$

Момент інерції тіл правильної геометричної форми:

1) однорідної кулі масою **m** і радіусом **R** відносно осі, що збігається з діаметром:

$$\mathbf{I = \frac{2}{5} m \cdot R^2};$$

2) однорідного стержня довжиною **l** і масою **m** відносно осі, що проходить через центр мас перпендикулярно до осі стержня:

$$\mathbf{I = \frac{1}{12} m \cdot l^2};$$

3) однорідного диска (циліндра) радіуса **R** і масою **m** відносно осі, що збігається з віссю диска:

$$\mathbf{I = \frac{1}{2} m \cdot R^2};$$

4) тонкостінного кільця (труби) радіуса **R** відносно осі, що збігається з віссю кільця (труби):

$$\mathbf{I = m \cdot R^2}.$$

Момент інерції тіла **I** відносно будь-якої осі, що не проходить через центр мас тіла визначається за теоремою Штейнера:

$$\mathbf{I = I_0 + m \cdot a^2},$$

де $\mathbf{I_0}$ - момент інерції тіла відносно осі, яка паралельна даній і проведена через центр мас тіла;

a – відстань між осями.

Момент сили відносно нерухомої точки:

$$\vec{\mathbf{M}} = \left[\vec{\mathbf{r}} \cdot \vec{\mathbf{F}} \right].$$

де $\vec{\mathbf{r}}$ – радіус-вектор, проведений із цієї точки в точку прикладання сили $\vec{\mathbf{F}}$.

Модуль моменту сили:

$$\mathbf{M = F \cdot r \cdot \sin\alpha = F \cdot l},$$

де **l** – плече сили (найкоротша відстань між лінією дії сили і віссю обертання).

Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла відносно нерухомої осі:

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}; \quad M_z = I_z \frac{d\omega}{dt} = I_z \cdot \varepsilon \text{ (якщо I=const)},$$

де **M** – момент сили, що діє на тіло протягом часу **d t**;

У випадку постійного моменту інерції:

$$M = I \cdot \varepsilon,$$

де ε – кутове прискорення.

Момент імпульсу матеріальної точки відносно деякого центру **O:**

$$\vec{L} = \left[\vec{r}, \vec{p}\right] = m\left[\vec{r}, \vec{\upsilon}\right],$$

де $\vec{r}$ – радіус вектор, проведений з центру **O** до матеріальної точки; $\vec{p} = m \cdot \vec{\upsilon}$ – імпульс матеріальної точки.

Момент імпульсу системи абсолютно твердого тіла:

$$L_z = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot \left[\vec{\upsilon}_i \cdot \vec{r}_i\right] = I_z \cdot \vec{\omega}.$$

Закон зміни моменту імпульсу системи:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M},$$

де $\vec{M}$ – сумарний момент всіх зовнішніх сил.

Закон збереження моменту імпульсу замкнутої системи матеріальних точок:

$$\vec{L} = \sum_{i=1}^{n} \vec{L}_i = const.$$

Робота зовнішніх сил при повороті твердого тіла на кут φ:

$$A = M\varphi \cdot \cos\alpha.$$

У випадку, коли момент зовнішніх сил не постійний:

$$A = \int_0^{\varphi} M \, d\varphi.$$

Кінетична енергія тіла, що обертається навколо нерухомої осі з кутовою швидкістю ω:

$$T_{об} = \frac{I \cdot \omega^2}{2}.$$

Якщо тіло одночасно перебуває у поступальному і обертальному рухах, то його кінетична енергія:

$$\mathbf{T = T_{пост} + T_{об} = \frac{1}{2} m \cdot \upsilon^2 + \frac{1}{2} I \cdot \omega^2}.$$

Робота при обертанні тіла і зміна його кінетичної енергії зв'язані співвідношенням:

$$\mathbf{A = \frac{1}{2} J \cdot \omega_2^2 - \frac{1}{2} I \cdot \omega_1^2}.$$

Миттєва потужність при обертанні тіла:

$$\mathbf{N = M \cdot \omega}.$$

Задачі до розділу „Динаміка"

124. А Якої ваги баласт треба скинути з аеростата, що опускається рівномірно, щоб він почав рівномірно підніматися з тією ж швидкістю? Вага аеростата з баластом *P = 1600 Н*, піднімальна сила аеростата *F = 1200 Н*. Силу опору повітря вважати однаковою при підійманні і при опусканні.
Відповідь: ***P_2 = 7,85 кН.***

125. А До нитки підвішений вантаж *P = 1 Н*. Знайти натяг нитки, якщо нитку з вантажем: 1) піднімати з прискоренням $a = 5$ *м/с*^{2}, 2) опускати з тим же прискоренням $a = 5$ *м/с*^{2}.
Відповідь: **1) *T_1 = 14,8 Н;* 2) *T_2 = 4,8 Н.***

126. А Сталевий дріт певного діаметра витримує навантаження до $P_{max} = 4400$ *Н*. З яким найбільшим прискоренням можна піднімати вантаж вагою *P = 3900 Н*, підвішений на цьому дроті, щоб дріт при цьому не розірвався?
Відповідь: ***a = 1,23 м/с*^{2}.**

127. А Вага ліфта з пасажирами дорівнює *800 Н*. Знайти, з яким прискоренням і в якому напрямку рухається ліфт, якщо відомо, що натяг троса, що підтримує ліфт, дорівнює: 1) *1200 Н*; 2) *600 Н*.
Відповідь: **1) *a = 4,9 м/с*^{2} *(ліфт підіймається);* 2) *a = 2,45 м/с*^{2} *(ліфт опускається).***

128. А До нитки підвішена гиря. Якщо піднімати цю гирю з прискоренням $a_1 = 2$ *м/с*^{2}, то натяг *T* нитки буде вдвічі меншим такого натягу, при якому нитка розривається. З яким прискоренням a_2 треба піднімати цю гирю, щоб нитка розірвалася?
Відповідь: ***a_2 = 13,8 м/с*^{2}.**

129. А Повітряна куля масою *M,* на яку діє сила Архімеда F_A, опускається з постійною швидкістю. Скільки баласту треба викинути, щоб куля почала підніматися з тією же швидкістю?

<u>Відповідь</u>: $\mathbf{m = 2 \cdot \left(M - \frac{F_A}{g} \right)}$

130. В Повітряна куля об'ємом $V = 600\ м^3$ знаходиться в рівновазі. Скільки баласту потрібно викинути за борт, щоб куля почала підніматися з прискоренням $a = 0{,}1\ м/с^2$. Густина повітря $\rho = 1{,}29\ кг/м^3$. Силою опору повітря знехтувати.
<u>Відповідь</u>: $\Delta m = 7{,}8\ кг.$

131. В Через скільки секунд тіло, підкинуте вертикально вгору зі швидкістю $\upsilon = 44{,}8\ м/с$, впало на землю, якщо сила опору повітря не залежала від швидкості і складала в середньому 1/7 сили ваги?
<u>Відповідь</u>: $t = 8{,}6\ с.$

132. А Шахтна клітка масою $m = 3000\ кг$ піднімається на тросі з прискоренням $a = 0{,}49\ м/с$. Знайти натяг тросу.
<u>Відповідь</u>: $T = 30{,}9\ кН.$

133. А При якому прискоренні розірветься трос підіймаючи вантаж масою $m = 500\ кг$, якщо межа міцності троса дорівнює $F = 15\ кН$?
<u>Відповідь</u>: $a = 20\ м/с.$

134. А Порожній автомобіль масою $m = 4000\ кг$ почав рух із прискоренням $a_1 = 0{,}3\ м/с^2$. Яка маса вантажу, прийнятого автомобілем, якщо при тій же силі тяги він рушає з місця з прискоренням $a_2 = 0{,}2\ м/с^2$.
<u>Відповідь</u>: $m_2 = 2000\ кг.$

135. А На шнурі, який перекинуто через нерухомий блок, знаходяться вантажі масами $m_1 = 0{,}3\ кг$, $m_2 = 0{,}2\ кг$. З яким прискоренням рухаються вантажі ?
<u>Відповідь</u>: $a = 2\ м/с^2.$

136. В Дві гирі масами $m_1 = 7\ кг$, $m_2 = 10\ кг$ висять на кінцях нитки, перекинутої через блок. Гирі спочатку знаходяться на одній висоті. Через який час після початку руху відстань між ними буде рівна $l = 10\ см$?
<u>Відповідь</u>: $t = 0{,}24\ с.$

137. В Автомобіль вагою в $P = 10^4\ Н$ зупиняється при гальмуванні за $t = 5\ с$, пройшовши при цьому рівноуповільнено відстань $s = 25\ м$. Знайти: 1) початкову швидкість автомобіля, 2) силу гальмування.
<u>Відповідь</u>: $\upsilon_0 = 10\ м/с;\ F_г = 2040\ Н.$

138. В Потяг масою $m = 5 \cdot 10^5$ *кг* рухається рівноуповільнено при гальмуванні; при цьому швидкість його зменшується протягом $t = 1$ *хв* від $\upsilon_1 = 40$ *км/год* до $\upsilon_2 = 28$ *км/год*. Знайти силу гальмування.
<u>Відповідь</u>: $F = 2{,}77 \cdot 10^4$ Н.

139. В Вагон вагою $P = 1{,}96 \cdot 10^5$ *Н* рухається з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 54$ *км/год*. Визначити середню силу, що діє на вагон, якщо відомо, що вагон зупиняється протягом: 1) $t_1 = 100$ *с*, 2) $t_2 = 10$ *с*, 3) $t_3 = 1$ *с*.
<u>Відповідь</u>: 1) $\langle F_1 \rangle = 3 \cdot 10^3$ Н; 2) $\langle F_2 \rangle = 3 \cdot 10^4$ Н; 1) $\langle F_3 \rangle = 3 \cdot 10^5$ Н.

140. В Яку силу треба прикласти до вагона, що стоїть на рейках, щоб вагон став рухатися рівноприскорено і за час $t = 30$ *с* пройшов шлях $s = 11$ *м* ? Вага вагона $P = 1{,}6 \cdot 10^4$ *Н*. Під час руху на вагон діє сила тертя, що дорівнює *0,05* ваги вагона.
<u>Відповідь</u>: $F = 8200$ Н.

141. В Потяг вагою $P = 4{,}9 \cdot 10^6$ *Н* після припинення тяги паровоза під дією сили тертя в $F_{тр} = 9{,}8 \cdot 10^4$ *Н* зупиняється через $t = 60$ *с*. З якою швидкістю рухався потяг?
<u>Відповідь</u>: $\upsilon_0 = 11{,}75$ м/с.

142. В Вагон масою $m = 2 \cdot 10^4$ *кг* гальмується з постійним прискоренням $a = 0{,}3$ *м/с*^{2}. Початкова швидкість вагону дорівнює $\upsilon_0 = 54$ *км/год*. 1) Яка сила гальмування діє на вагон? 2) Через який час вагон зупиниться ? 3) Яку відстань вагон пройде до зупинки ?
<u>Відповідь</u>: 1) $F = 6000$ Н; 2) $t = 50$ с; 3) $s = 375$ м.

143. С Два тіла однакової маси $m = 1$ *кг* з'єднані невагомою пружиною, жорсткість якої $k = 200$ *Н/м*. Тіла знаходяться на абсолютно гладкій горизонтальній поверхні. До одного з тіл прикладена горизонтальна сила $F = 20$ *Н*. Визначити подовження пружини при русі тіл з постійним однаковим прискоренням.
<u>Відповідь</u>: $x = 0{,}05$ м.

144. В Автомобіль масою *1 т* з потужним двигуном, рушаючи з місця, за $t = 5$ *с* набирає швидкість $\upsilon = 72$ *км/год.* Знайти силу тяги двигуна, якщо коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}4$.
<u>Відповідь</u>: $F_т = 8$ кН.

145. В Шайба, що ковзає по льоду, зупинилася через $t = 5$ *с* після удару об ключку на відстані $l = 20$ *м* від місця удару. Маса шайби $m = 0{,}1$ *кг.*

Визначити діючу на шайбу силу тертя.
Відповідь: ***F = 0,16 Н.***

146. В На обмерзлій ділянці шосе коефіцієнт тертя між колесами і дорогою в 10 разів менший, ніж на необмерзлій. В скільки разів потрібно зменшити швидкість автомобіля, щоб на обмерзлій ділянці шосе гальмовий шлях залишився незмінним?
Відповідь: ***в*** $\sqrt{10}$ ***разів.***

147. С Вантаж масою $m = 100$ *кг* підвішений на двох тросах однакової довжини так, що кут між тросами $\alpha = 120°$. Раптово один трос обривається. На яку граничну силу натягу повинен бути розрахований другий трос, щоб він не обірвався?
Відповідь: $F_н \approx 19{,}6$ ***кН.***

148. В Брусок масою $m = 3$ *кг* за допомогою пружини тягнуть рівномірно по дошці, яка розташована горизонтально. Яка жорсткість пружини, якщо вона подовжилася при цьому на $l = 5$ *см*. Коефіцієнт тертя бруска по площині $\mu = 0{,}25$.
Відповідь: ***k = 150 Н/м.***

149. В Тіло масою *0,5 кг* рухається прямолінійно, причому залежність пройденого тілом шляху *s* від часу *t* задається рівнянням $s = A - Bt + Ct^2 - Dt^3$, де $A = 2$ *м*, $B = 3$ *м/с*, $C = 5$ *м/с*^{2}, $D = 1$ *м/с*^{3}. Знайти величину сили, що діє на тіло наприкінці першої секунди руху.
Відповідь: ***F = 2 Н.***

150. В Під дією постійної сили $F = 1$ *Н* тіло рухається прямолінійно так, що залежність пройденої тілом відстані *s* від часу *t* задається рівнянням $s = A - Bt + Ct^2$, де $A = 5$ *м*, $B = 2$ *м/с*, $C = 1$ *м/с*^{2}. Знайти масу тіла.
Відповідь: ***m = 4,9 кг.***

151. В Тіло рухається так, що залежність пройденого тілом шляху *s* від часу руху *t* задається рівнянням $s = 4 \sin \omega t$, де *A* та ω – деякі сталі. Знайти залежність сили *F*, що діє на тіло, від часу *t*. Маса тіла постійна і дорівнює *m*.
Відповідь: $F = -4m \cdot \omega^2 \sin \omega t$.

152. А Молекула масою $m = 4{,}65 \cdot 10^{-26}$ *кг*, що летить нормально до стінки посудини зі швидкістю $\upsilon = 600$ *м/с*, вдаряється об стінку і пружно відскакує від неї без втрати швидкості. Знайти імпульс сили, отриманий

стінкою за час удару.
Відповідь: $F\Delta t = 5{,}6\cdot 10^{-23}$ *Н·с.*

153. A Молекула попередньої задачі вдаряється об стінку посудини під кутом *60°* до нормалі і під таким же кутом пружно відскакує від неї без втрати швидкості. Знайти імпульс сили, отриманий стінкою за час удару.
Відповідь: $F\Delta t = 2{,}8\cdot 10^{-23}$ *Н·с.*

154. C Пластмасова кулька вагою $P = 0{,}1$ *Н*, падаючи вертикально з певної висоти, вдаряється об похилу площину і пружно відскакує від неї без втрати швидкості. Кут нахилу площини до горизонту дорівнює $\alpha = 30°$. Імпульс сили, отриманий площиною за час удару, дорівнює $F\,\Delta t = 1{,}73$ *Н·с*. Скільки часу пройде від моменту удару кульки об площину до моменту, коли вона буде знаходитися в найвищій точці траєкторії?
Відповідь: ***t = 0,51 с.***

155. C Струмінь води перетином $S = 6$ *см*^{2} вдаряється об стінку під кутом $\alpha = 60°$ до нормалі і пружно відскакує від стінки без втрати швидкості. Знайти силу, що діє на стінку, якщо відомо, що швидкість руху води в струмені $\upsilon = 11$ *м/с*.
Вказівка. Врахувати, що за час t об стінку вдаряється маса води, що знаходиться в циліндрі довжиною $l = \upsilon\cdot t$ і поперечним перерізом S, тобто $m = \rho\cdot S\cdot\upsilon\cdot t$, де ρ – густина води.
Відповідь: ***F = 86 Н.***

156. C Трамвай рухається з постійним прискоренням $a = 0{,}5$ *м/с*^{2}. Через $t = 12$ *с* після початку руху двигун трамвая виключається і трамвай рухається до зупинки рівноуповільнено. На протязі усього шляху руху трамвая коефіцієнт тертя дорівнює $k = 0{,}01$. Знайти: 1) найбільшу швидкість руху трамвая, 2) загальну тривалість руху, 3) від‘ємне прискорення трамвая при рівноуповільненому русі, 4) загальну відстань, що пройшов трамвай.
Відповідь: **1)** $\upsilon_{max} = 21{,}6$ ***км/год;*** **2)** ***t = 73 с;*** **3)** $a = -0{,}098$ ***м/с***^{2}***;*** **4)** ***s = 218 м.***

157. B Автомобіль важить $P = 9{,}8\cdot 10^3$ *Н*. Під час руху на автомобіль діє сила тертя, що дорівнює *0,1* його ваги. Чому повинна дорівнювати сила тяги, що розвивається двигуном автомобіля, щоб автомобіль рухався: 1) рівномірно, 2) з прискоренням $a = 2$ *м/с*^{2}?
Відповідь: **1)** $F_1 = 980$ ***Н;*** **2)** $F_2 = 3000$ ***Н.***

158. B Який кут α з горизонтом складає поверхня бензину в баці автомобіля, що рухається горизонтально з постійним прискоренням $a = 2{,}44$ *м/с*^{2}?

Вказівка. Врахувати, що рівнодіюча сили тяжіння і сили інерції повинна бути перпендикулярна поверхні рідини.
Відповідь: $\alpha = 14°$.

159. В До стелі трамвайного вагона підвішена на нитці куля. Швидкість вагона рівномірно змінюється за час $\Delta t = 3$ *с* від $\upsilon_1 = 18$ *км/год* до $\upsilon_2 = 6$ *км/год*. На який кут α відхилиться при цьому нитка з кулею?
Відповідь: $\alpha = 6°30'$.

160. С Швидкість залізничного вагона рівномірно змінюється за час $\Delta t = 3{,}3$ *с* від $\upsilon_1 = 47{,}5$ *км/год* до $\upsilon_2 = 30$ *км/год*. При якому граничному значенні коефіцієнта тертя між валізою і полицею, валіза при гальмуванні починає рухатися по полиці?
Відповідь: $k = 0{,}15$.

161. В Канат лежить на столі так, що частина його звішується зі столу, і починає ковзати тоді, коли довжина частини, що звішується, складає *25%* його загальної довжини. Чому дорівнює коефіцієнт тертя каната при русі каната по столу?
Відповідь: $k = 0{,}33$.

162. В Автомобіль важить $P = 10^3$ *Н*. Під час руху на автомобіль діє сила тертя, що дорівнює *0,1* його ваги. Знайти силу тяги, що розвиває двигун автомобіля, якщо автомобіль рухається з постійною швидкістю: 1) в гору з ухилом $h = 1$ *м* на кожні $s = 25$ *м* шляху, 2) під гору з тим же ухилом.
Відповідь: **1)** $F_1 = 1370$ *Н*; **2)** $F_2 = 590$ *Н*.

163. В Знайти силу тяги, що розвиває двигун автомобіля, який рухається вгору з прискоренням $a = 1$ *м/с*^{2}. Ухил гори $h = 1$ *м* на кожні $s = 25$ *м* шляху. Вага автомобіля $P = 9{,}8 \cdot 10^3$ *Н*. Коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}1$.
Відповідь: $F = 2370$ *Н*.

164. В Тіло лежить на похилій площині, що складає з горизонтом кут $\alpha = 4°$. 1) При якому граничному значенні коефіцієнта тертя тіло почне рухатися по похилій площині ? 2) З яким прискоренням буде рухатися тіло по площині, якщо коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}03$? 3) Скільки часу буде потрібно для проходження при цих умовах шляху $s = 100$ *м* ? 4) Яку швидкість тіло буде мати наприкінці цього шляху ?
Відповідь: **1)** $k \le 0{,}07$; **2)** $a = 0{,}39$ *м/с*^{2}; **3)** $t = 22{,}7$ *с*; **4)** $\upsilon = 8{,}85$ *м/с*.

165. В Тіло ковзає по похилій площині, що складає з горизонтом кут $\alpha = 45°$. Пройшовши відстань $s = 36{,}4$ *см*, тіло набуває швидкості $\upsilon = 2$ *м/с*. Чому

дорівнює коефіцієнт тертя при русі тіла по площині?
Відповідь: ***k = 0,2.***

166. B Тіло ковзає по похилій площині, що складає з горизонтом кут $\alpha = 45°$. Залежність пройденого тілом шляху s від часу t задається рівнянням $s = C \cdot t^2$, де $C = 1{,}73$ *м/с*^{2}. Знайти коефіцієнт тертя при русі тіла по площині.
Відповідь: ***k = 0,5.***

167. C На кінцях мотузки довжиною $l = 12$ *м* і масою $m = 6$ *кг* закріплено два вантажі, масами $m_1 = 2$ *кг* і $m_2 = 12$ *кг*. Мотузка перекинута через нерухомий блок і починає ковзати по ньому без тертя. Який натяг мотузки в той момент, коли довжина її по одну сторону блоку досягне $h = 8$ *м*?
Відповідь: ***T = 59 Н.***

168. B Дві гирі масами $m_1 = 7$ *кг* і $m_2 = 11$ *кг* висять на кінцях нитки, яка перекинута через нерухомий блок. Спочатку гирі знаходяться на одній висоті. Через який час після початку руху гиря масою m_1 стане на $h = 10$ *см* вище гирі масою m_2 ? Масами блоку і нитки, а також опором повітря знехтувати.
Відповідь: ***t = 0,21 с.***

169. B На кінцях нитки, яка перекинута через нерухомий блок, на висоті $H = 2$ *м* від підлоги висять два вантажі масами $m_1 = 100$ *кг* і $m_2 = 0{,}2$ *кг*. У початковий момент вантажі нерухомі. Визначити натяг нитки при русі вантажів і час, за який вантаж масою m_2 досягне підлоги. Маси блоку і нитки не враховувати.
Відповідь: ***T = 1,31 Н; t = 1,11 с.***

170. C На кінцях нитки, яка перекинута через блок, що підвішений до стелі, висять два вантажі однакової маси. Після того як на правий вантаж поклали ще один вантаж масою $m_д = 4$ *кг*, вантажі стали рухатися з прискоренням $a = 0{,}25 \cdot g$. Знайти початкову масу вантажу, а також силу натягу нитки при русі. Масами блоку, нитки і тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: ***m = 6 кг; T = 73,5 Н.***

171. C Невелике тіло запустили знизу вгору по похилій площині, що становить кут α з горизонтом. Час спуску тіла виявився *в n разів більшим* часу підйому. Чому дорівнює коефіцієнт тертя?
Відповідь: $\mu = \dfrac{n^2 - 1}{n^2 + 1} \operatorname{tg}\alpha$.

172. С За який час тіло опуститься з вершини похилої площини висотою $h = 2$ *м* і кутом при основі $\alpha = 45°$, якщо граничний кут, при якому тіло може знаходитися в стані спокою на цій площині, $\beta = 30°$?
Відповідь: ***t = 1,4 с.***

173. С Санки можна утримати на крижаній гірці з ухилом $h / l = 0,2$ силою, не менше $P = 49$ *Н*. Щоб тягти санки на гірку рівномірно, силу тяги потрібно збільшити на *9,8 Н*. З яким прискоренням будуть рухатися санки, якщо їх відпустити з гірки?
Відповідь: ***a = 1,78 м/с²***.

174. В Вантаж масою $m = 20$ *кг* рухається вгору по похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 30°$; коефіцієнт тертя $\mu = 0,05$. До вантажу паралельно основі площини прикладена сила $F = 500$ *Н*. Знайти прискорення з яким рухається вантаж.
Відповідь: ***a = 15,7 м/с²***.

175. В Обчислити мінімальний час підняття вантажу на висоту $h = 4$ *м* , якщо кут нахилу транспортера $\alpha = 20°$, а коефіцієнт тертя між вантажем і срічкою $\mu = 0,5$.
Відповідь: ***t ≈ 4,3 с.***

176. С Крижана гора складає з горизонтом кут $\alpha = 30°$. З деякої точки по ній знизу вгору рухається тіло з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 10$ *м/с*. Коефіцієнт тертя ковзання $\mu = 0,1$. Визначити швидкість тіла при його поверненні в ту ж точку і висоту підняття тіла.
Відповідь: ***υ = 8,35 м/с; h = 4,35 м.***

177. С Крижана гора складає з горизонтом кут $\alpha = 10°$. По ній пускають вгору камінь, який, піднявшись на певну висоту, зісковзує тим же шляхом вниз. Який коефіцієнт тертя, якщо час спуску *в 2 рази більший* за час підйому?
Відповідь: ***μ = 0,1.***

178. А Кулька масою $m = 0,1$ *кг* вільно впала на горизонтальну площадку і на момент удару мала швидкість $\upsilon = 10$ *м/с*. Знайти зміну імпульсу кульки при абсолютно пружному і непружному ударах.
Відповідь: ***Δp₁ = 2 кг·м/с; Δp₂ = 1 кг·м/с.***

179. А М'яч масою $m = 0,5$ *кг* після удару, що триває $t = 0,02$ *с*, має швидкість $\upsilon = 10$ *м/с*. Знайти середню силу удару.
Відповідь: ***F = 250 Н.***

180. A На нерухому кулю налітає із швидкістю $\upsilon = 5$ *м/с* інша куля масою $m = 0{,}25$ *кг* і зупиняється. Знайти середню силу взаємодії куль, якщо час зіткнення $t = 0{,}015$ *с*.
Відповідь: ***F = 83,3 Н.***

181. C Аеростат починає підніматися з землі вертикально вгору з прискоренням $a = 2$ *м/с*^{2}. Через $t = 5$ *с* від початку руху з аеростату випав предмет. Через який час він приземлиться?
Відповідь: ***t = 3,5 с.***

182. B Вгору по гладкій площині з кутом нахилу до горизонту $\alpha = 30°$ рухається без тертя тіло. Початкова швидкість тіла $\upsilon_0 = 4{,}0$ *м/с*. Знайти величину переміщення і пройдений шлях через $t = 1{,}5$ *с* від початку руху.
Відповідь: ***l = 0,5 м; s = 2,8 м.***

183. C По похилій дошці пустили знизу вгору кульку. На відстані $s = 30$ *см* від початку шляху кулька побувала двічі: через $t_1 = 1$ *с*, $t_2 = 2$ *с* після початку руху. Знайти мінімальну можливу довжину дошки.
Відповідь: ***l = 34 см.***

184. A Дві гирі вагою $P_1 = 2$ *Н*, $P_2 = 1$ *Н* з'єднані ниткою, яка перекинута через невагомий блок. Знайти: 1) прискорення з яким рухаються гирі, 2) натяг нитки. Тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: **1)** ***a = 3,27 м/с²;*** **2)** ***T₁ = T₂ = 13 Н.***

185. B Невагомий блок укріплений на кінці столу (рис.5). Гирі *A* і *B* рівної ваги $P_1 = P_2 = 1$ *Н* з'єднані ниткою перекинутою через блок. Коефіцієнт тертя гирі *B* об стіл $k = 0{,}1$. Знайти: 1) прискорення, з яким рухаються гирі, 2) натяг нитки. Тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: **1)** ***a = 4,4 м/с²;*** **2)** ***T₁ = T₂ = 5,4 Н.***

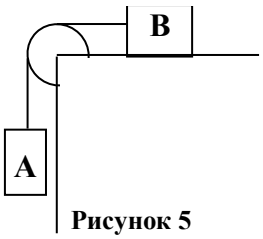

Рисунок 5

186. B Невагомий блок закріплено на вершині похилої площини (рис.6), що складає з горизонтом кут $\alpha = 30°$. Гирі *A* і *B* рівної ваги $P_1 = P_2 = 1$ *Н* з'єднані ниткою перекинуто через блок. Знайти: 1) прискорення з яким рухаються гирі, 2) натяг нитки. Тертям у блоці, а також тертям гирі *B* при русі по площині знехтувати.
Відповідь: **1)** ***a = 2,45 м/с²;*** **2)** ***T₁ = T₂ = 7,35 Н.***

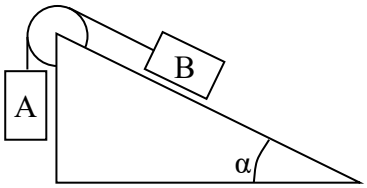

Рисунок 6

187. Розв’язати попередню задачу за умови, що коефіцієнт тертя гирі *B* при
B русі по площині дорівнює $k = 0,1$. Тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: **1)** $a = 2,02$ **м/с²; 2)** $T_1 = T_2 = 7,77$ **Н.**

188. Невагомий блок закріплено на вершині двох похилих
B площин, що складають з горизонтом кути $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$ (рис.7). Гирі *A* і *B* рівної ваги $P_1 = P_2 = 1$ *Н* з'єднані ниткою, яка перекинута через блок. Знайти:
1) прискорення, з яким рухаються гирі,
2) натяг нитки. Тертям гир *A* і *B* при русі по площині, а також тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: **1)** $a = 1,02$ **м/с²; 2)** $T_1 = T_2 = 5,9$ **Н.**

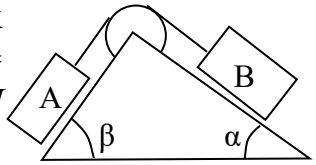

Рисунок 7

189. Розв’язати попередню задачу за умови, що коефіцієнти тертя при русі гир
B *A* і *B* $k_1 = k_2 = 0,1$. Тертям у блоці знехтувати.
Відповідь: **1)** $a = 0,244$ **м/с²; 2)** $T_1 = T_2 = 6,0$ **Н.**

190. Два тіла зв'язані легкою ниткою, яка перекинута через невагомий блок,
B що встановлений на похилій площині, рис.6. Знайти прискорення, з яким будуть рухатися ці тіла. Тертям знехтувати. Маси тіл відповідно $m_A = 10$ *г*, $m_B = 15$ *г*. Похила площина складає з горизонтом кут $\alpha = 30°$.
Відповідь: $a = 0,98$ **м/с²**.

191. Маса вантажу $m_1 = 1$ *кг*, кути $\alpha = 30°$ і $\beta = 64°$
B (рис.8). Якою повинна бути маса m_2, щоб вантажі рухалися з прискоренням $a = 4,9$ *м/с*. Нитка нерозтяжна. Тертям знехтувати.
Відповідь: $m_2 \approx 2,5$ **кг.**

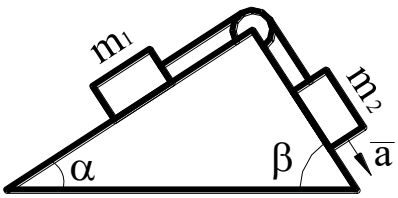

Рисунок 8

192. Два тіла масами $m_1 = 4$ *кг* і $m_2 = 8$ *кг* зв'язані ниткою і зісковзують по
C похилій площині, що утворює з горизонтом кут $\alpha = 30°$. Коефіцієнт тертя між похилою площиною і першим тілом $\mu_1 = 0,1$, а між похилою площиною і другим тілом $\mu_2 = 0,2$. Яка сила натягу нитки.
Відповідь: $T = 2,3$ **Н.**

193. При вертикальному підйомі вантажу вагою $P = 2$ *Н* на висоту $h = 1$ *м*
C постійною силою *F* була виконана робота $A = 78,5$ *Дж*. З яким прискоренням піднімали вантаж?
Відповідь: $a = 29,4$ **м/с².**

194. Літак підіймається рівноприскорено і на висоті $h = 5$ *км* досягає

В швидкості $\upsilon = 360$ *км/год*. У скільки разів робота, що виконується літаком при його підйомі проти сили тяжіння, більше роботи, що йде на збільшення швидкості літака?
Відповідь: $A_p/A_ш = 10$.

195. В Яку роботу потрібно виконати, щоб змусити тіло, що рухається: 1) збільшити свою швидкість від $\upsilon_1 = 2$ *м/с* до $\upsilon_2 = 5$ *м/с*, 2) зупинитися при початковій швидкості в $\upsilon_0 = 8$ *м/с*? Маса тіла $m = 2$ *кг*.
Відповідь: **1)** $A_1 = 21$ *Дж;* **2)** $A_2 = 64$ *Дж.*

196. В М'яч, що летить зі швидкістю $\upsilon_1 = 15$ *м/с*, відкидається ударом ракетки в протилежному напрямку зі швидкістю $\upsilon_2 = 20$ *м/с*. Знайти, чому дорівнює зміна імпульсу м'яча, якщо відомо, що зміна його кінетичної енергії при цьому дорівнює $\Delta W = 8{,}75$ *Дж*.
Відповідь: $\Delta P = -3{,}5$ *кг·м/с.*

197. В Камінь, пущений по поверхні льоду зі швидкістю $\upsilon = 2$ *м/с*, пройшов до повної зупинки відстань $s = 20{,}4$ *м*. Знайти коефіцієнт тертя каменя по льоду, вважаючи його постійним.
Відповідь: $k = 0{,}01$.

198. В Вагон вагою в $P = 20$ *кН*, що рухається рівноуповільнено під дією сили тертя в $F_{тр} = 6$ *кН*, через певний час зупиняється. Початкова швидкість вагона дорівнює $\upsilon_0 = 54$ *км/год*. Знайти: 1) роботу сил тертя, 2) відстань, яку вагон пройде до зупинки.
Відповідь: **1)** $A = 2{,}25 \cdot 10^6$ *Дж;* **2)** $s = 375$ *м.*

199. В Шофер автомобіля починає гальмувати на відстані $s = 25$ *м* від перешкоди на дорозі. Силу тертя в гальмових колодках автомобіля прийняти рівною $F_{тр} = 3{,}84$ *кН*. Вага автомобіля $P = 1$ *кН*. При якій граничній швидкості руху автомобіль встигне зупинитися перед перешкодою?
Відповідь: $\upsilon \leq 50$ *км/год.*

200. С Трамвай рухається з прискоренням $a = 0{,}49$ *м/с*^{2}. Знайти коефіцієнт тертя, якщо відомо, що *50%* потужності двигуна йде на подолання сил тертя, *50%* – на збільшення швидкості руху.
Відповідь: $k = 0{,}05$.

201. В Знайти роботу, яку потрібно виконати, щоб збільшити швидкість руху тіла від $\upsilon_1 = 2$ *м/с* до $\upsilon_2 = 6$ *м/с* на шляху в $s = 10$ *м*. На всьому шляху діє постійна сила тертя, що дорівнює $F_{тр} = 0{,}2$ *Н*. Маса тіла $m = 1$ *кг*.

Відповідь: ***A = 35,6 Дж.***

202. A При розтягуванні пружини на $s_1 = 4$ *мм* виконується робота $A_1 = 0,02$ *Дж*. Яку роботу потрібно виконати, щоб розтягнути пружину на $s_2 = 4$ *см* ?
Відповідь: $A_2 = 2$ ***Дж.***

203. B Потяг масою $m = 2 \cdot 10^6$ *кг*, що рухається з швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год*, почав гальмувати і зупинився, пройшовши після початку гальмування $l = 360$ *м*. Знайти середню силу гальмування.
Відповідь: $F = 2,6 \cdot 10^5$ ***Н.***

204. B Хлопчик масою $m = 50$ *кг*, з‘їхавши на санках з гірки, проїхав по горизонтальній дорозі до зупинки $s = 20$ *м* за $t = 10$ *с*. Знайти силу тертя і коефіцієнт тертя.
Відповідь: $F = 20$ ***Н***; $\mu = 0,04$.

205. A Автомобіль масою $m = 10^4$ *кг* рухається під кутом $\alpha = 4°$ до горизонту. Знайти роботу сили тяжіння на шляху $l = 100$ *м*.
Відповідь: $A = \pm 700$ ***кДж.***

206. B Парашутист масою $m = 80$ *кг* пролетівши до розкриття парашута $s = 200$ *м*, набув швидкості $\upsilon = 50$ *м/с*. Знайти роботу сили опору повітря на цьому шляху.
Відповідь: $A = -60$ ***кДж.***

207. B Тіло кинули вертикально вгору з швидкістю $\upsilon = 40$ *м/с*. На якій висоті його кінетична енергія буде рівна потенціальній, відліченій від точки кидання?
Відповідь: $h = 40$ ***м.***

208. C Електровоз потужністю $N = 5,4$ *МВт* приводить в рух потяг масою $m = 2 \cdot 10^6$ *кг*. Коефіцієнт опору $k = 0,01$. Знайти прискорення електровоза в момент, коли його швидкість дорівнює $\upsilon = 12$ *м/с*.
Відповідь: $a = 0,13$ ***м/с²***.

209. C На плоскій поверхні гірки, яка нахилена під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту, знаходиться тіло масою $m = 2,5$ *кг*, що з'єднане з таким самим тілом за допомогою нитки, яка перекинута через блок. (Блок закріплено на вершині гірки, задня стінка якої вертикальна). Знайти силу, що діє на вісь блоку, тертям знехтувати.
Відповідь: $F = 32,6$ ***Н.***

210. C Для рівномірного підйому вантажу масою $m = 100$ *кг* по площині з кутом нахилу $\alpha = 30°$ треба прикласти силу $F = 600$ *Н* вздовж площини. З яким прискоренням буде рухатися вантаж вниз, якщо його відпустити?
Відповідь: ***a = 4 м/с²*.**

211. C За який час тіло зісковзне з площини висотою $h = 3$ *м*, яка нахилена під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту, якщо по похилій площині з кутом нахилу $\beta = 30°$ воно після поштовху рухається рівномірно.
Відповідь: ***t = 1,1 с*.**

212. C Площина складає з горизонтом кут $\alpha = 20°$. По ній запускають вгору тіло масою $m = 1$ *кг*. Визначити силу тертя, якщо час спуску *в 2 рази більший* за час підйому.
Відповідь: $\boldsymbol{F_{TP} = 2}$ ***Н*.**

213. C Яку роботу виконує сила $F = 40$ *Н* за $t = 8$ *с*, піднімаючи з землі вертикально вгору вантаж масою $m = 2,0$ *кг* ?
Відповідь: ***A = 12,8 кДж*.**

214. C Ліфт масою $m = 600$ *кг* починає підніматися вгору з постійним прискоренням $a = 1,4$ *м/с²*. Знайти роботу сили тяги при підйомі на висоту $h = 10$ *м*, а також її потужність.
Відповідь: ***A = 67,2 кДж; N = 35,6 кВт*.**

215. B Тіло масою $m = 1$ *кг* кинуто горизонтально з висоти $h = 1$ *м*. Знайти потужність сили тяжіння в момент падіння тіла.
Відповідь: ***N = 45 Вт*.**

216. B Тіло масою $m = 1$ *кг* кинуто вертикально вгору з швидкістю $\upsilon = 1$ *м/с*. Знайти потужність сили тяжіння в момент, коли кінетична енергія тіла зменшується вдвічі.
Відповідь: $\boldsymbol{N_g = \pm 0,7}$ ***Вт*.**

217. B Швидкість водяного струменя, який витікає із труби діаметром $D = 20$ *см*, дорівнює $\upsilon = 5$ *м/с*. Знайти середню потужність насоса, що подає воду.
Відповідь: ***N = 1,96 кВт*.**

218. B Знайти середню потужність двигуна легкого літака масою $m = 1000$ *кг* при розгоні на смузі $l = 300$ *м* до швидкості $\upsilon = 30$ *м/с*. Коефіцієнт тертя $k = 0,03$.
Відповідь: ***N = 27 кВт*.**

219 B Яку роботу виконав хлопчик масою $m_1 = 20$ *кг*, що стоїть на гладкому льоді, відіпхнувши санки масою $m_2 = 4$ *кг* зі швидкістю $\upsilon = 4$ *м/с* відносно льоду ?
Відповідь: ***A = 38,4 Дж.***

220 B Хлопчик масою $m_1 = 60$ *кг*, що стоїть на ковзанах, кидає камінь масою $m_2 = 1$ *кг* з горизонтальною складовою швидкості $\upsilon = 6$ *м/с*. На яку відстань відкотиться хлопчик? Коефіцієнт тертя $\mu = 0,02$.
Відповідь: ***l = 2,5 см.***

221 C Автомобіль важить $P = 9,81 \cdot 10^3$ *Н*. Під час руху на автомобіль діє постійна сила тертя, що дорівнює $F_{тр} = 0,1 \cdot P$. Яку кількість бензину витрачає двигун автомобіля на те, щоб на шляху $s = 0,5$ *км* збільшити швидкість руху автомобіля від $\upsilon_1 = 10$ *км/год* до $\upsilon_2 = 40$ *км/год* ? Коефіцієнт корисної дії двигуна $\eta = 20\%$, теплотворна здатність бензину $c = 4,6 \cdot 10^7$ *Дж/кг*.
Відповідь: ***m = 0,06 кг.***

222 C Яку кількість бензину витрачає двигун автомобіля на шляху $s = 100$ *км*, якщо при середній потужності двигуна $N = 11$ *кВт* середня швидкість його руху дорівнює $<\upsilon> = 30$ *км/год* ? Коефіцієнт корисної дії двигуна $\eta = 22\%$. Інші необхідні дані взяти з умови задачі 221.
Відповідь: ***m = 13 кг.***

223 C Знайти коефіцієнт корисної дії двигуна автомобіля, якщо, відомо, що при швидкості руху $\upsilon = 40$ *км/год* двигун споживає $m = 13,6$ *л* бензину на кожні $s = 100$ *км* шляху і що потужність, яка розвивається двигуном, за цих умов $N = 12$ *кВт*. Густина бензину $\rho = 0,8$ *г/см*^{3}. Інші необхідні дані взяти з умови задачі 221.
Відповідь: ***η = 0,22.***

224 C Камінь вагою в $P = 2$ *Н* впав з деякої висоти. Падіння тривало $t = 1,43$ *с*. Знайти кінетичну і потенціальну енергію каменя в середній точці шляху. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $W_к = W_п = 98,1$ ***Дж.***

225 C З вежі висотою $H = 25$ *м* горизонтально кинуто камінь зі швидкістю $\upsilon_0 = 15$ *м/с*. Знайти кінетичну і потенціальну енергію каменя через одну секунду після початку руху. Маса каменя $m = 0,2$ *кг*. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $W_к = 32,2$ ***Дж;*** $W_п = 39,4$ ***Дж.***

226 C Камінь кинули під кутом $\alpha = 60°$ до горизонту зі швидкістю $\upsilon_0 = 15$ *м/с*. Знайти кінетичну, потенціальну і повну енергію каменя: 1) через одну секунду після початку руху, 2) у найвищій точці траєкторії. Маса каменя $m = 0,2$ *кг*. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: **1)** $W_к = 6,6$ ***Дж***; $W_п = 15,9$ ***Дж***; $W = 22,5$ ***Дж***; **2)** $W_к = 5,7$ ***Дж***; $W_п = 16,8$ ***Дж***; $W = 22,5$ ***Дж***.

227 B Робота, витрачена на штовхання ядра, кинутого під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту, дорівнює $A = 216$ *Дж*. Через який час і на якій відстані від місця кидання ядро впаде на землю? Вага ядра $P = 2$ *Н*. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $t = 1,5$ ***с***; $s_x = 19,1$ ***м***.

228 C Людина масою $m = 65$ *кг*, стрибаючи з десятиметрової вишки, входить у воду з швидкістю $\upsilon = 13$ *м/с*. Знайти середню силу опору повітря.
Відповідь: $F = 101$ ***Н***.

229 C Санки загальною масою $m = 100$ *кг* починають з'їжджати з гори висотою $h = 8$ *м*, довжиною $l = 100$ *м*. Яка середня сила опору руху санок, якщо наприкінці гори вони досягли швидкості $\upsilon = 10$ *м/с* ?
Відповідь: $F = 30$ ***Н***.

230 C Санки масою $m = 10$ *кг* з'їхали з гори висотою $h = 5$ *м* і зупинилися на горизонтальній ділянці. Яку роботу виконає хлопчик, повертаючи санки в попереднє положення ?
Відповідь: $A = 1$ ***кДж***.

231 B Знайти коефіцієнт корисної дії похилої площини довжиною $l = 1$ *м* і висотою $h = 0,6$ *м*, якщо коефіцієнт тертя при русі по ній тіла дорівнює $\mu = 0,1$.
Відповідь: $\eta = 0,88$.

232 B З гірки висотою $h = 2$ *м* і довжиною основи $l = 5$ *м* з'їжджають санки, що зупиняються, пройшовши по горизонталі шлях $s = 35$ *м*. Знайти коефіцієнт тертя, вважаючи його однаковим на всьому шляху.
Відповідь: $\mu = 0,05$.

233 B Тіло починає зісковзувати вниз по площині довжиною $l = 4$ *м*, що складає з горизонтом кут $\alpha = 30°$. Коефіцієнт тертя між тілом і площиною $\mu = 0,2$. Знайти швидкість тіла наприкінці спуску.

Відповідь: $\upsilon = 5{,}1$ *м/с.*

234 В Матеріальна точка масою в $m = 10$ *г* рухається по колу радіусом у $R = 6{,}4$ *см* з постійним тангенціальним прискоренням. Знайти величину тангенціального прискорення, якщо відомо, що до кінця другого оберту після початку руху кінетична енергія точки дорівнювала $W_к = 8 \cdot 10^{-4}$ *Дж*.
Відповідь: $a_\tau = 0{,}1$ *м/с*^{2}.

235 В По похилій площині висотою $h = 1$ *м* і довжиною схилу $l = 10$ *м* ковзає тіло масою $m = 1$ *кг*. Знайти: 1) кінетичну енергію тіла біля основи площини, 2) швидкість тіла біля основи площини, 3) відстань, яку пройшло тіло по горизонтальній частині шляху до зупинки. Коефіцієнт тертя на всім шляху вважати рівним $k = 0{,}05$.
Відповідь: **1)** $W_к = 4{,}9$ *Дж;* **2)** $\upsilon = 3{,}1$ *м/с;* **3)** $s = 10$ *м.*

236 В Тіло ковзає спочатку по похилій площині, що складає кут $\alpha = 8°$ з горизонтом, а потім по горизонтальній поверхні. Знайти чому дорівнює коефіцієнт тертя, якщо відомо, що тіло проходить по горизонталі таку ж відстань, що і по похилій площині.
Відповідь: $k = 0{,}07$.

237 В По похилій площині висотою $h = 0{,}5$ *м* і довжиною схилу $l = 1$ *м* ковзає тіло масою $m = 3$ *кг*. Тіло приходить до основи похилої площини зі швидкістю $\upsilon = 2{,}45$ *м/с*. Знайти: 1) коефіцієнт тертя, 2) кількість тепла, що виділяється при русі. Початкова швидкість тіла дорівнює нулю.
Відповідь: **1)** $k = 0{,}22$; **2)** $Q = 5{,}7$ *Дж.*

238 В Автомобіль масою $m = 2000$ *кг* рухається вгору. Ухил гори $h = 4$ *м* на кожні $s = 100$ *м* шляху. Коефіцієнт тертя $k = 8\%$. Знайти: 1) роботу, виконану двигуном автомобіля на шляху $l = 3$ *км*, 2) потужність, що розвивається двигуном, якщо відомо, що цей шлях було пройдено за $t = 4$ *хв*.
Відповідь: **1)** $A = 7 \cdot 10^6$ *Дж;* **2)** $N = 29{,}4$ *кВт.*

239 В Знайти, яку потужність розвиває двигун автомобіля масою $m = 1000$ *кг*, якщо відомо, що автомобіль рухається з постійною швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год*: 1) по горизонтальній дорозі; 2) вгору з ухилом $h = 5$ *м* на кожні $s = 100$ *м* шляху; 3) з гори з тим же ухилом. Коефіцієнт тертя дорівнює $k = 0{,}07$.
Відповідь: **1)** $N = 6{,}9$ *кВт;* **2)** $N = 11{,}8$ *кВт;* **3)** $N = 1{,}98$ *кВт.*

240 Автомобіль вагою в $P = 1$ *кН* рухається з гори при вимкненому двигуні з

B постійною швидкістю $\upsilon = 54$ *км/год*. Ухил гори дорівнює $h = 4$ *м* на кожні $s = 100$ *м* шляху. Яку потужність повинен розвивати двигун цього автомобіля, щоб автомобіль рухався з тією ж швидкістю вгору з тим же ухилом?
Відповідь: ***N = 11,8 кВт.***

241 A На рейках стоїть платформа вагою $P_1 = 10$ *кН*. На платформі закріплена гармата вагою $P_2 = 5$ *кН* з якої робиться постріл вздовж рейок. Вага снаряду $P_3 = 100$ *Н*; його початкова швидкість відносно гармати $\upsilon_0 = 500$ *м/с*. Визначити швидкість υ_x платформи в перший момент після пострілу, якщо: 1) платформа стояла нерухомо, 2) платформа рухалася зі швидкістю $\upsilon_1 = 18$ *км/год*, і постріл був зроблений у напрямку її руху, 3) платформа рухалася зі швидкістю $\upsilon_1 = 18$ *км/год* і постріл був зроблений у напрямку, протилежному напрямку її руху.
Відповідь: **1)** $\upsilon_x = -12$ ***км/год;*** **2)** $\upsilon_x = 6$ ***км/год;*** **3)** $\upsilon_x = -30$ ***км/год.***

242 A З рушниці масою $m_1 = 5$ *кг* вилітає куля масою $m_2 = 5 \cdot 10^{-3}$ *кг* зі швидкістю $\upsilon = 600$ *м/с*. Знайти швидкість віддачі рушниці.
Відповідь: $\upsilon = 0,6$ ***м/с.***

243 A Чоловік вагою $P_1 = 60$ *Н*, який біжить зі швидкістю $\upsilon_1 = 8$ *км/год*, доганяє візок вагою $P_2 = 80$ *Н*, що рухається зі швидкістю $\upsilon_2 = 2,9$ *км/год*, і стрибає на нього. 1) З якою швидкістю стане рухатися візок? 2) З якою швидкістю буде рухатися візок, якщо людина бігла назустріч візку?
Відповідь: **1)** $\upsilon = 5,14$ ***км/год;*** **2)** $\upsilon = 1,71$ ***км/год.***

244 A Снаряд вагою $P_1 = 980$ *Н*, що летить горизонтально вздовж залізничної колії зі швидкістю $\upsilon_1 = 500$ *м/с*, улучає у вагон з піском вагою $P_2 = 10$ *кН* і застряє в ньому. Яку швидкість одержить вагон, якщо: 1) вагон стояв нерухомо, 2) вагон рухався зі швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год* в тому ж напрямку, що і снаряд, 3) вагон рухався зі швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год* у напрямку, протилежному руху снаряда?
Відповідь: **1)** $\upsilon = 17,8$ ***км/год;*** **2)** $\upsilon = 53,5$ ***км/год;*** **3)** $\upsilon = -17,8$ ***км/год.***

245 B Граната, що летить зі швидкістю $\upsilon = 10$ *м/с*, розірвалася на два осколки. Більший осколок, маса якого складає *60%* маси всієї гранати, продовжував рухатися в тому ж напрямку, але із швидкістю $\upsilon_1 = 25$ *м/с*. Знайти швидкість меншого осколка.
Відповідь: $\upsilon = -12,5$ ***м/с.***

246 A Тіло вагою в $P_1 = 1$ *Н*, яке рухається горизонтально зі швидкістю $\upsilon_1 = 1$ *м/с*, наздоганяє друге тіло вагою $P_2 = 0,5$ *кг* і непружно зіштовхується з

ним. Яку швидкість одержать тіла, якщо: 1) друге тіло стояло нерухомо, 2) друге тіло рухалося зі швидкістю $\upsilon_2 = 0,5$ *м/с* в тому ж напрямку, що і перше тіло, 3) друге тіло рухалося зі швидкістю $\upsilon_2 = 0,5$ *м/с* у напрямку, протилежному напрямку руху першого тіла.
Відповідь: **1)** $\upsilon = 0,67$ ***м/с;*** **2)** $\upsilon = 0,83$ ***м/с;*** **3)** $\upsilon = 0,5$ ***м/с.***

247 В Ковзаняр вагою $P_1 = 70$ *Н*, стоячи на ковзанах, кидає в горизонтальному напрямку камінь вагою в $P_2 = 3$ *Н* зі швидкістю $\upsilon = 8$ *м/с*. Знайти, на яку відстань переміститься при цьому ковзаняр, якщо відомо, що коефіцієнт тертя ковзанів об лід $\mu = 0,02$.
Відповідь: $s = 0,3$ ***м.***

248 В Людина, що стоїть на нерухомому візку, кидає вперед у горизонтальному напрямку камінь масою $m = 2$ *кг*. Візок в перший момент після кидання отримує швидкість $\upsilon = 0,1$ *м/с*. Вага візка з людиною $P = 100$ *Н*. Знайти кінетичну енергію кинутого каменя через $t = 0,5$ *с.* після початку його руху. Опором повітря знехтувати.
Відповідь: $W_к = 49$ ***Дж.***

249 В Тіло вагою $P_1 = 2$ *Н* рухається назустріч іншому тілу, вага якого $P_2 = 1,5$ *Н* і непружно зіштовхується з ним. Швидкість тіл безпосередньо перед зіткненням дорівнювала, відповідно, $\upsilon_1 = 1$ *м/с,* $\upsilon_2 = 2$ *м/с*. Скільки часу будуть рухатися ці тіла після зіткнення, якщо коефіцієнт тертя $k = 0,05$?
Відповідь: $\Delta t = 0,58$ ***с.***

250 В Автомат випускає *600 куль за хвилину*. Маса кулі $m = 4 \cdot 10^{-3}$ *кг*, її початкова швидкість $\upsilon_0 = 500$ *м/с*. Знайти середню силу віддачі при стрільбі.
Відповідь: $F = 20$ ***Н.***

251 В На рейках стоїть платформа вагою $P_1 = 10$ *кН*. На платформі закріплена гармата вагою $P_2 = 5$ *кН*, з якої робиться постріл вздовж рейок. Вага снаряда $P_3 = 100$ *Н*, його початкова швидкість відносно гармати $\upsilon_0 = 500$ *м/с*. На яку відстань відкотиться платформа при пострілі, якщо: 1) платформа стояла нерухомо, 2) платформа рухалася зі швидкістю $\upsilon_1 = 18$ *км/год* і постріл був зроблений у напрямку її руху, 3) платформа рухалася зі швидкістю $\upsilon_1 = 18$ *км/год* і постріл був зроблений у напрямку, протилежному напрямку її руху. Коефіцієнт тертя платформи об рейки $\mu = 0,002$.
Відповідь: **1)** $s = 284$ ***м;*** **2)** $s = 71$ ***м;*** **3)** $s = 1770$ ***м.***

252 В З гармати масою $m = 5000$ *кг* вилітає снаряд вагою $P = 100$ *Н*. Кінетична енергія снаряда при вильоті дорівнює $W_к = 7,5 \cdot 10^6$ *Дж*. Яку кінетичну

енергію одержує гармата внаслідок віддачі?
Відповідь: $W_к = 1,5 \cdot 10^5$ *Дж.*

253 B Тіло вагою в $P_1 = 2$ *Н* рухається зі швидкістю $\upsilon_1 = 3$ *м/с* і наганяє інше тіло вагою $P_2 = 3$ *Н*, що рухається зі швидкістю $\upsilon_2 = 1$ *м/с*. Знайти швидкості тіл після зіткнення, якщо: 1) удар був непружний, 2) удар був пружний. Тіла рухаються по одній прямій. Удар – центральний.
Відповідь: **1)** $\upsilon_1 = \upsilon_2 = 1,8$ *м/с;* **2)** $\upsilon_1 = 0,6$ *м/с;* $\upsilon_2 = 2,6$ *м/с.*

254 C Яке повинне бути співвідношення між масами тіл у попередній задачі, щоб при пружному ударі перше тіло після удару зупинилося?
Відповідь: $m_1/m_2 = 1/3$.

255 C Тіло вагою в $P_1 = 3$ *Н* рухається зі швидкістю $\upsilon_1 = 4$ *м/с* і вдаряється об нерухоме тіло такої ж ваги. Вважаючи удар центральним і непружним, знайти кількість теплоти, яка виділилася при зіткненні.
Відповідь: $Q = 12$ *Дж.*

256 C Тіло масою $m_1 = 5$ *кг* вдаряється об нерухоме тіло масою $m_2 = 2,5$ *кг*, яке після зіткнення починає рухатися з кінетичною енергією $W_к = 5$ *Дж*. Вважаючи удар центральним і пружним, знайти кінетичну енергію першого тіла до і після зіткнення.
Відповідь: $W_1 = 5,62$ *Дж;* $W_2 = 0,62$ *Дж.*

257 B Тіло вагою в $P_1 = 49$ *Н* вдаряється об нерухоме тіло вагою $P_2 = 2,6$ *Н*. Кінетична енергія системи цих тіл безпосередньо після удару стала рівна $W_к = 5$ *Дж*. Вважаючи удар центральним і непружним, знайти кінетичну енергію першого тіла до удару.
Відповідь: $W = 7,5$ *Дж.*

258 B Два тіла рухаються назустріч один одному і вдаряються непружно. Швидкість першого тіла до удару дорівнює $\upsilon_l = 2$ *м/с*, швидкість другого $\upsilon_2 = 4$ *м/с*. Загальна швидкість тіл після удару по напрямку збігається з напрямком швидкості υ_1 і дорівнює $\upsilon = 1$ *м/с*. В скільки разів кінетична енергія першого тіла була більшою за кінетичну енергію другого тіла?
Відповідь: $W_1 / W_2 = 1,25$.

259 B Дві кулі підвішені на паралельних нитках однакової довжини так, що вони дотикаються. Маса першої кулі $m_1 = 0,2$ *кг*, маса другої $m_2 = 0,1$ *кг*. Першу кулю відхиляють так, що її центр ваги піднімається на висоту $h = 45$ *мм*, і відпускають. На яку висоту піднімуться кулі після зіткнення, якщо удар непружний?

Відповідь: ***h = 2·10^{-2} м.***

260 B Кулька, яка летить горизонтально, улучає в кулю, підвішена на дуже легкому твердому стержні, і застряє в ній. Маса кульки *в 100 разів менша* за масу кулі. Відстань від точки підвісу стержня до центра кулі $l = 1$ *м*. Знайти швидкість кульки, якщо відомо, що стержень з кулею відхилився від удару на кут $\alpha = 10°$.
Відповідь: ***υ = 550 м/с.***

261 B Кулька, яка летить горизонтально, улучає в кулю, підвішену на легкому твердому стержні, і застряє в ній. Маса кульки $m_1 = 5$ *г*, маса кулі $m_2 = 0,5$ *кг*. Швидкість кульки $\upsilon_1 = 500$ *м/с*. При якій граничній довжині стержня (відстані від точки підвісу до центра кулі) куля із стержнем зробить повний оберт навколо вісі ?
Відповідь: ***l = 0,64 м.***

262 B Дерев'яним молотком вагою $P = 0,5$ *Н* зі швидкістю $\upsilon = 1$ *м/с* вдаряють об нерухому стінку. Вважаючи коефіцієнт відновлення при ударі рівним $n = 0,5$ знайти кількість теплоти, яка виділилася при ударі. Коефіцієнтом відновлення називається відношення величини швидкості тіла після удару до її величини до удару.
Відповідь: *Q = 0,188 Дж.*

263 B Знайти імпульс сили, що діє на стінку під час удару, в умовах попередньої задачі.
Відповідь: ***L = 0,75 н·с.***

264 B Дерев'яна кулька падає вертикально вниз з висоти $h = 2$ *м* без початкової швидкості. Коефіцієнт відновлення при ударі кульки об підлогу вважати рівним $n = 0,5$. Знайти: 1) висоту, на яку піднімається кулька після удару об підлогу, 2) кількість теплоти, яка виділиться при цьому ударі. Маса кульки $m = 100$ *г*.
Відповідь: **1) *h = 0,5 м;* 2) *Q = 1,48 Дж.***

265 C Кулька з пластмаси, падаючи з висоти $h = 1$ *м*, кілька разів, відскакує від підлоги. Чому дорівнює коефіцієнт відновлення при ударі кульки об підлогу, якщо з моменту падіння до другого удару об підлогу минуло $t = 1,3$ *с*?
Відповідь: ***k = 0,94.***

266 B Сталева кулька, що упала з висоти $h = 1,5$ *м* на сталеву дошку, відскакує від неї зі швидкістю $\upsilon_2 = 0,75 \cdot \upsilon_1$, де υ_1 – швидкість, з якою вона підлетіла до дошки. 1) На яку висоту вона підніметься? 2) Скільки часу пройде від

початку руху кульки до повторного її падіння на дошку?
Відповідь: **1)** ***h = 0,84 м;*** **2)** ***t = 1,4 с.***

267 В Металева кулька, падаючи з висоти $h_1 = 1$ *м* на сталеву плиту, відскакує від неї на висоту $h_2 = 81$ *см*. Знайти коефіцієнт відновлення при ударі.
Відповідь: ***k = 0,9.***

268 В Сталева кулька масою $m = 20$ *г*, падаючи з висоти $h_1 = 1$ *м* на сталеву плиту, відскакує від неї на висоту $h_2 = 81$ *см*. Знайти: 1) імпульс сили, отриманий плитою за час удару, 2) кількість теплоти, яка виділилася при ударі.
Відповідь: **1)** ***L = 0,17 н·с;*** **2)** $Q = 37{,}2\cdot10^{-3}$ ***Дж.***

269 С Тіло масою m_1 , що рухається, вдаряється об нерухоме тіло масою m_2. Вважаючи удар непружним і центральним, знайти, яка частина початкової кінетичної енергії переходить при ударі в теплоту. Задачу розв'язати спочатку в загальному вигляді, а потім розглянути випадки: 1) $m_1 = m_2$, 2) $m_1 = 9m_2$.
Відповідь: $\frac{W_1 - W}{W_1} = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$; **1)** ***якщо*** $m_1 = m_2$, $\frac{W_1 - W}{W_1} = 0{,}5$; **2)** ***якщо*** $m_1 = 9\cdot m_2$, ***то*** $\frac{W_1 - W}{W_1} = 0{,}1$.

270 В Тіло масою m_1, що рухається, вдаряється об нерухоме тіло масою m_2. Вважаючи удар пружним і центральним, знайти, яку частину своєї початкової кінетичної енергії перше тіло передає другому при ударі? Задачу розв'язати спочатку в загальному вигляді, а потім розглянути випадки: 1) $m_1 = m_2$, 2) $m_1 = 9m_2$.
Відповідь: **1)** ***при*** $m_1 = m_2$, ***то*** $\frac{W_2'}{W_1} = 1$; **2)** ***при*** $m_1 = 9\cdot m_2$, ***то*** $\frac{W_2'}{W_1} = 0{,}36$.

271 В Нейтрон (маса m_0) вдаряється об нерухоме ядро атома вуглецю ($m = 12\cdot m_0$). Вважаючи удар центральним і пружним, знайти, у скільки разів зменшиться кінетична енергія нейтрона при ударі.
Відповідь: $\Delta W = 1{,}4$.

272 В Нейтрон (маса m_0) ударяється об нерухоме ядро: 1) атома вуглецю ($m = 12\cdot m_0$), 2) атома урану ($m = 235\cdot m_0$). Вважаючи удар центральним і пружним, знайти, яку частину своєї швидкості втратить нейтрон при ударі.
Відповідь: **1)** $\Delta\upsilon / \upsilon = 2 / 13$; **2)** $\Delta\upsilon / \upsilon = 2 / 236$.

273 B Тіло масою $m = 1$ *кг* впало на вертикально розташовану невагому пружину жорсткістю $G = 500$ *Н/м*, і стиснуло її на $\Delta l = 10$ *см*. З якої висоти впало тіло?
Відповідь: ***h = 15 см.***

274 B Тіло масою $m_1 = 1$ *кг* непружно ударяється в тіло масою $m_2 = 2$ *кг*, яке знаходиться в стані спокою. Після удару тіла рухаються разом. Яка частина кінетичної енергії при ударі перетворюється в теплову енергію?
Відповідь: ***n = 2/3.***

275 B В кулю масою $m_1 = 5$ *кг*, яка підвішена на нитці довжиною $l = 4$ *м*, улучає і застряє в ній куля масою $m_2 = 20$ *гр.*, яка летіла горизонтально з швидкістю $\upsilon = 40$ *м/с*. Знайти кут відхилення нитки.
Відповідь: ***α = 1,5°.***

276 C Кулю масою $m_1 = 5$ *кг*, яка підвішена на нитці довжиною $l = 1$ *м*, відхиляють на кут $\alpha = 0{,}1$ *рад* і відпускають. Коли нитка проходить вертикальне положення, в кулю улучає інша куля, яка летить горизонтально масою $m_2 = 10$ *гр.*, причому куля зупиняється. Знайти швидкість кулі.
Відповідь: ***υ = 157 м/с.***

277 B На яку найбільшу відстань можна кинути тіло масою $m = 2$ *кг* при енергетичних витратах $W = 100$ *Дж*?
Відповідь: ***l = 10 м.***

278 B М'яч, що вільно падає з висоти $h = 12$ *м* на горизонтальну підставку, при кожному відскоку від неї втрачає *75%* своєї механічної енергії. Знайти весь пройдений м'ячем шлях.
Відповідь: ***s = 20 м.***

279 B Камінь кинутий з берега із швидкістю $\upsilon = 10$ *м/с* під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту, впав під кутом $\beta = 60°$ до горизонту. Знайти висоту берега.
Відповідь: ***h = 10 м.***

280 B Камінь, кинутий з берега вгору із швидкістю $\upsilon = 10$ *м/с* під кутом $\alpha = 30°$ до горизонту, впав у воду під кутом $\beta = 45°$ до горизонту. Знайти найбільшу висоту польоту каменя над рівнем ріки.
Відповідь: ***h = 3,75 м.***

281 B Мінімальна робота, необхідна для кидка тіла на відстань $l = 20$ *м*, дорівнює $A = 150$ *Дж*. Знайти масу тіла.
Відповідь: ***m = 1,5 кг.***

282 C Максимальна дальність польоту тіла масою $m = 3$ *кг* дорівнює $l_{max} = 20$ *м* при ККД кидка $\eta = 75\%$. Знайти роботу сил опору повітря.
Відповідь: ***A = –100 Дж.***

283 B На яку частину зменшується вага тіла на екваторі внаслідок обертання Землі навколо осі? Кутова швидкість обертання Землі дорівнює $\omega = 7{,}3 \cdot 10^{-5}$ *рад/с*; радіус Землі $R_З = 6400$ *км*.
Відповідь: ***x = 0,34%.***

284 B Якої тривалості повинна бути доба на Землі, щоб тіла на екваторі не мали ваги? Радіус Землі $R_З = 6400$ *км*.
Відповідь: ***t = 1 год 25 хв.***

285 B Трамвайний вагон масою $m = 5000$ *кг* йде по заокругленню радіусом $r = 128$ *м*. Знайти силу бічного тиску коліс на рейки при швидкості руху $\upsilon = 9$ *км/год*.
Відповідь: ***F = 245 Н.***

286 B Відро з водою, прив'язане до мотузки довжиною $l = 60$ *см*, обертається у вертикальній площині. Знайти: 1) найменшу швидкість обертання відра, при якій у вищій точці вода з нього не виливається, 2) натяг мотузки при цій швидкості у вищій і нижчій точках окружності. Маса відра з водою $m = 2$ *кг*.
Відповідь: **1)** ***υ = 2,34 м/с;*** **2) T = 0 (у верхній точці); T = 39,2 Н (в нижній точці).**

287 B До стелі трамвайного вагону підвішена на нитці куля. Вагон йде зі швидкістю $\upsilon = 9$ *км/год* по заокругленню радіусом $r = 36{,}4$ *м*. На який кут відхилиться при цьому нитка з кулею?
Відповідь: ***α = 1°.***

288 В Довжина стрижнів відцентрового регулятора (рис.9) $l = 12,5$ *см*. Яке число оборотів за секунду робить відцентровий регулятор, якщо при обертанні вантажі відхилилися від вертикалі на кут: 1) $\alpha = 60°$, 2) $\alpha = 45°$.
Відповідь: **1)** $n_1 = 2$ ***об/с;*** **2)** $n_2 = 1,5$ ***об/с.***

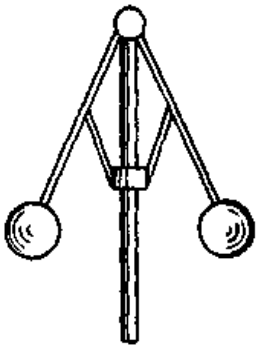

Рисунок 9

289 В Камінь прив'язаний до мотузки довжиною $l = 50$ *см*, обертається у вертикальній площині. Знайти, при якому числі оборотів за секунду мотузка розірветься, якщо відомо, що вона розривається при навантаженні, рівному десятикратній вазі каменя.
Відповідь: $n = 2,1$ ***об/с.***

290 В Камінь прив'язаний до мотузки, обертається у вертикальній площині. Знайти масу каменя, якщо відомо, що різниця між максимальним і мінімальним натягами мотузки $T_{max} - T_{min} = 1$ *Н*.
Відповідь: $m = 0,5$ ***кг.***

291 В Гирька, прив'язана до нитки довжиною $l = 30$ *см*, описує в горизонтальній площині коло радіусом $R = 15$ *см*. Якому числу оборотів за хвилину відповідає швидкість обертання гирьки ?
Відповідь: $n = 59$ ***об/хв.***

292 В Гирька масою $m = 50$ *г* прив'язана до нитки довжиною в $l = 25$ *см*, описує в горизонтальній площині коло. Швидкість обертання гирьки відповідає $n = 2$ *об/с*. Знайти натяг нитки.
Відповідь: $T = 1,96$ ***Н.***

293 В Диск обертається навколо вертикальної осі і робить $n = 30$ *об/хв*. На відстані $l = 20$ *см* від осі обертання на диску лежить тіло. Яким повинен бути коефіцієнт тертя між тілом і диском, щоб тіло не з'їхало з диску?
Відповідь: $k = 0,2$.

294 В Літак, що летить зі швидкістю $\upsilon = 900$ *км/год*, робить „мертву петлю". Яким повинен бути радіус „мертвої петлі", щоб найбільша сила, що притискає льотчика до сидіння дорівнювала: 1) п'ятикратній вазі льотчика, 2) десятикратній вазі льотчика.
Відповідь: **1)** $R_1 = 1600$ ***м;*** **2)** $R_2 = 711$ ***м.***

295 С Мотоцикліст їде по горизонтальній дорозі зі швидкістю $\upsilon = 72$ *км/год* і робить поворот радіусом кривизни $R = 100$ *м*. На який кут при цьому йому

потрібно нахилитися, щоб не впасти при повороті?
Відповідь: ***α = 22°.***

296 C Шосе має віраж з ухилом в $\alpha = 10°$ при радіусі заокруглення дороги в $R = 100$ *м*. На яку швидкість розрахований віраж?
Відповідь: ***υ = 47 км/год.***

297 B Вантаж вагою $P = 1$ *Н*, що висить на нитці, відхиляють на кут $\alpha = 30°$. Знайти натяг нитки в момент проходження вантажем положення рівноваги.
Відповідь: ***T = 12,4 Н.***

298 B Хлопчик обертається на „гігантських кроках", роблячи $n = 16$ *об/хв*. Довжина канатів $l = 5$ *м*. 1) Який кут з вертикаллю складають канати „гігантських кроків" ? 2) Який натяг канатів, якщо вага хлопчика $P = 45$ *Н* ? 3) Яка лінійна швидкість хлопчика ?
Відповідь: **1)** ***α = 45°34′;*** **2)** ***T = 632 Н;*** **3)** ***υ = 6 м/с.***

299 B Як відносяться одна до одної сили, з якими автомобіль діє на середину випуклого й увігнутого мостів? Радіус кривизни моста в обох випадках $R = 40$ *м.* Швидкість руху автомобіля $\upsilon = 36$ *км/год.*
Відповідь: $\mathbf{\frac{F_1}{F_2} = 1,7}$.

300 B Автомобіль масою $m = 5$ т рухається зі швидкістю $\upsilon = 72$ *км/год* по дорозі, профіль якої є увігнутою дугою радіусом $R = 40$ *м*. У якій точці дороги сила тиску автомобіля буде найбільшою? Знайти цю силу. Положення точки дороги визначити кутом між напрямком радіуса дуги в розглянутій точці і вертикаллю.
Відповідь: ***α = 0°; F = 99 кН.***

301 B Трамвай, маса якого $m = 19,6$ т рухається по опуклому мосту зі швидкістю $\upsilon = 32,4$ *км/год*. Радіус кривизни моста $r = 30$ *м*. З якою силою діє трамвай на міст на відстані $S = 15,7$ *м* від його середини?
Відповідь: $\mathbf{F_g = 1,14 \cdot 10^5}$ ***Н.***

302 B По опуклому мосту, радіус кривизни якого $r = 90$ *м*, зі швидкістю $\upsilon = 54$ *км/год* рухається автомобіль масою $m = 2$ т. Визначити, у якій точці сила тиску автомобіля на міст $F = 5$ *кН.*
Відповідь: ***α = 60° з вертикаллю.***

303 B Автомобіль рухається по кривій радіуса $r = 50$ *м* зі швидкістю $\upsilon = 60$ *км/год.* При якому коефіцієнті тертя між колесами автомобіля і дорогою автомобіль не бути ковзати ?
Відповідь: $\mu \geq 0{,}57$.

304 C З якою швидкістю повинен рухатися мотоцикліст по гладкому треку з кутом нахилу $\alpha = 30°$ і радіусом закруглення $r = 90$ *м*? З якою максимальною швидкістю може рухатися мотоцикліст по треку з тими ж кутом нахилу і радіусом закруглення, якщо коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}40$?
Відповідь: $\upsilon = 22$ *м/с*; $\upsilon_{max} = 33$ *м/с*.

305 C Велосипедист рухається зі швидкістю $\upsilon = 36$ *км/год*. Під яким найбільшим кутом до вертикалі він може нахилитися при повороті на цій швидкості, якщо коефіцієнт тертя ковзання колеса велосипеда поперек руху $\mu = 0{,}3$? Який при цьому буде радіус закруглення?
Відповідь: $\alpha = 17°$; $r = 34$ *м*.

306 C Мотоцикліст рухається по циліндричній стінці, діаметр якої $D = 12$ *м*. При якому коефіцієнті тертя між стіною і колесами мотоцикла можливий рух зі швидкістю $\upsilon = 54$ *км/год*?
Відповідь: $\mu \geq 0{,}262$.

307 C Якою повинна бути швидкість руху мотоцикліста, щоб він міг їздити всередині поверхні вертикального циліндра по горизонтальному замкнутому колу, якщо при русі по горизонтальній поверхні при тому ж коефіцієнті тертя ковзання і швидкості $\upsilon = 20$ *км/год* мінімальний радіус повороту складає $R = 5{,}5$ *м*. Радіус вертикального циліндра $r = 6$ *м.*
Відповідь: $\upsilon = 10{,}34$ *м/с*.

308 C З якою швидкістю повинен рухатися мотоцикліст по внутрішній поверхні вертикального циліндру діаметром $D = 18$ *м*, щоб не зсковзувати з треку? Коефіцієнт тертя $\mu \leq 0{,}8$.
Відповідь: $\upsilon \geq 11$ *м/с*.

309 C Потяг рухається по закругленню радіусом $R = 765$ *м* зі швидкістю $\upsilon = 72$ *км/год*. Визначити, на скільки зовнішня рейка повинна бути вище внутрішньої. Відстань між рейками $b = 1{,}5$ *м.*
Відповідь: $h = 8$ *см*.

310 C На скільки повинна бути піднята зовнішня рейка над внутрішньою на закругленні залізничної колії, щоб бічний тиск на реборди коліс

дорівнював нулю, якщо радіус закруглення $r = 800$ *м*, а швидкість потяга $\upsilon = 72$ *км/год*. Ширина колії залізниц $b = 1{,}5$ *м*.
Відповідь: $\boldsymbol{h = 7{,}5}$ ***см.***

311 C На скільки повинна бути піднята зовнішня рейка над внутрішньою на кривій радіусом $R = 400$ *м,* щоб при швидкості руху потяга $\upsilon = 54$ *км/год* сили тиску потяга на обидві рейки були однакові? Ширина колії $b = 1524$ *мм*.
Відповідь: $\boldsymbol{h = 87}$ ***мм.***

312 C У вагоні рухомого потяга, зважують тіла на пружинних вагах. При русі потягу по закругленню зі швидкістю $\upsilon = 72$ *км/год* ваги показують $F_1 = 50{,}25$ *Н*, при русі по прямолінійному горизонтальному шляху з постійною швидкістю – $F_2 = 50$ *Н*. Визначити радіус закруглення залізничного полотна.
Відповідь: $\boldsymbol{R = 20{,}4}$ ***м.***

313 B У вагоні, що рухається по закругленню радіусом $R = 120$ *м* з постійною швидкістю $\upsilon = 25$ *м/с*, на нерозтяжній нитці висить вантаж. Визначити, на який кут відхиляється нитка від вертикалі.
Відповідь: $\boldsymbol{\alpha = 28°}$**.**

314 C Швидкість електропоїзда на закругленні $\upsilon = 72$ *км/год*, радіус закруглення $R = 400$ *м.* Під яким кутом до горизонту потрібно розташувати полотно залізниці, щоб уникнути бічного тиску коліс на зовнішню рейку?
Відповідь: $\boldsymbol{\alpha \approx 6°}$**.**

315 B Пілот тисне на сидіння крісла літака в нижній точці петлі Нестерова з силою $F = 7200$ *Н*. Маса пілота $m = 80$ *кг*, радіус петлі $R = 250$ *м*. Визначити швидкість літака.
Відповідь: $\boldsymbol{\upsilon \approx 140}$ ***м/с.***

316 B Літак виходить з пікірування на швидкості $\upsilon = 300$ *км/год* по коловій траєкторії радіусом $R = 100$ *м*. Який при цьому коефіцієнт перевантаження пілота?
Відповідь: $\boldsymbol{k = 8{,}1}$**.**

317 B Літак описує "мертву петлю" радіусом $R = 200$ *м* в вертикальній площини зі швидкістю $\upsilon = 360$ *км/год*. Яка сила притискання пілота до сидіння в найвищій і найнижчій точках петлі, якщо його маса $m = 70$ *кг*?
Відповідь: $\boldsymbol{F_1 \approx 2800}$ ***Н;*** $\boldsymbol{F_2 \approx 4200}$ ***Н.***

318 B Літак, що рухається зі швидкістю $\upsilon = 300$ *м/с*, робить у вертикальній площині петлю Нестерова радіусом $R = 1{,}3$ *км*. Визначити перевантаження у верхній і нижній точках траєкторії.
Відповідь: $k_1 \approx 6$; $k_2 \approx 8$.

319 B Літак робить "мертву петлю", радіус якої $R = 1$ *км*, з постійною швидкістю. При цьому максимальна сила тиску пілота на крісло перевищує мінімальну в $n = 3$ *рази*. Визначити швидкість літака.
Відповідь: $\upsilon = 140$ *м/с*.

320 C Літак рухається зі швидкістю $\upsilon = 200$ *м/с* по горизонтальній траєкторії з радіусом кривизни $R = 5$ *км*. Який кут крену?
Відповідь: $\alpha = \mathrm{arctg}\ 0{,}8$.

321 C До кінця нитки довжиною $l = 50$ *см*, що має межу міцності $F = 10$ *Н*, прив'язали кульку масою $m = 200$ *гр.* і почали обертати у вертикальній площині. Визначити найменшу кутову швидкість обертання, при якій нитка розірветься і висоту центра кола обертання над поверхнею землі, якщо кулька, що відірвалася, впала на горизонтальну поверхню на відстані $s = 3{,}7$ *м*.
Відповідь: $\omega = 4$ *рад/с*; $h = 17{,}15$ *м*.

322 B Кулька масою $m = 0{,}2$ *кг*, підвішена на нитці довжиною $l = 20$ *см* і рівномірно обертається у вертикальній площині. Нитка витримує максимальний натяг $F = 12{,}2$ *Н*. При якій частоті обертання нитка обірветься?
Відповідь: $n \approx 1{,}1$ *об/с*.

323 C Тіло масою $m = 4$ *кг* обертають у вертикальній площині з частотою $n = 120$ *об/хв* за допомогою гумового шнура. Знайти видовження і силу натягу шнура у верхній і нижній точках траєкторії, якщо його довжина в ненапруженому стані $l_0 = 30$ *см*, а жорсткість шнура $k = 1{,}0$ *кН/м*. Масою шнура знехтувати.
Відповідь: $l_1 = 41$ *см*; $l_2 = 62$ *см*; $F_1 = 490$ *кН*; $F_2 = 350$ *кН*.

324 B На горизонтальній платформі лежить вантаж на відстані $r = 75$ *см* від осі обертання. Яким повинен бути коефіцієнт тертя, щоб вантаж не ковзав, якщо платформа обертається з частотою $n = 12$ *об/хв*?
Відповідь: $\mu > 0{,}12$.

325 C На горизонтальному диску, що може обертатися навколо вертикальної осі, лежить шайба масою $m = 100$ *гр.*, прикріплена горизонтальною пружиною

до вісі. Якщо частота обертання диска не перевищує $n_1 = 2$ *об/с*, то пружина знаходиться в нерозтягнутому стані. Якщо ж частоту обертання диска повільно збільшити до $n_2 = 5$ *об/с*, то довжина пружини збільшиться вдвічі. Визначити коефіцієнт жорсткості пружини.
Відповідь: $k \approx 180$ ***Н/м.***

326 B Кулька прив'язана ниткою до підвісу і описує в горизонтальній площині кола з постійною швидкістю. Визначити швидкість і період обертання кульки по колу, якщо довжина нитки $l = 1$ *м*, а кут, що вона утворює з вертикаллю, складає $\alpha = 45°$.
Відповідь: $\upsilon \approx 2{,}6$ ***м/с;*** $T \approx 1{,}7$ ***с.***

327 C Гладкий горизонтальний диск обертається навколо вертикальної вісі з частотою $n = 80\ с^{-1}$. На поверхні диска лежить куля масою $m = 100$ *г.*, яка прикріплена до центра диска пружиною, жорсткість якої $k = 1500$ *Н/м.* Яку довжину буде мати пружина при обертанні диска, якщо її довжина в недеформованому стані $l_0 = 20$ *см*?
Відповідь: $l = 24$ ***см.***

328 B У вагоні потяга, що рухається рівномірно з швидкістю $\upsilon = 20$ *м/с* по дузі радіусом $r = 0{,}25$ *км*, зважують вантаж масою $m = 10$ *кг*. Знайти силу натягу пружини.
Відповідь: $F = 101$ ***Н.***

329 C Мотоцикліст рухається по циліндричній стіні діаметром $D = 10$ *м*. Коефіцієнт тертя між стіною й покришками $\mu = 0{,}3$. Знайти найменшу можливу швидкість руху.
Відповідь: $\upsilon = 13$ ***м/с.***

330 B Вантаж масою $m = 1$ *кг*, що висить на невагомому стержні довжиною $l = 0{,}5$ *м*, робить коливання у вертикальній площині. 1) При якому куті відхилення α стержня від вертикалі кінетична енергія вантажу в його нижньому положенні дорівнюватиме $W_к = 2{,}45$ *Дж*? 2) У скільки разів при такому куті відхилення повне прискорення вантажу в його нижньому положенні більше повного прискорення вантажу в його крайньому положенні?
Вказівка. Врахувати, що в нижньому положенні $a_t = 0,\ a_n \neq 0$; у крайньому положенні $a_n = 0,\ a_t \neq 0$.
Відповідь: **1)** $\alpha = 60°$**; 2)** $n = 2{,}3$ ***рази.***

331 B На невагомому стержні висить вантаж P. Вантаж відхиляють на кут $\alpha = 90°$. Довести, що при проходженні цим маятником положення рівноваги

натяг стержня $T = 3P$.
Відповідь: $\boldsymbol{T = 3P}$.

332 B Сталевий дріт певного діаметра витримує навантаження до $F = 300$ *Н*. На такому дроті підвішено вантаж масою $m = 150$ *кг*. На який найбільший кут можна відхилити дріт з вантажем, щоб він не розірвався при проходженні маятником положення рівноваги?
Відповідь: $\boldsymbol{\alpha = 60°}$.

333 C Камінь вагою $P = 0,5$ *Н* прив'язаний до мотузки довжиною $l = 50$ *см*, обертається в вертикальній площині. Натяг мотузки в нижній точці кола $T = 44$ *Н*. На яку висоту підніметься камінь, якщо мотузка обірветься в той момент, коли швидкість спрямована вертикально вгору?
Відповідь: $\boldsymbol{h = 2}$ ***м.***

334 C Вода тече по горизонтальній трубі, яка має заокруглення радіусом $R = 2,0$ *м*. Знайти бічний тиск води на закругленні. Діаметр труби $d = 20$ *см*. Через поперечний переріз труби протягом однієї години протікає $M = 300$ т води.
Відповідь: $\boldsymbol{p_Б = 56}$ ***Н/м²***.

335 C Вода тече по каналу шириною $h = 0,5$ *м*, який має заокруглення радіусом $r = 10$ *м*. Знайти бічний тиск води.
Відповідь: $\boldsymbol{p_Б = 1250}$ ***Н/м²***.

336 A Знайти роботу, яку потрібно виконати, щоб стиснути пружину на $x = 20$ *см*, якщо відомо, що для стиснення пружини на $x_0 = 1$ *см* необхідна сила в $F_0 = 29,4$ *Н*.
Відповідь: $\boldsymbol{A = 58,8}$ ***Дж.***

337 B Знайти найбільшу миттєву величину прогину ресори від вантажу, покладеного на її середину, якщо статичний прогин ресори від того ж вантажу дорівнює $x = 2$ *см*. Яким буде найбільший прогин, якщо на середину ресори падає той же вантаж з висоти $h = 1$ *м* без початкової швидкості?
Відповідь: $\boldsymbol{x_{max} = 2x = 4}$ ***см;*** $\boldsymbol{x_{max} = 22,1}$ ***см.***

338 B Акробат стрибає в сітку з висоти $H_1 = 8$ *м*. На якій граничній висоті h_1 над підлогою потрібно натягнути сітку, щоб акробат не вдарився об підлогу ? Відомо, що сітка прогинається на $h_2 = 0,5$ *м*, якщо акробат стрибає в неї з висоти $H_2 = 1$ *м*.
Відповідь: $\boldsymbol{h_1 = 1,23}$ ***м.***

339 B Вантаж поклали на чашку терезів. Скільки поділок покаже стрілка терезів в перший момент, якщо після заспокоєння вона показує $n = 5$ *поділок*?
Відповідь: $n_1 = 10$ ***поділок.***

340 B На чашку терезів падає вантаж вагою $P = 1$ *Н* з висоти $h = 10$ *см*. Що покажуть терези в момент удару? Відомо, що під дією цього вантажу після заспокоєння чашка терезів опускається на $x = 0,5$ *см*.
Відповідь: $F = 72,6$ ***Н.***

341 B З якою швидкістю рухався вагон масою в $m = 20$ т, якщо при ударі об стінку кожний буфер стиснувся на $x = 10$ *см*? Відомо, що пружина кожного з буферів стискується на $x_0 = 1$ *см* під дією сили в $F_0 = 1$ *кН*.
Відповідь: $\upsilon = 3,6$ ***км/год.***

342 B Хлопчик, стріляючи з рогатки, натягнув гумовий шнур так, що його довжина стала більшою на $\Delta x = 10$ *см*. З якою швидкістю полетів камінь масою $m = 20$ *г* ? Для натягування гумового шнура на $x_0 = 1$ *см* потрібна сила в $F_0 = 1$ Н. Опором повітря при польоті каменю нехтувати.
Відповідь: $\upsilon = 22,1$ ***м/с.***

343 B До нижнього кінця пружини, підвішеної вертикально, приєднана інша пружина, до кінця якої прикріплено вантаж. Коефіцієнти жорсткості пружин рівні, відповідно, k_1, k_2. Нехтуючи вагою пружин у порівнянні з вантажем, знайти відношення потенціальних енергій цих пружин.
Вказівка. Врахувати, що на обидві пружини діє однакова сила.
Відповідь: $\frac{W_1}{W_2} = \frac{k_2}{k_1}$.

344 C На двох пружинах однакової довжини висить стержень, вагою якого можна знехтувати. Коефіцієнти жорсткості пружин дорівнюють, відповідно, $k_1 = 2$ *Н/см*, $k_2 = 3$ *Н/см*. Довжина стержня дорівнює відстані між пружинами $L = 10$ *см*. В якому місці стержня треба підвісити вантаж, щоб стержень залишався горизонтальним?
Відповідь: $l = 6$ ***см.***

345 B Гумовий м'яч масою $m = 0,1$ *кг* летить горизонтально з деякою швидкістю і пружно вдаряється об нерухому вертикальну стінку. За час $\Delta t = 0,01$ *с* м'яч стискується на $\Delta x = 1,37$ *см*; такий же час Δt затрачається на відновлення початкової форми м'яча. Знайти середню силу, що діє на м'яч за час удару.
Відповідь: $F = 13,7$ ***Н.***

346 C Гирька вагою $P = 4,9\ Н$, прив'язана до гумового шнура, описує в горизонтальній площині коло. Швидкість обертання гирьки відповідає частоті $n = 2\ об/с$. Кут відхилення гумового шнура від вертикалі $\alpha = 30°$. Знайти довжину гумового шнура до і після розтягування. Для розтягування шнура на $x_1 = 1\ см$ необхідна сила $F_1 = 6,0\ Н$.
Відповідь: ***$l = 7,25$ см; $l_0 = 6,3$ см.***

347 C Вантаж вагою $P = 0,5\ Н$, прив'язаний до гумового шнура довжиною $l_0 = 9,5\ см$, відхиляють на кут $\alpha = 90°$ і відпускають. Знайти довжину l шнура, у момент проходження цим маятником положення рівноваги. Відомо, що для розтягування шнура на $l_1 = 1\ см$ необхідна сила $F_1 = 9,81\ Н$.
Вказівка. Врахувати, що потенціальна енергія піднятого вантажу переходить у роботу розтягування шнура і в кінетичну енергію вантажу.
Відповідь: ***$l = 10,8$ см.***

348 B Хлопчик масою $m = 50\ кг$ катається на гойдалці. З якою силою він давить на сидіння при проходженні положення рівноваги, якщо, максимальний кут відхилення складає $\alpha = 60°$?
Відповідь: ***$F = 980$ Н.***

349 B Невелике тіло підвішене на нитці, що витримує його подвоєну вагу. Знайти максимальний кут відхилення нитки від вертикалі при коливаннях.
Відповідь: ***$\alpha_{max} = 60°$.***

350 B Лижник масою $m = 70\ кг$ з'їжджає з гори висотою $h = 30\ м$. Знайти силу тиску лижника на сніг внизу гори, якщо її нижня частина є дугою радіусом $r = 40\ м$.
Відповідь: ***$F = 1,75$ кН.***

351 C Камінь масою $m = 2\ кг$ і об‘ємом $V = 1\ дм^3$ вільно падає з висоти $h = 5\ м$, яка дорівнює глибині ставка. Знайти кількість теплоти, що виділяється при ударі каменя об дно. Силою опору знехтувати.
Відповідь: ***$Q = 150$ Дж.***

352 C Тіло, що вільно падає з деякої висоти, занурюється у воду на таку ж глибину. Знайти густину тіла. Силою опору знехтувати.
Відповідь: ***$\rho = 0,5\ т/м^3$.***

353 C М'яч радіусом $R = 10\ см$ плаває у воді так, що його центр знаходиться на $H = 9\ см$ вище поверхні води. Яку роботу потрібно виконати, щоб занурити м'яч у воду до діаметральної площини?
Відповідь: ***$A = 0,74$ Дж.***

354 C Куля радіусом $R = 6$ *см* утримується зовнішньою силою під водою так, що її верхня точка торкається поверхні води. Густина матеріалу кулі $\rho = 500$ *кг/м*^{3}. Яку роботу виконає сила виштовхування, якщо відпустити кулю ?
Відповідь: ***A = 0,17 Дж.***

355 C Куля діаметром $D = 30$ *см* плаває у воді. Яку роботу потрібно виконати, щоб занурити кулю у воду ще на $h = 5$ *см* глибше ? Густина матеріалу кулі $\rho = 500$ кг/м^3.
Відповідь: ***A = 0,81 Дж.***

356 B Крижина площею поперечного перерізу $S = 1$ *м*^{2}, висотою $H = 0,4$ *м* плаває у воді. Яку роботу потрібно виконати, щоб повністю занурити крижину у воду?
Відповідь: ***A = 7,84 Дж.***

357 B Порожня скляна куля радіусом $r = 0,1$ *м* і масою $m_1 = 0,5$ *кг* плаває на воді. Якої маси свинцевий вантаж потрібно підвісити до кулі, щоб вона занурилася у воду наполовину? Густина свинцю $\rho_{CB} = 11300$ *кг/м*^{3}.
Відповідь: $\boldsymbol{m_2 = 1,75}$ ***кг.***

358 C Порожня сталева куля плаває у воді, занурившись рівно наполовину. Знайти об‘єм внутрішньої порожнини кулі, якщо її маса $m = 5$ *кг*, а густина стали $\rho_{CT} = 7800$ *кг/м*^{3}.
Відповідь: ***V = 9,35 дм*^{3}.**

359 B Знайти граничну глибину занурення сталевого (густина сталі $\rho_{CT} = 7800$ *кг/м*^{3}) лота. Границя міцності сталі становить $\sigma_{CT} = 500$ *МПа*.
Відповідь: ***h = 7,4 км.***

360 C До легкої пружинки з жорсткістю $G = 49$ *Н/м* підвішене тіло об‘ємом $V = 70$ *см*^{3}. Тіло знаходиться всередині склянки. В склянку наливають масло до тих пір, доки пружинка не перестає скорочуватися. При цьому тіло підіймається на $h = 12$ *мм*. Знайти густину масла.
Відповідь: $\boldsymbol{\rho = 0,86}$ ***г/см*^{3}.**

361 C *П‘ята частина* шарнірно закріпленої за верхній кінець тонкої палички знаходиться під водою. Знайти густину палички.
Відповідь: $\boldsymbol{\rho = 0,36}$ ***т/м*^{3}.**

362 C Однорідна паличка густиною $\rho = 640$ *кг/м*^{3} закріплена за верхній кінець, а її нижня частина занурена у воду. Яка частина палички занурена у воду ?
Відповідь: ***k = 0,4.***

363 C Тіло падає з висоти $H = 5$ *м* у рідину з густиною вдвічі більшою за густину тіла. Знайти глибину занурення і час підйому тіла на поверхню. Силою опору знехтувати.
Відповідь: ***h = 5 м; t = 1 с.***

364 A Знайти силу притягання між двома протонами, що знаходяться на відстані $r = 10^{-10}$ *м* один від одного. Маса протона $m = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ *кг*.
Відповідь: $\boldsymbol{F = 1{,}86 \cdot 10^{-44}}$ ***Н.***

365 A Дві мідні кульки діаметрами $d_1 = 4$ *см* і $d_2 = 6$ *см* дотикаються. Знайти гравітаційну потенціальну енергію цієї системи.
Відповідь: $\boldsymbol{W = -3{,}8 \cdot 10^{-10}}$ ***Дж.***

366 B Космічна ракета летить на Місяць. У якій точці прямої, що з'єднує центри Місяця і Землі, ракета буде притягатися Землею і Місяцем з однаковою силою? Відстань від Землі до Місяця $S = 60$ Земним радіусам, масу Місяця вважати в *81 раз меншою* за масу Землі.
Відповідь: $\boldsymbol{s = 3{,}4 \cdot 10^{5}}$ ***км від поверхні Землі.***

367 B Порівняти прискорення вільного падіння на поверхні Місяця з прискоренням вільного падіння на поверхні Землі, якщо прийняти, що маса Місяця в *81 раз* менша за масу Землі і радіус Землі в *3,7 рази* більший радіуса Місяця.
Відповідь: $\boldsymbol{g_M = 0{,}165\ g_З}$.

368 B Як зміниться період коливання математичного маятника при перенесенні його з Землі на Місяць ?
Відповідь: $\boldsymbol{T_M = 2{,}46\ T_З}$.

369 A Знайти чисельне значення першої космічної швидкості, тобто такої швидкості, яку потрібно надати тілу біля поверхні Землі, щоб воно почало рухатися навколо Землі по коловій орбіті.
Відповідь: $\boldsymbol{\upsilon = 7{,}9}$ ***км/с.***

370 A Знайти чисельне значення другої космічної швидкості, тобто такої швидкості, яку потрібно надати тілу біля поверхні Землі, щоб воно перебороло земне тяжіння і назавжди віддалилося від Землі.
Відповідь: $\boldsymbol{\upsilon \geq 11{,}2}$ ***км/с.***

371 A Знайти лінійну швидкість руху Землі по орбіті, якщо прийняти, що маса Сонця $m_C = 2 \cdot 10^{30}$ *кг*, відстань від Землі до Сонця $s = 1{,}5 \cdot 10^{8}$ *км*. Орбіту Землі вважати коловою.

Відповідь: ***υ = 30 км/с.***

372 А З якою лінійною швидкістю υ буде рухатися штучний супутник Землі по коловій орбіті: 1) біля поверхні Землі (опором повітря знехтувати), 2) на висоті $h_1 = 200$ *км,* 3) на висоті $h_2 = 7000$ *км*. Знайти період обертання *T* навколо Землі штучного супутника при цих умовах. Маса Землі $m_З = 5{,}96 \cdot 10^{24}$ *кг*. Радіус Землі $R_З = 6{,}37 \cdot 10^6$ *м*.
Відповідь: **1)** ***υ = 7,91 км/с; T = 1 год 25 хв;*** **2)** ***υ = 7,79 км/с; T = 1 год 28 хв;*** **3)** ***υ = 5,46 км/с; T = 4 год 16 хв.***

373 В Знайти залежність періоду обертання штучного супутника, що рухається по коловій орбіті біля поверхні планети, від середньої густини ρ планети.
Відповідь: $\mathbf{T = \sqrt{3\pi/\gamma \cdot \rho}}$**.**

374 А Знайти доцентрове прискорення, з яким рухається по коловій орбіті штучний супутник Землі, який знаходиться на висоті *h = 200 км* від поверхні Землі.
Відповідь: $\boldsymbol{a_n = 9{,}2}$ ***м/с²*.**

375 А Планета Марс має два супутника Фобос і Деймос. Перший знаходиться на відстані $R_1 = 9500$ *км* від центра Марса, другий – на відстані $R_2 = 24000$ *км*. Знайти періоди обертання цих супутників навколо Марса. Маса Марса складає *0,108* маси Землі.
Відповідь: $\boldsymbol{T_1 = 7{,}8}$ ***год;*** $\boldsymbol{T_2 = 31{,}2}$ ***год.***

376 В Штучний супутник Землі рухається по коловій орбіті в площині екватора із заходу на схід. На якій відстані *s* від поверхні Землі повинен знаходитися цей супутник, щоб він був нерухомим відносно спостерігача на Землі?
Відповідь: ***s = 35800 км від поверхні Землі.***

377 В Штучний супутник Місяця рухається по коловій орбіті на відстані *s = 20 км* від поверхні Місяця. Знайти лінійну швидкість руху цього супутника, а також період його обертання навколо Місяця. Маса Місяця $m_м = 7{,}3 \cdot 10^{22}$ *кг*. Радіус Місяця $R_м = 1{,}76 \cdot 10^6$ *м*.
Відповідь: ***υ = 1,7 км/с; T = 1 год 50 хв.***

378 В Знайти залежність прискорення вільного падіння від висоти над поверхнею Землі. На якій висоті прискорення складає *25%* від прискорення на поверхні Землі ? Маса Землі $m_З = 5{,}96 \cdot 10^{24}$ *кг*. Радіус Землі $R_З = 6{,}37 \cdot 10^6$ *м*.
Відповідь: $\mathbf{g_1 / g \approx 1 - 2h/R}$***; h = R.***

379 А На якій відстані від поверхні Землі прискорення вільного падіння дорівнює *1 м/с*^{2}?
Відповідь: ***s = 13600 км від поверхні Землі.***

380 В В скільки разів кінетична енергія штучного супутника Землі, що рухається по коловій траєкторії, менша за його гравітаційну потенціальну енергію?
Відповідь: ***n = 2.***

381 В Знайти зміну прискорення вільного падіння при опусканні тіла на глибину *h*. На якій глибині прискорення складає *25%* від прискорення на поверхні Землі? Густину Землі вважати постійною ($\rho_З = 5500$ *кг/м*^{3}).
Вказівка. Врахувати, що на тіло, яке знаходиться на глибині *h* під поверхнею Землі з боку шару товщиною *h* не діє притягування, тому що притягування від окремих частин шару взаємно компенсуються.
Відповідь: ***h = R (1 – n); при n = 0,25 h = 0,75 R.***

382 В Яке співвідношення між висотою *H* гори і глибиною *h* шахти, якщо період коливань маятника на вершині гори і на дні шахти однаковий?
Відповідь: ***h = 2H.***

383 В Знайти період обертання навколо Сонця штучної планети, якщо відомо, що велика піввісь її еліптичної орбіти перевищує велику піввісь земної орбіти на *24 мільйона кілометрів*. Відстань від Землі до Сонця $s = 1{,}5 \cdot 10^{11}$ *м*.
Відповідь: ***T_1 = 450 днів.***

384 В Вважаючи орбіту планети коловою, знайти лінійну швидкість її руху і період обертання навколо Сонця за такими даними: середня відстань планети від Сонця $R = 1{,}71 \cdot 10^8$ *км*, діаметр Сонця $D = 1{,}39 \cdot 10^6$ *км*, середня густина Сонця $\rho = 1{,}4$ *г/см*^{3}.
Відповідь: ***υ = 27,6 км/с; T = 450 днів.***

385 В Велика вісь орбіти першого у світі штучного супутника Землі менше великої осі орбіти другого супутника на *h = 800 км*. Період обертання навколо Землі першого супутника $T_1 = 96{,}2$ *хв*. Знайти: 1) величину великої осі орбіти другого штучного супутника Землі, 2) період його обертання навколо Землі.
Відповідь: **1)** ***$R_2 = 1{,}46 \cdot 10^4$ км;*** **2)** ***T_2 = 104 хв.***

386 В Радіус Місяця приблизно в *3,8 рази менший* радіуса Землі, а маса в *81 разів менша* маси Землі. В скільки разів потрібно змінити початкову швидкість кидання, щоб підкинути тіло на Місяці на таку ж висоту, як і на

Землі?
Відповідь: ***зменшити в 2,4 рази.***

387 В Радіус Марса складає *0,53 радіуса Землі*, а маса дорівнює *0,11 маси Землі*. Який вантаж може підняти людина, що знаходиться на полюсі Марса, якщо на Землі ця людина може підняти вантаж масою $m = 100$ *кг*?
Відповідь: $\boldsymbol{m = 255}$ ***кг.***

388 В Радіус планети, що обертається навколо зірки Сиріус, у *7 разів більший* радіуса Землі, а середня густина у *1000 разів більша* середньої густини Землі. Визначити прискорення вільного падіння на поверхні цієї планети.
Відповідь: $\boldsymbol{g_x = 7 \cdot 10^3\ g}$.

389 А На яку висоту від поверхні Землі піднявся космічний корабель, якщо прилади відзначили зменшення прискорення вільного падіння до $g_1 = 4{,}9$ *м/с*^{2}.
Відповідь: $\boldsymbol{h \approx 2624}$ ***км.***

390 В Радіус астероїда $R = 10$ *км*, густина його речовини $\rho = 5500$ *кг/м*^{3}. Визначити прискорення вільного падіння на поверхні астероїда.
Відповідь: $\boldsymbol{g \approx 0{,}015}$ ***м/с***^{2}.

391 В Радіус Марса в $n = 1{,}9$ *рази менший* за радіус Землі, а маса менша за масу Землі в $k = 9$ *разів.* Визначити прискорення вільного падіння на його поверхні.
Відповідь: $\boldsymbol{g = 3{,}9}$ ***м/с***^{2}.

392 В Період обертання Місяця навколо Землі $T = 27$ *діб*. Вважаючи орбіту Місяця колом, визначити радіус орбіти r.
Відповідь: $\boldsymbol{r = 3{,}8 \cdot 10^8}$ ***м.***

393 В Визначити масу M Сонця, знаючи середню лінійну швидкість Землі на орбіті $\upsilon = 30$ *км/с* і радіус орбіти Землі $R = 1{,}5 \cdot 10^8$ *км*.
Відповідь: $\boldsymbol{M \approx 2 \cdot 10^{30}}$ ***кг.***

394 В Період обертання Юпітера $T_Ю$ навколо Сонця в $n = 12$ *разів* перевищує період обертання Землі. Визначити радіус орбіти Юпітера, якщо відомо, що радіус земної орбіти $R_З = 1{,}5 \cdot 10^8$ *км.* Вважати орбіти коловими.
Відповідь: $\boldsymbol{R_Ю = 7{,}86 \cdot 10^8}$ ***км.***

395 В На екваторі деякої планети тіла важать *вдвічі менше,* ніж на полюсі. Визначити густину речовини планети, якщо період її обертання навколо

власної осі дорівнює
T = 2 год 27,5 хв.
Відповідь: ***ρ = 3600 кг/м³.***

396 C Діаметр Сонця можна побачити з Землі під кутом *φ = 32′*. Вважаючи, що Земля рухається по колу, визначити густину сонячної матерії.
Відповідь: ***ρ = 1400 кг/м³.***

397 B Чому дорівнює вага гирі масою *m* на екваторі та на широті *60°*, якщо відома маса земної кулі *M*, її радіус *R* і період обертання *T*?
Відповідь: $\mathbf{m\left(\gamma\frac{M}{R^2}-\frac{4\pi^2R}{T^2}\right)}$; $\mathbf{m\sqrt{\gamma^2\frac{M^2}{R^4}+\frac{4\pi^4R^2}{T^4}-\gamma\frac{2\pi^2M}{RT^2}}}$

398 B Визначити період обертання супутника нейтронної зірки, густина речовини якої *ρ = 10¹⁷ кг/м³*.
Відповідь: ***T ≈ 1,2·10⁻³ сек.***

399 B Визначити прискорення вільного падіння на полюсі планети, якщо на її екваторі вага тіла на *η = 20% менша*, ніж на полюсі. Тривалість доби на планеті *t = 12 год.*, її радіус *R = 10⁴ км*.
Відповідь: ***g ≈ 1,1 м/с².***

400 B На якій глибині від поверхні Землі прискорення вільного падіння $g_1 = 4$ *м/с²*? Врахувати, що дія сили тяжіння з боку сферичного шару на матеріальну частку, що знаходиться всередині шару дорівнює нулю. Вважати Землю однорідною кулею.
Відповідь: ***h ≈ 3,8·10⁶ м.***

401 B Визначити радіус планети, на екваторі якої вага тіла на *η = 20% менша*, ніж на полюсі. Маса планети *M = 6·10²⁴ кг*, доба на ній складає *t = 24 год.*
Відповідь: ***R = 2,5·10⁷ м.***

402 B Визначити густину планети в формі кулі, якщо вага тіла на полюсі *в 2 рази більша*, ніж на екваторі. Період обертання планети навколо своєї осі *T = 2 год 40 хв.*
Відповідь: ***ρ = 3060 кг/м³.***

403 B При якій тривалості доби тіла на екваторі Землі важили б *у 2 рази менше*, ніж на полюсі?

Відповідь: ***T ≈ 2 год.***

404 B Визначити середню густину планети, тривалість доби на якій *T = 6 год*, якщо на її екваторі динамометр показує вагу *на 10% меншу*, ніж на полюсі.
Відповідь: $\rho = 3030$ ***кг/м³.***

405 B Визначити густину речовини планети, доба на який дорівнює *t = 24 год*, якщо на її екваторі тіла невагомі.
Відповідь: $\rho = 19$ ***кг/м³.***

406 B На скільки зменшиться вага тіла на екваторі внаслідок обертання Землі в порівнянні з вагою його на полюсі ?
Відповідь: ***приблизно на 0,3%.***

407 C У мідній кулі радіуса *R = 50 см* зроблено сферичну порожнину радіуса *R/2,* поверхня якої торкається поверхні кулі. Знайти, з якою силою *F* ця куля з порожниною притягує маленьку кульку масою *m = 20 гр*, яка знаходиться на відстані *d = 90 см* від центра мідної кулі по прямій, що з'єднує центри куль з боку порожнини і з протилежної сторони.
Відповідь: $F_1 = 58{,}6 \cdot 10^{-10}$ ***Н;*** $F_2 = 71 \cdot 10^{-40}$ ***Н.***

408 C З якою силою взаємодіють кулька масою $m_1 = 10$ *гр* і свинцева куля, що має концентричну сферичну порожнину ? Радіус кулі $R_1 = 20$ *см*, радіус порожнини $R_2 = 10$ *см*, відстань між кулькою і поверхнею кулі *l = 80 см*. З якою силою свинцева куля буде діяти на кульку, якщо остання знаходиться всередині порожнини?
Відповідь: $F = 2{,}2 \cdot 10^{-11}$ ***Н;*** $F_1 = 0$.

Розділ III. Механічні коливання і хвилі

Рівняння вільних незатухаючих коливань та його розв'язок:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0; \quad x = A\cos(\omega t + \varphi),$$

де x – зміщення; A – амплітуда; ω - власна частота коливань; φ - початкова фаза.

Швидкість і прискорення матеріальної точки, яка виконує гармонічне коливання:

$$\upsilon = -A\omega\sin(\omega_0 t + \varphi);$$

$$a = -A\omega^2\cos(\omega_0 t + \varphi).$$

Рівняння затухаючих коливань та його розв'язок:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0; \qquad x = Ae^{-\beta t}\cos(\omega t + \varphi),$$

де $\beta = \frac{r}{2m}$ – коефіцієнт затухання; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ – циклічна частота коливань; $A = A_0 e^{-\beta t}$ – амплітуда затухаючих коливань.

Логарифмічний декремент затухання:

$$\delta = \ln\frac{A_t}{A_{t+T}} = \beta T.$$

Добротність:

$$Q = \frac{\pi}{\delta} = \frac{\pi}{\beta T}.$$

Рівняння вимушених коливань і його частинний розв'язок:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\beta\frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = f_0\cos\omega t;$$

$$x = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}\cos(\omega t + \mathrm{arctg}(-\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2})),$$

де $\mathbf{A} = \dfrac{\mathbf{f_0}}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$ – амплітуда коливань; $\mathbf{arctg}(-\dfrac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2})$ – початкова фаза; $\mathbf{f_0} = \dfrac{\mathbf{F_0}}{\mathbf{m}}$, $\mathbf{F_0}\ \mathbf{cos\omega t}$ - зовнішня сила.

Резонансні значення циклічної частоти і амплітуди:

$$\omega_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2},$$

$$A_{\text{рез}} = \frac{F_0}{2m\beta\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}}.$$

Додавання гармонічних коливань одного напрямку й однакової частоти. Амплітуда результуючого коливання:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}.$$

Початкова фаза результуючого коливання:

$$\varphi = \mathrm{arctg}\frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}.$$

Траєкторія точки, яка бере участь у двох взаємно-перпендикулярних коливаннях:

$\mathbf{x = A_1\ cos\omega t}$, та $\mathbf{y = A_2\ cos(\omega t + \varphi)}$:

а) $\mathbf{y} = \dfrac{\mathbf{A_2}}{\mathbf{A_1}}\mathbf{x}$, якщо різниця фаз φ=**0**;

б) $\mathbf{y} = -\dfrac{\mathbf{A_2}}{\mathbf{A_1}}\mathbf{x}$, якщо $\varphi = \pm\pi$;

в) $\dfrac{\mathbf{x}^2}{\mathbf{A_1^2}} + \dfrac{\mathbf{y}^2}{\mathbf{A_2^2}} = \mathbf{1}$, $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$.

Період малих коливань математичного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

де l – довжина маятника, g- прискорення вільного падіння.

Період коливань тіла, підвішеного на пружині:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

де m – маса тіла; k – жорсткість пружини.
Період малих коливань фізичного маятника:

$$\mathbf{T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}},$$

де $\mathbf{L = \frac{I}{ml}}$ – зведена довжина фізичного маятника; I – момент інерції маятника відносно осі коливання; m – маса маятника; l – відстань від центра мас до осі коливання.
Період крутильних коливань:

$$\mathbf{T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}}},$$

де **I** – момент інерції; $\mathbf{k = \frac{M}{\varphi}}$ (**M** – момент сили; **φ** - кут закручування).
Період коливань однорідної струни:

$$\mathbf{T = 2l\sqrt{\frac{m}{F}}},$$

де l – довжина струни; m – маса одиниці довжини струни; F – сила натягу струни.

Повна енергія матеріальної точки масою m, яка здійснює гармонічні коливання:

$$\mathbf{E = K + \Pi = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2}.$$

Рівняння плоскої монохроматичної біжучої хвилі:

$$\mathbf{y = A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)},$$

де **y** – зміщення точки середовища на відстані x в момент часу **t**; **λ=υT** – довжина хвилі (υ – швидкість поширення коливань у середовищі; **T** – період); $\mathbf{\frac{2\pi}{\lambda} = k}$ – хвильове число.

Швидкість поширення повздовжніх хвиль у пружному середовищі:

$$\mathbf{\upsilon_{\phi} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}},$$

де **E** – модуль Юнга; **ρ** – густина середовища.
Швидкість поширення поперечних хвиль:

$$\upsilon_{\phi} = \sqrt{\frac{G}{\rho}},$$

де **G** – модуль зсуву.

Кінетична енергія хвильового руху в об'ємі ΔV:

$$K = \frac{1}{2}\rho\Delta V\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t - kx).$$

Потенціальна енергія хвильового руху:

$$\Pi = \frac{1}{2}\rho\Delta V\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t - kx).$$

Повна енергія хвильового руху:

$$E = K + \Pi = \rho\Delta V\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t - kx).$$

Середнє значення об'ємної густини енергії за часом:

$$\langle w \rangle = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2.$$

Потік енергії хвилі:

$$\Phi = \langle w \rangle S\upsilon_{\phi},$$

де S – поверхня, через яку переноситься енергія хвилі; υ - швидкість хвилі.

Середнє значення густини потоку енергії хвилі (вектор Умова):

$$\langle \vec{j} \rangle = \langle w \rangle \vec{\upsilon}_{\phi}.$$

Рівень гучності звуку, дБ:

$$L = 10\lg\frac{I}{I_0},$$

де I – інтенсивність звуку певної частоти; I_0 – інтенсивність на порозі чутності.

Ефект Доплера:

$$\nu' = \frac{c \pm \upsilon}{c \pm u}\nu,$$

де **c** – швидкість поширення звуку; **υ** – швидкість руху приймача; **u** – швидкість руху джерела звуку; **ν** – частота від джерела. Верхні знаки беруться при зближенні джерела і приймача, нижні – при їх віддаленні.

Задачі до розділу „Механічні коливання та хвилі”

409 А Написати рівняння гармонічного коливання з амплітудою $A = 5$ *см*, якщо за $t = 1$ *хв* відбувається $n = 150$ *коливань*. Початкова фаза коливань $\varphi = 45°$. Накреслити графік цього руху.

Відповідь: $\mathbf{x = 5\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{4}\right)}$ ***см.***

410 А Написати рівняння гармонічного коливання з амплітудою $A = 0{,}1$ *м*, періодом $T = 4$ *с*, початковою фазою $\varphi = 0$.

Відповідь: $\mathbf{x = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t}$ ***м.***

411 А Амплітуда гармонічних коливань $A = 50$ *мм*, період $T = 4$ *с*, початкова фаза $\varphi = \pi/4$. 1) Написати рівняння цього коливання. 2) Знайти зміщення точки, яка коливається, від положення рівноваги при $t = 0$, при $t = 1{,}5$ *с*. 3) Накреслити графік цього руху.

Відповідь: ***1)*** $\mathbf{x = 50\sin\left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}$ ***мм; 2)*** $\boldsymbol{x_1 = 35{,}2}$ ***мм,*** $\boldsymbol{x_2 = 0}$***.***

412 А Написати рівняння гармонічного коливання, якщо початкова фаза коливань: 1) *0*, 2) $\pi/2$, 3) π, 4) $3\pi/2$, 5) 2π. Амплітуда коливань $A = 5$ *см*, період коливань $T = 8$ *с*. Накреслити графік коливань у всіх цих випадках.

Відповідь: ***1)*** $\mathbf{x = 5\sin\frac{\pi t}{4}}$ ***см; 2)*** $\mathbf{x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{2}\right)}$ ***см;***

3) $\mathbf{x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{4} + \pi\right)}$ ***см; 4)*** $\mathbf{x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{3\pi}{2}\right)}$ ***см; 5)*** $\mathbf{x = 5\sin\frac{\pi t}{4}}$ ***см.***

413 А Визначити фазу коливання матеріальної точки через 2 с після початку коливань, якщо точка здійснює коливання з періодом $T = 0{,}8$ *с*.

Відповідь: $\boldsymbol{\varphi = 0{,}5}$ ***с.***

414 А Через який час від початку руху точка, яка робить гармонічне коливання, буде мати зміщення від положення рівноваги, що дорівнює половині амплітуди ? Період коливань $T = 24$ *с*, початкова фаза дорівнює нулю.

Відповідь: $\boldsymbol{t = 2}$ ***с.***

415 В Початкова фаза гармонічного коливання дорівнює нулю. Через яку долю періода швидкість точки буде дорівнювати половині її максимальної швидкості?
Відповідь: ***t = 1/6 T.***

416 В Через який час від початку руху точка, що робить коливальний рух за рівнянням $\mathbf{x = 7\sin 0{,}5\pi t}$, проходить шлях від положення рівноваги до максимального зміщення?
Відповідь: ***t = 1 с.***

417 В Амплітуда гармонічного коливання *A = 5 см*, період *T = 4 с*. Знайти максимальну швидкість точки, яка коливається, її максимальне прискорення.
Відповідь: $\boldsymbol{\upsilon_{max} = 7{,}85\cdot 10^{-2}}$ ***м/с;*** $\boldsymbol{a_{max} = 12{,}3\cdot 10^{-2}}$ ***м/с²***.

418 В Рівняння руху точки задане у вигляді $\mathbf{x = 2\sin\left(\frac{\pi t}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}$ *см*. Знайти: 1) період коливань, 2) максимальну швидкість точки, 3) максимальне прискорення точки.
Відповідь: ***1) T = 4 с; 2)*** $\boldsymbol{\upsilon = 3{,}14\cdot 10^{-2}}$ ***м/с; 3)*** $\boldsymbol{a = 4{,}93\cdot 10^{-2}}$ ***м/с²***.

419 В Рівняння руху точки задане у вигляді $\mathbf{x = \sin\left(\frac{\pi t}{6}\right)}$. Знайти моменти часу, в які досягаються максимальна швидкість і максимальне прискорення.
Відповідь: ***t = 3, 9, 15 , … с.***

420 В Точка робить гармонічне коливання. Період коливань *T = 2 с*, амплітуда *A = 50 мм*, початкова фаза дорівнює нулю. Знайти швидкість точки в момент часу, коли зміщення точки від положення рівноваги дорівнює *x = 25 мм*.
Відповідь: $\boldsymbol{\upsilon = 0{,}136}$ ***м/с.***

421 В Написати рівняння гармонічного коливання якщо максимальне прискорення точки *a = 49,3 см/с²*, період коливань *T = 2 с*, зміщення точки від положення рівноваги в початковий момент часу x_0 *= 25 мм*.
Відповідь: $\mathbf{x = 5\cdot 10^{-2}\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right)}$ ***м.***

422 Початкова фаза гармонічного коливання дорівнює нулю. При зміщенні

B точки від положення рівноваги $x_1 = 2,4$ *см*, швидкість точки $\upsilon_1 = 3$ *см/с*, а при зміщенні, рівному $x_2 = 2,8$ *см*, швидкість дорівнює $\upsilon_2 = 2$ *см/с*. Знайти амплітуду і період цього коливання.
Відповідь: $A = 3,1 \cdot 10^{-2}$ ***м; T = 4,1 с.***

423 B Рівняння коливання матеріальної точки масою $m = 1,6 \cdot 10^{-2}$ *кг* має вигляд $x = 0,1\sin\left(\frac{\pi t}{8} + \frac{\pi}{4}\right)$ *м*. Побудувати графік залежності від часу *t* (в межах одного періоду) сили *F*, що діє на точку. Знайти значення максимальної сили.
Відповідь: $F_{max} = 24,6 \cdot 10^{-5}$ ***Н.***

424 B Матеріальна точка масою $m = 10$ *г* коливається за рівнянням $x = 5\sin\left(\frac{\pi t}{5} + \frac{\pi}{4}\right)$ *см*. Знайти максимальну силу, що діє на точку, повну енергію точки, яка коливається.
Відповідь: $F_{max} = 19,7 \cdot 10^{-5}$ ***Н;*** $W = 4,93 \cdot 10^{-6}$ ***Дж.***

425 C Дошка і брусок, що лежить на ній, здійснюють горизонтальні гармонічні коливання з амплітудою А=10 см. Знайти коефіцієнт тертя між дошкою і бруском, якщо останній починає ковзати по дошці, коли її період коливань менший, ніж *T=1 с*.
Відповідь: $k = \frac{4\pi^2 A}{gT^2} = 0,4.$

426 C Горизонтальна платформа робить у вертикальному напрямі гармонічне коливання за законом $x = a\cos\omega t$. На платформі лежить шайба з абсолютно непружного матеріалу. При якій умові шайба відділятиметься від платформи?
Відповідь: $a\omega^2 > g.$

427 B Чому дорівнює відношення кінетичної енергії точки, що робить гармонічне коливання, до її потенціальної енергії для моментів часу: 1) $t = \frac{T}{12}$ *с*, 2) $t = \frac{T}{8}$ *с*, 3) $t = \frac{T}{6}$ *с*. Початкова фаза коливань дорівнює нулю.
Відповідь: ***1)*** $W_K / W_П = 3$; ***2)*** $W_K / W_П = 1$; ***3)*** $W_K / W_П = 1/3$.

428 Чому дорівнює відношення кінетичної енергії точки, яка робить

В гармонічне коливання, до її потенціальної енергії для моментів, коли зсув точки від положення рівноваги складає: 1) $\mathbf{x = \frac{A}{4}}$, 2) $\mathbf{x = \frac{A}{2}}$, 3) $\mathbf{x = A}$, де *A* – амплітуда коливань.

Відповідь: ***1) $W_K / W_П = 15$; 2) $W_K / W_П = 3$; 3) $W_K / W_П = 0$.***

429 В Повна енергія тіла, яке здійснює гармонічний коливальний рух $W = 3 \cdot 10^{-5}$ *Дж*, максимальна сила, що діє на тіло $F = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ *Н*. Написати рівняння руху цього тіла, якщо період коливань $T = 2$ *с*, початкова фаза $\varphi = 60°$.

Відповідь: $\mathbf{x = 0{,}04 \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{3}\right)}$ ***м.***

430 В Амплітуда гармонічних коливань матеріальної точки $A = 2$ *см*, повна енергія коливань $W = 3 \cdot 10^{-7}$ *Дж*. При якому зміщенні від положення рівноваги на точку, яка коливається, діє сила $F = 2{,}25 \cdot 10^{-5}$ *Н* ?

Відповідь: $\mathbf{x = \frac{F \cdot A^2}{2W} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}}$ ***м.***

431 В Кульку підвішену на нитці довжиною в $l = 2$ *м*, відхиляють на кут $\varphi = 4°$ і спостерігають її коливання. Вважаючи коливання незатухаючими гармонічними, знайти швидкість кульки при проходженні нею положення рівноваги.

Відповідь: $\mathbf{\upsilon_{max} = \frac{2\pi A}{T} = 0{,}31}$ ***м/с.***

432 С У ліфті, що рухається зі сталим прискоренням, маятник коливається з періодом $T = 3{,}5$*с*. Визначити, в якому напрямі і з яким прискоренням рухається ліфт, якщо до початку руху маятник коливався з періодом $T = 3$ с.

Відповідь: $\mathbf{a \approx 2{,}6}$ **м/с^2 .**

433 С Супутник за *3 хв* набрав швидкість *1440 м/с*. Знайти, наскільки зміниться у супутнику період коливань математичного маятника довжиною $l = 1{,}5$ *м*.

Відповідь: $\mathbf{T = 2\pi\left(\sqrt{\frac{l}{g+a}} - \sqrt{\frac{l}{g}}\right) = -0{,}63\,с.}$

434 С Чому дорівнює період коливань математичного маятника, підвішеного у вагоні, що рухається горизонтально з прискоренням а?

Відповідь: $\mathbf{T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{\sqrt{g^2 + a^2}}}}$.

435 B До пружини підвішено вантаж $P = 10\ Н$. Знаючи, що пружина під впливом сили в $F = 1\ Н$ розтягується на $x = 1{,}5\ см$, визначити період вертикальних коливань вантажа.
Відповідь: ***T = 0,78 с.***

436 B До пружини підвішено вантаж. Знаючи, що максимальна кінетична енергія коливань вантажа дорівнює $W_K = 1\ Дж$, знайти коефіцієнт жорсткості пружини. Амплітуда коливань $A = 5\ см$.
Відповідь: ***k = 805 Н/м.***

437 B Визначити період малих коливань тягарця на спіральній пружині, якщо при його знятті довжина пружини зменшилась на *19,6 см*.
Відповідь: $\mathbf{T = 2\pi\sqrt{\dfrac{\Delta x}{g}} = 0{,}89 с.}$

438 C Як зміниться період вертикальних коливань вантажа, що висить на двох однакових пружинах, якщо від послідовного сполучення пружин перейти до паралельного їх сполучення?
Відповідь: ***період зменшиться в два рази.***

439 B Мідна кулька, підвішена до пружини, робить вертикальні коливання. Як зміниться період коливань, якщо до пружини підвісити замість мідної кульки алюмінієву такого ж радіуса ?
Відповідь: ***період зменшиться в 1,8 раз.***

440 C До пружини підвішено чашку терезів з гирями. При цьому період вертикальних коливань склав $T_0 = 0{,}5\ с$. Після того як на чашку терезів поклали ще додаткові гирі, період вертикальних коливань збільшився до $T_1 = 0{,}6\ с$. Наскільки подовжилася пружина від додаткового вантажу?
Відповідь: ***Δl = 2,7 см.***

441 C Кусок глини масою m=1 кг впав на шальку пружинних терезів з висоти h=10 см і прилип до неї. Визначити амплітуду і період коливань шальки, якщо маса її і пружини незначна, а жорсткість пружини k=10 Н/м.
Відповідь: ***A = 5,52 см. T=0,2с.***

442 До гуми довжиною $l = 40\ см$, радіусом $r = 1\ мм$ підвішена гиря масою $m =$

B *50г*. Знаючи, що модуль Юнга для цієї гуми дорівнює $E = 0,3\ Н/мм^2$, знайти період вертикальних коливань гирі.
Відповідь: ***T = 0,93 с.***

443 B Визначити частоту гармонічних коливань диска радіуса *R=20 см* навколо горизонтальної осі, що проходить через середину радіуса диска перпендикулярно до його площини.
Відповідь: $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2g}{3R}} = 0,9\,Гц.$

444 B На тонкій нитці довжиною *l= 0,2 м* підвішено кулю радіуса *R=0,05 м*. При обчисленні частоти коливання цього маятника дослідник вважав його за математичний. Наскільки помилився дослідник?
Відповідь: $\Delta\nu \approx 0,02\,Гц.$

445 B Тонкий стержень, закріплений за кінець, коливається з такою самою частотою, як і математичний маятник довжиною *l= 1м*. Чому дорівнює довжина стержня?
Відповідь: ***l=1,5м.***

446 C На кінцях тонкого стержня довжиною *l* закріплені важки масами m_1 та m_2. Стержень коливається навколо горизонтальної осі, що проходить через його середину. Визначити період коливань стержня для випадків: 1) стержень невагомий; 2) маса стержня *m*.
Відповідь:1) $T = \pi\sqrt{\frac{2l(m_1+m_2)}{g(m_2-m_1)}}$; 2) $T = 2\pi\sqrt{\frac{l(3m_1+3m_2+m)}{6g(m_2-m_1)}}$.

447 B Однорідний диск радіуса r коливається навколо горизонтальної осі, що проходить через одну з твірних бічної поверхні. Знайти період коливань.
Відповідь: $T = 2\pi\sqrt{\frac{3R}{2g}}$.

448 C На стержні довжиною *l* закріплено два однакових тягарці: один на середині стержня, другий на кінці. Стержень коливається навколо горизонтальної осі, що проходить через вільний від тягарців кінець. Визначити зведену довжину *L* і період такого фізичного маятника (масою стержня знехтувати).
Відповідь:1) $L = \frac{5}{6}l$; 2) $T = 2\pi\sqrt{\frac{5l}{6g}}$.

449 Айсберг у вигляді прямої призми коливається у вздовж вертикальної осі.

C Визначити період малих коливань айсберга, якщо висота його надводної частини *h=100м*.

Відповідь: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{h}{g(\dfrac{\rho_в}{\rho_л} - 1)}} = 60,2$.

450 C Ареометр масою *m = 20г* плаває в рідині. Якщо занурити його в рідину і відпустити, то він почне робити коливання з періодом *T = 3,4 с*. Вважаючи коливання незатухаючими, знайти за даними цього досліду густину рідини *ρ* в якій плаває ареометр. Діаметр вертикальної циліндричної трубки ареометра дорівнює *d = 1 см*.

Відповідь: $\rho = \dfrac{16\pi m}{T^2 d^2 g} = 890$ *кг/м³*.

451 B Тонкий обруч, підвішений на цвях, забитий горизонтально в стіну, коливається у площині, паралельній стіні. Радіус *R* обруча дорівнює *30см*. Обчислити період коливань обруча.

Відповідь: $T = 2\pi\sqrt{\dfrac{2R}{g}} = 1,6$.

452 C Математичний маятник завдовжки l_0 *=40см* і тонкий однорідний стержень завдовжки *l=60см* здійснюють малі синхронні коливання навколо горизонтальної осі. Знайти відстань від центра стержня до цієї осі.

Відповідь: $x = (1 \pm \sqrt{1 - \dfrac{l^2}{3l_0^2}}) \cdot \dfrac{l_0}{2} = 10;\ 30$ см.

453 C U-подібна трубка заповнена рідиною. Знайти частоту коливань рідини в трубці, що виникають при виведені системи з рівноваги (рисунок 1).

Відповідь: $\nu = \dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{2g}{l}}$.

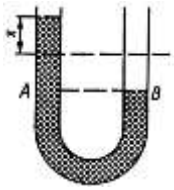

Рисунок1

454 В Написати рівняння руху, що виникає в результаті додавання двох однаково напрямлених гармонічних коливань з однаковим періодом *T = 8 с* і однаковою амплітудою *A = 0,02 м*. Різниця фаз між цими коливаннями $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Початкова фаза одного з цих коливань дорівнює нулю.

Відповідь: $\mathbf{x = 0{,}037\sin\left(\frac{\pi t}{4} + \frac{\pi}{8}\right)}$ ***м.***

455 В Користуючись методом векторних діаграм, знайти амплітуду результуючого коливання при додаванні коливань $\mathbf{x_1 = 6\cos(\pi t + \frac{\pi}{2})}$ та $\mathbf{x_2 = 8\cos\pi t}$, а також визначити у яких межах може лежати амплітуда коливання, яка виникає при додаванні двох гармонічних коливань одного напрямку і частоти.

Відповідь: 1) ***A=10; 2)*** $|A_1-A_2| \le A \le A_1+A_2$.

456 В Написати закон руху, що виходить у результаті додавання двох однаково напрямлених гармонічних коливань, які задані рівняннями: . $\mathbf{x_1 = 5\sin(10t + 0{,}75\pi)}$; $\mathbf{x_2 = 6\sin(10t + 0{,}25\pi)}$.

Відповідь: $\mathbf{x = 7{,}8\sin(10t + 0{,}47\pi)}$.

457 В Знайти амплітуду і початкову фазу гармонічного коливання, отриманого від додавання однаково напрямлених коливань, що задаються рівняннями $\mathbf{x_1 = 0{,}02\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{2}\right)}$ м, $\mathbf{x_2 = 0{,}03\sin\left(5\pi t + \frac{\pi}{4}\right)}$ м.

Відповідь: $A = 4{,}6\cdot10^{-6}$ ***м;*** $\varphi = 62°46'$.

458 В Додаються два гармонічних коливання $\mathbf{x_1 = 6\sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{6}\right)}$, $\mathbf{x_2 = 4\sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{4}\right)}$. Записати рівняння результуючого коливання.

Відповідь: $\mathbf{x = 9{,}9\sin\left(2\pi t + 36^0\right)}$.

459 В В результаті додавання двох однаково напрямлених гармонічних коливань з однаковими амплітудами і однаковими періодами виникає результуюче коливання з тим же періодом і тією ж амплітудою. Знайти різницю фаз коливань, які додаються.

Відповідь: ***$\Delta\varphi = 2\pi/3$.***

460 B 1) Знайти амплітуду і початкову фазу гармонічного коливання, отриманого від додавання однаково напрямлених коливань, які задаються рівняннями $\mathbf{x_1 = 4\sin\pi t}$ *см*, $\mathbf{x_2 = 3\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)}$ *см*. 2) Написати рівняння результуючого коливання. 3) Побудувати векторну діаграму додавання амплітуд.

Відповідь: **1) A = 5 см; φ = 36°52′; 2)** $\mathbf{x = 5\sin(\pi t + 0{,}2\pi)}$ **см.**

461 A Написати рівняння результуючого коливання отриманого в результаті додавання двох взаємноперпендикулярних коливань з однаковою частотою $\nu_1 = \nu_2 = 5$ *Гц* і однаковою початковою фазою $\varphi_1 = \varphi_2 = 60°$. Амплітуда одного з коливань дорівнює $A_1 = 0{,}10$ *м*, амплітуда іншого $A_2 = 0{,}05$ *м*.

Відповідь: $\mathbf{s = 0{,}112\sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{3}\right)}$ ***м.***

462 B Точка бере участь в двох коливаннях однакової частоти з однаковими початковими фазами. Амплітуди коливань $A_1 = 3$ *см*, $A_2 = 4$ *см*. Знайти амплітуду результуючого коливання, якщо: 1) коливання відбуваються в одному напрямку, 2) коливання взаємноперпендикулярні.

Відповідь: ***1) A = 7 см; 2) A = 5 см.***

463 B Точка бере участь одночасно у двох коливаннях однакового напрямку, які відбуваються за законами $\mathbf{x_1 = a\cos\omega t}$, $\mathbf{x_2 = a\cos(\omega t + \frac{2\pi}{3})}$ *м*. Знайти максимальну швидкість точки.

Відповідь: $\mathbf{\vartheta_{max} = a\omega}$.

464 C Точка бере участь одночасно у двох взаємноперпендикулярних коливаннях $\mathbf{x = 2\sin\omega t}$ **м**, $\mathbf{y = 2\cos\omega t}$ *м*. Знайти траєкторію руху точки.

Відповідь: $\mathbf{\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{4} = 1}$ – ***рівняння кола радіусом в два метри.***

465 C Точка бере участь у двох взаємноперпендикулярних коливаннях $\mathbf{x = 2\cos\omega t}$, $\mathbf{y = -\cos 2\omega t}$. Знайти рівняння траєкторії руху точки.

Вказівка: $\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$.

Відповідь: $y = -2(\frac{A_2}{A_1})x^2 + A^2; y = -\frac{1}{2}x^2 + 1.$

466 C Точка бере участь одночасно в двох взаємноперпендикулярних коливаннях $x = \cos\pi t,\ \ y = \cos\frac{\pi t}{2}$. Знайти траєкторію результуючого руху точки.

Вказівка. $\left|\cos\frac{\alpha}{2}\right| = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$

Відповідь: $2y^2 - x = 1$ – *рівняння параболи.*

467 C Точка бере участь одночасно в двох взаємноперпендикулярних коливаннях $x = \sin\pi t,\ \ y = 2\sin\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$. Знайти траєкторію руху точки, накреслити її в масштабі.

Відповідь: $\frac{x^2}{1} + \frac{y^2}{4} = 1$ – *рівняння еліпса.*

468 C Точка бере участь одночасно в двох взаємноперпендикулярних коливаннях $x = \sin\pi t,\ \ y = 4\sin(\pi t + \pi)$. Знайти траєкторію руху точки, накреслити її в масштабі.

Відповідь: $y = -0{,}75x$ – *рівняння прямої.*

469 B Період загасаючих коливань *T = 4 с*, логарифмічний декремент загасання χ = *1,6*, початкова фаза дорівнює нулю. Зміщення точки при $t = \frac{T}{4}$ дорівнює *4,5 см*. Написати рівняння цього коливання.

Відповідь: $x = 6{,}7e^{-0{,}4t}\sin\frac{\pi t}{2}$.

470 B Після *N=10* коливань амплітуда коливань точки зменшилась від A_0*=10 см* до *A=6 см*. Коефіцієнт затухання β дорівнює *0,2*. Записати закон руху точки коливання.

Відповідь: $x = 0{,}1e^{-0{,}2t}\cos 8\pi t$ (м).

471 B Рівняння загасаючих коливань задане у вигляді $\mathbf{x = 5e^{-0,25t} \sin\frac{\pi t}{2}}$ *м*. Знайти швидкість точки, що коливається в моменти часу *0, T, 2T, 3T, 4T*.
Відповідь: ***υ_1 = 7,85 м/с; υ_2 = 2,88 м/с; υ_3 = 1,06 м/с; υ_4 = 0,39 м/с; υ_5 = 0,14 м/с.***

472 B Логарифмічний декремент загасання математичного маятника $\chi = 0,2$. Знайти, в скільки разів зменшиться амплітуда коливань за одне повне коливання маятника.
Відповідь: ***A_1 / A_2 = 1,22.***

473 B Чому дорівнює логарифмічний декремент загасання математичного маятника, якщо за $t = 1$ *хв* амплітуда коливань *зменшилася в два рази*? Довжина маятника $l = 1$ *м*.
Відповідь: ***χ = 0,023.***

474 B Математичний маятник довжиною в $l = 24,7$ *см* робить загасаючі коливання. Через який час енергія коливань маятника *зменшиться в 9,4 рази*? Задачу розв‘язати при значенні логарифмічного декремента загасання: 1) $\chi = 0,01$, 2) $\chi = 1$.
Відповідь: ***1) t = 120 с; 2) t = 1,22 с.***

475 C Математичний маятник робить загасаючі коливання з логарифмічним декрементом загасання $\chi = 0,2$. В скільки разів зменшиться повне прискорення маятника в його крайньому положенні за одне коливання?
Відповідь: ***В 1,22 рази.***

476 B Амплітуда загасаючих коливань математичного маятника за $t_1 = 1$ *хв* зменшилася вдвічі. В скільки разів вона зменшиться за $t_2 = 2$ *хв*?
Відповідь: ***У 8 разів.***

477 B Математичний маятник довжиною $l = 0,5$ *м*, виведений з положення рівноваги, відхилився при першому коливанні на $x_1 = 5$ *см*, а при другому (в ту ж сторону) – на $x_2 = 4$ *см*. Знайти час релаксації, тобто час, протягом якого амплітуда коливань зменшиться в *e* раз, де *e* – основа натуральних логарифмів.
Відповідь: ***t = 6,4 с.***

478 C До пружини, яка висить вертикально підвішують вантаж. При цьому пружина подовжується на $x = 9,8$ *см*. Відтягаючи цей вантаж вниз і відпускаючи його, змушують вантаж робити коливання. Чому повинен

дорівнювати коефіцієнт загасання δ, щоб: 1) коливання припинилися через $t = 10$ *с* (вважати умовно, що коливання припинилися, якщо їхня амплітуда впала до *1%* від початкової величини), 2) вантаж повертався в положення рівноваги аперіодично, 3) логарифмічний декремент загасання $\chi = 6$.

Відповідь: ***1)*** $\delta = 0{,}46\ c^{-1}$; ***2)*** $\delta = 10\ c^{-1}$; ***3)*** $\delta = \frac{\chi}{T} = \frac{\chi \cdot \omega_0}{\sqrt{4\pi^2 + \chi^2}} = 6{,}9\ c^{-1}$.

479 C Тіло масою $m = 10$ *г* робить загасаючі коливання з максимальним значенням амплітуди $A = 7$ *см*, початковою фазою $\varphi = 0$, коефіцієнтом загасання $\delta = 1{,}6\ c^{-1}$. На це тіло почала діяти зовнішня періодична сила, під дією якої встановилися вимушені коливання. Рівняння вимушених коливань має вигляд $x = 5\sin(10\pi t - 0{,}75\pi)$ *см*. Знайти: 1) рівняння власних коливань, 2) рівняння зовнішньої періодичної сили.

Відповідь: ***1)*** $x = 7e^{-1{,}6t}\sin 10{,}5\pi t$ ***м; 2)*** $F = 7{,}2 \cdot 10^{-2}\sin 10\pi t$ ***Н.***

480 C По ґрунтовій дорозі пройшов трактор, залишивши сліди у вигляді ряду поглиблень, що знаходяться на відстані $l = 30$ *см* один від одного. По цій дорозі покотили дитячу коляску, що має дві однакові ресори, кожна з яких прогинається на $x = 2$ *см* під дією вантажу в $m = 1$ *кг*. З якою швидкістю котили коляску, якщо від поштовхів на поглибленнях вона, потрапивши в резонанс, почала сильно розгойдуватися? Вага коляски $P = 10$ *Н*.

Відповідь: $\upsilon = l / T = 1{,}7$ ***км/год.***

481 C Під дією ваги електромотора балка, на якій він встановлений, угнулась на h=1мм. При якій кількості обертів n якоря електромотора може виникнути небезпека резонансу?

Відповідь: $n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{h}} = 16\ c^{-1}$.

482 A Знайти довжину хвилі коливання, період якого $T = 10^{-14}$ *с*. Швидкість поширення коливань $\upsilon = 3 \cdot 10^8$ *м/с*.

Відповідь: $\lambda = 3 \cdot 10^{-6}$ ***м.***

483 A Визначити швидкість поширення хвиль в озері, якщо період коливань човна, що знаходиться на поверхні води, 4 с, а відстань між ближніми гребенями хвилі 6 м.

Відповідь: $\upsilon = 1{,}5$ ***м/с.***

484 B Звукові коливання частотою $\nu = 500$ *Гц*, амплітудою $A = 0{,}25$ *мм*, поширюються в повітрі. Довжина хвилі $\lambda = 70$ *см*. Знайти: 1) швидкість поширення коливань, 2) максимальну швидкість частинок повітря.
Відповідь: *1)* $\upsilon = 350$ *м/с; 2)* $\upsilon_{max} = 0{,}785$ *м/с*.

485 B Рівняння незатухаючих коливань задане у вигляді $\mathbf{x = 10\sin 0{,}5\pi t}$ *см*. 1) Знайти рівняння хвилі, якщо швидкість поширення коливань $\upsilon = 300$ *м/с*. 2) Написати і зобразити графічно рівняння коливання для точки, що знаходиться на відстані $l = 600$ *м* від джерела коливань. 3) Написати та зобразити графічно рівняння коливання для точок хвилі в момент $t = 4$ *с* після початку коливань.

Відповідь: 1) $\mathbf{x = 10\sin\left(0{,}5\pi t - \frac{\pi l}{6\cdot 10^4}\right)}$ **см;**

2) $\mathbf{x = 10\sin(0{,}5\pi t - \pi)}$ **см; 3)** $\mathbf{x = 10\sin\left(2\pi - \frac{\pi l}{6\cdot 10^4}\right)}$ **см.**

486 A Рівняння незатухаючих коливань задане у вигляді $\mathbf{x = 4\sin 600\pi t}$ *см*. Знайти зміщення від положення рівноваги точки, що знаходиться на відстані $l = 75$ *см* від джерела коливань, через $t = 0{,}01$ *с* після початку коливань. Швидкість поширення коливань $\upsilon = 300$ *м/с*.
Відповідь: $x = 0{,}04$ *м.*

487 A Рівняння коливань джерела незатухаючих коливань задане у вигляді $\mathbf{x = \sin 2{,}5\pi t}$ *см*. Знайти зміщення від положення рівноваги, швидкість і прискорення точки, що знаходиться на відстані $l = 20$ *м* від джерела, для моменту $t = 1$ *с* після початку коливань. Швидкість поширення коливань $\upsilon = 100$ *м/с*.
Відповідь: $x = 0$; $\upsilon = 7{,}85\cdot 10^{-2}$ *м/с*; $a = 0$.

488 B Яку різницю фаз будуть мати коливання двох точок, що знаходяться на відстані відповідно $l_1 = 10$ *м* та $l_2 = 16$ *м* від джерела коливань. Період коливань $T = 0{,}04$ *с*, швидкість поширення коливань $\upsilon = 300$ *м/с*.
Відповідь: $\Delta\varphi = \pi$ – ***точки коливаються в протилежних фазах.***

489 B Знайти різницю фаз коливань двох точок, що лежать на промені і знаходяться на відстані $l = 2$ *м* одна від одної, якщо довжина хвилі дорівнює $\lambda = 1$ *м*.
Відповідь: $\Delta\varphi = 4\pi$ – ***точки коливаються в однакових фазах.***

490 В Хвилі поширюються зі швидкістю $\upsilon = 400$ *м/с* при частоті $\nu = 500$ *Гц*. Чому дорівнює різниця фаз двох точок, що знаходяться на відстані $l = 0{,}2$ м одна від одної?

Відповідь: $\Delta\varphi = 0{,}5\pi$.

491 В Визначити довжину хвилі, якщо дві точки середовища, які знаходяться на одному промені на відстані *0,8 м* одна від одної, коливаються з різницею фаз $\frac{\pi}{8}$.

Відповідь: $\upsilon = 3$ *м/с*.

492 В Спостерігач встановив, що вода коливається з періодом *2 с*, а відстань між двома гребенями хвиль 6 м. Визначити швидкість поширення цих хвиль.

Відповідь: $\lambda = 12{,}8$ *м*.

493 В Знайти різницю фаз коливання двох точок, що лежать на відстані $x_1 = 30$ *м*, $x_2 = 325$ *м* від джерела поперечної хвилі, що поширюється вздовж шнура з швидкістю $\upsilon = 25$ *м/с* і з частотою $\nu = 2$*Гц*.

Відповідь: $\Delta\varphi = 4\pi/5$.

494 В Поперечна хвиля довжиною *20 м* поширюється вздовж пружного шнура з швидкістю *10 м/с*. Максимальне відхилення точок шнура *2 см*. Визначити фазу коливань, зміщення і швидкість точки, яка знаходиться на відстані 48,3 м від джерела хвилі в момент часу $t = 5$*с*.

Відповідь: $\varphi = \pi/6$, $y = 1$ *см*, $\upsilon = 2{,}6$ *м/с*, $a = -9{,}9$ *м/с*^{2}.

495 В Хвиля поширюється в пружному середовищі з швидкістю $\upsilon = 100$ *м/с*. Найменша відстань Δx між точками середовища, фази коливань яких протилежні, дорівнює *1 м*. Визначити частоту коливань.

Відповідь: $\nu = 50$ *Гц*.

496 А Знайти зміщення від положення рівноваги точки, яка розташована на відстані $l = \frac{\lambda}{12}$ від джерела коливань для моменту часу $t = \frac{T}{6}$. Амплітуда коливання $A = 0{,}05$ *м*.

Відповідь: $x = 0{,}025$ *м*.

497 А Зміщення від положення рівноваги точки, що знаходиться на відстані $l = 4$ *см* від джерела коливань в момент часу $t = \frac{T}{6}$ дорівнює половині амплітуди. Знайти довжину хвилі коливання.

Відповідь: ***λ = 0,48 м.***

498 В Знайти положення вузлів та пучностей, накреслити графік стоячої хвилі для двох випадків: 1) відбивання від менш щільного середовища, 2) відбиванняя від більш щільного середовища. Довжина бігучої хвилі $\lambda = 12$ *см*.

Відповідь: ***1) Положення вузлів визначається координатами x = 3, 9, 15, … см, положення пучностей – координатами x = 0, 6, 12, …см. 2) Положення вузлів x = 0, 6, 12, … см, положення пучностей – x = 3, 9, 15, …см.***

499 В Визначити довжину хвилі коливань, якщо відстань між першою і четвертої пучностями стоячої хвилі дорівнює $l_{1\text{-}4} = 15$ *см*.

Відповідь: ***λ = 0,1 м.***

500 А Дві електрички їдуть назустріч одна одній із швидкостями u = 72 км/год, υ = 54 км/год. Перша електричка дає сигнал на частоті $\nu = 600$ *Гц*. Знайти частоту звуку, який почує пасажир другої електрички: 1) до зустрічі електричок; 2) після зустрічі. Швидкість поширення звуку в повітрі c = 340 м/с.

Відповідь: ***1)*** $\nu' = \dfrac{c+\upsilon}{c-u}\nu = 666$ ***Гц 2)*** $\nu' = \dfrac{c+\upsilon}{c+u}\nu = 542$ ***Гц.***

Зміст

Передмова
3
Розділ І. Кінематика
4
1.1 Кінематика матеріальної точки
4
1.2 Обертальний рух
6
Розділ ІІ. Динаміка
22
2.1 Динаміка матеріальної точки
22
2.2 Пружні властивості твердих тіл. Всесвітнє тяжіння. Сили тертя.
22
2.3 Імпульс. Закон збереження імпульса.
23
2.4 Робота, потужність, енергія
24
2.5 Механіка твердого тіла
25
Розділ ІІІ. Механічні коливання і хвилі
58
Література