Міністерство освіти і науки України
Рівненський державний гуманітарний університет

Б.П. Дем’янюк, Б.С. Колупаєв

Модульний контроль з механіки

РДГУ – 2008

ББК 22.2я73
Д 32
УДК 531 (075.3)

Автори: Дем'янюк Богдан Петрович
Колупаєв Борис Сергійович

Рецензенти: Сяський Андрій Олексійович, професор, доктор технічних наук;
Бомба Андрій Ярославович, професор, доктор технічних наук.

Рекомендовано Вченою радою РДГУ
(протокол № 6 від 25 січня 2008 р.)

Д 2 Дем'янюк Б.П., Колупаєв Б.С. Модульний контроль з механіки: Навчальний посібник. – Рівне: РДГУ, 2008. - 141 с.

У посібнику до кожного змістового модуля з механіки подано перелік контрольно-оцінкових заходів та завдання для рейтингового контролю самостійної роботи студентів спеціальності "фізики". Комплекти завдань містять якісні, розрахункові та графічні задачі, фізичні диктанти, завдання для тестового контролю, пакети орієнтовних контрольних робіт, орієнтовні білети модульних екзаменів та інші організаційно-методичні матеріали.

Для студентів і викладачів фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів III – IV рівнів акредитації.

© РДГУ, 2008
© Дем'янюк Б.П., Колупаєв Б.С., 2008

Переднє слово

Фізика як найрозвинутіша природнича наука займає особливе місце в загальнолюдській культурі і є основою сучасного наукового світосприйняття. Одним із найважливіших завдань спеціальної підготовки майбутнього вчителя є формування у нього фізичного світогляду. Це завдання вирішується спільно усіма видами навчальних занять – лекціями, практичними заняттями та лабораторними роботами. Кожен із цих видів занять має своє, особливе значення для розв'язання завдання в цілому. Проте у зв'язку із зміною змісту шкільного курсу фізики і підвищенням вимог до спеціальної підготовки вчителя фізики постало питання про систематичний розгляд окремих загальних теоретичних питань на практичних заняттях, функції яких раніше зводилися, в основному, до формування і розвитку навичок розв'язування фізичних задач. При відсутності в практиці вищої школи семінарських занять, назріла необхідність обговорення теоретичних моделей і розв'язання конкретних фізичних задач звести в єдиний багатогранний комплекс. Вибір форми проведення занять визначається, по-суті, місцем даного заняття в структурно-логічній схемі викладання дисципліни.

Завдання формування у студентів фізичного світогляду, розвитку фізичного мислення можна успішно розв'язати лише при умові їх систематичної самостійної роботи над навчальним матеріалом (як аудиторної, так і позааудиторної) протягом усього навчання в університеті. Для підвищення ефективності цієї роботи необхідно забезпечити студента методичними матеріалами та організувати цілеспрямоване керування процесом самостійного освоєння студентами програмного матеріалу. Цьому в значній мірі сприяє кредитно-модульна система навчання з рейтинговою оцінкою результатів самостійної роботи студентів.

Кредитно-модульна система навчання стимулює систематичну самостійну роботу студентів, викликає у них необхідність до систематичного, активного оволодіння

знаннями. При цьому рейтингова технологія, крім контрольно-оцінювальної функції, є засобом організації навчальної діяльності студентів.

Кредитно-модульна система навчання студентів вимагає досить потужного науково-методичного забезпечення, доступного для кожного студента.

Для проведення цього комплексу контрольних заходів щодо встановлення істинного рівня засвоєних знань, умінь та навичок з розділу загальної фізики “Механіка” виникла необхідність створення навчального посібника “Модульний контроль з механіки”.

Модульно-рейтингова система навчання з механіки започаткована на кафедрі фізики РДГУ з 1998 року. На основі набутого досвіду було створено структурно-логічну схему викладання механіки та розроблено робочу навчальну програму. За схемою навчальний матеріал реалізується через один чи два модулі (в залежності від рівня підготовки першокурсників, для яких механіка викладається у другому семестрі).

Перший навчальний модуль поділено на чотири змістові модулі. По кожному модулю передбачено три-чотири основні форми контролю – самостійні короткотривалі (15 - 25 хв) роботи, контрольні (двогодинні) планові роботи, модульний екзамен (письмовий, протягом 40 хв.), підсумкові оцінки з лабораторного практикуму (в межах модуля). Усі контрольні заходи проводяться лише у письмовій формі (у тому числі задачі–малюнки, тестування, фізичні диктанти). Це забезпечує необхідну об’єктивність в оцінюванні рівня знань, умінь і навичок (ЗУН) кожного студента.

Для оцінки ЗУН використовується достатньо знайома для першокурсників 12-бальна шкала оцінок. Університетська уніфікована рейтингова шкала з механіки становить максимум 100 балів. Для ширшої диференціації рівня навчання студентів та індивідуалізації контролю його якості кафедральна рейтингова шкала розширена до 168-180 балів.

Другий навчальний модуль передбачає індивідуальні науково-дослідні завдання, написання наукових рефератів з метою формування у студентів уміння викласти на науковій основі навчальний матеріал, підготувати повідомлення, виголосити доповідь, провести експеримент. Контроль цього модуля здійснюється шляхом підсумкового тестування за програмою лабораторного практикуму або захисту рефератів.

Як правило, другий модуль оцінюється максимум 12-а балами. Якщо для даного курсу (після попереднього тестування на оцінку рівня опорних знань за шкільний курс фізики) проведення другого навчального модуля є недоцільним, то в загальному рейтингу визначені бали перерозподіляються між змістовими модулями першого навчального модуля.

У посібнику подаються комплекти завдань для рейтингового контролю до кожного модуля. При цьому в комплектах подаються пакети орієнтовних варіантів контрольних робіт, тестових завдань та білетів модульного екзамену (до кожного змістового модуля). Варіанти короткочасних самостійних робіт, фізичні диктанти, тематика наукових рефератів, орієнтаційні запитання спрямовані на розвиток і формування фізичного мислення студентів, їх уміння швидко орієнтуватися в суті проблеми, впроваджувати в практику фізично обґрунтовані ідеї і т.ін.

Залежно від пізнавальних можливостей студентів курсу може змінюватися як оптимальне число контрольно-оцінкових заходів, так і їх форма.

З метою успішної реалізації кредитно-модульного навчання і рейтингової оцінки його якості з фізичних основ механіки відповідно до структурно-логічної схеми та робочої навчальної програми викладання дисципліни на допомогу студентам був розроблений і виданий навчальний посібник “Фізичні основи механіки: Практикум: Навчальний посібник/ Дем’янюк Б.П., Колупаєв Б.С., Панасюк А.Л. – Рівне: РДГУ, 2003. – 355 с.” У посібнику наведені теоретичні відомості з усіх тем програми, подані приклади розв’язання типових задач

та завдань, контрольні питання та завдання для самостійної позааудиторної роботи.

Педагогічні передумови використання кредитно-модульної системи навчання у вищих закладах освіти викладені у посібнику “Деякі аспекти кредитно-модульного навчання фізики: Методичний посібник / Дем’янюк Б.П. – Рівне, РДГУ, 2005 – 48 с.”.

1. Перший навчальний модуль

Число змістових модулів – 4.
Загальна кількість годин – 189.
В тому числі:
лекції – 56 год;
практичних занять – 36 год;
лабораторних занять – 34 год;
самостійна робота студентів – 63 год.

Максимальний рейтинг:
за кафедральною шкалою – 168 балів;
за шкалою РДГУ – 80 балів.

Тематика змістових модулів:
I-ий – Кінематика і динаміка поступального руху;
II-ий – Сили у природі;
III-ій – Механіка твердого тіла, рідин і газів;
IV-ий – Механічні коливання і хвилі.

1.1. Перший змістовий модуль
“Кінематика і динаміка поступального руху”

Основні форми контролю:
– самостійні короткотривалі роботи (середній бал);
– двогодинна контрольна робота;
– модульний екзамен (40-хвилинний письмовий колоквіум);
– середній бал за лабораторний практикум.

Максимальна кількість балів:
за кафедральною шкалою – 48;
за шкалою РДГУ – 23.

1.1.1. Перелік програмних питань

1. Предмет і методи фізики.
2. Зміст і структура курсу загальної фізики. Зв'язок фізики з іншими науками.
3. Матерія і рух, простір і час. Матеріальна єдність світу.
4. Предмет і завдання класичної механіки.
5. Фізичні величини, їх вимірювання. Системи одиниць.
6. Завдання кінематики. Класичні уявлення про простір і час. Основні кінематичні поняття (матеріальна точка, траєкторія, шлях і переміщення, система відліку).
7. Кінематичні рівняння руху матеріальної точки. Способи опису рухів.
8. Вектори переміщення, швидкості і пришвидшення при поступальному русі точки.
9. Принцип незалежності рухів матеріальної точки. Додавання швидкостей і пришвидшень.
10. Шлях і переміщення матеріальної точки при рівномірному і рівнозмінному рухах.
11. Кінематика криволінійного руху. Тангенціальне, нормальне і повне пришвидшення при криволінійному русі матеріальної точки.

12. Рух точки по колу. Кутова швидкість і пришвидшення.
13. Зв’язок між кутовими і лінійними характеристиками механічного руху матеріальної точки.
14. Рівняння рівномірного і рівнозмінного рухів точки по колу.
15. Коливальні рухи. Гармонічні коливання. Кінематичні характеристики коливального руху матеріальної точки.
16. Зв’язок обертального і коливального рухів точки. Векторні діаграми.
17. Додавання коливань одного напряму. Биття.
18. Додавання коливань матеріальної точки взаємноперпендикулярних напрямів. Фігури Ліссажу.
19. Завдання динаміки. Перший закон Ньютона.
20. Механічна сила. Сили в природі. Фундаментальні взаємодії.
21. Другий закон динаміки. Маса і її вимірювання. Адитивність і закон збереження маси.
22. Третій закон Ньютона. Імпульс матеріальної точки. Закон збереження імпульсу.
23. Рух тіл із змінною масою. Рівняння Мещерського.
24. Реактивний рух матеріальної точки. Формула Ціолковського.
25. Перетворення Галілея. Принцип відносності Галілея.
26. Класична механіка. Межі її застосування.
27. Моменти імпульсу, сили та інерції матеріальної точки.
28. Закон збереження моменту імпульсу для матеріальної точки.
29. Робота сили. Елементарна робота. Робота на скінченному переміщенні.
30. Потужність.
31. Кінетична і потенціальна енергія матеріальної точки.
32. Закон збереження повної енергії матеріальної точки в полі потенціальних сил.
33. Системи матеріальних точок (СМТ). Внутрішні і зовнішні сили.
34. Центр мас СМТ. Координати центра мас.

35. Рух центра мас СМТ. Закон збереження імпульсу для системи матеріальних точок і його наслідки.
36. Енергія системи матеріальних точок. Закон збереження енергії в консервативній системі.
37. Роль законів збереження у фізиці. Зв'язок законів збереження з симетрією простору і часу.

1.1.2.Орієнтаційні запитання

1. У якому випадку можна вважати автомобіль, що рухається прямолінійно і поступально, матеріальною точкою?
2. Опишіть рух Землі навколо Сонця. Якими кінематичними величинами необхідно при цьому скористатися?
3. Поняття середньої швидкості можна ввести двозначно: визначити як величину вектора середньої швидкості або як середню швидкість за величиною. Наведіть приклади рухів, в яких $\vec{\upsilon}_{сер} = 0$, а $\upsilon_{сер} \neq 0$.
4. Чи може швидкість точки змінювати тільки свій напрямок при сталому пришвидшенні?
5. Чи може точка при векторі швидкості $\vec{\upsilon} = 0$ рухатися пришвидшено?
6. Чи може точка мати постійну за величиною швидкість при змінному векторі швидкості?
7. Вектори пришвидшення і швидкості $\vec{a}$ і $\vec{\upsilon}$ матеріальної точки зорієнтовані так, як показано на рис. 1. Намалюйте вектори $\vec{a}_\tau$ і $\vec{a}_n$.

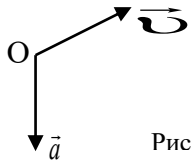


Рис.1

8. Відомо, що матеріальна точка рухається з постійним пришвидшенням $\vec{a} = const$. Що необхідно знати додатково, щоб записати кінематичний закон її руху?
9. Колесо радіуса R обертається проти годинникової стрілки з постійною кутовою швидкістю. Вкажіть величину і напрямок векторів нормального і тангенціального пришвидшень для точки, яка знаходиться на ободі колеса. Який шлях пройшла

точка за оберт? Яке її переміщення? Чому дорівнює значення вектора середньої швидкості і середнє значення швидкості, якщо колесо зробило півоберт, один оберт?

10. Матеріальна точка рухається під кутом до горизонту. В яких рухах вона приймає одночасно участь? Який закон зміни швидкості точки в цих рухах?
11. До пружини прикріплене тіло, що може рухатися без тертя вздовж стержня, на який воно насаджене. Ця система може використовуватися як акселерометр (прилад для вимірювання пришвидшення тіла). Розгляньте рух тіла акселерометра у системі відліку, яка пов'язана з Землею, з автомобілем, що рухається.
12. У яких фізичних задачах систему відліку, пов'язану з Землею, Сонцем, Галактикою та рухомою ракетою, можна вважати інерціальною?
13. Ньютон вважав, що маса є мірою кількості речовини в тілі. Чому в сучасній фізиці це визначення не використовується? У яких явищах найбільш помітні протиріччя між сучасним і ньютонівським поняттям маси?
14. Система складається з частин, які мають масу m_1, m_2, ..., m_n. Чому рівна повна маса системи?
15. Чи можна як еталон маси вибрати масу деякої елементарної частинки? Чому цей еталон менш зручний, ніж прийняті в даний час еталони довжини і часу. які пов'язані з атомними процесами?
16. Як задається в механіці стан тіла?
17. Від яких кінематичних параметрів залежить взаємодія тіл? Що таке сила? Чи залежить вона від вибору системи відліку, де розглядається взаємодія тіл?
18. Точка рухається з постійною швидкістю в космічному просторі. В деякий момент часу на нього починає діяти сила. В якому напрямку буде рухатися тіло? Чи залежить пришвидшення тіла від напрямку сили? моменту початку дії сили? швидкості тіла?
19. Сформулюйте принцип суперпозиції дії сил. Чи завжди він справедливий?

20. Чи завжди справедливий третій закон Ньютона? Наведіть приклади, які підтверджують відповідь.
21. Чи відносяться до фундаментальних взаємодій сили пружності і тертя?
22. Чи вірним є формулювання принципу відносності Галілея: "У всіх інерціальних системах відліку рух має однаковий вигляд"?
23. З якою поступальною швидкістю повинна рухатися система відліку, щоб повний імпульс замкненої системи дорівнював нулеві?
24. Система відліку, в якій центр мас даної системи матеріальних точок є нерухомим, рухається зі швидкістю υ відносно інерціальної системи К. Маса системи частинок рівна m, її повна енергія в системі центра мас - E. Знайти повну енергію E' цієї системи в К-системі відліку.
25. Човен масою M із людиною масою m, яка знаходиться на ньому, нерухомо стоїть в озері. Людина переходить з носа човна на корму. Чому човен при цьому рухається відносно води? Як зміниться положення центра мас?
26. Гармата розміщена на рухомій платформі. Жерло гармати направлене під кутом α до горизонту. Чи зберігається повний імпульс системи після пострілу?
27. Через невагомий блок перекинута нерозтяжна невагома нитка, до кінців якої прив'язані вантажі масами m_1 і m_2 ($m_1 \neq m_2$). При відсутності утримуючих сил система вантажів приходить у рух із постійним пришвидшенням. Чи є ця система замкнутою? Чи змінюється її повна механічна енергія?
28. При якій умові виникає реактивна сила при русі тіл змінної маси?
29. Чому поливальна машина не зазнає дії реактивної сили (витікаючої струмини)?

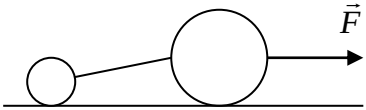
1.1.3.Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену

Варіант №1

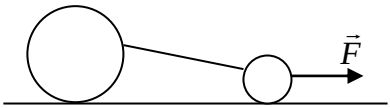
1. Шлях і переміщення при прямолінійному русі.
2. Чому людина, що спіткнулася, падає вперед?

Варіант №2

1. Матерія, її види і форми існування.
2. Стала сила приводить у рух два тіла, з'єднаних ниткою. Чи залежить натяг нитки від точки прикладання сили?



а



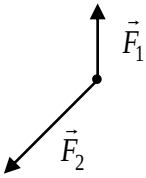
б

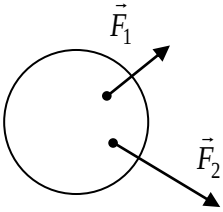
Варіант №3

1. Кінетична енергія (дати означення, вивечти формулу $T = \frac{m\upsilon^2}{2}$).
2. Як рухається тіло, якщо:
   а) всі його точки мають однакову швидкість;
   б) всі точки мають різну швидкість?

Варіант №4

1. Рух точки по колу. Кутові зміщення, швидкість і пришвидшення.
2. Шляхом побудови знайдіть суму векторів сил, поданих на малюнку.





Варіант №5

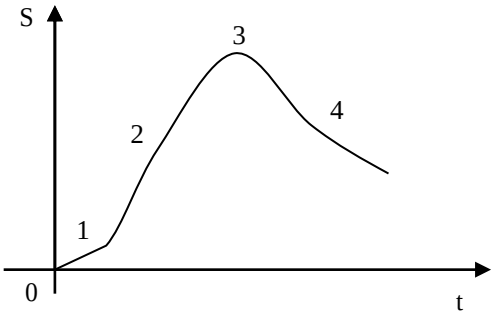
1. Використання законів збереження імпульсу та енергії до аналізу пружного і непружного ударів.
2. Коефіцієнт тертя між тілом і похилою площиною дорівнює *k*. Як його визначити, знаючи кут α нахилу площини до горизонту?

Варіант №6

1. Потенціальні і непотенціальні сили.
2. Знайти модулі швидкості і пришвидшення матеріальної точки, яка бере участь одночасно у двох рухах, які описуються рівнянням $\upsilon_x = k\sin\omega t$ і $\upsilon_y = k\cos\omega t$, *k* і ω – сталі величини.

Варіант №7

1. Моменти імпульсу та сили матеріальної точки.
2. У котрій точці на графіку шляху від часу швидкість є максимальною (по модулю)? У котрій точці, на цьому ж графіку, швидкість є мінімальною?



Варіант №8

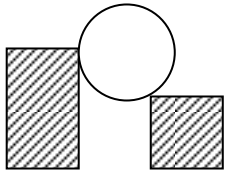
1. Принцип незалежності рухів. Перетворення Галілея для координат і швидкостей точок.
2. Чи можна в човні на озері перейти з носа на корму так, щоб не зрушити човна з місця?

Варіант №9

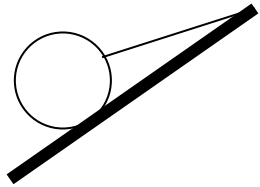
1. Основні поняття кінематики: матеріальна точка, шлях, переміщення, система відліку, радіус-вектор.

2. Показати напрями векторів сил взаємодії і точки їх прикладання до тіл:

а)



б)

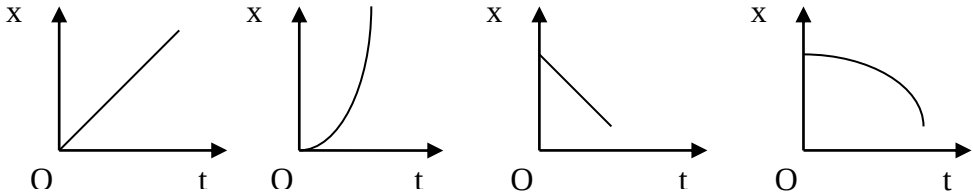


Варіант №10

1. Зв'язок законів збереження з властивостями симетрії простору і часу.
2. Рівняння руху матеріальної точки має вигляд $x=20+5t+4t^2$. Охарактеризуйте цей рух, рівняння відобразити графічно. Яка початкова швидкість точки та її пришвидшення?

Варіант №11

1. Рух точки по колу. Кутова швидкість і кутове пришвидшення.
2. Якою була пришвидшуюча сила, якщо результатом її дії для точки сталої маси був рух, графіки якого подано на малюнку?



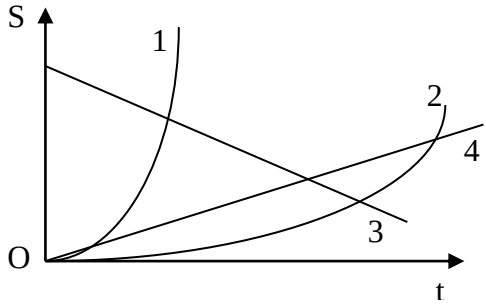
а) б) с) д)

Варіант №12

1. Перший закон Ньютона. Його наслідки.
2. Що легше: утримувати тіло в рівновазі на крутій похилій площині чи рівномірно його рухати вгору?

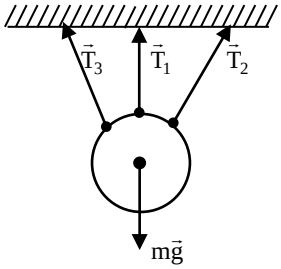
Варіант №13

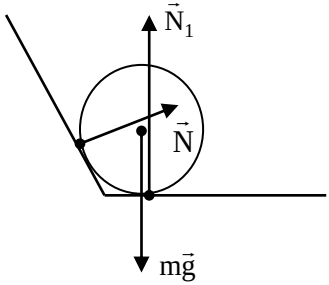
1. Другий закон Ньютона. Маса і сила.
2. Котра з ліній на графіку *S=f(t)* зображає:
   а) рівнопришвидшений рух з початковою швидкістю;
   б) рівнопришвидшений рух без початкової швидкості;
   с) рівномірний рух?



Варіант №14

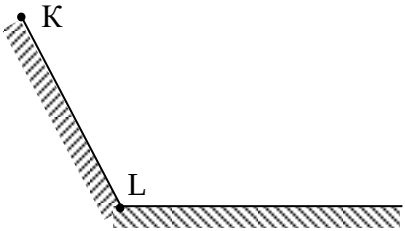
1. Пришвидшення точки при прямолінійному русі.
2. На малюнку зображено нерухомі тіла і прикладені до них сили. Чи правильно показані сили і точки їх прикладання:





Варіант №15

1. Формула Ціолковського.
2. Два тіла з масами $m_1>m_2$ з точки К ковзають по похилій площині. Коефіцієнти тертя однакові. У котрого тіла в точці L буде більша швидкість?



Варіант №16

1. Рух точки по колу. Кутові швидкість і пришвидшення.
2. Однакові за геометричними розмірами сталева і мідна пружини деформуються: а) однаковими силами; б) на однакову довжину. Порівняйте їх потенціальні енергії.

Варіант №17

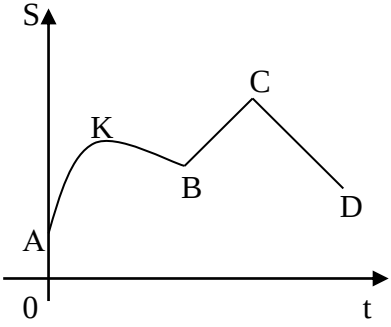
1. Рух центра мас системи матеріальних точок.
2. Чи всі точки тіла, яке рухається за інерцією, мають однакову швидкість?

Варіант №18

1. Рух тіл змінної маси. Рівняння Мещерського.
2. Рух матеріальної точки задається рівнянням $x = 20 + 10t - 0{,}2t^2$. Який це рух? Якими кінематичними величинами він характеризується?

Варіант №19

1. Збереження моменту імпульсу матеріальної точки при русі в полі центральних сил.
2. Описати характер руху точки згідно поданого графіка.

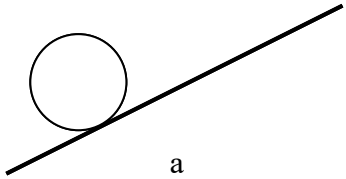


Варіант №20

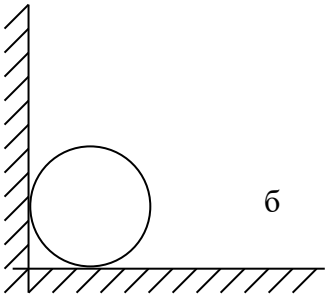
1. Перший закон Ньютона.
2. В який момент часу зустрінуться матеріальні точки, рівняння руху яких, відповідно, $x_1 = 2 + t - 0{,}25t^2 + 0{,}3t^3$ і $x_2 = 2 - 2t^2 - 0{,}2t^3$? Точки рухаються прямолінійно.

Варіант №21

1. Пришвидшення при криволінійному русі.
2. Показати вектори сил взаємодії та точки їх прикладання до тіл:



а



б

Варіант №22

1. Предмет фізики, її зв'язки з іншими науками.
2. Рух матеріальної точки описується рівнянням $x = 2 + 3t^2 - 0{,}2t^3$ (м). Оцінити швидкість і пришвидшення точки в момент $t_1 = 2$ с і $t_1 = 10$ с.

Варіант №23

1. Рух системи матеріальних точок. Закон збереження імпульсу.
2. Чи можна сказати, що зміна імпульсу тим більша, чим:
   а) більша діюча сила;
   б) більша маса тіла;
   в) більший імпульс тіла;
   г) більший час дії сили?

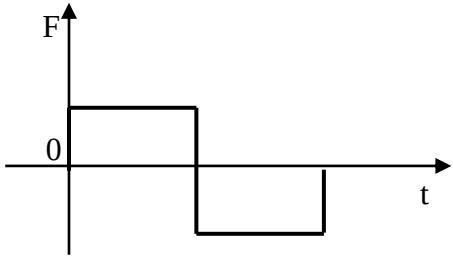
Варіант №24

1. Способи опису руху точки в кінематиці.

2. Нитка витримує вантаж в 4 кг. Чи порветься нитка, коли до її кінця прикласти силу в 75 Н?

Варіант №25

1. Закон збереження повної енергії для системи матеріальних точок.
2. На графіку подана зміна з часом сили, що діє на матеріальну точку. Як графічно буде виглядати зміна швидкості точки за цей самий проміжок часу?

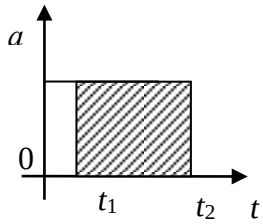


Варіант № 26

1. Центр мас. Координати центра мас.
2. Які сили діють на тіло, що лежить на похилій площині у полі земного тяжіння (маса тіла – m, кут нахилу площини до горизонту α)?

Варіант №27

1. Принцип відносності Галілея. Границі використання механіки Ньютона.
2. Що виражає заштрихована площа:



а) пройдений шлях за час $t_2 - t_1$;

б) середню швидкість за час $t_2 - t_1$;

в) приріст швидкості за час $t_2 - t_1$;

г) приріст пришвидшення за час $t_2 - t_1$;

д) середнє пришвидшення за час $t_2 - t_1$?

Варіант №28

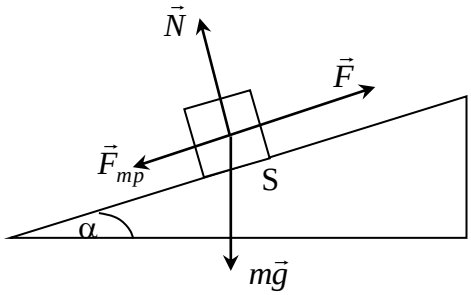
1. Потенціальна енергія тіла.
2. Який рух відбувається за законом інерції:

   а) автомобіль рухається по горизонтальному шляху з вимкненим двигуном;

   б) автомобіль рухається рівномірно з увімкненим двигуном?

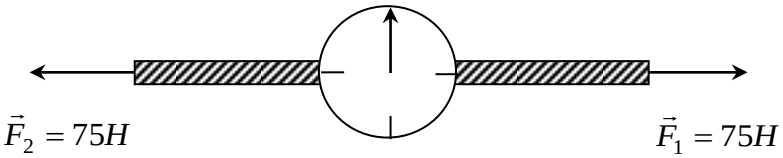
Варіант №29

1. Третій закон Ньютона.
2. Яка сила виконує роботу на ділянці *S*? Покажіть істинні точки прикладання сил.



Варіант №30

1. Зв'язок кутових і лінійних величин при обертальному русі точки (з графічним відображенням рівнянь руху).
2. Що покаже динамометр?

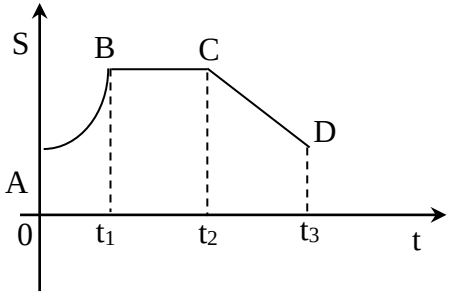


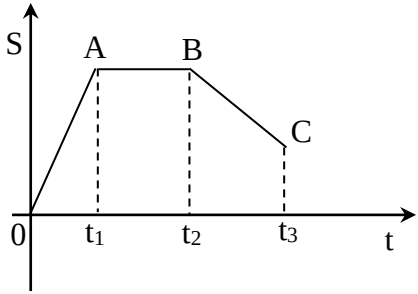
Варіант №31

1. Механічний рух точки. Швидкість руху.
2. Під дією багатьох сил тіло рухалось рівномірно і прямолінійно. Чому дорівнює робота, яку виконали сили?

Варіант №32

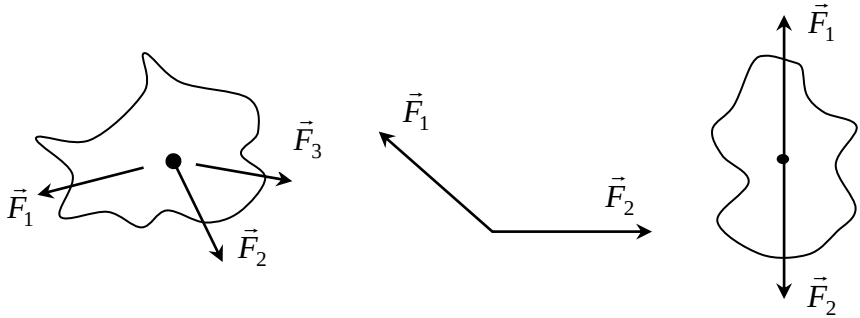
1. Поняття про систему матеріальних точок. Центр мас. Координати центра мас.
2. Опишіть рухи точки, які графічно відображені на малюнках.





Варіант №33

1. Поняття про енергію і роботу.
2. Знайти рівнодійну сил, поданих на малюнку.



1.1.4.Пакети рівневих завдань до контрольної роботи “Кінематика та динаміка поступального руху тіла”

1.1.4.1. Пакет I

Варіант №1

1. Визначити траєкторію точки, якщо її радіус-вектор відносно початку координат змінюється з часом за законом $\vec{r} = 2t\vec{i} + 8t^2\vec{j}$?

2. Відро з водою прив'язане на мотузці довжиною l = 1 м і обертається у вертикальній площині так, що вода з нього не виливається. Знайти максимальне значення періоду обертання.
3. Знайти координати центра мас системи, яка складається з чотирьох кульок масами m_1 = 100 г, m_2 = 200 г, m_3 = 300 г і m_4 = 400 г, які розміщені у вершинах та центрі рівностороннього трикутника зі стороною 20 см.
4. Електропотяг складається з n = 6 вагонів масою по $m = 4 \cdot 10^3$ кг. Знайти потужність, яка розвивається двигунами поїзда, якщо він протягом t = 10 с від початку руху розвинув швидкість υ = 10 м/с. Коефіцієнт тертя рівний 0,20.

Варіант №2

1. Скільки обертів зробили колеса автомобіля після гальмування до повної зупинки, якщо на початку гальмування автомобіль мав швидкість υ_0 = 60 км/год і зупинився через t = 3,0 с після гальмування? Діаметр коліс D = 0,70 м. Чому рівне середнє кутове пришвидшення коліс при гальмуванні?
2. Знайти період обертання в горизонтальній площині кульки, яка прив'язана до нитки довжиною l = 49 см, а кут, який утворюється між ниткою та вертикальною прямою, рівний $\alpha = 60^o$.
3. В однорідному диску діаметром 60 см вирізано круглий отвір діаметром 20 см. Між центрами диска і отвору відстань складає 8 см. Знайти центр мас такого диска (кільця).
4. Яка енергія затрачена на деформацію куль масами $m_1 = m_2$ = 4 кг, якщо вони рухались назустріч одна одній зі швидкостями υ_1 = 3,0 м/с і υ_2 = 8,0 м/с, а зіткнення було непружним?

Варіант №3

1. Вважаючи рух поршня в циліндрі двигуна автомобіля гармонічними коливаннями, знайти максимальні значення його швидкості і пришвидшення, якщо автомобіль

рухається на прямій передачі з швидкістю υ = 72 км/год, радіус його коліс R = 344 мм, хід поршня l = 100 мм.

2. На горизонтальній поверхні лежить тіло масою 5,0 кг. Який шлях пройде це тіло за t = 1,0 с, якщо до нього прикласти силу F = 50 Н під кутом $\alpha = 60^{o}$ до горизонту? Коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею μ = 0,20.
3. Куля масою m_1 = 10 кг вдаряється у кулю масою m = 4 кг. Швидкість першої кулі υ_1 = 4 м/с, другої – υ_2 = 12 м/с. Знайти швидкість куль після удару у випадках: а) коли менша куля наздоганяє більшу; б) коли кулі рухаються назустріч. Удар вважати непружним і центральним.
4. Матеріальна точка масою m = 2 кг рухалась під дією деякої сили згідно рівняння $x = 10 - 2t + t^2 - 0{,}2t^3$. Знайти потужність, яка витрачається на рух точки в момент часу t_1 = 2 с і t_2 = 5 с.

Варіант №4

1. По нерухомому ескалатору метро пасажир піднімається за t_1 = 120 с, а на рухомому при тій же швидкості відносно східців за t_2 = 30 с. Знайти час піднімання пасажира, який стоїть нерухомо на рухомому ескалаторі.
2. Яке найбільше пришвидшення може розвинути автомобіль при русі вгору по похилій дорозі з кутом нахилу $\alpha = 20^{o}$, якщо коефіцієнт тертя коліс по покриттю дороги μ = 0,5? Який шлях пройде автомобіль за t = 10 с, якщо на початку підіймання його швидкість υ_0 = 10 м/с?
3. Два ковзанярі масами m_1 = 80 кг та m_2 = 50 кг тримаються за кінці довгого натягнутого шнура і стоять один проти іншого. Один з них починає вибирати шнур з швидкістю υ = 1 м/с. З якою швидкістю буде рухатися кожен з ковзанярів? Тертям знехтувати.
4. На тіло масою m, що рухається з швидкістю υ = 2 м/с, подіяла сила F = 2 Н в напрямку швидкості. Через 10 с після початку дії сили кінетична енергія тіла T = 100 Дж. Знайти масу тіла, вважаючи його матеріальною точкою.

Варіант №5

1. Рух матеріальної точки задано рівняннями: $x = 8t^2 + 4$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Знайти модулі швидкості і пришвидшення точки в момент часу $t = 10$ с.
2. Через нерухомий невагомий блок перекинута невагома і нерозтяжна нитка, до кінців якої прив'язані вантажі масами $m_1 = 200$ г і $m_2 = 300$ г. Який шлях пройде кожний з вантажів за 1 с? Блок обертається без тертя.
3. На залізничній платформі розміщена гармата. Їх сукупна маса $M = 15$ т. Гармата робить постріл вгору під кутом $\alpha = 60^o$ до горизонту в напрямку дороги. З якою швидкістю υ_1 покотиться платформа внаслідок віддачі, якщо маса снаряда $m = 20$ кг і він вилітає з швидкістю $\upsilon_2 = 600$ м/с?
4. Під дією сталої сили F вагонетка пройшла шлях $S = 5$ м і набула швидкості $\upsilon = 2$ м/с. Знайти роботу сили, якщо маса вагонетки $m = 400$ кг, а коефіцієнт тертя $f = 0{,}01$.

Варіант №6

1. Прямолінійний рух точки описується рівнянням $\vec{r} = 3t^2\vec{i} + 4t^2\vec{j} + 8t\vec{k}$. Знайти шлях пройдений точкою за перші 4 с руху.
2. Під дією деякої сили точка масою $m = 3$ кг здійснює прямолінійний рух по закону $x = 2t^3 - 3t^2 + 5t + 4$. Визначити значення сили на момент часу $t = 5$ с. Побудувати графік залежності сили від часу.
3. На підлозі розміщена довга дошка з коліщатами (візок). На одному кінці дошки стоїть людина масою $M = 60$ кг. Маса дошки $m = 20$ кг. З якою швидкістю u (відносно підлоги) буде рухатися візок, якщо людина буде йти вздовж дошки з швидкістю $\upsilon = 1$ м/с (відносно дошки). Масою коліс і тертям у них знехтувати.
4. Знайти роботу A, яка виконується при рівнопришвидшеному підніманні вантажу масою 100 кг на висоту $h = 4$ м за час $t = 2$ с.

Варіант №7

1. Моторний човен пливе по річці з одного пункту до іншого і навпаки. У скільки разів час руху човна проти течії

більший за час руху за течією, якщо швидкість течії υ_1 = 2,0м/с, а швидкість човна відносно води υ_2 = 10 м/с?

2. Вагон масою 10^4 кг відчепився від потягу і, рухаючись рівносповільнено, за 20 с пройшов шлях до зупинки 20 м. Знайти силу тертя, коефіцієнт тертя і початкову швидкість вагона.
3. Яку роботу виконують двигуни електропотягу на шляху 100 м при розгоні з пришвидшенням 1,5 м/с^2 вгору по схилу (α = 10°), якщо маса потягу $1{,}2\cdot10^5$ кг, а коефіцієнт тертя 0,05?
4. Снаряд масою 10 кг у верхній точці траєкторії мав швидкість υ = 200 м/с. В цій точці він розірвався на дві частини. Менша масою m_1 = 3 кг набула швидкості u_1 = 400 м/с в попередньому напряму. Знайти швидкість u_2 більшої частини снаряда.

Варіант №8

1. Знайти шлях, який проходить прямолінійно частинка за час 10 с, якщо її швидкість змінюється по закону $\upsilon = 30 + 2t$. В момент $t = 0$ $S_0 = 0$.
2. З яким пришвидшенням буде рухатися точка масою m = 2 кг в горизонтальному напрямі, якщо до неї прикладена сила F = 5,0 Н під кутом α = 45° до горизонту? Коефіцієнт тертя μ = 0,10.
3. Знайти миттєву потужність, яку розвиває сила тяжіння на кінець першої секунди при падінні тіла масою 1,0 кг. Опором повітря знехтувати.
4. Під час вибуху гранати, що летіла з швидкістю 8 м/с, утворилося два осколки. Один масою 0,3 маси гранати продовжив рух в попередньому напрямку з швидкістю 30 м/с. Знайти швидкість другого осколка.

Варіант №9

1. Знайти кутову швидкість і кутове пришвидшення маховика, який обертається навколо нерухомої осі за законом $\varphi = at - bt^2$, де a = 20 с$^{-1}$, b = 1 с$^{-2}$. Який характер руху маховика? Побудувати графіки $\omega(t)$ і $\varepsilon(t)$.

2. Вантаж прикріплений до нитки довжиною l = 50 см описує в горизонтальній площині коло з частотою обертання n = 1 об/с. Який кут φ утворює нитка з вертикаллю?
3. Знайти роботу піднімання вантажу масою m = 100 кг по похилій площині, довжина якої l = 2 м, кут нахилу φ = 30°, коефіцієнт тертя μ = 0,1. Вантаж піднімається з пришвидшенням a = 1 м/с^2.
4. Ковзаняр кинув вперед гирю масою m_1 = 5 кг і покотився назад з швидкістю υ_2 = 1 м/с. Маса ковзаняра m_2 = 60 кг. Знайти роботу, яку виконав ковзаняр при киданні гирі.

1.1.4.2. Пакет II

Варіант №1

1. Диск радіусом R = 10 см почав обертатися зі сталим пришвидшенням ε = 0,5 с$^{-2}$. Знайти тангенціальне a_τ, нормальне a_n і повне a пришвидшення точок на ободі диска в кінці другої секунди після початку обертання.
2. До кінців однорідного стержня прикладені дві протилежно спрямовані сили F_1 = 40 Н і F_2 = 100 Н. Визначити силу натягу T стержня в поперечному перерізі, який поділяє стержень на дві частини у відношенні 1:2.

Варіант №2

1. Матеріальна точка рухається по коловій траєкторії радіусом R = 10 см. В деякий момент часу нормальне пришвидшення точки становить a_n = 4,9 м/с^2, вектор повного пришвидшення в цей момент утворює з вектором нормального пришвидшення кут α = 60^0. Знайти швидкість υ і тангенціальне пришвидшення a_τ точки.
2. На столі стоїть візок масою m = 4 кг. До візка прив'язана нитка, яка перекинута через блок, який закріплений на столі. З яким пришвидшенням a буде рухатися візок, коли до другого кінця нитки прив'язати вантаж масою m_1 = 1 кг? Тертям при русі візка знехтувати.

Варіант №3

1. Рух матеріальної точки по колу радіуса $R = 4$ м заданий рівнянням $x = 10 - 2t + t^2$. Знайти тангенціальне a_τ, нормальне a_n і повне a пришвидшення точки в момент часу $t = 2$ с.
2. На гладенькому столі лежить брусок масою $m = 4$ кг. До бруска прикріплені два шнури, які перекинуті через нерухомо закріплені на столі блоки. До вільних кінців шнурів прив'язані вантажі масами $m_1 = 1$ кг і $m_2 = 2$ кг. Знайти пришвидшення a, сили натягу шнурів при русі бруска. Масою блоків знехтувати.

Варіант №4

1. Камінь кинуто вертикально вгору з початковою швидкістю $\upsilon_0 = 20$ м/с. Через який час камінь буде знаходитися на висоті 15 м? Опором повітря знехтувати.
2. Похила площина з кутом нахилу до горизонту $\alpha = 30^0$ має довжину $l = 2$ м. Тіло, рухаючись рівнопришвидшено, зсунулося з цієї площини через $t = 2$ с. Знайти коефіцієнт тертя μ тіла по похилій площині.

Варіант №5

1. Дві матеріальні точки рухаються згідно рівнянь $x_1 = 4t + 8t^2 - 16t^3$ і $x_2 = 2t - 4t^2 + t^3$. В який момент часу пришвидшення цих точок будуть рівними? Знайти швидкості точок в цей момент.
2. Два бруски з масами $m_1 = 1$ кг та $m_2 = 4$ кг з'єднані шнуром і лежать на столі. З яким пришвидшенням будуть рухатися бруски, якщо до одного з них прикласти горизонтально силу $F = 10$ Н? Яка буде при цьому сила натягу шнура, якщо силу 10 Н прикласти до першого бруска? До другого бруска? Тертям знехтувати.

Варіант №6

1. Поруч з потягом на одній лінії з передніми буферами стоїть людина. В момент, коли потяг почав рухатися з пришвидшенням $a = 0{,}1$ м/с^2, людина почала йти в тому ж напрямі із швидкістю $\upsilon = 1{,}5$ м/с. Через який час t потяг

пережене людину? Яку швидкість буде мати потяг в цей момент? Який шлях за цей час пройде людина?

2. До пружинного динамометра підвішений блок. Через блок перекинуто шнур, до кінців якого прив'язані вантажі масою m_1 = 1,5 кг і m_2 = 3 кг. Які будуть покази динамометра під час руху вантажів?

1.1.4.3. Пакет III

Варіант №1

1. Поїзд метро проходить перегон 2 км за 2 хв 20 с. Вважати, що максимальна швидкість поїзда дорівнює 60 км/год і що на початку, і в кінці перегона поїзд рухається зі скінченими пришвидшеннями, однаковими по абсолютній величині. Визначити ці пришвидшення.
2. Знайти центр мас фігури, зображеної на малюнку, коли R = 20 см, а r = 10 см. (рис. 2)

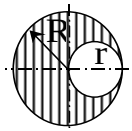


Рис.2

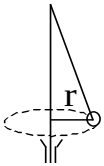


Рис.3

3. До нитки довжиною 1 м підвішений вантаж масою m = 0,5 кг. Нитка з вантажем закріплена на вертикальному стояку, який приведений в обертання. Вантаж описує коло радіусом r = 0,5 м у горизонтальній площині. Знайти натяг нитки і кутову швидкість обертання (рис. 3)

Варіант №2

1. Через нерухомий блок перекинута нерозтяжна нитка, до кінців якої прив'язані вантажі m_1 = 0,2 кг і m_2 = 0,35 кг. На m_2 покладено різноважок масою 0,2 кг, а на m_1 – 0,05 кг. Знайти пришвидшення системи і сили тиску обох різноважок на відповідні вантажі. Нитка і блок невагомі, тертя в осі блока відсутнє.
2. Знайти центр мас системи, яка складається з чотирьох куль, розміщених у вершинах прямокутника із сторонами

a = 10 см, b = 20 см, якщо m_1 = 1 кг, m_2 = 5 кг, m_3 = 3 кг, m_4 = 1 кг.

3. Точка рухалась 15 с з швидкістю 5 м/с, 10 с з швидкістю 8 м/с і 6 с з швидкістю 20 м/с. Яка середня швидкість руху точки?

Варіант №3

1. Знайти пришвидшення a_1 і a_2 мас m_1 і m_2 та натяг ниток в системі, зображеній на рис. 4. Масою блоків і ниток знехтувати ($m_1 > m_2$).

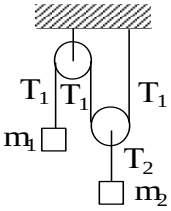
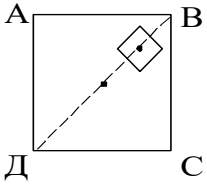


Рис.4

2. В однорідній тонкій круглій пластині радіусом R вирізано круглий отвір вдвоє меншого радіуса r, який торкається краю пластини. Знайти центр мас цієї фігури.

3. Диск радіусом r = 10 см знаходився в стані спокою, а потім почав обертатися з постійним кутовим пришвидшенням $\varepsilon = 0{,}5\ с^{-2}$. Якими були тангенціальне, нормальне і повне пришвидшення точки на ободі диска на кінець другої секунди після початку обертання?

Варіант №4



1. Через нерухомий блок перекинута невагома нитка, до кінця якої прив'язані вантажі однакової маси m. На лівий вантаж покладено додатковий вантаж масою Δm. Знайти силу тиску додаткового вантажу на вантаж і пришвидшення системи. Тертям в блоці знехтувати.

2. В однорідній квадратній дошці зі стороною a = 2 м вирізано квадратний отвір з стороною b = 0,7 м. O_1 і O_2 – центри квадратів. Точка O_2 ділить діагональ квадрата АВСД на чотири частини. Знайти положення центра мас дошки з вирізом.

3. Знайти лінійні швидкості υ_1 і υ_2 та нормальні пришвидшення a_1 і a_2 точок, які лежать на поверхні Землі: а) на екваторі; б) на широті $\varphi = 45^0$. $R_{Землі} = 6370$ км.

Варіант №5

1. Через невагомий блок А (рис. 5) перекинута нитка, до одного кінця якої прикріплений вантаж m_1, а до другого – невагомий блок В, на нитці якого висять вантажі m_2 і m_3. Блок А з усіма вантажами підвішений до пружинних терезів. Визначити пришвидшення a вантажу m_1 і покази пружинних терезів вважаючи, що $m_2 \neq m_3$, $m_1 > m_2 + m_3$.

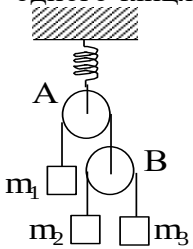


Рис.5

2. Знайти положення центра мас системи, яка складається з чотирьох вантажів $m_1 = 2$ кг, $m_2 = 5$ кг, $m_3 = 4$ кг, $m_4 = 1$ кг, розміщених по одній прямій на відстані $d = 0{,}5$ м один від одного.
3. Камінь падає з висоти $h = 1200$ м. Який шлях пройде камінь за останню секунду свого падіння? Опором повітря знехтувати.

Варіант №6

1. На горизонтальний стіл покладено однорідний стержень масою m і довжиною l. Під дією сталої сили F, яка прикладена до правого кінця стержня, стержень рухається пришвидшено. З якою силою уявно виділений відрізок стержня АВ = $\frac{4}{5}l$ діє на відрізок ВС того ж стержня? Коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}1$, постійна сила рівна 700 Н.

2. Два тіла масою $m_1 = 3$ кг і $m_2 = 12$ кг зв'язані нерозтяжною ниткою і перекинуті через нерухомий блок. Знайти пришвидшення центра мас системи. Нитка і блок невагомі.

3. З одного і того ж місця почали рівнопришвидшено рухатись дві точки, причому друга почала свій рух через 2 с після першої. Перша точка рухалась з початковою швидкістю υ_1 = 1 м/с і пришвидшенням a_1= 2 м/с^2, а друга – з початковою швидкістю υ_2 = 10 м/с і пришвидшенням a_2= 1 м/с^2. Коли і де друга точка наздожене першу?

Варіант №7

1. Автомобіль першу половину шляху рухався зі швидкістю υ_1 = 40 км/год, другу – зі швидкістю υ_2 = 60 км/год. Знайти середню швидкість автомобіля на всьому пройденому шляху.
2. Вантажі масами m_1 = 7 кг і m_2= 11 кг висять на нерозтяжній нитці, яка перекинута через блок. Спочатку вантажі знаходяться на одній висоті. Через який час після початку руху вантаж масою m_1 буде знаходитися на 10 см вище вантажу з масою m_2? Масами блока, нитки і опором повітря знехтувати.
3. Десять кульок з відповідними масами, рівними 1,2,3, ...10 г, закріплені на невагомому стержні довжиною 90 см так, що відстань між центрами сусідніх кульок складає 10 см. Знайти центр мас цієї системи.

Варіант №8

1. Потяг першу половину шляху рухався із швидкістю в n = 1,5 рази більшою, ніж другу половину шляху. Середня швидкість потягу на всьому шляху $\langle\upsilon\rangle$ = 43,2 км/год. Знайти швидкості υ_1 і υ_2, з якими потяг рухався на першій і другій половинах шляху.
2. Однорідна тонка пластина має форму круга радіусом R. В пластині зроблено отвір вдвічі меншого радіуса. Знайти центр мас цього кільця, якщо отвір торкається кінця пластини.
3. Два однакові вантажі масою M підвішені на невагомій і нерозтяжній нитці, яка перекинута через блок. На один з вантажів покладено додатковий вантаж масою m. Знайти силу тиску вантажу масою m на основний вантаж масою M і силу, що діє на вісь блока.

Варіант №9

1. Реактивний літак летить із швидкістю υ_1 = 720 км/год. З деякого моменту часу літак почав рухатися з пришвидшенням протягом t = 10 с. На кінець останньої секунди літак проходить шлях S = 295 м. Знайти пришвидшення і кінцеву швидкість літака.
2. Два вантажі масами m_1 = 0,2 кг і m_2 = 4 кг з'єднані ниткою і лежать на гладенькому столі. До першого вантажу прикладена горизонтальна сила (вздовж нитки) F_1 = 0,2 Н, а до другого – в протилежному напрямку сила F_2 = 0,5 Н. З яким пришвидшенням будуть рухатися вантажі і яка сила натягу нитки, що їх з'єднує? Розв'язати задачу у загальному вигляді і зробити висновок про натяг нитки, коли $m_1 << m_2$.
3. Знайти положення центра мас системи Земля-Місяць.

Варіант №10

1. Тіло падає з висоти 100 м без початкової швидкості. За який час тіло проходить перший і останній метри свого шляху? Який шлях проходить тіло за першу і останню секунду свого руху?
2. До двох брусків масами m_1 і m_2, які з'єднані нерозтяжною і невагомою ниткою та розміщені на горизонтальній поверхні, прикладені сили F_1 і F_2, вектори яких направлені до горизонталі під кутами α і β. Знайти пришвидшення системи і натяг нитки. Коефіцієнти тертя брусків однакові і дорівнюють μ. Сили F_1 і F_2 не відривають брусків від поверхні. Система рухається вліво.
3. Однорідна тонка пластина має форму круга радіусом R. В пластині вирізано отвір радіусом $r = \frac{1}{4}R$. Відстань між центром круга і центром вирізу складає $l = \frac{1}{2}R$. Знайти центр мас утвореного кільця.

Варіант №11

1. Тіло, яке вільно падає з висоти H, пройшло останні 30 м за час t = 0,5 с. Знайти H.

2. Два бруски з однаковими масами *m* з'єднані ниткою і розміщені на похилій площині з кутом нахилу α. Знайти силу натягу нитки, якщо коефіцієнт тертя μ верхнього бруска по площині в 2 рази більший за коефіцієнт тертя нижнього.
3. Де знаходиться центр мас системи з 5-ти кульок, що мають відповідно масу 2, 4, 6, 8, 10 г і які розміщені на невагомому стержні. Відстань між центрами куль 10 см.

Варіант №12

1. Автомобіль рухається зі швидкістю υ = 60 км/год. З якою частотою обертаються його колеса, якщо вони котяться по дорозі без ковзання і мають зовнішній діаметр рівний 60 см? Знайти нормальне пришвидшення точок, які лежать на ободі коліс.
2. Камінь масою 0,5 кг прив'язаний до шнура довжиною 50 см і обертається у вертикальній площині. Сила натягу шнура в нижній точці кола, яке описує камінь, дорівнює 44 Н. На яку висоту над нижньою точкою кола підніметься камінь, якщо шнур перерізати в той момент, коли його швидкість спрямована вертикально вверх?
3. Знайти центр мас системи кульок, розміщених у вершинах квадрата з стороною 20 см. Маси кульок відповідно рівні 1, 3, 9 і 2 г.

1.1.4.4. Пакет IV

Варіант №1

1. Із двох пунктів А і В, відстань між якими *l*, одночасно починають рухатися два кораблі з швидкостями υ_1 і υ_2. Вектори швидкостей утворюють з відрізком АВ однакові кути $\alpha = 45^0$. Визначити найменшу відстань між ними.
2. По похилій площині з кутом нахилу α і коефіцієнтом тертя *k* рухається вгору сповільнено тіло масою *m* під дією сили *F*, яка утворює кут β з площиною. Початкова швидкість тіла υ_0. Дійшовши до деякої точки, тіло зупиняється, після

чого пришвидшено рухається вниз. Через час t від початку руху швидкість буде υ. Знайти час t.

3. Брусок масою m тягнуть за нитку так, що він рухається з постійною швидкістю по горизонтальній площині з коефіцієнтом тертя k. Знайти кут α, при якому натяг нитки буде мінімальним. Чому дорівнює ця сила?
4. Молот масою m = 5 кг рухається з швидкістю υ = 4 м/с, ударяє по залізному виробу, що лежить на наковальні. Маса наковальні разом з виробом рівна M = 95 кг. Визначити енергію деформації виробу і ККД процесу ковки, рахуючи, що удар абсолютно непружний.
5. Десять кульок, маси яких відповідно рівні 1, 2, ..., 10 г, закріплені на невагомому стержні довжиною 90 см так, що між центрами кульок (сусідніх) відстань рівна 10 см. Знайти центр мас системи.
6. Тіло падає з висоти 100 м без початкової швидкості. За який час тіло проходить перший і останній метри свого шляху? Який шлях проходить тіло за першу і останню секунди свого руху?

Варіант №2

1. Закон руху матеріальної точки має вигляд: $x = b_1 + c_1t$, $y = c_2t + d_2t^2$, де $b_1 = -9$ м; $c_1 = 3$ м/с; $c_2 = 4$ м/с; $d_2 = -1$ м/с. Побудувати траєкторію руху. Знайти швидкість, пришвидшення і кут між ними в момент часу $t_1 = 2$ с.
2. На вершині двох похилих площин, що утворюють з горизонтом кути $\alpha = 30^0$ в $\beta = 45^0$, закріплено блок. Вантажі масою m_1 = 1 кг, m_2 = 2 кг з'єднані невагомою ниткою, перекинутою через блок. Визначити пришвидшення a, з яким почнуть рухатися вантажі вздовж похилих площин і силу натягу нитки T. Коефіцієнт тертя k = 0,1. Блок вважати невагомим.
3. Частинка масою m в момент часу t = 0 починає рухатися під дією сили $F = F_0 \sin\omega t$, де F і ω - постійні величини. Знайти шлях, пройдений частинкою в залежності від часу.

4. Гиря, покладена на верхній кінець пружини, стискує її на $x_0 = 1$ мм. Як стиснеться ця пружина, якщо гирю кинути вертикально вниз з висоти $h = 0{,}2$ м з швидкістю $\upsilon_0 = 1$ м/с?
5. Однорідна тонка пластина має форму круга радіуса R, в якому вирізано круглий отвір вдвоє меншого радіуса, який дотикається до краю пластини. Де знаходиться центр мас такого кільця?
6. Знайти лінійні швидкості υ_1 і υ_2 та нормальні пришвидшення a_{n_1} і a_{n_2} точок, які лежать на поверхні Землі: а) на екваторі; б) на широті $\varphi = 70^0$.

Варіант №3

1. Камінь, кинутий з висоти $h = 2{,}1$ м під кутом $\alpha = 45^0$ до горизонту, падає на землю на віддалі $S = 42$ м від місця кидання. Знайти початкову швидкість каменя, час польоту і максимальну висоту підйому над рівнем Землі. Визначити також радіус кривини в верхній точці траєкторії і в точці падіння каменя на землю.
2. На горизонтальній площині з коефіцієнтом тертя k лежить тіло масою m. В момент часу $t = 0$ до нього прикладено горизонтальну силу $F = bt$, де b – постійний вектор. Знайти шлях, пройдений тілом за перші t секунд дії даної сили.

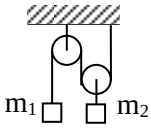


Рис. 6

3. Визначити пришвидшення a_1 та a_2, з яким будуть рухатися вантажі m_1 і m_2 в установці (рис. 6), а також силу натягу T нитки. Тертям і масою блоків знехтувати. Нитку вважати невагомою і нерозтяжною.
4. На горизонтальних рейках стоїть платформа з піском масою $m_1 = 5$ т. В пісок потрапляє снаряд масою $m_2 = 5$ кг, що має швидкість 400 м/с, вектор якої направлений зверху вниз під кутом $\alpha = 60^0$ до горизонту. Знайти швидкість платформи, якщо снаряд залишається в піску.
5. В однорідній квадратній дошці з стороною $a = 2$ м вирізано квадратний отвір з стороною $b = 0{,}7$ м. O_1 і O_2 – центри

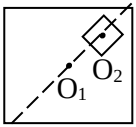


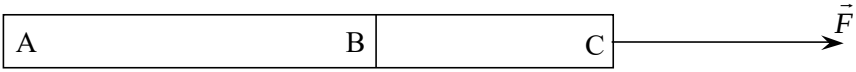
Рис. 7

квадратів. Точка O_2 ділить діагональ квадрата на чотири частини. Знайти центр мас дошки з отвором (рис. 7).

6. З одного і того ж місця почали рівнопришвидшено рухатися дві точки, причому друга точка почала свій рух через 2 с після першої. Перша точка рухалась з початковою швидкістю υ_1 = 1 м/с і пришвидшенням a_1 = 2 м/с^2, друга – з початковою швидкістю υ_2 = 10 м/с і пришвидшенням a_2 = 1 м/с^2. Коли і де друга точка наздожене першу?

Варіант №4

1. Маховик, що обертається з постійною кутовою швидкістю ω_0, був відключений від двигуна і, зробивши N обертів зупинився. Знайти кутове пришвидшення маховика.
2. Невелику кульку масою m, підвішену на нитці, відвели в сторону так, що нитка утворила прямий кут з вертикаллю, а потім відпустили. Знайти модуль повного пришвидшення кульки і сили натягу нитки в залежності від кута α - кута відхилення нитки від вертикалі і силу натягу нитки в момент проходження кулькою положення рівноваги.
3. Катер масою m рухається по озеру із швидкістю υ_0. В момент часу t = 0 виключають його двигун. Сила опору пропорційна швидкості катера $F = -r\upsilon$, де r – коефіцієнт опору. Знайти час руху катера з вимкненим двигуном.
4. Аеросани масою m на горизонтальній ділянці шляху, рухаючись із швидкістю υ, розвивають потужність P. Яку потужність вони повинні розвивати при русі на підйом з нахилом α з тією ж швидкістю?
5. На горизонтальний стіл покладено однорідний стержень масою m і довжиною l. Під дією сталої сили, яка прикладена до правого кінця стержня, стержень рухається пришвидшено. З якою силою уявно виділений відрізок стержня АВ = 4/5 l діє на відрізок ВС того ж стержня? Коефіцієнт тертя μ, постійна сила дорівнює 700 Н.



6. Два тіла масою m_1 = 3 кг та m_2 = 12 кг зв'язані нерозтяжною ниткою і перекинуті через блок. Знайти пришвидшення центра мас системи. Нитка і блок невагомі.

Варіант №5

1. Тіло кинуте з швидкістю υ_0 = 20 м/с під кутом $\alpha = 30^0$ до горизонту. Нехтуючи опором повітря знайти швидкість тіла, а також його нормальне і тангенціальне пришвидшення через t = 1,5 с після початку руху. На яку відстань S переміститься за цей час тіло по горизонталі і на якій висоті h воно буде?
2. Тіло масою m = 200 г прив'язане до нитки довжиною l = 40 см і обертається в горизонтальній площині з постійною швидкістю так, що нитка описує конічну поверхню. При цьому кут відхилення нитки від вертикалі $\alpha = 60^0$. Знайти кутову швидкість ω обертання вантажу і силу натягу нитки.
3. Дві кульки із однакового матеріалу падають у повітрі. Діаметр першої з них в n раз менший діаметра другої. Враховуючи, що опір повітря пропорційний поперечному перерізу тіла і квадрату швидкості, знайти відношення швидкості кульок, коли вони досягнуть сталої швидкості руху.
4. Потенціальна енергія частинки в деякому полі має вид $U = a/r^2 - b/r$, де a і b – постійні додатні числа, r – відстань від центра поля. Знайти: а) значення r_0, що відповідає положенню рівноваги; б) максимальне значення сили притягання.
5. Літак, який летить із швидкістю 850 м/с, робить "мертву петлю". Яким повинен бути радіус петлі, щоб найбільша сила, яка притискає пілота до сидіння дорівнювала десятикратній вазі пілота?
6. На кінцях візка довжиною l і масою M знаходяться дві людини з масами m_1 і m_2. Як зміниться положення візка по

відношенню до Землі, якщо люди поміняються місцями? Тертям візка об підлогу знехтувати і рахувати, що $m_1 > m_2$.

Варіант №6

1. Швидкість обертання шпинделя токарного верстата досягає робочого значення n = 250 $с^{-1}$ через 30 с після пуску. Діаметр шпинделя d = 40 мм. Знайти швидкість і пришвидшення точки на поверхні шпинделя і число обертів шпинделя до досягнення робочої швидкості.
2. Тіло масою m розміщене на горизонтальній площині. Коефіцієнт тертя спокою між площиною і тілом k. До тіла прикладена під кутом α деяка сила F. Знайти умови, за яких тіло буде рухатись рівномірно, а за яких – рівнопришвидшено.
3. В момент часу t = 0 частинка рухається під дією сили $F = F_0\cos\omega t$, де F_0 і ω – постійні. Скільки часу частинка масою m буде рухатися до першої зупинки? Який шлях вона пройде за цей час? Яка максимальна швидкість частинки на цьому шляху?
4. Платформа масою m_0 починає рухатися вправо під дією постійної сили F. Із нерухомого бункера на неї висипається вниз пісок. Швидкість завантаження постійна і рівна μ (кг/с). Знайти залежність υ від часу і пришвидшення платформи в процесі завантаження. Тертям знехтувати.
5. До нитки довжиною 1 м підвішений вантаж масою m = 0,5 кг. Нитка з вантажем закріплена на вертикальному стояку, який приведений в обертання. Вантаж описує коло радіусом R = 0,5 м в горизонтальній площині. Знайти натяг нитки і кутову швидкість обертання.
6. Де знаходиться центр мас куба, з якого видалений кубик з ребром рівним $a/2$?

1.1.5. Тестові завдання “Основні поняття кінематики”

1. За Ньютоном абсолютність часу і простору обумовлюється:
   а) їх неперервністю і однорідністю;

б) незалежність їх характеристик від явищ і процесів та відсутністю між ними взаємозв'язку;

в) незалежністю їх від швидкості реальних об'єктів.

2. В кінематиці матеріальні об'єкти абстрагуються до таких моделей:

а) матеріальна точка, молекула, тверде тіло;

б) система матеріальних точок, матеріальна точка, абсолютно тверде тіло;

в) абсолютно тверде тіло, геометрична точка, матеріальна система.

3. Чим відрізняється абсолютно тверде тіло від системи матеріальних точок:

а) відсутністю взаємодії між точками;

б) наявністю форми у твердого тіла;

в) незмінністю відстаней між точками при русі тіла?

4. Матеріальною точкою називають:

а) матеріальне тіло, розмірами якого можна в умовах задачі знехтувати;

б) матеріальний об'єкт, формою і розмірами якого в даній задачі можна знехтувати;

в) реальний об'єкт певної маси, розмірами і формою якого можна знехтувати в даній задачі.

5. Для яких рухів точки модуль її результуючого переміщення завжди співпадає з пройденим шляхом:

а) для руху по колу;

б) для будь-якого руху по одній з координатних осей;

в) таких рухів немає;

г) для прямолінійного рівномірного або рівнопришвидшеного рухів?

6. Чи може траєкторія матеріальної точки:

а) бути ламаною лінією;

б) мати розриви;

в) перетинатися сама з собою;

г) бути замкненою лінією?

7. Чи може для якогось виду руху точки модуль вектора її переміщення бути:

а) більшим від пройденого шляху;

б) меншим від пройденого шляху;

в) дорівнювати нулю;

г) дорівнювати пройденому шляху?

8. Частинка здійснила два послідовних переміщення з модулями 2 і 3 м. Яким може бути модуль результуючого переміщення:

а) 5 м;

б) більше 5 м;

в) від 1 до 5 м;

г) менше 1 м?

9. Яке з кінематичних рівнянь руху точки записане у натуральній формі:

а) $\vec{r} = \vec{r}(t)$;

б) $\Delta\vec{r} = \Delta\vec{r}(t)$;

в) $f(x, y, z) = 0$;

г) $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$;

д) $s = s(t)$ (точка рухається по дузі s)?

10. Система відліку це:

а) сукупність системи координат з годинником;

б) сукупність нерухомих тіл відліку;

в) сукупність системи координат, початок якої пов'язаний з тілом відліку, і годинника.

11. Який зв'язок радіус-вектора з його проекціями на координатні осі:

а) $|\vec{r}| = \sqrt{\vec{i}^{\,2}x^2 + \vec{j}^{\,2}y^2 + \vec{k}^{\,2}z^2}$;

б) $\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z$;

в) $\vec{r} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$?

12. Якими властивостями повинні володіти функції в кінематичних рівняннях руху:

а) мати екстремум;

б) бути неперервними і невизначеними;

в) бути означеними, неперервними і щонайменше двічі диференційованими;

г) мати екстремум або розрив?

1.1.6. Пакети самостійних аудиторних робіт

1.1.6.1. Пакет I "Кінематика поступального руху"

Варіант №1

1. Швидкість частинки, яка рухається прямолінійно, змінюється за законом $\upsilon = 30 + 2t$. Знайти шлях, який проходить частинка протягом 10 с; у момент часу t_0=0 S_0=0.
2. Для яких рухів точки модуль її результуючого переміщення співпадає з пройденим шляхом?

Варіант №2

1. Тіло рухається від точки *A* до точки *B* із швидкістю $\upsilon_1 = 2$ м/с, а від точки *B* до точки *A* - із швидкістю $\upsilon_2 = 8$ м/с. Визначити середню швидкість цього тіла.
2. Які способи опису руху Ви знаєте?

Варіант №3

1. Координати матеріальної точки змінюються з часом за законами: x = 4t; y = 3t; z = 0. Знайти залежність пройденого шляху від часу, відраховуючи відстань від початкового її положення. Який шлях пройде точка за 5 с?
2. Дайте визначення системи відліку?

Варіант №4

1. Матеріальна точка рухається прямолінійно. Залежність пройденого шляху від часу описується рівнянням $S=(0{,}5t+t^2)$ м. Визначити швидкість і пришвидшення від часу; середню швидкість точки за другу секунду; шлях, який пройшла точка за п'яту секунду. Накреслити графіки залежності шляху, швидкості і пришвидшення від часу.
2. Якими властивостями повинні володіти функції, які виражають кінематичні рівняння руху?

Варіант №5

1. Рух матеріальної точки задано рівняннями: $x = 8t^2 + 4$; $y = 6t^2 + 5$; $z = 0$. Визначити модулі швидкості і пришвидшення точки в момент $t = 8$ с.
2. Який фізичний зміст шляху; переміщення?

Варіант №6

1. Матеріальна точка рухається прямолінійно. Рівняння руху $S = \left(2 + 3t + 0{,}01t^3\right)$м. Чому дорівнює швидкість і пришвидшення точки в момент $t = 0$ с, $t = 10$ с? Знайти середні значення швидкості і пришвидшення за перші 10 с руху.
2. Чи може траєкторія матеріальної точки:
   а) бути ламаною лінією;
   б) мати розриви;
   в) перетинатися сама з собою?

1.1.6.2. Пакет II "Кінематика поступального руху"

Варіант №1

1. Потяг московського метро проходить відстань 6,7 км між станціями "Комсомольська" і "Білоруська" за 10 хв. Яка середня швидкість потяга?
2. Розбіг літака дорівнює 400 м, а швидкість відриву 135 км/год. Яке середнє пришвидшення літака при розбігу? Скільки секунд він триває?
3. Які кінематичні характеристики сталі при рівнозмінному русі точки?

Варіант №2

1. Літак ТУ-114 пролетів відстань Нью-Йорк - Москва, яка дорівнює 8190 км, за 9 год 49 хв. Яка була середня швидкість польоту?
2. Автомобіль "Чайка", рухаючись від зупинки з пришвидшенням 0,7 м/с^2, досяг швидкості 97,2 км/год. На якій відстані і за який час від початку руху досягнута ця швидкість?
3. Який рух точки називається рівнозмінним?

Варіант №3

1. Дизель-моторний експрес відстань Москва - Санкт-Петербург, що дорівнює 651 км, проходить за 7 год 55 хв. Яка середня швидкість експреса?
2. Реактивний винищувач має довжину розбігу 860 м і швидкість відриву 235 км/год. Вважаючи рух рівнопришвидшеним, обчисліть час і пришвидшення при розбігу.
3. Який рух точки називається рівномірним?

Варіант №4

1. Вертоліт МІ-4 пролетів без посадки 410 км за 2 год 55 хв. Яка середня швидкість польоту?
2. Потяг, який рухався з швидкістю 90 км/год, зупинився, пройшовши 800 м. Який час і з яким пришвидшенням рухався при цьому потяг? Яка середня швидкість його руху? Пришвидшення вважати сталим.
3. Який рух точки називається вільним падінням?

Варіант №5

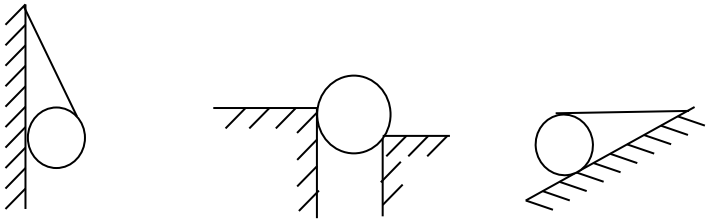
1. Рух матеріальної точки задано рівнянням $x = At + 2Bt^2$, де A = 0,8 м/с, B = - 0,1 м/с^2. Обчислити середнє значення модуля швидкості $\langle \upsilon \rangle$ за перші 4 с.
2. Вагон рухається рівносповільнено з від'ємним пришвидшенням –0,5м/с^2. Початкова швидкість вагона 54км/год. Через скільки часу і на якій відстані від початкової точки вагон зупиниться?
3. При якому русі шлях і переміщення співпадають за величиною?

1.1.6.3. Пакет III “Основні поняття кінематики та динаміки матеріальної точки”

Варіант №1

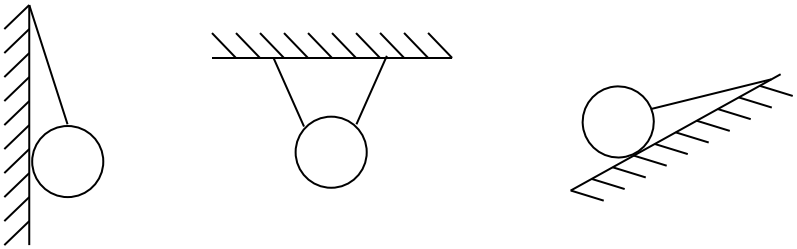
1. Чи може модуль вектора переміщення точки бути:
   а) менше від пройденого шляху;
   б) більшим від цього шляху;
   в) дорівнювати шляху?

2. Позначити сили взаємодії і точки їх прикладання до кульок, які зображені на малюнку.



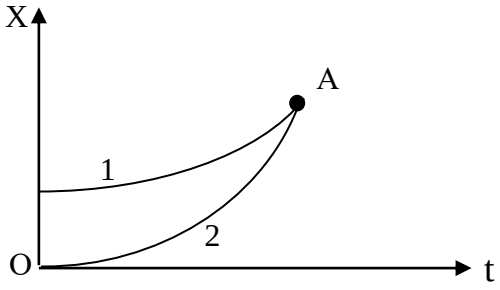
Варіант №2

1. Яким може бути модуль суми двох векторів переміщень точки, що становлять відповідно 2 м і 3 м?
2. Позначити сили взаємодії і точки їх прикладання до кульок, які зображені на малюнку.



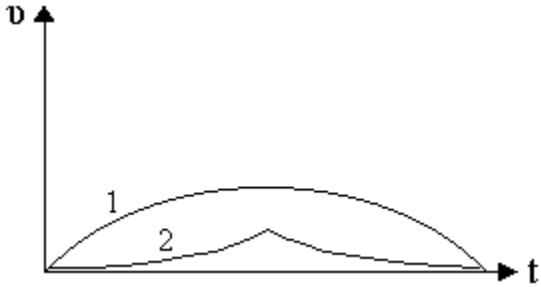
Варіант №3

1. Нитка витримує вантаж масою 4 кг. Чи порветься нитка, якщо до її кінців прикласти сили по 35 Н?
2. На малюнку подано графіки руху двох точок. Яка відмінність у їхніх руках? Що означає точка перетину графіків?

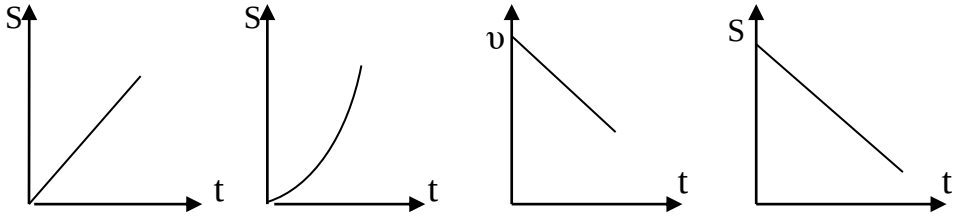


Варіант №4

1. За поданими на малюнку графіками порівняти максимальні швидкості і пришвидшення матеріальних точок.

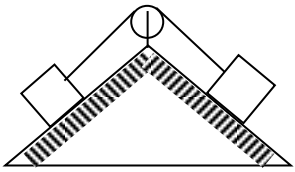


2. Якою була пришвидшуюча сила, якщо результатом її дії для точки сталої маси був рух, графіки якого подані на малюнках?



Варіант №5

1. Показати вектори можливих сил, які прикладені до тіл, що зображені на малюнку.



2. Літак переміщується на значну відстань на Землі. По якій траєкторії він повинен летіти, щоб витратити найменше пального?

Варіант №6

1. Які з приведених рівнянь можуть описувати прямолінійний рівномірний рух точки:

   а) $\upsilon = \upsilon_0$; б) $\upsilon = -at$; в) $x(t) = x_0 + \upsilon t$; г) $s = \upsilon t$;

   д) $x = x_0$; е) $x = -x_0 - \upsilon t$?

2. Чому, спіткнувшись, ми падаємо в напрямку, протилежному до напряму сили, яка діє на нас по горизонталі?

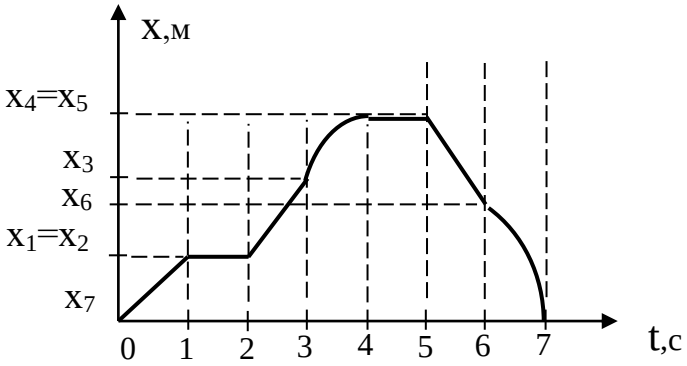
Варіант №7

1. До тіла масою 1кг в горизонтальній площині прикладено три сили по 10 Н кожна. Якого пришвидшення нададуть ці сили тілу, якщо кут між ними: а) 120^0; б) 90^0.
2. Чи можна по спідометру визначити вектор швидкості руху автомобіля?

1.1.6.4. Пакет IV "Кінематика поступального руху"

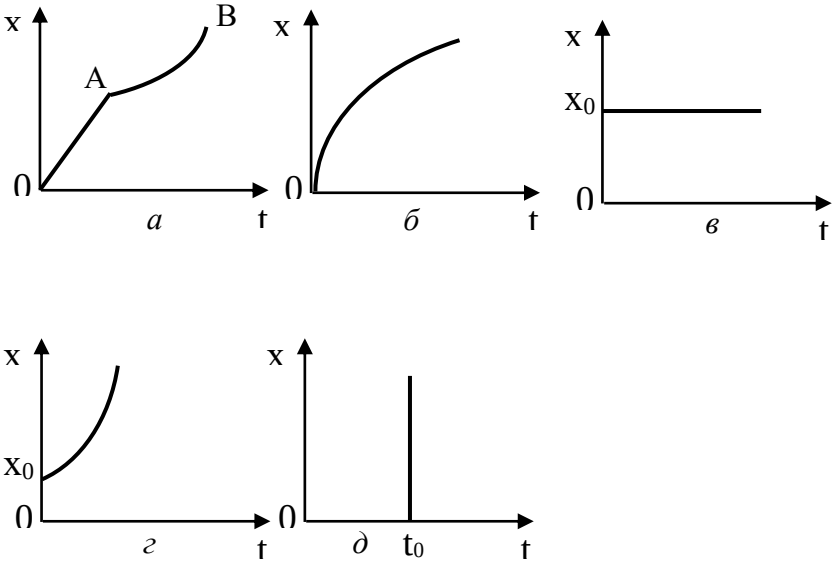
Варіант №1

1. Визначити тривалість польоту літака між двома пунктами, відстань між якими становить 1000 км, якщо швидкість зустрічного вітру відносно літака υ_1= 25 м/с, а швидкість літака υ_2 = 250 м/с. Яка тривалість польоту літака при цих умовах за вітром?
2. Матеріальна точка рухається вздовж осі ОХ за графіком руху, який подано на малюнку. Проаналізуйте характер руху і побудуйте графік залежності пройденого шляху від часу.



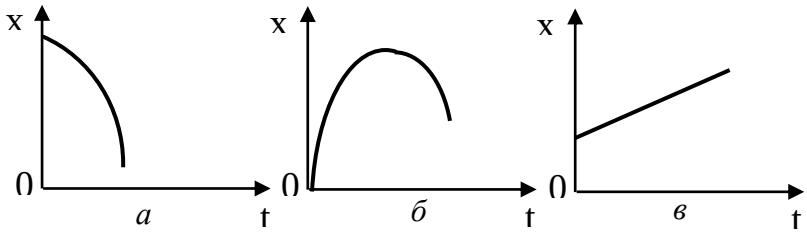
Варіант №2

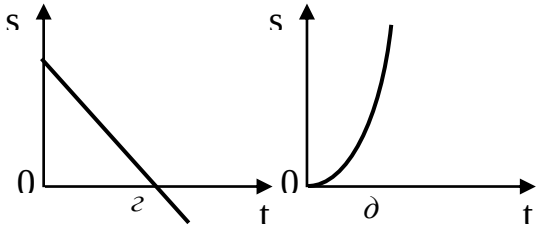
1. Визначити траєкторію руху точки, заданого рівняннями: $x = 4t^2 + 2$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Побудувати графік залежності відстані точки від часу.
2. На малюнку подано графіки залежності від часу координати точки, яка рухається по осі ОХ. Яким рухам вони відповідають?



Варіант №3

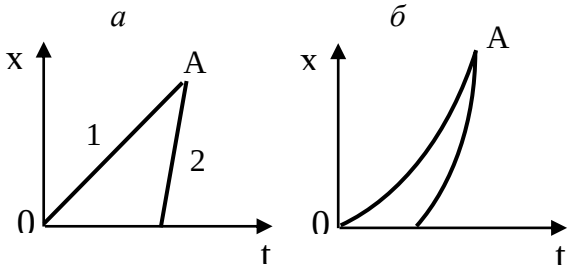
1. Швидкість матеріальної точки, що рухається вздовж осі ОХ, визначається рівнянням $\upsilon = 0{,}2 - 0{,}1t$. Знайти координату точки в момент часу t = 10 с, якщо в початковий момент часу вона знаходилася в точці x_0 = 1.
2. Який із поданих на малюнку графіків не відповідає дійсності?





Варіант №4

1. Дві матеріальні точки рухаються вздовж осі ОХ відповідно за рівняннями $x_1 = 4 + 6t + 2t^2$ і $x_2 = 4 + 9t + t^2$. Що спільного в цих рухах? Які початкові швидкості кожної точки? Яка із точок має більшу швидкість, пришвидшення на кінець 10 с? Яку відстань подолають точки за 10 с?
2. Дві матеріальні точки рухаються вздовж осі ОХ в одному напрямку. Що спільного і відмінного у цих рухах? Що означає точка перетину цих графіків?

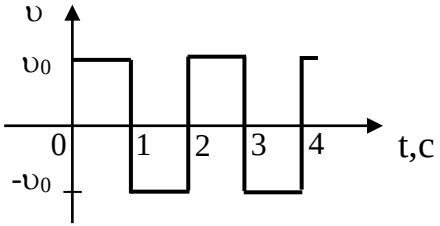


Варіант №5

1. Першу чверть шляху мотоцикліст проїхав з швидкістю $\upsilon_1 = 10$ м/с, другу з швидкістю $\upsilon_2 = 15$ м/с, третю з швидкістю $\upsilon_3 = 20$ м/с і останню із швидкістю $\upsilon_4 = 5{,}0$ м/с. Знайти середню швидкість руху мотоцикліста на всьому шляху.
2. Швидкість плавця дещо менша від швидкості течії. Чи може цей плавець: а) перепливти річку; б) перепливти річку найкоротшим шляхом?

Варіант №6

1. Знайти середню швидкість руху автомобіля, якщо ¼ частину часу він рухався з швидкістю 16 м/с, а весь останній час із швидкістю 8 м/с.



2. На малюнку подано графік зміни швидкості руху по прямій OX з часом. Побудуйте графік залежності $x(t)$.

Варіант №7

1. Рух матеріальної точки вздовж осі OX задано рівнянням $x = 5t + 0{,}2t^2 + 0{,}1t^3$. Знайти швидкість точки в момент часу $t_1 = 2{,}0$ с і $t_2 = 4{,}0$ с, а також середню швидкість в інтервалі часу від t_1 до t_2.
2. Чи можна потрапити літаком з Києва до Владивостока по найкоротшій (з усіх теоретично можливих) траєкторій? При русі по якій траєкторії літак затратить найменше палива при такому переміщенні?

Варіант №8

1. Координати матеріальної точки змінюються з часом за законами: $x = 4t$; $y = 3t$; $z = 5t$. Знайти залежність пройденого шляху від часу, якщо відстань відраховується від початку координат. Який шлях пройде точка за 6 с?

2. Які з наведених нижче рівнянь можуть описувати прямолінійний рівномірний рух точки: а) $\upsilon = \upsilon_0$; б) $\upsilon = -at$; в) $x(t) = x_0 + \upsilon t$; г) $s = \upsilon t$; д) $x = x_0$; е) $x = -x_0 - \upsilon t$?

1.1.6.5. Пакет V "Кінематика поступального, обертального і коливального рухів матеріальної точки"

Варіант №1

1. Швидкість матеріальної точки, що рухається вздовж осі OX, визначається рівнянням $\upsilon_x = 0{,}2 - 0{,}1t$. Знайти координату точки в момент часу $t = 10$ с, якщо в початковий момент часу вона знаходилася в точці $x_0 = 1$.
2. Знайти кутову швидкість і кутове пришвидшення матеріальної точки, яка обертається відносно деякого центра за законом $\varphi = at - bt^2$, де a = 20 с$^{-1}$, b = 1 с$^{-2}$. Який характер руху цієї точки?
3. Знайти початкову фазу гармонічного коливання точки, якщо через 0,25 с від початку руху зміщення, яке змінюється за законом синуса, було рівне половині амплітуди. Період коливань 6 с.

Варіант №2

1. Яка траєкторія точки, якщо її радіус-вектор відносно початку координат з часом змінюється за законом $\vec{r} = 2t\vec{i} + 3t^2\vec{j}$?
2. Скільки обертів зробили колеса автомобіля після гальмування до повної зупинки, якщо в момент гальмування автомобіль мав швидкість $\upsilon_0 = 60$ км/год і зупинився через $t = 3$ с після початку гальмування? Діаметр коліс $D = 0{,}70$ м. Автомобіль рухається прямолінійно.
3. Через який час від початку руху точка, яка здійснює гармонічні коливання з періодом 12 с і початковою фазою,

що дорівнює 0, зміститься від положення рівноваги на відстань, яка дорівнює половині амплітуди?

Варіант №3

1. Знайти початкову швидкість, яку необхідно забезпечити тілу, яке кинуте вертикально вгору, щоб воно повернулося на Землю через 6 с. Яка максимальна висота підняття тіла? Опором повітря знехтувати.
2. При повороті трактора, який рухається з швидкістю 24 км/год його центр мас описує дугу радіуса $R = 9{,}0$ м. Знайти різницю швидкостей гусениць трактора, якщо відстань між ними дорівнює $d = 1{,}5$ м.
3. Написати рівняння коливального руху матеріальної точки, яка здійснює коливання з амплітудою 5 см, періодом 2 с і початковою фазою 45°. Побудувати графік цього коливання.

Варіант №4

1. Частинка рухалася з пришвидшенням $\vec{a} = 2t\vec{i} + 4t\vec{j} + 3\vec{k}$. Знайти модуль швидкості частинки в момент часу $t = 2$ с, якщо в початковий момент часу $t = 0$ її швидкість була $\vec{\upsilon}_0 = 3\vec{i} + 1\vec{j} - 1\vec{k}$.
2. Знайти кутове пришвидшення маховика, частота обертання якого за час N = 20 повних обертів зросла рівномірно від $n_0 = 1{,}0$ с$^{-1}$ до $n = 5{,}0$ с$^{-1}$.
3. Коливання матеріальної точки описуються рівнянням $x = 0{,}03\sin\pi(t + 0{,}5)$. Знайти максимальні значення швидкостей і пришвидшення. Чому рівна фаза коливань через 5 с після початку руху?

1.1.6.6. Пакет VI "Кінематика і динаміка гармонічних коливань"

Варіант №1

1. Визначити частоту, період та початкову фазу коливань, заданих рівнянням $x = A\sin\omega(t + \tau)$, де $\tau = 0{,}4$ с, $\omega = 2{,}5\pi$ с$^{-1}$.

2. Матеріальна точка масою m = 50 г здійснює коливання, рівняння яких має вигляд $x = A\cos\omega t$, де A = 10 см, ω = 5 с$^{-1}$. Знайти силу, яка діє на точку в двох випадках: а) в момент, коли фаза $\omega t = \frac{\pi}{3}$ с$^{-1}$; б) в положенні найбільшого зміщення точки.
3. До стальної пружини підвісили вантаж, в результаті чого пружина розтягується на Δl = 9 см. Який буде період коливань вантажу, якщо його дещо відтягнути вниз і відпустити?
4. Знайти логарифмічний декремент коливальної системи, для якої резонанс спостерігається при частоті, меншій від власної частоти ν_0 = 10 кГц на $\Delta\nu$ = 2 Гц.
5. Знайти різницю фаз $\Delta\varphi$ коливань джерела хвиль, яке знаходиться в пружному середовищі, і точки цього середовища, яка знаходиться на відстані 2 м від джерела. Частота коливань ν = 5 Гц. Швидкість поширення хвиль υ = 40 м/с.

Варіант №2

1. Точка здійснює коливання за законом $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, де A = 2 см, $\omega = \pi$ с$^{-1}$, $\varphi = \pi/4$ рад. Побудувати графіки залежності від часу: зміщення $x = (t)$; швидкості $\dot{x}(t)$; пришвидшення $\ddot{x}(t)$.
2. Коливання матеріальної точки масою m = 0,1 г відбуваються згідно з рівнянням $x = A\cos\omega t$, де A = 5 см, ω = 20 с$^{-1}$. Знайти максимальні значення вертальної сили і кінетичної енергії.
3. Математичний маятник довжиною l = 1 м знаходиться в ліфті, який піднімається з пришвидшенням a = 2,5 м/с^2. Знайти період коливань маятника.
4. Період T_0 власних коливань пружинного маятника рівний 0,55 с. У в'язкому середовищі період T того ж маятника став рівним 0,56 с. Знайти резонансну частоту коливань.
5. Хвилі поширюються в пружному середовищі зі швидкістю υ = 100 м/с. Найменша відстань між точками середовища,

фази коливань яких протилежні, рівна 1 м. Знайти частоту коливань.

Варіант №3

1. Знайти максимальне значення пришвидшення точки, яка здійснює гармонічні коливання з амплітудою A = 3 см і циклічною частотою $\omega = \pi/2$ с$^{-1}$.
2. Знайти вертальну силу в момент часу t = 1 с і повну енергію матеріальної точки, яка здійснює коливання за законом $x = A\cos\omega t$, де A = 20 см, $\omega = 2\pi/3$ с$^{-1}$. Маса матеріальної точки рівна 10 г.
3. Однорідний диск радіусом R = 2 см коливається навколо горизонтальної осі, яка проходить через одну з твірних циліндричної поверхні диска. Який період його коливань?
4. За час t = 8 хв амплітуда згасаючих коливань маятника зменшилась в три рази. Знайти коефіцієнт згасання δ.
5. Рівняння плоскої хвилі $f = A\cos(\omega t - kx)$, де A = 0,5 см, ω = 628 с$^{-1}$, k = 2 м$^{-1}$. Знайти: а) частоту коливань і довжину хвилі; б) фазову швидкість; в) максимальні значення швидкості і пришвидшення коливань частинок середовища.

Варіант №4

1. Точка здійснює вільні гармонічні коливання. Максимальне зміщення точки рівне 10 см, найбільша швидкість – 20 см/с. Знайти циклічну частоту коливань та максимальне пришвидшення.
2. Коливання матеріальної точки відбуваються згідно з рівнянням $x = A\cos\omega t$, де A = 8 см, $\omega = \pi/6$ с$^{-1}$. В момент, коли вертальна сила в перший раз досягла значення – 5 мН, потенціальна енергія стала рівна 100 мкДж. Знайти цей момент часу і відповідну йому фазу.
3. Тонкий обруч, підвішений на цвях, який забито горизонтально в стіну, коливається в площині, паралельній стіні. Радіус обруча рівний 30 см. Обчислити період коливань обруча.

4. Тіло масою m = 5 г здійснює згасаючі коливання. Протягом часу t = 50 с тіло втратило 60% своєї енергії. Знайти коефіцієнт опору r.
5. Звукові коливання частотою ν = 0,5 кГц і амплітудою A = 0,25 мм поширюються в пружному середовищі. Довжина хвилі λ = 70 см. Знайти швидкість поширення хвиль та максимальну швидкість частинок середовища.

Варіант №5

1. Коливання точки відбуваються за законом $x=A\cos(\omega t + \varphi)$. В деякий момент часу зміщення точки рівне 5см, її швидкість–20см/с, а пришвидшення a = - 80 см/с^2. Знайти амплітуду A, циклічну частоту ω, період коливань T і фазу $(\omega t + \varphi)$ в заданий момент часу.
2. Матеріальна точка масою 0,01 кг здійснює коливання згідно з рівнянням $x = 0{,}2\sin 8\pi t$ см. Знайти вертальну силу F в момент t = 0,1 с, а також повну енергію точки.
3. Математичний маятник довжиною l_1 = 40 см і фізичний маятник у вигляді тонкого прямого стержня довжиною l_2 = 0 см синхронно коливаються навколо однієї і тієї ж горизонтальної осі. Знайти відстань центра мас стержня від осі коливань.
4. Амплітуда згасаючих коливань маятника за час t_1 = 5 хв зменшилась в два рази. За який час t_2, рахуючи від початкового моменту, амплітуда зменшиться у вісім разів?
5. Знайти швидкість поширення коливань і довжину звукової хвилі частотою 1 кГц в : а) алюмінії; б) міді; в) вольфрамі.

Варіант №6

1. Точка здійснює коливання за законом $x = A\sin\omega t$. В деякий момент часу зміщення точки було рівним 5 см. Коли фаза коливань збільшилась вдвоє, зміщення стало рівним 8 см. Знайти амплітуду коливань.
2. Матеріальна точка масою m = 0,05 кг здійснює гармонічні коливання, рівняння яких має вигляд: $x = 0{,}1\sin 5t$. Знайти силу, яка діє на точку: а) в момент, коли фаза коливань $\varphi = 30^0$; б) в положенні найбільшого відхилення точки.

3. Диск радіусом R = 24 см коливається навколо горизонтальної осі, що проходить через середину одного із радіусів перпендикулярно площині диска. Знайти приведену довжину L і період T коливань такого маятника.
4. Логарифмічний декремент коливань маятника дорівнює 0,003. Знайти число N повних коливань, які повинен здійснити маятник, щоб амплітуда зменшилась в два рази.
5. Хвиля з періодом T = 1,2 с і амплітудою A = 2 см поширюється з швидкістю 15 м/с. Знайти зміщення точки, яка знаходиться на відстані 45 м від джерела хвиль в момент, коли від початку коливань пройшло 4 с.

1.1.6.7. Пакет VII "Динаміка поступального руху"

Варіант №1

1. До пружинних терезів підвішений блок. Через блок перекинуто легку нерозтяжну нитку, до кінців якої прикріплені вантажі масою m_1 = 1,5 кг і m_2 = 3 кг. Які будуть покази терезів під час руху вантажів. Масою блока знехтувати.
2. Чи можна підняти на бажану висоту тіло, приклавши до нього силу, яка дорівнює силі тяжіння?

Варіант №2

1. Матеріальна точка масою m = 2 кг рухається під дією деякої сили згідно з рівнянням $x = 2 + 5t + t^2 - 0{,}2t^3$. Знайти значення цієї сили в момент часу $t_1 = 2$ с і $t_2 = 5$ с. В який момент часу сила дорівнює нулеві?
2. До матеріальної точки прикладені дві сили. За якої умови ці сили можуть привести точку у рівномірний і прямолінійний рух?

Варіант №3

1. Диск радіусом R = 40 см обертається навколо вертикальної осі. На краю диска знаходиться кубик. При якому числі обертів на хвилину кубик зісковзне з диска. Коефіцієнт тертя μ = 0,4.

2. Чому дорівнює векторна сума двох сил, про які йдеться у третьому законі Ньютона? Чи зрівноважують сили одна одну?

Варіант №4

1. Невагомий блок укріплений на кінці столу. Невагома і нерозтяжна нитка перекинута через блок і до її кінців прикріплені вантажі однакової маси m = 1 кг. Один з вантажів рухається по поверхні столу і коефіцієнт його тертя μ = 0,1. Знайти: а) пришвидшення, з яким рухаються вантажі;
   б) натяг нитки.
2. Як за допомогою фізичних законів можна пояснити народне прислів'я "Коси, коса, поки роса"?

Варіант №5

1. Гирка масою 50 г прив'язана до нитки довжиною 25 см і описує у горизонтальній площині коло. Частота обертання гирки n = 2 об/с. Знайти натяг нитки (невагома і нерозтяжна).
2. Чи можна розглядати перший закон динаміки як окремий випадок другого закону?

Варіант №6

1. Потяг масою 500 т рухається рівносповільнено і при цьому його швидкість зменшується протягом 1 хв від 40 км/год до 28 км/год. Знайти силу гальмування.
2. Що найточніше характеризує інертність тіла: об'єм, густина, маса, форма, колір?

1.1.6.8. Пакет VIII "Енергія, робота і потужність"

Варіант №1

1. Яку потужність повинен розвивати трактор при переміщенні причепа масою m=5·10^3 кг вгору по схилу з швидкістю υ=1,0 м/с, якщо кут нахилу α=30°, а коефіцієнт тертя причепа μ=0,20?
2. Чи може бути сталою кінетична енергія тіла, якщо на тіло діє сила?

Варіант №2

1. Знайти початкову швидкість хокейної шайби, якщо вона пройшла до зупинки шлях s = 70 м. Коефіцієнт тертя шайби по льоду 0,10. Якою кінетичною енергією володіла шайба на початку свого руху? Маса шайби 0,200 кг.
2. Яка потужність доцентрової сили 5 Н, прикладеної до частинки, що рухається по колу з швидкістю 1 м/с?

Варіант №3

1. Деяка сила, діючи на тіло масою 5 кг, зумовлює його рух згідно з рівнянням $x=20+150t+2t^2$. Яку роботу виконує сила на кінець 5 с? Якою енергією володіє тіло наприкінці 10 с?
2. Як зміниться максимальна швидкість трактора, якщо його потужність збільшити в n раз, а сила опору не змінюється?

Варіант №4

1. Знайти роботу, яка виконується при підніманні вантажу масою 50 кг по похилій площині з кутом нахилу $\alpha=30^0$ на відстань s=20 м, якщо час підйому t=20 с, а коефіцієнт тертя μ=0,10.
2. Яка сокира – легка чи важка – набуде в руках лісоруба більшої енергії для удару об колоду?

Варіант №5

1. Яку роботу виконують двигуни електропоїзда на шляху 100 м при розгоні з пришвидшенням 1,5 м/с^2 вгору по нахилу з кутом $\alpha=30^0$, якщо маса електропоїзда $1{,}2\cdot10^5$ кг, а коефіцієнт тертя 0,05?
2. Чому швидкість руху будь-якого автомобіля обмежена?

Варіант №6

1. Сталою силою піднімається вантаж масою 100 кг на висоту h =10 м за 5 с. Яку роботу виконує сила? Яка потужність розвивається при підніманні вантажу? Якою енергією володіє вантаж на висоті 10 м?
2. Чи може людина розвинути потужність, яка б перевищила середню потужність коня?

Варіант №7

1. Тіло масою 10 кг рухається прямолінійно по закону x=20+400t-0,2t^2. Яка робота виконується над тілом через 10 с після початку його руху? Якою енергією володіє це тіло на кінець 20 с?
2. Чи однакову роботу треба виконати, щоб підняти від підлоги до стелі кулю і куб, якщо вони мають однакову масу?

Варіант №8

1. Пружина пістолета стиснута на 0,5 см. Коефіцієнт жорсткості пружини $1{,}5\cdot10^2$ Н/м. З якою швидкістю буде випущена з пружинного пістолета куля масою 20 г? Якою енергією буде володіти випущена куля?
2. Як зміниться кінетична енергія тіла під дією сили 10 Н на шляху 10 м?

1.1.6.9. Пакет IX "Кінематика та динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок"

Варіант №1

1. Точка рухається вздовж осі X, координата x змінюється за законом: $x = \cos(2\pi/T)t$. Знайти: закон зміни проекції швидкості υ_x і пришвидшення a_x; шлях пройдений точкою за проміжок часу від $t = 0$ до $t = \mathrm{T}/8$; шлях пройдений точкою за проміжок часу від $t = \mathrm{T}/8$ до $t = \mathrm{T}/4$.
2. Кулька масою m=0,2 кг, яка прив'язана до закріпленої одним кінцем нитки довжиною l=3м, описує в горизонтальній площині коло радіусом R=1м. Визначити число обертів кульки за одну хвилину і силу натягу нитки.
3. В тіло масою m_1=900г, яке лежить на горизонтальній поверхні, потрапляє куля масою m_2=10г і застряє в ньому. Швидкість кулі направлена горизонтально і дорівнює υ = 700 м/с. Який шлях пройде тіло до зупинки, якщо коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею рівний 0,05?

4. Чотири однакові кульки масою по 20г кожна, розміщені на одній прямій на деякій відстані одна від одної. В крайню кульку ударяється така ж кулька, що має швидкість υ_0=10м/с і рухається вздовж прямої, на якій розміщені кульки. Вважаючи удари тіл абсолютно непружними, знайти кінетичну енергію системи після припинення ударів.
5. Чотири однорідних кульки масою 100г, 500г, 700г і 300г закріплені на невагомому стержні таким чином, що їх центри знаходяться на рівних відстанях 0,2м один від одного. На якій відстані від центра третьої кульки знаходиться центр мас системи?

Варіант №2

1. Компоненти швидкості частинки змінюється з часом за законами: $\upsilon_x = k\cos\omega t$, $\upsilon_y = k\sin\omega t$, υ_z=0, де k і ω – сталі. Знайти модулі швидкості і пришвидшення, а також кут між векторами швидкості і пришвидшення. Зробити висновок про характер руху.
2. Кулька масою M лежить в ящику, який ковзає без тертя з похилої площини, кут нахилу до горизонту якої рівний α. Визначити сили, з якими кулька тисне на передню стінку і на дно ящика.
3. З залізничної платформи масою $2m$, що рухається з швидкістю 9км/год, відбувається постріл з гармати. Снаряд масою 2,5кг вилітає з гармати з швидкістю 700м/с. Яка буде швидкість платформи безпосередньо після пострілу:
   а) якщо напрям руху платформи і пострілу співпадають;
   б) якщо ці напрями протилежні?
4. Дві абсолютно пружні кульки, маса яких 100г і 300г підвішені на однакових нитках довжиною 50 см. Першу кульку відхилили на кут 90° і відпустили. На яку висоту підніметься друга кулька після удару?
5. На якій відстані від дна знаходиться центр мас тонкостінного циліндра висотою 12см і діаметром 8см, якщо товщина дна в два рази більша від товщини стінок?

Варіант №3

1. З висоти h_1 = 10 м над землею без початкової швидкості починає падати камінь. Одночасно з висоти h_2 = 5 м вертикально вгору кидають інший камінь. З якою початковою швидкістю υ_0 кинуто другий камінь, якщо відомо, що камені зустрілися на висоті h = 1 м над землею?
2. На похилій площині знаходиться тіло масою 5 кг, на яке діє горизонтальна сила 30 Н. Визначити пришвидшення тіла і силу, з якою воно тисне на площину. Похила площина складає з горизонтом кут 30°. Коефіцієнт тертя 0,1.
3. Снаряд, який летить в горизонтальному напрямку з швидкістю 20 м/с, розірвався на дві частини. Маси осколків рівні m_1= 10 кг і m_2= 5 кг. Швидкість меншого осколка рівна υ_2 = 90 м/с і направлена так само, як і швидкість снаряда до розриву. Визначити швидкість υ_1 і напрям руху більшого осколка.
4. Відбувається удар двох абсолютно пружних кульок масами m_1 і m_2. Їх початкові швидкості υ_1 і υ_2. Знайти швидкості кульок після удару. Удар вважати центральним; швидкості кульок напрямлені вздовж лінії, що з'єднує їх центри.
5. Плоска однорідна фігура складається з півкруга радіуса R і прямокутника з основою рівною діаметру півкруга і висотою h. Яким повинно бути співвідношення h/R, щоб центр мас всієї фігури співпадав з геометричним центром півкруга.

Варіант №4

1. Тіло кинуто під кутом α_0 до горизонту з початковою швидкістю υ_0. Через які проміжки часу після кидання вектор швидкості тіла буде складати з горизонтом кути $\beta_1 = 45^\circ$ і $\beta_2 = 315^\circ$?
2. Два вантажі масами m = 100 г підвішені на кінцях нитки, перекинутої через нерухомий блок. На один з вантажів поклали тіло масою 50 г. З якою силою N буде діяти це

тіло на вантаж, на якому він лежить, коли вся система рухатиметься?

3. Ракета, маса якої разом з зарядом M = 250 г, рухається вертикально вгору і досягає висоти H = 150 м. Визначити швидкість витікання газів з ракети, вважаючи, що згоряння заряду відбувається миттєво. Маса заряду m = 50 г.
4. Тіло, набравши швидкості υ, виїжджає на похилу площину. На яку висоту воно підніметься по похилій площині, якщо кут нахилу похилої площини α і коефіцієнт тертя μ?
5. Два однорідні куби масою 300 г і 1,2 кг з довжинами ребер відповідно 0,08 м і 0,12 м з'єднані за допомогою однорідного стержня довжиною 0,1 м і масою 600 г. Кінці стержня прикріплені до середин граней кубів, а їх центри лежать на продовженні осі стержня. Визначити положення центра мас системи.

1.2. Другий змістовий модуль
"Сили у природі"

Основні форми контролю:
самостійні короткотривалі роботи (середній бал);
модульний екзамен (40-хвилинний письмовий колоквіум).

Максимальна кількість балів:
за кафедральною шкалою – 36;
за шкалою РДГУ – 17.

1.2.1. Перелік програмних питань

1. Сили тертя, їх види.
2. В'язке тертя. Формули Ньютона і Стокса.
3. Сухе тертя. Тертя спокою.
4. Тертя ковзання і кочення.
5. Значення сил тертя у природі та техніці.
6. Рух планет. Закони Кеплера.
7. Закон всесвітнього тяжіння.
8. Гравітаційна стала, її вимірювання.
9. Важка та інертна маси, їх еквівалентність.

10. Поле тяжіння, його характеристики.
11. Пружні властивості твердих тіл. Види пружних деформацій.
12. Модулі пружності, коефіцієнт Пуассона. Закон Гука.
13. Закон Гука для різних деформацій.
14. Пружність і пластичність. Межі пружності та міцності.
15. Неінерціальні системи відліку (НІСВ), їх види та особливості.
16. Сили інерції в неінерціальних системах відліку, що рухаються поступально.
17. Сили інерції в НІСВ, що обертаються. Відцентрова сила інерції.
18. Сила Коріоліса.
19. Прояв сил інерції на Землі. Маятник Фуко.
20. Ейнштейнівський принцип еквівалентності сил інерції силам тяжіння.
21. Постулати Ейнштейна. Системи відліку в спеціальній теорії відносності (СТВ).
22. Відносність одночасності.
23. Перетворення Лоренца.
24. Відносність довжини та інтервалів часу. Єдність простору і часу.
25. Релятивістський закон додавання швидкостей.
26. Релятивістський імпульс і другий закон Ньютона.
27. Взаємозв’язок маси і енергії. Закони збереження в СТВ.

1.2.2.Орієнтаційні запитання

1. Чому для виготовлення кам'яних знарядь люди користувалися кременем і обсидіаном, а не більш поширеними піщаниками?
2. Дві пружини мають однакові розміри (крок спіралі, довжину і діаметр). Перша виготовлена з дроту, радіус якого в три рази менший за радіус дроту, використаного у другій пружині. Порівняйте жорсткості пружин, вважаючи, що жорсткість прямопропорційна квадрату площі поперечного перерізу дротини.

3. Який графік (рис. 8) демонструє видовження: а) пружини з мідного дроту; б) смужки гуми?

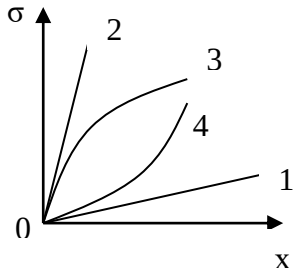


Рис. 8

4. Чи впливає на міцність балки форма її перерізу?
5. Як розподілені сили пружності і внутрішні напруги при однорідних деформаціях розтягу і стиску?
6. Намалюйте графік залежності пружної напруги від величини деформації. Зазначте область, де виконується закон Гука. Вкажіть область пластичної деформації. Як за графіком знайти величину залишкової деформації?
7. Що називають модулем Юнга і модулем зсуву? Якими одиницями вони вимірюються? Які тіла називаються абсолютно твердими і які значення E і N характерні для них?
8. Який механізм деформації (на прикладі розтягу) твердого тіла?
9. Який фізичний зміст коефіцієнта Пуассона?
10. До Галілея вважали, що чим масивніше тіло, тим швидше воно падає. Доведіть, логічно користуючись законом адитивності мас, що всі тіла, незалежно від їх маси, у безповітряному просторі падають однаково (повторіть міркування Галілея).
11. Закон всесвітнього тяжіння $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$ описує взаємодію двох матеріальних точок із масами m_1 і m_2. Як з його допомогою можна розрахувати силу взаємодії тіл скінчених розмірів?

12. Намалюйте силові лінії гравітаційного поля для точкової маси, для двох точкових мас.
13. Тіло вільно падає з пришвидшенням a в гравітаційному полі поблизу поверхні деякої планети. Чому рівна напруженість гравітаційного поля цієї планети поблизу її поверхні?
14. Чи існують тіла скінчених розмірів, які взаємодіють як точкові маси?
15. Чи можна запустити супутник, який нерухомо висів би над Землею? Якщо можна, то в якій площині повинна лежати його орбіта?
16. Дві планети обертаються навколо Сонця по колових орбітах із радіусами R_1 і R_2. Знайти відношення їх лінійних швидкостей і періодів обертання.
17. Тіло кинули вертикально вгору. Як змінюється вага тіла під час його руху? Опором повітря знехтувати.
18. У яких точках Землі напрямок пришвидшення вільного падіння проходить через центр Землі?
19. Як визначити масу Землі, знаючи гравітаційну сталу?
20. Як зміниться сила взаємодії між двома однаковими кульками, якщо їх помістити в рідину, густина якої рівна густині кульок? більша густини матеріалу кульок? менша густини кульок?
21. Чи інваріантні сили інерції при переході від ІСВ до НІСВ?
22. У чому фізичний зміст поняття "сила інерції"? Фіктивні чи реальні ці сили?
23. Чи підкоряються сили інерції законам Ньютона? При відповіді приведіть конкретні приклади.
24. Отримайте формули перетворення швидкостей і пришвидшень при переходах до систем відліку, що рухаються:

а) поступально з пришвидшенням ;

б) з постійною кутовою швидкістю $\vec{\omega}$.

25. Запишіть другий закон динаміки в інерціальній і неінерціальній системах відліку для таких випадків:

а) маятник укріплений на візку, що рухається прямолінійно з пришвидшенням $\vec{a}$;
б) маятник укріплений на диску, який обертається зі сталою кутовою швидкістю;
в) тіло, що знаходиться на диску, який обертається, рівномірно рухається по радіусу.

26. Чи співпадає пришвидшення вільного падіння тіл за величиною і напрямком із вектором $\gamma \frac{M\vec{R}_З}{R_з^3}$, який визначається за законом всесвітнього тяжіння?
27. Сформулюйте постулати, на яких базується принцип відносності Галілея.
28. Які умови покладаються в основу синхронізації годинників у класичній механіці?
29. Чи може бігун, який тримає у витягнутій руці дзеркальце, при швидкості майже рівній швидкості світла, бачити себе в дзеркалі?
30. У чому суть проблеми одночасності у релятивістській механіці?
31. Чи зберігається у релятивістській механіці поняття абсолютно твердого тіла?
32. У класичній фізиці з перетворень Галілея випливає інваріантність довжин відрізків і проміжків часу в різних системах відліку. Чи зберігається ця інваріантність у релятивістській фізиці?
33. Як вводиться в релятивістській динаміці поняття імпульсу і енергії тіла?
34. Чи інваріантний другий закон Ньютона, записаний у формі $\vec{F} = m\vec{a}$, відносно перетворень Лоренца?
35. Виведіть релятивістський закон додавання швидкостей.
36. Як маса рухомого тіла залежить від швидкості?
37. Сформулюйте закон збереження релятивістської маси й енергії.

1.2.3.Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену

Варіант №1

1. Закони Кеплера.
2. Який фізичний зміст модулів Юнга та зсуву?

Варіант №2

1. Закон всесвітнього тяжіння. Його запис у скалярній і векторній формах.
2. Сила в 1 Н розтягує пружину на 1 см. Яка сила потрібна для того, щоб розтягти на 1 см дві такі пружини, з'єднані: а) паралельно; б) послідовно?

Варіант №3

1. Гравітаційна стала та її вимірювання.
2. Вплив сили інерції на величину g.

Варіант №4

1. Рівномірнообертові НІСВ. Відцентрова сила інерції.
2. Як зміниться g, коли Землю стиснути по радіуса в n раз?

Варіант №5

1. Важка і інертна маси, їх еквівалентність.
2. Коефіцієнт тертя книжки об стіл становить 0,4. Під яким кутом до горизонту має бути прикладена сила до книжки, щоб вона не зрушила з місця при будь-якому модулі сили?

Варіант №6

1. Пружні і пластичні деформації. Абсолютна та відносна деформації. Види пружних деформацій.
2. Чи існує оптимальний кут прикладання сили до ящика для його переміщення по горизонтальній опорі, якщо коефіцієнт тертя μ?

Варіант №7

1. Закон Гука для деформацій однорідного одностороннього розтягу (стиску), зсуву, кручення. Коефіцієнт Пуассона.
2. Чи може сила тертя, прикладена до тіла, збільшувати його швидкість?

Варіант №8

1. Закон Гука для деформації всестороннього стиску.
2. Як було доведено експериментально, що Земля обертається навколо своєї осі?

Варіант №9

1. Потенціальна енергія деформації. Границі пружності і міцності матеріалу твердого тіла.
2. Коли кут нахилу становив 45°, аркуш паперу почав зсковзувати з похилої площини. Чому дорівнював коефіцієнт тертя спокою?

Варіант №10

1. Неінерціальні системи відліку. Сили інерції в НІСВ, що рухаються прямолінійно.
2. Яким буде пришвидшення вільного падіння, якщо за тих самих розмірів Землі її густина зменшиться в *n* раз?

Варіант №11

1. Сила Коріоліса. Її прояв в земних умовах.
2. На візку лежать мішки з вовною. Як зручніше привести візок в рух: прикладаючи силу до візка чи до мішків? Чому?

Варіант №12

1. Залежність пришвидшення g від широти.
2. За якою формулою можна обчислити загальну жорсткість кількох послідовно з'єднаних пружин, якщо їх жорсткості дорівнюють $k_1, k_2, ..., k_n$?

Варіант №13

1. Сила Коріоліса. Маятник Фуко.
2. Чому зменшення тиску в колесах всюдихода різко збільшує його прохідність по болоту?

Варіант №14

1. Сили тертя, їх види. Тертя спокою.
2. Як зміняться покази динамометра, якщо те саме тіло зважувати на Землі і Місяці?

Варіант №15

1. Механізм виникнення сил тертя.

2. Яка деформація – розтягу чи стиску – більш небезпечна для виробів з крихких матеріалів (скла, чавуну, цегли)?

Варіант №16

1. Сили взаємодії між молекулами твердих тіл, їх залежність від відстані між молекулами (графік). Причини видовження тіл при розтягу?
2. Чи лишиться у спокої тіло на поверхні Землі за повного зникнення сили тертя?

Варіант №17

1. Сухе тертя. Закони сухого тертя.
2. В яких місцях Землі найлегше встановити рекорд у стрибках і метанні на відстань?

Варіант №18

1. Сила тертя кочення. Причини тертя.
2. Чому пришвидшення g на дні глибоких шахт більше ніж на поверхні Землі?

Варіант №19

1. Роль сил тертя у природі і техніці.
2. Довга рейка падає вертикально, не зазнаючи опору повітря. Чи зміняться її розміри, чи однакові пришвидшення мають її кінці?

Варіант №20

1. Рідинне тертя, його особливості і причини.
2. Чому Земля сплюснута вздовж її осі обертання?

Варіант №21

1. Рух тіл у в’язкому середовищі. Швидкість руху.
2. Рівняння руху тіла (на основі другого закону Ньютона і врахування сил інерції) в НІСВ, що обертається.

Варіант №22

1. Рідинне тертя. Формули Ньютона і Стокса.
2. Чи змінюється діаметр дротини від її розтягу? Як визначити коефіцієнт (модуль) її стиску?

Варіант №23

1. Принцип еквівалентності сил тяжіння і інерції.

2. Нахил гори становить 45°, а коефіцієнт тертя ніг туриста дорівнює $\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$. Чи зможе турист пішки подолати таку гору?

Варіант №24

1. Сухе тертя. Закони сухого тертя. Механізм виникнення сил тертя.
2. Куди зміщуються незакріплені предмети при русі вагона з пришвидшенням?

Варіант №25

1. Постулати Ейнштейна. Перетворення Лоренца.
2. Механізм рідинного тертя.

Варіант №26

1. Відносність одночасності подій, довжин і інтервалів часу.
2. Механізм сухого тертя.

Варіант №27

1. Релятивістський імпульс. Другий закон Ньютона.
2. У скільки разів жорсткість *n*-ої частини пружини більша від жорсткості всієї пружини?

Варіант №28

1. Взаємозв'язок маси і енергії. Закони збереження в СТВ.
2. З поверхні Землі тіло кинули під кутом 30^0 до горизонту. Як буде направлена його швидкість у момент падіння? Опором повітря знехтувати.

1.2.4. Тестові завдання з теми "Закон всесвітнього тяжіння"

Завдання:

1. Як формулюється третій закон Кеплера?
2. Як формулюється перший закон Кеплера?
3. Дайте визначення напруженості гравітаційного поля.
4. Чому гравітаційні сили є потенціальними?

5. Як формулюється закон всесвітнього тяжіння? Який його математичний запис?
6. Яку силу називають силою тяжіння?
7. Яку силу називають вагою тіла?
8. Чому тіла на полюсах притягаються до Землі з більшою силою ніж на екваторі?
9. Чи правильне твердження: “Місяць рухається навколо центра Землі”?
10. Чи деформується Земля під дією притягання Місяця й Сонця і чи приводить це до якихось помітних проявів на поверхні Землі?
11. Чи можна важільними терезами користуватися на супутнику у стані невагомості?
12. Записати у векторній формі закон всесвітнього тяжіння.

Відповіді (одна правильна):

1. Сила, яка розтягує нитку, на якій підвішене тіло, називають силою тяжіння.
2. Так, Місяць рухається по еліптичній орбіті навколо центра Землі.
3. Так, якщо терези рухати прискорено відносно супутника.
4. Гравітаційні сили є потенціальними, бо робота цих сил на відрізку траєкторії рівна нулю.
5. Вагою тіла називають силу, з якою тіло розтягує нитку чи діє на підставку, які заважають його рухові до Землі. Вектор ваги прикладений до нитки чи підставки.
6. Сила, з якою тіло притягується до Землі, називається силою тяжіння. Вектор цієї сили прикладений до центра мас тіла.
7. Гравітаційні сили є потенціальними, бо робота цих сил не залежить від форми траєкторії, по якій відбувається переміщення тіла, а визначається лише початковим і кінцевим положенням тіла.
8. Місяць рухається навколо центра мас системи Земля-Місяць, який лежить від центра Землі на відстані кілька тисяч кілометрів.

9. Сили притягання Землі до Місяця і Сонця взаємо компенсуються – їх рівнодійна рівна нулю. Тому Земля не деформується.
10. Ні, не можна. Треба користуватися пружинними терезами.
11. Так як полярний радіус Землі менший на 1/300 від екваторіального радіуса, то за законом всесвітнього тяжіння сила притягання одного і того ж тіла на полюсах більша, ніж на екваторі.
12. Згідно першого закону Кеплера усі планети рухаються навколо Землі по колових орбітах.
13. Між двома матеріальними точками діють сили притягання, кожна з яких пропорційна добутку мас цих точок, і обернено пропорційна квадрату відстані між ними: $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$.
14. $\vec{F} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{R^2} \cdot \vec{R}$.
15. Куби періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як квадрати великих півосей їх орбіт: $\frac{T_1^3}{T_2^2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$.
16. Планети рухаються навколо Сонця по плоских еліптичних орбітах, в одному з фокусів яких знаходиться Сонце.
17. $\vec{F}_{12} = -\gamma \frac{m_1 m_2}{R_{12}^3} \cdot \vec{R}_{12}$.
18. Під дією сил притягання Місяця і Сонця, а також відцентрових сил, які виникають при обертанні Землі й Місяця, тверде тіло Землі деформується (добові вертикальні зміщення земної поверхні досягають 0,5 м). Ще більші зміщення поверхні океанів (припливи і відпливи).

19. Квадрати періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як куби великих півосей їх орбіт: $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$.
20. Напруженість гравітаційного поля рівна вазі тіла у даній точці поля: $\vec{G} = \vec{P}$.
21. Дві планети взаємодіють між собою з силами, які пропорційні їх масам і обернено пропорційні відстані між їх поверхнями: $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r}$.
22. Тіло, що знаходиться на полюсі є нерухомим. Тіло, що знаходиться на екваторі, обертається. Відцентрова сила інерції зменшує силу тяжіння.
23. Напруженість гравітаційного поля в даній точці чисельно дорівнює силі, з якою поле притягує матеріальну точку одиничної маси, яка поміщена в дану точку поля: $\vec{G} = \frac{\vec{F}}{m}$.
24. Сила, яка викликає у людини почуття важкості називається вагою.

1.2.5. Пакети завдань до самостійних аудиторних робіт

1.2.5.1. Пакет I “Закон всесвітнього тяжіння”

Варіант №1

1. Середня відстань супутника від Землі становить $h = 1700$ км. Визначити його швидкість та період обертання.
2. Час обертання Юпітера навколо Сонця в 12 раз більший за час обертання Землі. Яка відстань від Юпітера до Сонця, якщо відстань від Землі до Сонця становить $1{,}5 \cdot 10^{11}$ м. Орбіти вважати коловими.

Варіант №2

1. Визначити масу Сонця, знаючи період T обертання Землі навколо Сонця та радіус земної орбіти r.

2. Вважаючи орбіти Землі та Місяця наближено коловими, обчислити відношення мас Землі та Сонця. Відомо, що Місяць робить 13 обертів протягом року, а відстань від Сонця до Землі в 390 разів більша, ніж відстань від Місяця до Землі.

Варіант №3

1. На екваторі деякої планети тіла важать вдвоє менше, ніж на полюсі. Густина речовини планети $\rho = 3 \cdot 10^3$ кг/м^3. Визначити період обертання планети навколо своєї осі.
2. Визначити пришвидшення g сили тяжіння на висоті $h = 200$ км над Землею, прийнявши пришвидшення сили тяжіння на поверхні Землі $g_0 = 9{,}81$ м/с^2. Радіус Землі $R = 6370$ км.

Варіант №4

1. Визначити масу Землі, знаючи період обертання супутника навколо неї T_c та відстань між ними R_c.
2. Яке пришвидшення сили тяжіння на поверхні Сонця, якщо його радіус в 108 раз більший за радіус Землі, а густина Сонця відноситься до густини Землі як 1:3.

Варіант №5

1. Який період обертання має штучний супутник Землі, якщо він віддалений від поверхні Землі на відстань, що дорівнює радіусу Землі.
2. Знайти відношення ваги тіл на екваторі і полюсі планети, радіус якої R, маса M, а тривалість доби T.

Варіант №6

1. Визначити густину планети, протяжність доби на якій становить 24 години, якщо на її екваторі тіла невагомі.
2. Знайти зміну пришвидшення сили тяжіння при опусканні тіла під поверхню Землі на глибину h. На якій глибині пришвидшення сили тяжіння становить 0,3 від пришвидшення сили тяжіння на поверхні Землі? Густину Землі вважати незміною.

1.2.5.2. Пакет II “Сили у природі”

Варіант №1

1. Гумовий шнур розтягнули так, що його довжина збільшилась у 1,5 рази. Який діаметр розтягнутого шнура, якщо до цього він був 1 см, а коефіцієнт Пуассона для гуми рівний 0,5?
2. Чи залежить сила тертя цеглини об поверхню від того, якою гранню вона спирається на опору?

Варіант №2

1. Знайти відносне видовження мідного стержня, якщо при його розтягу виконується робота 0,12 Дж. Довжина стержня 2 м, площа поперечного перерізу 1 мм^2.
2. Поясніть суть відомої поради водіям: найефективнішим є гальмування із збереженням кочення коліс.

Варіант №3

1. На якій висоті пришвидшення сили тяжіння вдвічі менше його значення на поверхні Землі?
2. Чи можна натягнути дріт між стовпами точно горизонтально?

Варіант №4

1. Якого пришвидшення набуває Земля під дією сили притягання її Сонцем?
2. Тіло підвісили на пружині. Чи зміниться його положення при значному підвищенні температури?

Варіант №5

1. Похила площина має кут нахилу до горизонту $\varphi = 25^0$ і довжину 2 м. Тіло рухалося пришвидшено і зсунулося з похилої площини за $t = 2$ с. Знайти коефіцієнт тертя по площині.
2. На яких тілах Сонячної системи можливі гори більшої висоти, ніж на Землі?

Варіант №6

1. На горизонтальному диску лежить брусок на відстані 0,5 м від осі обертання. Диск обертається з частотою 0,5 с$^{-1}$. Яким повинен бути коефіцієнт тертя бруска по диску, щоб брусок залишився нерухомим?

2. Чому тіла на полюсах притягуються до Землі з більшою силою, ніж на екваторі?

1.2.5.3. Пакет III "Сили тертя"

Варіант №1

1. Мідна кулька падає в широку посудину з гліцерином. Знайти швидкість рівномірного руху кульки в гліцерині. Коефіцієнт динамічної в'язкості гліцерину η=0,01г/(смє), густина гліцерину ρ=1260кг/м^3, густина міді $\rho_1 = 8900$кг/м^3.
2. Іноді силою тертя називають причину "сповільнення руху тіл". Чи точне таке означення?

Варіант №2

1. Повітряна куля масою *M* опускається із сталою швидкістю. Яку масу баласту *m* треба викинути з неї, щоб вона почала підніматися з тією самою швидкістю? (піднімальну силу *F* вважати відомою і сталою).
2. Які шнурки на черевиках – бавовняні чи шовкові – більш схильні до саморозв'язування?

Варіант №3

1. Крижана гора утворює кут α із горизонтом. Уздовж неї пускають камінь знизу вгору, що проходить відстань l за час t і потім скочується вниз. Знайти час скочування t_1.
2. Навіщо смичок скрипки натирають каніфоллю?

Варіант №4

1. Похила площина нахилена до горизонту під кутом 30° і має довжину l = 2м. Тіло, яке рухається рівнопришвидшено, зісковзнуло з цієї площини за t = 2с. Знайти коефіцієнт тертя тіла по площині.
2. Чому не можна різко гальмувати автомобіль, рухаючись на повороті?

Варіант №5

1. Шайба запущена по льоду з початковою швидкістю υ_0 = 20м/с, зупинилась через t = 40с. Знайти коефіцієнт тертя шайби по льоду.

2. Чи може сила тертя, прикладена до тіла, збільшувати його швидкість?

Варіант №6

1. Під дією сталої сили тіло почало рухатись у горизонтальному напрямі і пройшло шлях S = 5м, набувши швидкості υ = 2м/с. Маса тіла m = 400г. Сила виконала роботу A = 8648Дж. Визначити коефіцієнт тертя μ.
2. З яким пришвидшенням треба бігти вниз по абсолютно гладенькому схилу, щоб наше тіло було перпендикулярним до нього і ми не могли впасти?

1.3. Третій змістовий модуль
“Механіка твердого тіла, рідин і газів”

Основні форми контролю:
самостійні короткотривалі роботи (середній бал);
двогодинна контрольна робота;
модульний екзамен (40-хвилинний письмовий колоквіум);
середній бал за лабораторний практикум.

Максимальна кількість балів:
за кафедральною шкалою – 48;
за шкалою РДГУ – 23.

1.3.1. Перелік програмних питань

1. Тверде тіло як система матеріальних точок. Абсолютно тверде тіло (АТТ). Поступальний і обертальний рухи АТТ.
2. Миттєві осі обертання. Ступені вільності і в’язі.
3. Обертання АТТ навколо нерухомої осі. Моменти сили та імпульсу АТТ відносно осі.
4. Момент інерції АТТ відносно осі. Розрахунок моменту інерції для тіл правильної геометричної форми. Теорема Штейнера.
5. Основне рівняння динаміки обертального руху АТТ.
6. Рівняння моментів для обертального руху АТТ.
7. Закон збереження моменту імпульсу АТТ, його наслідки.

8. Обертання твердого тіла навколо нерухомої точки. Вільні осі обертання.
9. Тиск у рідинах і газах.
10. Закони Паскаля та Архімеда. Умови плавання тіл.
11. Ідеальна рідина. Стаціонарна течія. Рівняння нерозривності струмини.
12. Рівняння Бернуллі.
13. Формула Торрічеллі.
14. Реакція витікаючої рідини.
15. Рух в'язких рідин.
16. Ламінарна і турбулентна течії рідин. Число Рейнольдса.

1.3.2.Орієнтаційні запитання

1. Визначити момент імпульсу матеріальної точки відносно центра О, якщо вона:
   а) здійснює рух по колу з постійною швидкістю υ;
   б) рухається прямолінійно і рівномірно з швидкістю υ.
2. Дві матеріальні точки взаємодіють з силою $\vec{F}$ згідно III закону Ньютона. Знайти повний момент сил відносно деякого центра О.
3. Невелике тіло масою *m* підвішене на нитці і рівномірно обертається в горизонтальній площині по колу радіуса *R*. Як буде направлений вектор моменту імпульсу тіла $\vec{L}$, розрахований відносно точки підвісу в різні моменти часу?
4. На тіло, що може обертатися навколо нерухомої осі Z, діють сили $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ (рис.9). Визначити їх головний момент відносно осі Z.
5. Чи можна вважати абсолютно твердою кулю, виготовлену з гнучких стержнів, скріплених у двох точках? Опишіть уявний

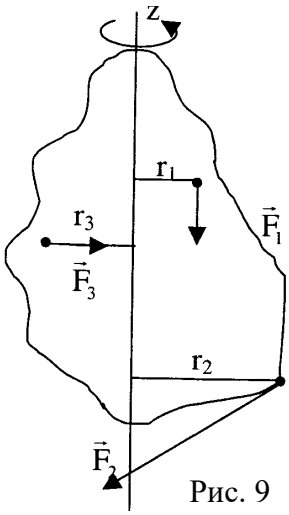


Рис. 9

експеримент, що підтверджує Вашу відповідь. Чому дорівнює робота внутрішніх сил при русі абсолютно твердого тіла?

6. Два циліндри, суцільний і пустотілий, однакової маси і радіуса, обертаються навколо осі, що співпадає з віссю симетрії, з кутовою швидкістю ω. Як необхідно прикласти сили, щоб циліндри зупинилися? Який циліндр зупинити важче?
7. Циліндр масою m і радіуса R обертається навколо осі, яка співпадає з віссю симетрії, з кутовою швидкістю ω. Чому рівний його імпульс? Чому рівна його кінетична енергія? Як зміниться його кінетична енергія, якщо центр мас циліндра, що обертається, почне рухатися з постійною швидкістю υ?
8. Дві кулі ($R_1 >> R_2$) скочуються з похилої площини. Чи можна використати модель матеріальної точки для руху якоїсь із цих куль?
9. Фігурист виконує фігуру - обертається навколо своєї осі. Як зміниться його кутова швидкість, якщо він переведе руки з положення "в бік" у положення "донизу"? Чи зміниться його кінетична енергія?
10. На диск діє пара сил (рис. 10). Доведіть, що момент пари сил, що діють на тіло, не залежить від того, де знаходиться вісь обертання. Розгляньте випадки, коли вісь проходить через точки A, B, C.

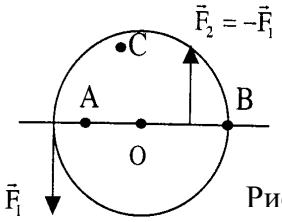


Рис. 10

11. Деякий об'єм реальної рідини зазнає всебічного стиску. Чи міняється при цьому густина рідини? Які основні наближення приймаються при розгляді моделі ідеальної рідини?
12. Які загальні властивості рідин і газів дозволяють використовувати єдині закони для опису їх поведінки?

13. Яка природа нормальних і дотичних сил, які виникають у рідині (газі)?
14. Тіло повністю занурене в рідину. Як розрізняються величини тиску, який діє на бічну, нижню і верхню поверхні тіла, якщо дією сили тяжіння можна знехтувати?
15. Тіло занурене в рідину. Яка природа сили Архімеда, що діє на тіло? Яку точку тіла можна вважати за точку прикладання сили Архімеда? При яких умовах сила Архімеда не діє на тіло?
16. Який фізичний зміст поняття "трубка течії"? Коли доцільно використовувати це поняття?
17. Поясніть фізичну суть рівняння Бернуллі з динамічної точки зору. Чому при зміні перерізу трубки тиск рухомої рідини змінюється?
18. У горизонтальній трубці постійного перерізу тече ідеальна (реальна) рідина. Намалюйте для цих двох випадків графіки залежності тиску від координат точки на осі труби і обґрунтуйте їх.
19. Опишіть для попереднього випадку розподіл швидкостей частинок рідини в одному із перерізів труби.

1.3.3. Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену

Варіант №1

1. Рівняння нерозривності струмини.
2. Момент імпульсу і момент інерції твердого тіла відносно нерухомої осі.

Варіант №2

1. Реакція витікаючої струмини.
2. Пари сил. Момент пари сил.

Варіант №3

1. Момент інерції відносно осі, фізичний зміст. Теорема Штейнера.
2. Формула Торрічеллі.

Варіант №4

1. Рух в’язкої рідини. Швидкість руху.

2. Поступальний і обертальний рухи твердого тіла. Момент сили відносно нерухомої осі.

Варіант №5

1. Закон збереження моменту імпульсу твердого тіла, приклади його прояву.
2. Число Рейнольдса. Турбулентна течія.

Варіант №6

1. Рівняння Бернуллі.
2. Поняття про миттєві осі обертання тіла. Ступені вільності і в'язі.

Варіант №7

1. Основний закон динаміки обертального руху.
2. Теорема про нерозривність струмини.

Варіант №8

1. Течія ідеальних рідин. Потік, лінії течії, трубка течії, струмина.
2. Рівняння моментів для твердого тіла, що обертається навколо нерухомої осі.

Варіант №9

1. Швидкість реальних рідин, її розподіл по перерізу трубки течії.
2. Момент інерції твердого тіла відносно осі. Фізичний зміст. Теорема Штейнера.

Варіант №10

1. Формула Пуазейля.
2. Поступальний і обертальний рухи твердого тіла. Миттєві осі обертання.

Варіант №11

1. Ламінарна і турбулентна течії. Число Рейнольдса.
2. Пара сил. Момент пари сил.

Варіант №12

1. Реакція витікаючої струмини рідини.
2. Моменти сили, імпульсу та інерції твердого тіла відносно нерухомої осі. Напрям векторів $\vec{L}$ і $\vec{M}$.

Варіант №13

1. Обертання твердого тіла навколо нерухомої осі. Момент сили відносно осі.
2. Формула Торрічеллі.

Варіант №14

1. Тиск в нерухомих рідинах і газах. Закони Архімеда і Паскаля.
2. Тверде тіло як система матеріальних точок. Поступальний і обертальний рухи твердого тіла. Ступені вільності і в'язі.

Варіант №15

1. Тверде тіло як система матеріальних точок. Поступальний і обертальний рухи твердого тіла. Ступені вільності і в'язі.
2. Теорема про нерозривність струмини.

Варіант №16

1. Рівняння Бернуллі, його наслідки (явище кавітації, повний і гідростатичний тиски).
2. Теорема Штейнера.

Варіант №17

1. Основний закон динаміки обертального руху.
2. Число Рейнольдса. Ламінарна і турбулентна течії.

Варіант №18

1. Вимірювання статистичного, повного і динамічного тисків.
2. Пара сил. Момент пари.

Варіант №19

1. Основний закон динаміки обертального руху.
2. Течія в'язких рідин. Швидкість течії.

Варіант №20

1. Закони Архімеда і Паскаля. Умови плавання тіл.
2. Момент сили, його величина і напрямок (відносно нерухомої осі).

Варіант №21

1. Вимірювання тиску (статистичного, повного і динамічного). Фізичний зміст динамічного і гідравлічного тисків.
2. Рівняння нерозривності струмини.

Варіант №22

1. Рівняння моментів. Закон збереження моменту імпульсу і приклади його прояву.
2. Формула Торрічеллі.

Варіант №23

1. Рівняння Бернуллі.
2. Момент інерції твердого тіла відносно осі обертання. Приклади визначення моменту інерції для тіл правильної геометричної форми.

Варіант №24

1. Поняття про тверде тіло. Поступальний і обертальний рухи твердого тіла. Миттєві осі обертання.
2. Рух в'язких рідин. Формула Пуазейля.

Варіант №25

1. Реакція витікаючої струмини.
2. Пара сил. Момент пари.

1.3.4. Пакет завдань до контрольної роботи "Динаміка обертального руху твердого тіла"

1.3.4.1. Пакет I

Варіант №1

1. Вал масою m = 100 кг і радіусом R = 5 см обертається з частотою n = 8 $с^{-1}$. Коли до циліндричної поверхні вала притиснули з силою F = 40 Н гальмівну колодку, то вал зупинився через час t = 10 с. Знайти коефіцієнт тертя.
2. Маховик має момент інерції I = 40 кг·м^2. Під дією моменту сили M = 20 Н·м маховик почав рівнопришвидшено обертатися протягом часу t = 10 с. Визначити набуту маховиком кінетичну енергію.

Варіант №2

1. Через нерухомий блок, маса якого рівномірно розподілена по ободу, перекинуто шнур, до кінців якого прив'язані вантажі масами m_1 = 0,3 кг і m_2 = 0,5 кг. Визначити натяги T_1 і T_2 шнура по обидва боки блока. Маса блока m = 0,2кг.

2. Людина стоїть на лаві Жуковського і тримає в руках стержень, який розміщений вертикально вздовж осі обертання лави. Стержень є віссю колеса, яке укріплене на його верхньому кінці. Лава нерухома, колесо обертається з частотою n = 10 $с^{-1}$. З якою кутовою швидкістю ω_2 буде обертатися лава, якщо людина поверне стержень на кут $\varphi = 180^0$? Сумарний момент інерції людини і лави I = 6 кг·м^2, радіус колеса R = 20 см. Масу колеса m = 3 кг вважати рівномірно розподіленою по ободу.

Варіант №3

1. Тонкий стержень довжиною l = 50 см і масою m = 400 г обертається навколо осі, що проходить перпендикулярно через середину стержня, з кутовим пришвидшенням ε = 3 $с^{-2}$. Знайти обертовий момент стержня.
2. На краю платформи-диска, який може обертатися навколо вертикальної осі, знаходиться людина. На який кут повернеться диск, якщо людина, обійшовши вздовж краю диска, повернеться у початкове положення? Момент інерції людини розраховувати як для матеріальної точки. Маса диска M = 240 кг, маса людини m = 60 кг.

Варіант №4

1. На горизонтальну вісь насаджений маховик із легким шківом радіусом R = 5 см. На шків намотаний шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою m = 0,4 кг. Вантаж опускається рівнопришвидшено і за час t = 3 с долає відстань s = 1,8 м. Знайти момент інерції маховика. Масою шківа знехтувати.
2. Платформа-диск радіусом R = 1 м обертається за інерцією з частотою n_1 = 6 $с^{-1}$. На краю диска стоїть людина масою m = 80 кг. З якою частотою n_2 буде обертатися платформа, якщо людина зміститься в її центр? Момент інерції платформи I = 120 кг·м^2. Момент інерції людини розраховувати як для матеріальної точки.

Варіант №5

1. По похилій площині з кутом нахилу до горизонту $\alpha = 30^0$ котиться без ковзання суцільний циліндр радіусом

$R = 10$ мм і масою $m = 300$ г. Знайти силу тертя, яка виникає при коченні циліндра по площині.

2. На краю горизонтальної платформи-диска масою $M = 200$ кг і радіусом $R = 2$ м стоїть людина масою $m = 80$ кг. Платформа може обертатися практично без тертя навколо вертикальної осі, яка проходить через її центр. З якою кутовою швидкістю ω буде обертатися платформа, якщо людина буде йти вздовж її краю з швидкістю $\upsilon = 2$ м/с відносно платформи.

Варіант №6

1. Вал масою 100 кг і радіусом $R = 10$ см обертається з частотою $n = 16$ с$^{-1}$. Коли до циліндричної поверхні вала притиснули з силою $F = 60$ А гальмівну колодку, то вал зупинився через час $t = 18$ с. Знайти коефіцієнт тертя і гальмівний момент.
2. На лаві Жуковського стоїть людина і тримає в руках по осі обертання лави стержень. Лава з людиною обертається з кутовою швидкістю $\omega_1 = 1$ с $^{-1}$. З якою частотою буде обертатися лава з людиною, коли вона поверне стержень в горизонтальне положення? Сумарний момент інерції лави і людини $I = 12$ кг·м^2. Довжина стержня $l = 2{,}4$ м, а його маса $m = 8$ кг.

Варіант №7

1. Однорідний циліндр маси M і радіуса R обертається без тертя навколо горизонтальної осі під дією вантажу m, прикріпленого до легкої нитки, намотаної на циліндр. Знайти кут φ повороту циліндра залежно від часу.
2. На краю горизонтального диска, що вільно обертається і має радіус R, момент інерції I, стоїть людина масою m. Диск здійснює n об/хв. Як зміниться кутова швидкість диска, якщо людина прийде від краю диска до центра? Як зміниться енергія системи при цьому?

Варіант №8

1. Знайти пришвидшення вантажів на машині, зображеній на рис.11, і натяг нитки, враховуючи момент інерції I блока, що обертається, якщо нитка не ковзає по блоку.

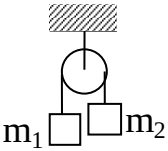


Рис.11

2. Знайти момент імпульсу і момент інерції Землі відносно її полярної осі. Радіус Землі 6370 км, а густина – 5,5 г/см^3.

Варіант №9

1. На східчастий циліндричний блок намотано у протилежних напрямках дві легкі нитки, навантажені масами m_1 і m_2. Знайти кутове пришвидшення блока і натяги T_1 і T_2 ниток, якщо момент інерції блока I (рис.12).

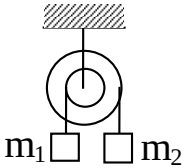


Рис.12

2. На нерухомому однорідному горизонтальному диску маси M і радіуса R стоїть людина масою m. Диск може обертатися без тертя навколо вертикальної осі, що проходить через його центр. З якою швидкістю ω обертається диск, коли людина йде по колу радіуса r зі швидкістю υ відносно диска?

1.3.4.2. Пакет II

Варіант №1

1. На горизонтальному столі лежать два бруски, які можуть ковзати по ньому без тертя. Бруски зв'язані між собою невагомою і нерозтяжною ниткою. Така ж нитка перекинута через блок і пов'язує другий брусок з вантажем масою m = 0,5 кг. Блок виготовлено у вигляді суцільного циліндра. Маси брусків і блока однакові $m_1 = m_2 = M$ = 1 кг. Вважаючи, що блок обертається без тертя, а нитка не ковзає по блоку, знайти пришвидшення брусків, натяг

нитки між брусками, натяг нитки між другим бруском і блоком, між блоком і вантажем.

2. Знайти момент інерції кулі відносно осі, яка співпадає з дотичною до її поверхні. Радіус кулі 0,1 м, а маса 5 кг.

Варіант №2

1. Маховик, маса якого m = 5 кг, рівномірно розподілена по ободу радіуса r = 20 см, вільно обертається навколо горизонтальної осі, що проходить через його центр з частотою n = 720 об/хв. При гальмуванні маховик зупиняється через проміжок часу Δt = 20 с. Знайти гальмівний момент і число обертів, яке здійснить маховик до повної зупинки.
2. Чому дорівнює момент інерції тонкого стержня довжиною 0,5 м і масою 0,2 кг відносно осі, перпендикулярної до його довжини і яка проходить через точку стержня, яка знаходиться на відстані 0,15 м від одного з його кінців?

Варіант №3

1. На краю горизонтального диска, що вільно обертається і має радіус R = 1,5 м, масу 100 кг, стоїть людина масою 70 кг. Диск робить 3 об/хв. Як зміниться кутова швидкість диска, якщо людина перейде від його краю до центра? Як зміниться енергія системи при цьому?
2. На барабан радіусом R = 10 см намотана нитка, до кінця якої прив'язаний вантаж масою 0,5 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо вантаж опускається з пришвидшенням a = 1 м/с^2.

Варіант №4

1. На лаві Жуковського сидить людина і тримає на витягнутих руках гирі по 10 кг кожна на відстані від осі обертання l_1 = 50 см (кожна). Лава обертається з частотою n_1 = 1 об/с. Як зміниться частота обертання лави і яку роботу виконає людина, якщо вона опустить руки так, що відстань від кожної гирі до осі зменшиться до l_2 = 20 см? Сумарний момент інерції лави та людини відносно осі обертання, яка проходить через центр мас людини та лави, складає I_0 = 2,5 кгм^2.

2. Знайти момент інерції Землі відносно осі обертання як кулі радіуса R = 6,4 Мм і масою $6 \cdot 10^{24}$ кг.

Варіант №5

1. З колодязя з допомогою корби піднімалось відро з водою масою m = 10 кг. В момент, коли відро знаходилося від поверхні води на висоті h = 5 м, корба звільнилась і відро почало рухатися донизу. Знайти лінійну швидкість корби в момент удару відра по воді, якщо радіус корби R = 30 см, радіус коловорота r = 10 см, його маса m_1 = 20 кг. Тертям і масою линки, на якій закріплене відро, знехтувати.
2. Обчислити кінетичну енергію диска масою 2 кг, який без ковзання котиться по горизонтальній поверхні з відносною швидкістю 2 м/с.

1.3.5. Пакет завдань для самостійних аудиторних робіт

1.3.5.1. Пакет I "Динаміка обертального руху твердого тіла"

Варіант №1

Сфера масою m = 10г і R = 0,2м обертається навколо нерухомої осі, що проходить через її центр мас. Обертальний рух сфери описується рівнянням $\varphi = At^3 + Bt^2 + C$. При цьому A = 1 рад/с^3, B = 4 рад/с^2, C = 5 рад. За якими законом змінюється момент сили відносно осі обертання, що діє на поверхню сфери і приводить її в рух? Знайти момент сили M в момент часу t = 2 с.

Варіант №2

Через блок, який може обертатись навколо горизонтальної нерухомої осі, перекинуто нитку і до її кінців прикріплено тягарці масами m_1 = 300 г і m_2 = 200 г. Маса блока m_0 = 300 г. Вважаючи блок однорідним диском, визначити лінійне пришвидшення, з яким рухається система. Нитку вважати нерозтяжною і невагомою. Тертям у блоці знехтувати.

Варіант №3

На шків маятника Обербека намотана нитка, до якої підвішено тягарець $M = 1$ кг. Тягарець опускається з висоти $h = 1$ м. Радіус шківа $r = 3$ см. На хрестовині закріплено чотири тягарці масою $m = 250$ г кожний на відстанях від осі $R = 30$ см. Маса кожного стержня $m_1 = 0{,}12$ кг, довжина $l = 0{,}04$ м. Знайти кутове пришвидшення маятника та пришвидшення, з яким опускається тягарець.

Варіант №4

Маховик масою $m = 1{,}0$ кг закріплений на шківі радіуса $r = 5{,}0$ см і масою $m_2 = 200$ г. Ця система приводиться у рух за допомогою тягарця масою $m_3 = 500$ г, що прив'язаний до одного з кінців мотузки, яка намотана на шків. Визначити частоту обертання маховика через $t = 21$ с. Вважати, що вся маса маховика розподілена по його ободу на відстані $R = 40$ см від осі обертання.

Варіант №5

Куля масою $m = 50$ г, діаметр якої 4 см, котиться прямолінійно по горизонтальній площині без ковзання. Кутова частота обертання кулі 1,0 об/с. На своєму шляху куля зустрічає перешкоду і непружно відбивається від неї. Коефіцієнт відновлення 0,5. Знайти, яка частина кінетичної енергії кулі перетворилась у теплоту.

Варіант №6

Велосипедист, маса якого разом з велосипедом $m_1 = 80$ кг, їде рівномірно по прямій дорозі з швидкістю 18 км/год. Маса кожного колеса велосипеда $m_2 = m_3 = 5$ кг. Колеса обертаються з кутовою частотою $\omega = 1{,}6$ с$^{-1}$. Визначити кінетичну енергію системи. Колеса вважати тонкими кільцями радіуса $R = 0{,}5$ м.

Варіант №7

Платформа у вигляді суцільного диска радіуса 1 м і масою 240 кг, обертається за інерцією з кутовою частотою $n_1 = 6$ хв$^{-1}$. На краю платформи стоїть людина, маса якої 80 кг. З якою кутовою частотою n_2 обертатиметься

платформа, якщо людина прийде в її центр? Людину вважати точковою масою.

1.3.5.2. Пакет II "Динаміка обертального руху твердого тіла. Закон збереження моменту імпульсу"

Варіант №1

1. Маховик у вигляді диска масою m = 50 кг і радіусом r = 0,2 м був розкручений до частоти обертання n_0 = 480 об/хв і залишений сам на сам. Під дією тертя маховик зупинився. Знайти момент сил тертя, вважаючи його постійним коли:
   а) маховик зупинився через t = 50 с;
   б) маховик до повної зупинки здійснив N = 200 обертів.
2. Платформа-диск може обертатися навколо вертикальної осі без тертя. На який кут повернеться платформа, коли людина буде йти по краю платформи і обійде її? Маса платформи M = 240 кг, маса людини m = 60 кг. Момент інерції людини розраховувати як для матеріальної точки.

Варіант №2

1. Маховик радіусом r=0,5 м і масою M = 240 кг обертається за законом $\varphi = 2 + 32t - 4t^2$. Знайти середню потужність, яка розвивається діючими на маховик силами до його зупинки. Маса маховика рівномірно розподілена по його ободу. Маховик зупинився через 5 с.
2. Платформа-диск радіусом R = 1 м обертається по інерції з частотою n_1 = 6 хв$^{-1}$. В центрі платформи знаходиться людина масою m = 80 кг. З якою частотою n_2 буде обертатися платформа, коли людина відійде на відстань 0,7 м від осі обертання платформи. Людину вважати за матеріальну точку. Маса платформи 240 кг.

Варіант №3

1. Циліндричний вал масою m_1 = 10 кг насаджений на горизонтальну вісь. До мотузки, що намотана на вал, підвішений вантаж масою m_2 = 2 кг. З яким пришвидшенням буде опускатися вантаж, якщо його залишити вільним?

2. Куля масою m = 100 г прив'язана до мотузки довжиною l_1 = 1 м і здійснює обертання з частотою n_1 = 1 об/с на поверхні столу. Мотузку вкорочують до довжини l_2 = 0,5 м, наближаючи кульку до осі обертання. З якою кутовою швидкістю ω_2 буде обертатися при цьому куля? Яку роботу виконає зовнішня сила при скороченні довжини мотузки? Тертям знехтувати.

Варіант №4

1. Маховик у вигляді диска масою m = 80 кг і радіусом R = 30 см знаходиться в стані спокою. Яку роботу необхідно виконати, щоб забезпечити маховику кутову швидкість, яка відповідає 10 об/с? Яку роботу треба було б виконати при тій же масі маховика, якби він мав меншу товщину, але вдвічі більший радіус?
2. По краю платформи-диска радіуса R = 2 м йде людина з швидкістю 2 м/с. Платформа обертається з частотою 0,445 $с^{-1}$. З якою частотою буде обертатися платформа, коли людина зупиниться? Напрями руху платформи і людини протилежні. Платформа має масу M = 200 кг, людини – m = 80 кг.

1.3.5.3. Пакет III "Механіка рідин і газів"

Варіант №1

1. Знайти швидкість течії вуглекислого газу по трубці, якщо відомо, що за 30 хв через поперечний переріз труби протікає 0,51 кг газу. Густина газу рівна 7,5 кг/$м^3$. Діаметр трубки 2 см.

Варіант №2

1. У посудині на глибині h_1 = 40 см над її дном є невеликий отвір. Яка швидкість витікання води в момент, коли висота її рівня відносно дна дорівнює h_2 = 50 см.

Варіант №3

1. Якої найбільшої швидкості може досягнути дощова крапля діаметром d = 0,3 мм, якщо динамічна в'язкість повітря рівна $1{,}2 \cdot 10^{-4}$ г/(см·с)?

Варіант №4

1. Коркова кулька радіусом 5 мм спливає в посудині, яка заповнена касторовою оливою. Чому рівна динамічна і кінематична в'язкість касторової оливи в умовах досліду, якщо кулька спливає з постійною швидкістю 3,5 см/с?

Варіант №5

1. Сталева кулька падає у посудині, заповненій трансформаторною оливою, густина якої ρ = 900 кг/м^3 і динамічна в'язкість η = 0,8 Н·с/м^2. Рахуючи, що закон Стокса виконується при $\mathrm{Re} \le 0{,}5$, знайти діаметр кульки.

1.4. Четвертий змістовий модуль *"Коливання і хвилі. Акустика"*

Основні форми контролю:
самостійні короткотривалі роботи (середній бал);
модульний екзамен (40-хвилинний письмовий колоквіум);
підсумковий середній бал за лабораторний практикум.

Максимальна кількість балів:
за кафедральною шкалою – 36;
за шкалою РДГУ – 17.

1.4.1. Перелік програмних питань

1. Рух під дією пружних і квазіупружних сил.
2. Власні коливання. Період і частота коливань.
3. Енергія точки, що коливається.
4. Згасаючі коливання. Коефіцієнт згасання, логарифмічний декремент, добротність, їх зв'язок з параметрами системи.
5. Вимушені коливання. Диференціальне рівняння вимушених коливань матеріальної точки.
6. Явище резонансу.
7. Поширення коливань в однорідному середовищі.
8. Рівняння плоскої біжучої хвилі.
9. Зміщення, швидкість і пришвидшення у біжучій хвилі.
10. Інтерференція хвиль.

11. Стоячі хвилі, їх особливості. Рівняння стоячої хвилі, його аналіз.
12. Зміщення, швидкість і пришвидшення у стоячій хвилі.
13. Природа звуку. Джерела і приймачі звуку.
14. Явище Доплера.
15. Об'єктивні і суб'єктивні характеристики звуку.
16. Ультра- та інфразвуки.

1.4.2. Орієнтаційні запитання

1. Подайте графіки зміщення, швидкості і пришвидшення для гармонічних коливань точки.
2. Розгляньте якісні особливості таких коливальних систем: а) тіло на пружині; б) математичний маятник у в'язкому середовищі; в) гілки на деревах; г) людина на гойдалці; д) маятник у годиннику. У чому подібність і яка різниця в коливальних процесах зазначених систем?
3. Що називають квазіпружною силою? Приведіть приклади квазіпружних сил.
4. Запишіть рівняння руху тіла, що здійснює вільні коливання у в'язкому середовищі. Від чого залежить амплітуда і фаза коливань? При яких умовах коливальний рух тіла при виведенні його з рівноваги не виникає?
5. Запишіть рівняння руху тіла у випадку вимушених коливань. Отримайте його приблизний розв'язок для випадків: а) $\omega \to 0$; б) $\omega = \omega_0$; в) $\omega \to \infty$. Як змінюються амплітуда і зсув фази між зміщенням і вимушуючою силою при збільшенні частоти?
6. Запишіть повний розв'язок диференціального рівняння руху тіла при вимушених коливаннях. Через який час руху можна вважати коливання як такі, що встановилися? Від яких параметрів системи залежить цей час? Чому?
7. При яких умовах робота змушуючої сили максимальна?
8. Як змінюється кінетична і потенціальна енергія тіла при його вільних і вимушених коливаннях?
9. В якому середовищі можуть поширюватися механічні хвилі?

10. Які хвилі (поперечні чи поздовжні) збуджуються в газоподібному, рідкому і твердому середовищі? Чому?
11. У деякій точці А одномірного пружного середовища збуджуються коливання за законом $f_A = f_0 \cos\omega t$. Напишіть рівняння коливань $f(t)$ для точки, що знаходиться на відстані x від точки А.
12. Збудження хвилі в пружному середовищі здійснюється:
    а)точковим вібратором у повітрі;
    б)великою пластиною (плоскою) на поверхні рідини;
    в)точковим вібратором на поверхні рідини.

Як відрізняються залежності $f(x,t)$ для цих випадків? Врахуйте можливі згасання хвиль у середовищі.

13. Намалюйте графіки залежності зміщення, швидкості і пришвидшення коливальної точки від її координати x для двох моментів часу, які відрізняються на $\Delta t = \frac{T}{4}$. На графіку $f(x)$ вкажіть стрілками напрямки руху окремих точок середовища. В яких точках у зазначені моменти часу розвиваються найбільші сили пружності?
14. У пружному середовищі поширюються у взаємно-перпендикулярних напрямках дві плоскі хвилі однакової частоти. Чому дорівнює результуюче зміщення точки у випадку поздовжніх і поперечних хвиль? При яких умовах спостерігається явище інтерференції?
15. Чи можна, спостерігаючи за рухом однієї точки середовища, визначити яка хвиля наявна в середовищі - біжуча чи стояча?
16. Плоска хвиля переходить з одного середовища в інше однорідне середовище. Що відбувається з хвилею на межі розділу середовища?
17. Чи може звук сильного вибуху на Місяці бути почутим на Землі?
18. Чи може снаряд, випущений з гармати, випередити звук пострілу?

1.4.3. Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену

Варіант №1

1. Коливальний рух. Гармонічні коливання. Кінематичні характеристики коливальних рухів матеріальної точки.
2. Фізичний зміст коефіцієнта згасання.

Варіант №2

1. Зв'язок коливального і обертального рухів матеріальної точки. Рівняння гармонічних коливань, його графічне відображення.
2. Об'єктивні характеристики звуку.

Варіант №3

1. Додавання коливань одного напрямку.
2. Поширення коливань в однорідному середовищі. Хвилі.

Варіант №4

1. Рух під дією пружних і квазіупружних сил.
2. Звук. Суб'єктивні характеристики звуку.

Варіант №5

1. Математичний маятник. Рівняння руху. Період коливань.
2. Зміщення, швидкість і пришвидшення у біжучій хвилі.

Варіант №6

1. Фізичний маятник. Рівняння руху. Період коливань.
2. Швидкість поширення звуку.

Варіант №7

1. Пружинний маятник. Рівняння руху. Період і частота коливань.
2. Суб'єктивні і об'єктивні характеристики звуку.

Варіант №8

1. Явище Доплера.
2. Згасаючі коливання. Диференціальне рівняння згасаючих коливань, його розв'язок. Амплітуда, період і частота згасаючих коливань.

Варіант №9

1. Вимушені коливання.
2. Поширення коливань в пружному середовищі. Хвилі.

Варіант №10

1. Енергія коливального тіла.
2. Фізичний зміст коефіцієнта згасання і логарифмічного декремента згасання.

Варіант №11

1. Швидкість поширення хвиль.
2. Явище інтерференції хвиль.

Варіант №12

1. Енергія коливального тіла.
2. Вимушені коливання, диференціальне рівняння вимушених коливань.

Варіант №13

1. Стоячі хвилі.
2. Об’єктивні характеристики звуку.

Варіант №14

1. Згасаючі коливання. Диференціальне рівняння згасаючих коливань, його розв’язок.
2. Зміщення і швидкість частинок у стоячій хвилі.

Варіант №15

1. Вимушені коливання точки. Амплітуда коливань. Зсув по фазі між вимушуючою силою, швидкістю і зміщенням.
2. Ефект Доплера в акустиці.

Варіант №16

1. Коефіцієнт згасання, логарифмічний декремент, добротність, їх зв’язок з параметрами коливальної системи.
2. Швидкість поперечних і поздовжніх хвиль.

Варіант №17

1. Енергія хвилі.
2. Коливальний рух. Гармонічні коливання матеріальної точки.

Варіант №18

1. Рівняння плоскої біжучої хвилі.
2. Амплітуда, період і частота гармонічних коливань.

Варіант №19

1. Стоячі хвилі. Зміщення, швидкість і пришвидшення у стоячій хвилі.
2. Природа звуку. Джерела і приймачі звуку.

Варіант №20

1. Згасаючі коливання точки. Диференціальне рівняння згасаючих коливань. Амплітуда, частота і період цих коливань.
2. Рівняння плоскої біжучої хвилі.

Варіант №21

1. Фізичний маятник. Вивести формулу для періоду коливань фізичного маятника.
2. Стоячі хвилі. Графік, рівняння.

Варіант №22

1. Поперечні і поздовжні хвилі. Фронт хвилі. Рівняння плоскої гармонічної хвилі.
2. Зв'язок коливального і обертального рухів.

Варіант №23

1. Швидкість поширення хвиль у середовищі.
2. Додавання взаємоперпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.

Варіант №24

1. Стоячі хвилі. Рівняння стоячих хвиль. Амплітуда стоячих хвиль. Довжина стоячої і біжучої хвилі.
2. Кінематичні характеристики гармонічних коливань.

Варіант №25

1. Швидкість поширення хвиль. Швидкість поширення звуку.
2. Фізичний зміст коефіцієнта і логарифмічного декремента згасання.

Варіант №26

1. Зв'язок коливального і обертального рухів.
2. Рівняння плоскої гармонічної хвилі, його аналіз.

1.4.4. Пакети завдань для самостійної роботи

1.4.4.1. Фізичний диктант “Кінематика коливального руху”

1. Рухи матеріальної точки, які повторюються через однакові чи приблизно однакові проміжки часу, називають ..... .
2. Періодичні рухи, при яких матеріальна точка переміщується в прямому і зворотному напрямках по відрізку прямої (або кривої) між крайніми її точками, називають ..... .
3. Якщо координата рухомої точки змінюється з часом за синусоїдальним (чи косинусоїдальним) законом, то такі коливання називають ..... .
4. Рівняння гармонічних коливань вздовж прямої можна записати у формі ..... .
5. Час, що пройшов від початку коливань, виражений у кутових одиницях, називають ..... коливань.
6. Час, за який здійснюється одне повне коливання, називають ..... коливань.
7. Число коливань, які здійснюються за одиницю часу, називають ..... коливань.
8. Число коливань, які здійснюються точкою за 2π секунд, називають ..... .
9. Зв’язок між частотою коливань і циклічною частотою виражається співвідношенням ..... .
10. Швидкість точки, яка бере участь у гармонічних коливаннях, виражається як ..... .
11. Миттєві розподіли зміщень коливальної точки відбуваються за законами ..... .
12. Миттєвий розподіл пришвидшення коливальної точки має вигляд ..... .
13. Гармонічні коливання характеризують такі величини як ..... .

1.4.4.21. Пакет завдань для самостійної аудиторної роботи “Кінематика і динаміка коливань. Хвилі”

Варіант №1

1. Визначити частоту, період та початкову фазу коливань точки, заданих рівнянням $x = A\sin\omega(t + \tau)$, де τ=0,4 с, $\omega = 2{,}5\pi$ с$^{-1}$.
2. Матеріальна точка масою m = 50 г здійснює коливання, рівняння яких має вигляд $x = A\cos\omega t$, де A = 10 см, $\omega = 5$ с$^{-1}$. Знайти силу, яка діє на точку в двох випадках: а) в момент, коли фаза $\omega t = \frac{\pi}{3}$ с$^{-1}$; б) в положенні найбільшого зміщення точки.
3. До сталевої пружини підвісили вантаж, в результаті чого пружина розтягується на Δl = 9 см. Який буде період коливань вантажу, якщо його дещо відтягнути вниз і відпустити?
4. Знайти логарифмічний декремент коливальної системи, для якої резонанс спостерігається при частоті, меншій від власної частоти ν_0 = 10 кГц на $\Delta\nu$ = 2 Гц.
5. Знайти різницю фаз $\Delta\varphi$ коливань джерела хвиль, яке знаходиться в пружному середовищі, і точки цього середовища, яка знаходиться на відстані 2 м від джерела. Частота коливань ν = 5 Гц. Швидкість поширення хвиль υ = 40 м/с.

Варіант №2

1. Точка здійснює коливання по закону $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, де A = 2 см, $\omega = \pi$ с$^{-1}$, $\varphi = \pi/4$ рад. Побудувати графіки залежності від часу: зміщення $x = (t)$; швидкості $\dot{x}(t)$; пришвидшення $\ddot{x}(t)$.
2. Коливання матеріальної точки масою m = 0,1 г відбуваються згідно з рівнянням $x = A\cos\omega t$, де A = 5 см, $\omega = 20$ с$^{-1}$. Знайти максимальні значення вертальної сили і кінетичної енергії.

3. Математичний маятник довжиною l = 1 м знаходиться в ліфті, який піднімається з пришвидшенням a = 2,5 м/с^2. Знайти період коливань маятника.
4. Період T_0 власних коливань пружинного маятника дорівнює 0,55 с. У в'язкому середовищі період T того ж маятника став рівним 0,56 с. Знайти резонансну частоту коливань.
5. Хвилі поширюються в пружному середовищі зі швидкістю υ = 100 м/с. Найменша відстань між точками середовища, фази коливань яких протилежні, рівна 1 м. Знайти частоту коливань.

Варіант №3

1. Знайти максимальне значення швидкості та пришвидшення точки, яка здійснює гармонічні коливання з амплітудою A = 3 см і циклічною частотою $\omega = \pi/2$ с$^{-1}$.
2. Знайти вертальну силу в момент часу t = 1 с і повну енергію матеріальної точки, яка здійснює коливання за законом $x = A\cos\omega t$, де A = 20 см, $\omega = 2\pi/3$ с$^{-1}$. Маса матеріальної точки рівна 10 г.
3. Однорідний диск радіусом R = 2 см коливається навколо горизонтальної осі, яка проходить через одну з твірних циліндричної поверхні диска. Який період його коливань?
4. За час t = 8 хв амплітуда згасаючих коливань маятника зменшилась в три рази. Знайти коефіцієнт згасання δ.
5. Рівняння плоскої хвилі $f = A\cos(\omega t - kx)$, де A = 0,5 см, ω = 628 с$^{-1}$, k = 2 м$^{-1}$. Знайти: а) частоту коливань і довжину хвилі; б) фазову швидкість; в) максимальні значення швидкості і пришвидшення коливань частинок середовища.

Варіант №4

1. Точка здійснює гармонічні коливання. Максимальне зміщення точки рівне 10 см, найбільша швидкість – 20 см/с. Знайти циклічну частоту коливань та максимальне пришвидшення.
2. Коливання матеріальної точки відбуваються згідно з рівнянням $x = A\cos\omega t$, де A = 8 см, $\omega = \pi/6$ с$^{-1}$. В момент,

коли вертальна сила в перший раз досягла значення – 5 мН, потенціальна енергія стала рівна 100 мкДж. Знайти цей момент часу і відповідну йому фазу.

3. Тонкий обруч, підвішений на цвях, який забито горизонтально в стіну, коливається в площині, паралельній стіні. Радіус обруча рівний 30 см. Обчислити період коливань обруча.
4. Тіло масою m = 5 г здійснює згасаючі коливання. Протягом часу t = 50 с тіло втратило 60% своєї енергії. Знайти коефіцієнт опору r.
5. Звукові коливання частотою ν = 0,5 кГц і амплітудою A = 0,25 мм поширюються в пружному середовищі. Довжина хвилі λ = 70 см. Знайти швидкість поширення хвиль та максимальну швидкість частинок середовища.

Варіант №5

1. Коливання точки відбуваються за законом $x = A\cos(\omega t+\varphi)$. В деякий момент часу зміщення точки дорівнює 5 см, її швидкість – 20 см/с, а пришвидшення a = -80 см/с^2. Знайти амплітуду A, циклічну частоту ω, період коливань T і фазу $(\omega t + \varphi)$ в заданий момент часу.
2. Матеріальна точка масою 0,01 кг здійснює коливання згідно рівняння $x = 0{,}2\sin 8\pi t$ см. Знайти вертальну силу F в момент t = 0,1 с, а також повну енергію точки.
3. Математичний маятник довжиною l_1 = 40 см і фізичний маятник у вигляді тонкого прямого стержня довжиною l_2 = 60 см синхронно коливаються навколо однієї і тієї ж горизонтальної осі. Знайти відстань центра мас стержня від осі коливань.
4. Амплітуда згасаючих коливань маятника за час t_1 = 5 хв. зменшилась в два рази. За який час t_2, рахуючи від початкового моменту, амплітуда зменшиться у вісім разів?
5. Знайти швидкість поширення коливань і довжину звукової хвилі частотою 1 кГц в : а) алюмінію; б) міді; в) вольфрамі.

Варіант №6

1. Точка здійснює коливання за законом $x = A\sin\omega t$. В деякий момент часу зміщення точки було рівним 5 см. Коли фаза

коливань збільшилась вдвоє, зміщення стало рівним 8 см. Знайти амплітуду коливань.

2. Матеріальна точка масою m = 0,05 кг здійснює гармонічні коливання, рівняння яких має вигляд: x = 0,1sin5t. Знайти силу, яка діє на точку: а) в момент, коли фаза коливань $\varphi = 30^0$; б) в положенні найбільшого відхилення точки.
3. Диск радіусом R = 24 см коливається навколо горизонтальної осі, що проходить через середину одного із радіусів перпендикулярно площині диска. Знайти приведену довжину L і період T коливань такого маятника.
4. Логарифмічний декремент коливань маятника рівний 0,003. Знайти число N повних коливань, які повинен здійснити маятник, щоб амплітуда зменшилась в два рази.
5. Хвиля з періодом T = 1,2 с і амплітудою A = 2 см поширюється з швидкістю 15 м/с. Знайти зміщення точки, яка знаходиться на відстані 45 м від джерела хвиль в момент, коли від початку коливань пройшло 4 с.

2. Другий навчальний модуль

“Індивідуальні науково-дослідні завдання”

Максимальний рейтинг:
за кафедральною шкалою – 12 балів;
за університетською шкалою – 20 балів.

2.1. Тематика наукових рефератів з фізичних основ механіки

№ п/п 1	Тема 2	Питання для вивчення 3
1.	Кінематика прямолінійного руху матеріальної точки.	Основні кінематичні характеристики руху. Рівномірний рух. Рівнозмінний прямолінійний рух матеріальної точки.
2.	Криволінійний рух матеріальної точки (тіла).	Види траєкторій. Кривина траєкторії. Швидкість при криволінійному русі. Пришвидшення точки при криволінійному русі.
3.	Рух точки по колу.	Кутові характеристики руху точки по колу. Кутові швидкість і пришвидшення як векторні величини. Швидкість, пришвидшення і траєкторія при векторному і координатному способах опису руху.
4.	Динаміка матеріальної точки.	Перший закон Ньютона. Наслідки з нього. Другий закон Ньютона. Поняття сили і маси. Третій закон Ньютона. Межі застосування законів Ньютона.
5.	Другий закон Ньютона.	Загальне формулювання другого закону Ньютона. Імпульс тіла. Закон збереження імпульсу матеріальної точки. Теорема про зміну імпульсу матеріальної точки.
6.	Сила тяжіння.	Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна і інертна маса тіла. Методи визначення сталої

		тяжіння. Поле тяжіння.
7.	Сили пружності.	Пружні і пластичні деформації. Сили пружності. Закон Гука. Закон Гука для різних видів деформацій. Межі пружності і міцності. Пружна післядія і пружний гістерезис.
8.	Сили тертя.	Поняття про сили тертя. Види тертя. Сухе тертя, його механізм. Рідке тертя.
9.	Динаміка системи матеріальних точок.	Поняття про систему матеріальних точок. Зовнішні і внутрішні сили. Центр мас системи. Імпульс системи. Закон збереження імпульсу замкнутої системи. Рух центра мас.
10.	Рух точки змінної маси.	Принцип реактивного руху . Рівняння руху точки змінної маси. Реактивна сила. Формула Ціолковського.
11.	Робота і потужність.	Робота постійної сили. Робота змінної сили. Потенціальні і непотенціальні сили. Потужність.
12.	Кінетична і потенціальна енергія.	Робота сили і кінетична енергія. Робота сили і потенціальна енергія тіла. Консервативні сили і зв’язок їх з потенціальною енергією. Закон збереження енергії для матеріальної точки в консервативному полі. Закон збереження енергії для системи матеріальних точок.
13.	Неінерціальні системи відліку.	Поняття про неінерціальні системи відліку (НІСВ). Сили інерції, їх властивості. Рівняння

		руху тіла в НІСВ, що рухаються поступально. Обертальні НІСВ: відцентрова сила інерції; сила Коріоліса. Рівняння руху в обертальній НІСВ. Прояв сил інерції на Землі.
14.	Механіка абсолютно твердого тіла.	Поступальний і обертальний рух твердого тіла. Момент сил відносно осі обертання. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла навколо нерухомої осі.
15.	Момент інерції тіла.	Поняття про момент інерції і його властивості. Теорема Штейнера про паралельні осі. Розрахунок моменту інерції деяких тіл відносно осі, що проходить через центр мас. Кінетична енергія тіла, що обертається. Повна кінетична енергія тіла, що рухається.
16.	Закон збереження моменту імпульсу.	Поняття про імпульс матеріальної точки, що обертається, навколо довільного центра. Момент імпульсу твердого тіла відносно нерухомої осі. Закон збереження моменту імпульсу системи тіл і приклади його прояву.
17.	Статика рідин і газів.	Тиск в рідинах і газах. Вимірювання тиску. Закон Паскаля. Розподіл тиску в рідинах і газах. Закон Архімеда. Умови плавання тіл.

18.	Кінематика і динаміка ідеальної рідини.	Кінематика рухомої рідини. Динаміка ідеальної рідини. Рівняння Бернуллі. Наслідки з рівняння Бернуллі. Використання рівняння Бернуллі
19.	Динаміка реальної рідини і газу.	Сили в'язкості. Коефіцієнт динамічної в'язкості. Рух в'язкої рідини по циліндричній трубі. Формула Пуазейля. Ламінарна і турбулентна течії рідини. Число Рейнольдса.
20.	Кінематика гармонічних коливань.	Фізичні величини, що характеризують гармонічні коливання. Прямолінійні коливання і коливання точки, що здійснюються по дузі кола. Крутильні коливання. Швидкість і пришвидшення при гармонічних коливаннях. Складення коливань.
21.	Динаміка гармонічних коливань.	Сили які діють на матеріальну точку при гармонічному коливальному русі. Рух тіла під дією пружних і квазіупружних сил. Математичний і фізичний маятники. Коливальні системи, їх енергія. Згасаючі коливання, їх опис. Вимушені коливання. Резонанс.
22.	Механічні хвилі.	Поширення коливань в однорідному пружному середовищі. Швидкість поширення хвиль. Рівняння плоскої біжучої хвилі. Миттєвий розподіл зміщення, швидкості і пришвидшення частинок

		середовища, які залучені до хвильового руху. Енергія пружної хвилі.
23.	Інтерференція і дифракція хвиль.	Принцип суперпозиції. Інтерференція хвиль. Стоячі хвилі. Зміна фази при відбитті хвиль. Закони відбиття і заломлення хвиль. Дифракція хвиль.
24.	Акустика.	Швидкість звукової хвилі. Надлишковий звуковий тиск. Характеристики звуку. Затухання звуку. Ефект Доплера. Джерела звуку. Акустичний резонанс.
25.	Нечутні звуки.	Поняття про поширення гармонічних хвиль у середовищі. Рівняння плоскої біжучої хвилі. Звукові хвилі. Ультразвук, його властивості і застосування. Інфразвук, його особливості та перспективи використання.

2.2. Експериментальні завдання з механіки

1. Визначити масу тіла на нерівноплечих важільних терезах, якщо маса кожної з чашок терез відома?
Прилади і матеріали: нерівноплечі терези, тіло, набір різноважків.

2. Визначити коефіцієнт тертя ковзання дерева по дереву.
Прилади і матеріали: дошка, дерев’яний брусок, масштабна лінійка.

3. Визначити швидкість кулі пружинного пістолета.

Прилади і матеріали: пружинний пістолет, лінійка, куля, секундомір.

4. Визначити густину невідомої рідини.
Прилади і матеріали: досліджувана рідина, склянка, рідина з відомою густиною, динамометр.

5. Визначити за допомогою динамометра масу тіла, вага якого більша ніж можливо виміряна динамометром, але не більша як вдвоє.
Прилади і матеріали: динамометр, досліджуване тіло, нитка.

6. Знайти к.к.д. похилої площини.
Прилади і матеріали: трибометр, дерев'яний брусок, масштабна лінійка, штатив.

7. Маса сталевої кульки відома, знайти масу пластилінової кульки і витрату механічної енергії при їх непружному зіткненні. Густина пластиліну 1,2 г/см^3.
Прилади і матеріали: сталева і пластилінова кульки, нитки, штатив із стержнем, транспортир і масштабна лінійка.

8. Визначити пришвидшення вільного падіння.
Прилади і матеріали: нерухомий блок, два вантажі, терези, набір гирьок, секундомір, нитка.

9. Побудувати графік залежності сили пружності гумового шнура від його довжини.
Прилади і матеріали: гумовий шнур, вантаж невідомої маси, лінійка.

10. Визначити витрату енергії рухомим тілом при його непружному зіткненні з балістичним маятником.
Прилади і матеріали: балістичний маятник, пружинний пістолет з набором куль, транспортир.

11. Визначити декількома способами густину масла і розчину мідного купоросу. Який із способів найбільш точний?
Прилади і матеріали: лабораторні склянки, вода, масло, розчин мідного купоросу, пробірки, пряма і U-подібна скляні трубки, вимірна лінійка.

12. Виміряти атмосферний тиск.
Прилади і матеріали: скляні трубки, гумова трубка, штатив, лінійка, склянка з водою.

13. Визначити густину металу, який знаходиться в одному з двох кусків пластиліну, якщо відомо, що маси пластиліну у двох кусках однакові. Оцінити точність отриманих результатів. Виділяти метал з пластиліну не дозволяється.
Прилади і матеріали: досліджувані зразки, терези з різноважками, склянка з водою, штатив.

14. Визначити маси m_1 і m_2 двох металевих вантажів і масу m_0 дерев'яного стержня.
Прилади і матеріали: дерев'яний стержень, металеві вантажі, призма, вимірна лінійка, хімічний стакан, склянка з водою, нитки.

15. Визначити момент інерції шківа.
Прилади і матеріали: шків, закріплений на осі, масштабна лінійка довжиною до 1 м, вантажі відомої маси, секундомір, нитки.

2.3. Тематика курсових робіт з механіки

I. ***Екологічні аспекти фізики атмосфери***

В роботі слід розглянути структуру і фізичні особливості земної атмосфери, проаналізувати методи вимірювання фізичних характеристик атмосфери, описати вплив на атмосферу забруднень і радіоактивності. За допомогою стандартних приладів для вимірювання радіоактивного

забруднення природного середовища провести спостереження за змінами природного фону β і γ - випромінювання.

Рекомендована література:

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика (Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка). – Київ: Вища школа, 1987.

2. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1978.

3. Афиногенов Л.П., Грушин С.И., Романов Е.В. Аппаратура для исследования приземного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977.

4. Пошукова монографічна література.

II. ***Фізичні основи ультразвуку***

В роботі слід розглянути фізичні основи створення ультразвукових коливань і принципи їх поширення, проаналізувати напрямки технічного застосування ультразвуку. За допомогою експериментальної установки по дослідженню в'язко-пружних властивостей полімерів провести експериментальні дослідження по визначенню швидкості поширення ультразвукових хвиль в деяких полімерах.

Рекомендована література:

1. Агранат Б.А., Дубровин М.Н. и др.. Основы физики и техники ультразвука. – М: Высшая школа, 1987.

2. Колупаев Б.С. Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем. – Львов: Вища школа, 1986.

3. Шебалин О.Д. Физические основы механики и акустики. – М.: Высшая школа, 1981.

4. Пошукова монографічна і журнальна література.

III. ***Неінерціальні системи відліку***

В роботі слід розглянути поведінку фізичних тіл в системах відліку, що рухаються поступально з деяким пришвидшенням та системах, що обертаються. З урахуванням ньютонівських сил і сил інерції провести опис руху тіл в таких

системах. Розглянути приклади прояву сил інерції в земних умовах та їх врахування в техніці і практиці.

Рекомендована література:

1. Александров П.В., Яшкин А.Я. Курс общей физики (Механика). – М.: Просвещение, 1978.
2. Савельев И.В. Курс физики. т. 1. – М.: Наука, 1987.
3. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика (Механіка). – Київ: Вища школа, 1987.
4. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. – М.: Наука, 1978.
5. Павленко Ю.Г. Лекции по теоретической механике. – М.: Высшая школа, 1981.
6. Пошукова монографічна і журнальна література.

IV.*Простір і час в сучасній фізиці*

В роботі необхідно висвітлити погляди Ньютона на простір і час в класичній механіці. На основі уявлень загальної теорії відносності розкрити зміст простору і часу як форм буття матерії. Встановити зв’язок законів збереження з властивостями симетрії простору та часу.

Рекомендована література:

1. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Наука, 1961.
2. Горелин Г.Е. Почему пространство трехмерно. – М.: Наука, 1982.
3. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1986.
4. Блохинцев Д.И. Пространство и время в микромире. – М.: Наука, 1982.
5. Дмитрук М.А. Миры внутри нас? – М.: Знание, 1990.
6. Пошукова монографічна і науково-популярна література.

V. *Фізика хвильових процесів*

В роботі необхідно розкрити фізичну суть поширення і накладання механічних хвиль в пружному середовищі,

описати хвильовий процес з точки зору кінематики та динаміки, розкрити його роль в природі й техніці.

Рекомендована література:

1. Горелин Т.С. Колебания и волны. – М.: Гос. из-во физмат. литературы. – 1959.
2. Хазен А.М. Поле, волны, частицы и их модели. – М.: Просвещение. – 1979.
3. Александров Н.В., Яшкин А.Я. курс общей физики. Механика. – М.: Просвещение, 1978.

VI. Закони збереження у фізиці

В роботі слід розкрити суть і характер основних законів збереження (закону збереження енергії, закону збереження імпульсу та моменту імпульсу) в класичній та релятивістській механіці. Встановити зв'язок цих законів з властивостями симетрії простору та часу. Навести приклади прояву цих законів та врахування їх в техніці.

Рекомендована література:

1. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. – М.: Наука, 1978.
2. Фейман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987.
3. Шмутцер Э. Симметрия и законы сохранения в физике. – М.: Мир, 1974.
4. Иванов Б.Н. Законы физики. – М.: Наука, 1986.
5. Дерябин В.М. Законы сохранения в физике. – М. Наука, 1982.
6. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1986.
7. Пошукова монографічна і навчальна література.

VII. ***Сили тертя***

В роботі необхідно розкрити суть і фізичну природу сил сухого та рідкого тертя. На прикладах показати роль і врахування сил тертя в техніці та природі. Описати методи визначення коефіцієнта тертя.

Рекомендована література:

1. Силин А.А. Трение и мы. – М.: Наука, 1987.
2. Григорьев В.И., Мякишев Т.Я. Силы в природе. – М.: Наука, 1967.
3. Дерегин Б.В. Что такое трение. – М.: Наука, 1963.
4. Александров Н.В., Яшкин А.Я. Курс общей физики. Механика. – М.: Просвещение, 1978.
5. Хайкін С.Е. Фізичні основи механіки. – Київ: Радянська школа, 1967.
6. Пошукова монографічна і навчальна література.

VIII. ***Фізичні основи освоєння космосу***

В роботі необхідно розкрити основні аспекти руху тіл змінної маси, провести аналіз задач Ціолковського і розглянути основні проблеми освоєння космосу, пов’язані з розвитком науки та народного господарства.

Рекомендована література:

1. Левантовский В.М. Механика космического полета в элементарном изложении. – М.: Наука, 1970.
2. Жирнов Н.И. Классическая механика. – М.: Высшая школа, 1986.
3. История механики в России. – Киев.: Вища школа, 1987.
4. Гришин С.Д., Чеколин С.В. Проблемы освоения космоса. – М.: Наука, 1988.
5. Тухмачов П.П. Космос. Людина. Прогрес. – Київ: Наука,1990.
6. Пошукова монографічна та науково-популярна література.

3. Підсумковий контроль з механіки

3.1. Комплексна контрольна робота з розділу загальної фізики “Фізичні основи механіки”

Варіант №1

1. Моторний човен пливе по річці з одного пункту в інший і назад. У скільки разів час руху човна проти течії більший за час руху за течією, якщо швидкість течії υ_1 = 2 м/с, а швидкість човна відносно води υ_2 = 10 м/с?
2. Тіло масою 5 г здійснює коливання, які описуються рівнянням $x = 0{,}1\sin\frac{\pi}{2}\left(t + \frac{1}{3}\right)$. Знайти значення кінетичної і потенціальної енергії тіла через 20 с від моменту часу t = 0. Чому дорівнює повна енергія тіла?
3. Чи однакова буде довжина стрибка з берега в човен і назад, якщо в обох випадках прикладене однакове зусилля?

Варіант №2

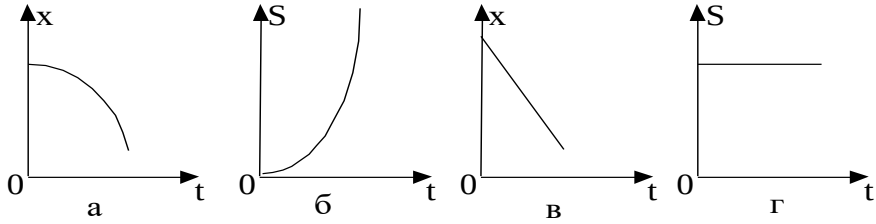
1. Рух матеріальної точки задано рівнянням $x = at + bt^2 + ct^3$, де a = 5 м/с; b = 0,2 м/с^2, c = 0,1 м/с^3. Знайти швидкість точки в моменти часу t_1 = 2 с і t_2 = 4 с, а також середню швидкість в інтервалі часу від t_1 до t_2.
2. Знайти відносне видовження мідного стержня, якщо при його розтягуванні виконується робота 0,12 Дж. Довжина стержня 2 м, площа поперечного перерізу 1 мм^2.
3. Гору з яким нахилом не зможе подолати всюдихід, якщо коефіцієнт тертя дорівнює μ?

Варіант №3

1. На якій відстані від центра Землі космічна ракета, що рухається до Місяця, буде притягатися Землею і Місяцем з однаковою силою? Маса Місяця у 81 раз менша маси Землі, а відстань між їх центрами в 60 раз більша за радіус Землі?
2. Знайти швидкість течії води в широкій частині горизонтально розміщеної труби змінного перерізу, якщо радіус вузької частини в 3 рази менший радіуса широкої

частини, а різниця тисків у широкій і вузькій частинах труби Δp = 10 кПа.

3. На малюнку подано графіки зміни з часом кількох характеристик прямолінійного руху точки. Які з цих рухів відбуваються із сталим пришвидшенням?

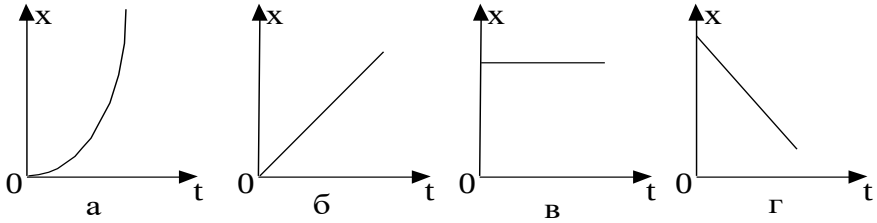


Варіант №4

1. Знайти роботу, яка виконується при підйомі вантажу масою m = 10 кг по похилій площині з кутом нахилу $\alpha = 45^{o}$ на відстані S = 2 м, якщо час підйому t = 2 с, а коефіцієнт тертя μ = 0,1.
2. Знайти момент інерції Землі відносно осі обертання, вважаючи її кулею радіусом 6,4 Мм і густиною $5{,}5 \cdot 10^3$ кг/м^3.
3. Чи може модуль вектора переміщення матеріальної точки бути: а) меншим пройденого шляху; б) більшим від цього шляху; в) дорівнювати шляху?

Варіант №5

1. На барабан радіуса R = 10 см намотана нитка, до кінця якої прив'язаний вантаж масою m = 0,5 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо вантаж опускається з пришвидшенням a = 1 м/с^2.
2. До рятувального круга, що плаває у воді і має об'єм V = 50 дм^3, підвішена гиря. Знайти масу цієї залізної гирі, якщо у воду занурена ½ об'єму круга.
3. Яким рухам відповідають подані нижче графіки залежності від часу координати точки, що рухається по осі OX?



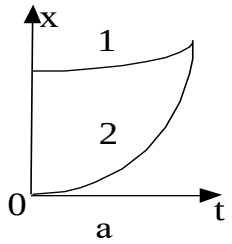
Варіант №6

1. Визначити траєкторію руху точки, який заданий рівнянням: $x = 4t^2 + 2$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Побудувати графік залежності шляху точки від часу.
2. На горизонтальній поверхні лежить тіло масою 5 кг. Який шлях пройде тіло за t = 1 с, якщо до нього прикласти силу F = 50 Н під кутом $\alpha = 60^o$ до горизонту? Коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею $\mu = 0{,}2$.
3. Чому легковий автомобіль при різкому зрушенні з місця „присідає” на задні колеса, а при різкому гальмуванні – на передні колеса?

Варіант №7

1. З яким пришвидшенням буде рухатися тіло масою $m = 2$ кг в горизонтальному напрямку, якщо до нього прикладена сила $F = 5$ Н, направлена під кутом $\alpha = 45^o$ до горизонту? Коефіцієнт тертя $\mu = 0{,}1$.
2. Знайти швидкість поширення поздовжніх і поперечних хвиль у залізі, якщо модуль Юнга для заліза 200 ГПа, а густина $7{,}8 \cdot 10^3$ кг/м^3.
3. В яких місцях Землі найлегше встановити рекорд у стрибках і в метанні на відстань?

Варіант №8



1. На якій висоті пришвидшення сили тяжіння вдвоє менше його значення на поверхні Землі?
2. Визначити кінетичну енергію диска масою 2 кг, який котиться без ковзання по горизонтальній поверхні з швидкістю 2 м/с.

3. На малюнку подано графіки руху двох точок. Яка відмінність у їхніх рухах? Що означає точка перетину графіків? Що спільного в цих рухах?

Варіант №9

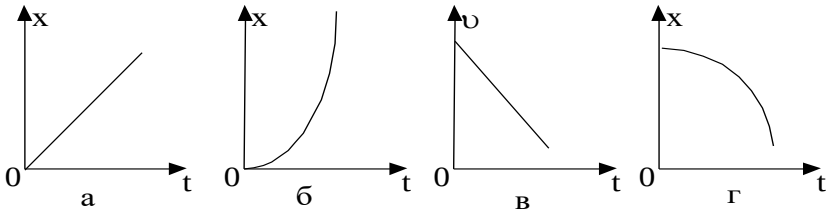
1. Координати матеріальної точки змінюються з часом по закону $x = 4t$, $y = 3t$, $z = 0$. Знайти залежність пройденого точкою шляху від часу. Який шлях пройде точка за 5 с?
2. Коливання матеріальної точки описується рівнянням $x = 0{,}03\sin\pi(t + 0{,}5)$ м. Знайти максимальні значення швидкості і пришвидшення. Чому рівна фаза коливань через 5 с після початку руху?
3. На якій із планет сонячної системи можуть бути найвищі гори?

Варіант №10

1. При повертанні трактора, який рухається з швидкістю 24 км/год, його центр мас описує дугу радіусом R = 9,0 м. Знайти різницю швидкостей його гусениць, якщо відстань між ними d = 1,5 м.
2. При вибухові гранати, яка летіла з швидкістю 8 м/с, утворилося два осколки. Осколок, маса якого складає 0,3 маси гранати, продовжив рух в попередньому напрямку з швидкістю 30 м/с. Знайти швидкість другого осколка.
3. Як за допомогою законів фізики можна пояснити народне прислів'я „Коси, коса, поки роса"?

Варіант №11

1. Знайти кутове пришвидшення маховика, частота обертання якого за час N = 20 повних обертів зросла рівномірно від n_0 = 1 об/с до n = 5 об/с.
2. Як визначити невідому масу тіла m_1, маючи секундомір, пружину і інше тіло відомої маси m_2?
3. Яка була пришвидшуюча сила, якщо результатом її дії для точки сталої маси був рух, графіки якого подано на малюнку?



Варіант №12

1. Два вантажі масами m_1 = 4 кг і m_2 = 1 кг зв'язані ниткою, яка перекинута через блок, що укріплений на вершині призми, можуть ковзати по гранях цієї призми. Знайти пришвидшення вантажів, якщо ліва грань призми нахилена до горизонту під кутом 60°, права – під кутом 150°, а коефіцієнт тертя μ = 0,20.
2. Знайти момент інерції кулі відносно осі, що проходить через її центр мас. Радіус кулі 0,1 м, густина кулі - $7{,}8 \cdot 10^3$ кг/м^3.
3. Чи є в природі тіло, щоб зв'язана з ним система відліку була точно інерціальною?

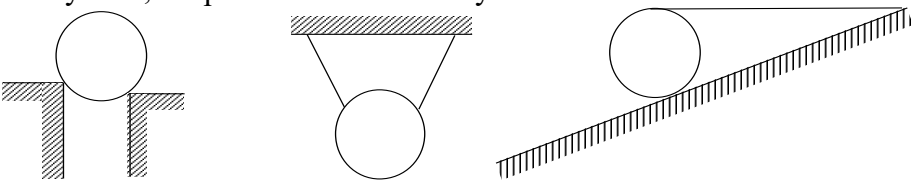
Варіант №13

1. Знайти координати центра мас системи, яка складається з чотирьох кульок масами m_1 = 200 г, m_2 = 300 г, m_3 = 400 г і m_4 = 100 г, які розміщені у вершинах прямокутника із сторонами a = 20 см, b = 60 см.
2. М'яч масою 150 г, що рухається з швидкістю 6 м/с, ударяється об стінку так, що кут між векторами швидкості до удару і після удару рівний 60°. Вважаючи удар пружним, знайти його тривалість, якщо відомо, що середня сила удару 20 Н.
3. Чи можуть сліди дощових крапель на вікнах рухомого вагона бути горизонтальними?

Варіант №14

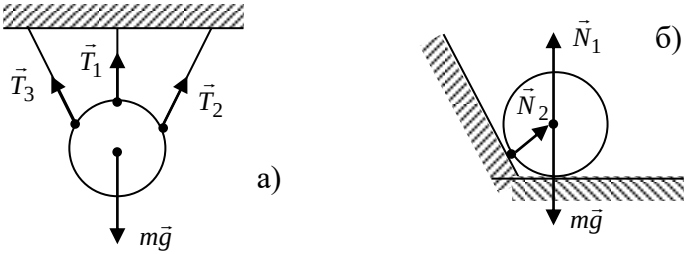
1. Чому дорівнює коефіцієнт тертя коліс автомобіля об дорогу, якщо при швидкості автомобіля υ = 10 м/с гальмівний шлях рівний S = 8 м?

2. Лава Жуковського, на якій стоїть людина і тримає на витягнутих руках гирі масою 10 кг кожна, обертається з швидкістю $\omega_1 = 0{,}8\ с^{-1}$. Яке число обертів буде здійснювати лава з людиною, коли остання зменшить відстань гир до осі обертання від 80 см до 60 см (зігне руки)? Момент інерції людини і лави відносно осі обертання вважати незмінним і рівним $I = 2$ кг·м^2.
3. Позначити сили взаємодії і точки їх прикладання до кульок, зображених на малюнку.



Варіант №15

1. Знайти шлях, який проходить частинка, що рухається по прямолінійній траєкторії протягом 10 с, якщо її швидкість змінюється за законом $\upsilon = (30 + 2t)$ м/с. В момент часу $t = 0$ $S = 0$.
2. Маса снаряда $m_1 = 10$ кг, маса гармати $m_2 = 600$ кг. При пострілі снаряд набуває кінетичної енергії $T_1 = 1{,}8 \cdot 10^6$ Дж. Яку енергію отримує гармата внаслідок віддачі?
3. На малюнку зображені нерухомі тіла і прикладені до них сили. Чи правильно позначені сили і точки їх прикладання?



Варіант №16

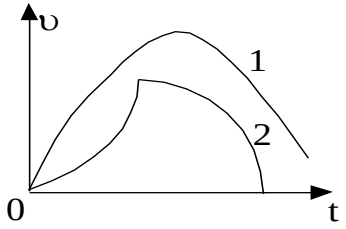
1. Знайти роботу A піднімання вантажу по похилій площині, якщо маса вантажу $m = 100$ кг, довжина похилої площини

l = 2 м, кут нахилу α = 30°, коефіцієнт тертя μ = 0,1 і вантаж рухається з пришвидшенням a = 1 м/с^2.

2. Знайти момент інерції матеріальної точки масою m = 0,3 кг відносно осі, яка знаходиться від матеріальної точки на відстані d = 20 см. Знайти момент імпульсу точки відносно даної осі, якщо швидкість руху точки складає 0,5 м/с.
3. Тіло підвісили на пружині. Чи зміниться його положення при значному підвищенні температури? Відповідь обґрунтувати.

Варіант №17

1. Тіло масою 50 г здійснює коливання, яке описується рівнянням $x = 0{,}5\sin\frac{\pi}{2}\left(t + \frac{1}{2}\right)$ м. Знайти значення вертальної сили в момент часу t = 0,5 с.
2. Визначити кінетичну енергію обруча масою 2 кг, який котиться без ковзання по горизонтальній поверхні з швидкістю 2 м/с.

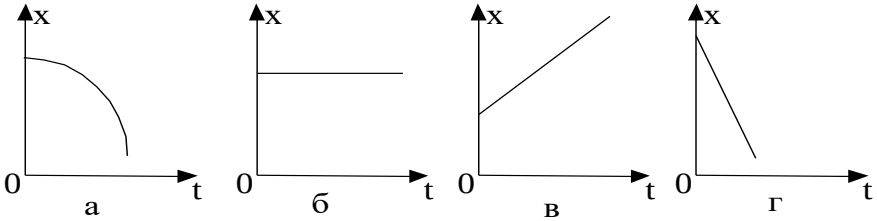


3. За графіками, поданими на малюнку, порівняйте максимальні швидкості і пришвидшення частинок.

Варіант №18

1. Рух матеріальної точки задано рівнянням $x = at + bt^2 + ct^3$, де a = 10 м/с, b = 0,4 м/с^2, c = 0,2 м/с^3. Знайти швидкість точки в моменти часу t_1 = 2 с і t_2 = 4 с, а також середню швидкість в інтервалі часу від t_1 до t_2.
2. Коливання матеріальної точки описуються рівнянням $x = 0{,}03\sin\pi(t + 0{,}5)$ м. Знайти значення швидкості і пришвидшення через 1,5 с після початку руху. Чому дорівнює фаза коливань в цей момент часу?

3. Яким рухам відповідають подані графіки залежності від часу координати точки, що рухається вздовж осі OX?



Варіант №19

1. На горизонтальній поверхні лежить тіло масою 10 кг. Який шлях пройде тіло за 10 с, якщо до нього прикласти силу F = 1000 Н під кутом 60° до горизонту? Коефіцієнт тертя між тілом і поверхнею μ = 0,15.
2. Визначити траєкторію руху точки, який заданий рівняннями: $x = 4t^2 + 2$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Побудувати графік залежності шляху точки від часу.
3. В яких місцях Землі найлегше встановити рекорд у стрибках і в метанні на відстань?

Варіант №20

1. Знайти швидкість поширення поздовжніх і поперечних хвиль у міді, якщо модуль Юнга для міді $1{,}2\cdot10^{11}$ Па, модуль зсуву $0{,}44\cdot10^{11}$ Па, а густина міді $8{,}9\cdot10^{3}$ кг/м^3.
2. Два вантажі масами m_1 = 8 кг і m_2 = 2 кг зв'язані ниткою, яка перекинута через блок, що укріплений на вершині призми, можуть ковзати по бічних гранях цієї призми. Знайти пришвидшення вантажів, якщо кут нахилу лівої грані призми до горизонту α_x = 60°, а правої - β = 150°. Коефіцієнт тертя вантажів по гранях однаковий і рівний 0,2.
3. На якій із планет сонячної системи можуть бути найвищі гори?

Варіант №21

1. Визначити кінетичну енергію кулі масою 5 кг, яка котиться без ковзання по горизонтальній поверхні з швидкістю 3 м/с.

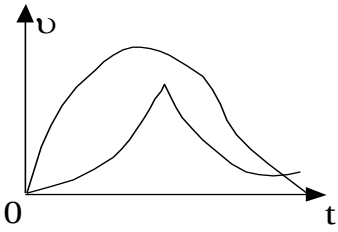
2. При вибухові гранати, яка летіла з швидкістю 12 м/с, утворилося два осколки. Осколок, маса якого становить 0,4 маси гранати, продовжив рух в попередньому напрямку з швидкістю 40 м/с. Знайти швидкість другого осколка.
3. Як за допомогою фізики можна пояснити народне прислів'я „Коси, коса, поки роса"?

Варіант №22

1. На барабан радіуса R = 10 см намотана нитка, до кінця якої прив'язаний вантаж масою m = 0,5 кг. Знайти пришвидшення з яким опускається вантаж, якщо момент інерції барабана $I = 4{,}4 \cdot 10^{-2}$ кг·м^2.
2. На якій висоті пришвидшення сили тяжіння вдвоє менше його значення на поверхні Землі?
3. Чи може модуль вектора переміщення матеріальної точки бути: а) меншим пройденого шляху; б) більшим від цього шляху; в) дорівнювати шляху?

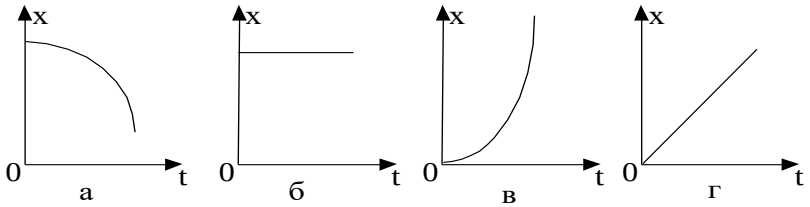
Варіант №23

1. Знайти момент інерції та момент імпульсу матеріальної точки масою m = 0,5 кг відносно осі, яка знаходиться від матеріальної точки на відстані d = 0,5 м. Точка рухається відносно зазначеної осі з швидкістю 1 м/с.
2. Матеріальна точка масою 50 г здійснює коливання, яке описується рівнянням $x = 0{,}5\sin\frac{\pi}{2}(t + 0{,}5)$ м. Знайти максимальні значення швидкості і пришвидшення матеріальної точки та значення вертальної сили в момент часу t = 1,5 с.
3. За графіками, поданими на малюнку, порівняйте максимальні швидкості і пришвидшення частинок.



Варіант №24

1. Знайти кутове пришвидшення диска, частота обертання якого за час N = 30 обертів зросла рівномірно від n_0 = 1 об/с до n = 10 об/с.
2. Маса снаряда m_1 = 10 кг, маса гармати m_2 = 600 кг. При пострілі снаряд набуває кінетичної енергії $2{,}4 \cdot 10^6$ Дж. Яку енергію отримує гармата внаслідок віддачі?
3. Яка була пришвидшуюча сила, якщо результатом її дії для точки сталої маси був рух, графіки якого подано на малюнку?



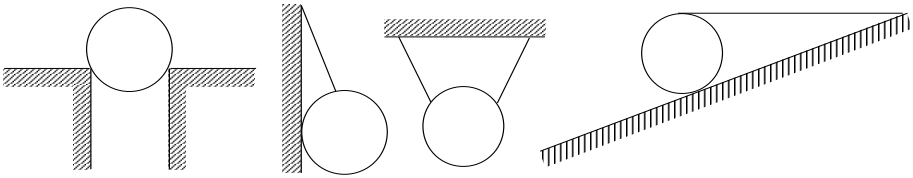
Варіант №25

1. Знайти шлях, який проходить частинка, що рухається по прямолінійній траєкторії протягом 10 с, якщо її швидкість змінюється по закону υ = (20+4t) м/с. В момент часу t = 0 S = 0.
2. Знайти роботу A піднімання вантажу по похилій площині, якщо маса вантажу m = 200 кг, довжина похилої площини l = 3 м, кут нахилу площини α = 30°, коефіцієнт тертя μ = 0,15 і вантаж рухається з пришвидшенням 0,5 м.
3. Тіло підвісили на пружині. Чи зміниться його положення при значному підвищенні температури середовища? Відповідь обґрунтувати.

Варіант №26

1. На лаві Жуковського стоїть людина і тримає на витягнутих руках гирі масою 10 кг кожна. При згинанні рук відстань від гир до осі обертання платформи зменшується від 0,7 м до 0,5 м. При цьому платформа обертається з частотою 0,8 $с^{-1}$. З якою частотою оберталася платформа до зближення гир, якщо сумарний момент інерції платформи та людини становить I = 2 кг·$м^2$.

2. Знайти координати центра мас системи, яка складається з чотирьох кульок масами m_1 = 200 г, m_2 = 300 г, m_3 = 400 г і m_4 = 100 г, які розміщені у вершинах квадрата із стороною a = 20 см.
3. Позначте сили взаємодії і точки їх прикладання до кульок, зображених на малюнку.



а) б) в) г)

Варіант №27

1. Чому рівний коефіцієнт тертя коліс автомобіля об дорогу, якщо при швидкості автомобіля υ = 10 м/с гальмівний шлях рівний 16 м?
2. Яку роботу треба виконати, щоб маховику у вигляді диска масою 100 кг і радіусом 0,4 м забезпечити обертання з частотою n = 10 об/с, якщо він знаходився в стані спокою?
3. Чи є в природі тіло, щоб зв’язана з ним система відліку була точно інерціальною?

4. Додатки

Додаток 4.1. Одиниці вимірювання механічних величин у системі СІ

Величина	Позначення	Розмірність	Одиниці вимірювання	
			Назва	Позна-чення
1	2	3	4	5
Маса	m	M	кілограм (осн. од.)	кг
Довжина	l	L	метр (осн. од.)	м
Час	t	T	секунда (осн. од.)	с
Плоский кут	φ	–	радіан	рад
Швидкість	$\vec{\upsilon} = \frac{d\vec{s}}{dt}$	LT^{-1}	метр за секунду	м/с
Пришвид-шення	$\vec{a} = \frac{d\vec{\upsilon}}{dt}$	LT^{-2}	метр за секунду в квадраті	$м/с^2$
Густина	$\rho = \frac{m}{V}$	ML^{-3}	кілограм на кубічний метр	$кг/м^3$
Сила	$\vec{F} = m\vec{a}$	MLT^{-2}	ньютон	Н
Тиск	$p = \frac{F}{S}$	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль (ньютон на квадратний метр)	Па ($Н/м^2$)
Механічна напруга	$\sigma = \frac{F}{S}$	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль	Па ($Н/м^2$)
Модуль Юнга	$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$	$ML^{-1}T^{-2}$	паскаль	Па ($Н/м^2$)
Імпульс сталої сили	Ft	MLT^{-1}	ньютон – секунда	Н·с
Імпульс	$p = m\upsilon$	MLT^{-1}	кілограм – метр за секунду	$кг·м·с^{-1}$
Робота	$\Delta A = F\,s$	ML^2T^{-2}	джоуль	Дж
Енергія	E	ML^2T^{-2}	джоуль	Дж
Потуж–ність	$N = \frac{A}{t}$	ML^2T^{-3}	ват	Вт

Кутова швидкість	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	T^{-1}	секунда в мінус першому степені	$с^{-1}$
Частота обертання	$n = \frac{1}{\Delta\omega}$	T^{-1}	секунда в мінус першому степені	$с^{-1}$
Кутове пришвид–шення	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$	T^{-2}	секунда в мінус другому степені	$с^{-2}$
Момент сили відносно осі	$M=rF$	ML^2T^{-1}	ньютон – метр	Н·м
Момент інерції	$I=mr^2$	ML^2	кілограм – метр в квадраті	$кг·м^2$
Момент імпульсу	$L=I\omega$	ML^2T^{-1}	кілограм – метр в квадраті за секунду	$\frac{кг \cdot м^2}{с}$
Період коливань	T	T	секунда	с
Частота коливань	$\nu = \frac{1}{T}$	T^{-1}	герц	Гц
Фаза коливань	$\varphi = \omega t$	-	радіан	рад
Фазова швидкість	υ	LT^{-1}	метр за секунду	м/с
Довжина хвилі	$\lambda = \upsilon T$	L	метр	м

Додаток 4.2. Фізичні сталі та астрономічні величини

Гравітаційна стала	$\gamma = 6{,}67\cdot10^{-11}$ $м^3·кг^{-1}·с^{-2}$
Маса нейтрона	$m_n = 1{,}675\cdot10^{-27}$ кг
Маса протона	$m_p = 1{,}673\cdot10^{-27}$ кг
Маса електрона	$m_e = 0{,}9109\cdot10^{-30}$ кг
Швидкість світла у вакуумі	$c = 2{,}9979\cdot10^{8}$ $м·с^{-1}$

Пришвидшення вільного
падіння на широті:

Москви	g = 9,81523 м·с$^{-2}$
Києва	g = 9,81066 м·с$^{-2}$
Одеси	g = 9,80610 м·с$^{-2}$

Астрономічні величини:

Маса

Сонця – $1{,}97\cdot10^{30}$ кг

Землі – $5{,}96\cdot10^{24}$ кг

Місяця - $7{,}35\cdot10^{22}$ кг

Середній радіус

Сонця – $6{,}96\cdot10^{8}$ м

Землі – $6{,}37\cdot10^{6}$ м

Місяця - $1{,}74\cdot10^{6}$ м

Середня відстань

від Сонця до Землі - $1{,}496\cdot10^{11}$ м

від Землі до Місяця - $3{,}844\cdot10^{8}$ м

Додаток 4.3. Густини ρ речовин

Речовина	ρ	Речовина	ρ
Гази за нормальних умов (T = 273, 15 К; p_0 = 1,01·10^5 Па), $\frac{кг}{м^3}$			
Азот	1,250	Кисень	1,429
Водень	0,089	Метан	0,717
Вуглекислий газ	1,977	Неон	0,900
Гелій	0,178	Повітря	1,293
Рідини, $\frac{кг}{м^3}$			
Бензол (t=20^{0}С)	879	Скипидар (t=16^{0}С)	858
Вода (t=4^{0}С)	1000	Спирт етиловий (t=0^{0}С)	789
Вода (t=100^{0}С)	958	Спирт метиловий (t=0^{0}С)	792
Гас (t=0^{0}С)	800	Толуол (t=18^{0}С)	870
Гліцерин (t=20^{0}С)	1260	Ртуть (t=0^{0}С)	13696

Тверді тіла, $10^3 \frac{кг}{м^3}$			
Алюміній	2,69	Олово лите	7,23
Вольфрам	19,1	Сталь лита	7,7 – 8,0
Залізо, хімічно чисте	7,86	Свинець	11,22–11,44
Латунь	8,3–8,7	Срібло	10,42–10,57
Лід (0^0C)	0,91	Титан	4,5
Мідь електролітична	8,88–8,96	Цинк	6,86–7,24
Нікель	8,4 – 9,2	Чавун	6,6–7,3
Різні речовини, $10^3 \frac{кг}{м^3}$			
Азбест	2,0–2,8	Парафін	0,9
Бук	0,7–0,9	Кварц плавлений	2,1 – 2,2
В'яз	0,5–0,6	Корок	0,22–0,26
Дуб	0,6–0,9	Скло	2,4 – 2,8
Ясен	0,6–0,8	Ебоніт	1,15

Додаток 4.4. Пружні властивості твердих тіл

Модуль Юнга *E*, ГПа; модуль зсуву *G*, ГПа; коефіцієнт Пуассона μ; межа міцності $\sigma_м$, МПа.

Речовина	*E*	*G*	μ	$\sigma_м$
Алюміній	68,5	24,5	0,36–0,37	98–390
Гетинакс	10–17			
Залізо кроване	200–220	69–83,7	0,28	390–590
Латунь	78–98	26–36	0,30–0,40	98–490
Мідь	112	41,5	0,36–0,38	156÷441
Свинець	16,2	5,62	0,446	19,6
Сталь	195–206	79–89	0,231–0,31	450–1570
Чавун	74–176	49	0,23–0,27	117–127

Додаток 4.5. Деякі числа та їх логарифми

	Число	Логарифм числа
π	3,14159	0,49715
π^2	9,8696	0,9943
$\sqrt{\pi}$	1,77245	0,24857
e	2,718281	0,43429
1 рад	57,29578°	1,75812

Додаток 4.6. Відомості з геометрії

Теорема косинусів

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A.$$

Теорема синусів

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C},$$

де *a, b, c* – сторони трикутника; *A, B, C* – відповідні кути.

Площа трикутника

$$S = \frac{1}{2}ah_a = \frac{1}{2}ab\sin C.$$

Одиниці плоского кута:

1 градус (...°), 1° = $\frac{\pi}{180}$ рад = $1{,}75\cdot10^{-2}$ рад, 1 рад $\approx$ 57,3°;

1 мінута (...′), 1′ = $2{,}91\cdot10^{-4}$ рад;

1 секунда (...′′), 1′′ = $4{,}85\cdot10^{-6}$ рад.

Довжина кола $l = 2\pi r$. Площа круга $S = \pi r^2$.

Об’єм кулі $V = \frac{4}{3}\pi r^3$.

Об’єм сферичного шару завтовшки *dr*

$$dV = 4\pi r^2 dr.$$

Рівняння прямої на площині з кутовим коефіцієнтом *k*

$$y = kx + b.$$

Рівняння прямої у відрізках

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1.$$

Відстань між двома точками

$$l_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}\ .$$

Спрямовуючі косинуси

$$\cos\alpha_x = \frac{x_2 - x_1}{l}; \qquad \cos\alpha_y = \frac{y_2 - y_1}{l}; \qquad \cos\alpha_z = \frac{z_2 - z_1}{l}.$$

Рівняння площини

$$Ax + By + Cz + D = 0.$$

Рівняння еліпса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Рівняння гіперболи

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Рівняння параболи

$$y^2 = 2px.$$

Додаток 4.7. Обчислення визначників та розв'язки алгебраїчних рівнянь

Визначник другого порядку

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1 .$$

Визначник третього порядку

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & b_3 \\ c_2 & c_3 \end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix} b_1 & b_3 \\ c_1 & c_3 \end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix} b_1 & b_2 \\ c_1 & c_2 \end{vmatrix} .$$

Система лінійних рівнянь

$$\begin{cases} a_1 x + a_2 y = p, \\ b_1 x + b_2 y = q. \end{cases} \qquad x = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \qquad y = \frac{\Delta_2}{\Delta},$$

де Δ_1, Δ_2 - визначники, які одержано відповідно заміною стовпців $\begin{pmatrix} a_1 \\ b_1 \end{pmatrix}$ та $\begin{pmatrix} a_2 \\ b_2 \end{pmatrix}$ на $\begin{pmatrix} p \\ q \end{pmatrix}$, $\Delta \neq 0$. Аналогічно одержують розв'язок системи з трьох і більше лінійних рівнянь.

Умова існування ненульового розв'язку однорідної системи: $\Delta = 0$.

Квадратне рівняння $az^2 + bz + c = 0, \quad z_{1,2} = \dfrac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$,

де D – дискримінант рівняння, $D = b^2 - 4ac$, ($D \geq 0$).

Додаток 4.8. Властивості деяких елементарних функцій

1. *Логарифмічна функція*

$$\ln(xy) = \ln(x) + \ln(y); \ \ln\frac{x}{y} = \ln x - \ln y; \ \log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b},$$

$$x > 0, \ y > 0.$$

2. *Показникова функція*

$$a^x a^y = a^{x+y}; \quad a^x b^x = (ab)^x;$$

$$\left(a^x\right)^y = a^{xy}; \quad e^{x+2\pi ni} = e^x.$$

3. *Тригонометричні функції*

Періодичність:

$$\sin(x + 2\pi n) = \sin x; \quad \cos(x + 2n\pi) = \cos x;$$

$$tg(x + n\pi) = tgx; \quad ctg(x + n\pi) = ctgx.$$

Зв'язок між тригонометричними функціями:

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1; \ \sec^2 x - tg^2 x = 1; \ \operatorname{cosec}^2 x - ctg^2 x = 1;$$

$$tgx = \frac{\sin x}{\cos x}; \ ctgx = \frac{1}{tgx}; \ \sec x = \frac{1}{\cos x}; \ \operatorname{cosec} x = \frac{1}{\sin x}.$$

Парність тригонометричних функцій:

$\sin(-x) = -\sin x$; $\cos(-x) = \cos x$;

$tg(-x) = -tgx$; $ctg(-x) = -ctgx$.

Формули додавання

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y;$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

$$tg(x \pm y) = \frac{tgx \pm tgy}{1 \mp tgxtgy}; \qquad ctg(x \pm y) = \frac{ctgxctgy \mp 1}{ctgy \pm ctgx}.$$

Формули половинного аргументу

$$\sin\frac{x}{2} = \pm\sqrt{\frac{1-\cos x}{2}};$$

$$\cos\frac{x}{2} = \pm\sqrt{\frac{1+\cos x}{2}}; tg\frac{x}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos x}{1+\cos x}} = \frac{\sin x}{1+\cos x}.$$

Формули перетворення суми і різниці тригонометричних функцій

$$\sin x \pm \sin y = 2\sin\frac{x \pm y}{2}\cos\frac{x \mp y}{2};$$

$$\cos x + \cos y = 2\cos\frac{x+y}{2}\cos\frac{x-y}{2};$$

$$\cos x - \cos y = -2\sin\frac{x+y}{2}\sin\frac{x-y}{2}.$$

4. *Оберненні тригонометричні функції*

$$\arcsin x = \frac{\pi}{2} - \arccos x = \arccos\sqrt{1-x^2};$$

$$arctgx = \frac{\pi}{2} - arcctgx = \arcsin\frac{x}{\sqrt{1+x^2}};$$

$$arcctgx = \arccos\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} = arctg\left(\frac{1}{x}\right).$$

Додаток 4.9. Похідні елементарних функцій

Функція	Похідна	Функція	Похідна
x^a	ax^{a-1}	tgx	$\frac{1}{\cos^2 x}$
e^{ax}	ae^{ax}	$ctgx$	$-\frac{1}{\sin^2 x}$
a^x	$a^x \ln a$	$\sec x$	$\frac{\sin x}{\cos^2 x}$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$	$\cos ecx$	$-\frac{\cos x}{\sin^2 x}$
$\log_a x$	$\frac{1}{x \ln a}$	$\arcsin x$	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\sin x$	$\cos x$	$\arccos x$	$-\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
$\cos x$	$-\sin x$	$arctgx$	$\frac{1}{1+x^2}$

Додаток 4.10. Таблиці невизначених інтегралів (сталі інтегрування опущені)

$\int x^a dx = \frac{x^{a+1}}{a+1}, \quad a \neq -1$	$\int \cos x dx = \sin x$
$\int \frac{dx}{x} = \ln\lvert x\rvert$	$\int tgx dx = -\ln\lvert\cos x\rvert$
$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln\lvert a\rvert}$	$\int ctgx dx = \ln\lvert\sin x\rvert$
$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax}$	$\int \frac{dx}{a^2 + x^2} = \frac{1}{a} arctg \frac{x}{a}$
$\int \ln x dx = x(\ln\lvert x\rvert - 1)$	$\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \arcsin \frac{x}{a}$
$\int \sin x dx = -\cos x$	

Інтегрування частинами

$$\int u d\upsilon = u\upsilon - \int \upsilon du .$$

Формула Ньютона-Лейбніца $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a).$

де F – первісна функція $f(x)$.

Середнє значення функції на інтервалі (a,b):

$$\langle f \rangle = f(c) = \frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)dx,\ a \le c \le b .$$

Додаток 4.11. Розклад елементарних функцій у степеневі ряди

Ряд Тейлора

$$f(x) = f(a) + f'(a)(x-a) + \frac{1}{2!} f''(a)(x-a)^2 + \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x-a)^n$$

Функції	Розклад у ряд	Область збіжності
$(1 \pm x)^a$	$1 \pm ax + \frac{a(a-1)}{2!}x^2 + \ldots$	$\lvert x \rvert < 1$
$\sin x$	$x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} x^{2n+1}$	$\lvert x \rvert < \infty$
$\cos x$	$1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!}$	$\lvert x \rvert < \infty$
tgx	$x + \frac{1}{3}x^3 + \frac{2}{15}x^5 + \ldots$	$\lvert x \rvert < \frac{\pi}{2}$
$ctgx$	$x - \frac{1}{3}x - \frac{2}{45}x^3 + \ldots$	$0 < \lvert x \rvert < \pi$

e^x	$1+x+\frac{x^2}{2!}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{n!}$	$\lvert x\rvert<\infty$
$\ln(1+x)$	$x-\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}+\ldots=\sum_{n=0}^{\infty}(-1)^{n+1}\frac{x^n}{n}$	$\lvert x\rvert\le 1$

Додаток 4.12. Формули наближених обчислень

При малих x $(|x|<<1)$ мають місце наближені рівності $(1\pm x)^a\approx 1\pm ax$; окремі випадки: $\frac{1}{1\pm x}\approx 1\mp x$; $\sqrt{1\pm x}\approx 1\pm\frac{1}{2}x$; $\frac{1}{\sqrt{1\pm x}}\approx 1\mp\frac{1}{2}x$; $\ln(1\pm x)\approx\pm x$; $e^{\pm x}\approx 1\pm x$; $\sin x\approx tgx\approx x$; якщо $|x|<<|a|$, $\sqrt{a^2\pm x^2}\approx a\pm\frac{x^2}{2a}$; $\frac{1}{\sqrt{a^2\pm x^2}}\approx a\mp\frac{x^2}{2a}$.

Додаток 4.13. Елементи векторної алгебри

Розкладання вектора за базисними векторами (ортами)

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

де a_x, a_y, a_z – проекції вектора на відповідні напрями.

Додавання векторів (рис.1.) $\mathbf{c}=\mathbf{a}+\mathbf{b}$.

Модуль вектора

$$a=|\mathbf{a}|=\sqrt{a_x^2+a_y^2+a_z^2}\ .$$

Задання вектора за допомогою орта $\mathbf{a}=a\mathbf{e}_a$, де $\mathbf{e}_a$ – орт вектора $\mathbf{a}$ ($|\mathbf{e}_a|=1$).

Скалярний добуток векторів $\mathbf{ab}=ab\cos(\mathbf{a}\wedge\mathbf{b})$.

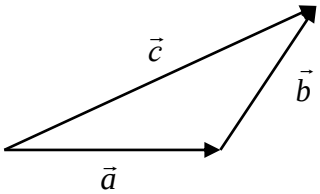


Рис.1

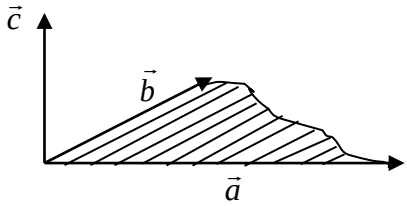


Рис.2.

Векторний добуток векторів (рис. 2)

$$\mathbf{c} = [\mathbf{ab}],\ c = ab \sin(\mathbf{a}\hat{}\mathbf{b}).$$

Мішаний добуток векторів

$$[\mathbf{ab}]\ \mathbf{c} = \begin{vmatrix} a_x & b_x & c_x \\ a_y & b_y & c_y \\ a_z & b_z & c_z \end{vmatrix}.$$

Подвійний векторний добуток векторів

$$[\mathbf{a}[\mathbf{cb}]] = \mathbf{b}\ (\mathbf{ac}) - \mathbf{c}\ (\mathbf{ab}).$$

Додаток 4.14. Префікси і множники для утворення кратних і часткових одиниць

Найменування	Позначення	Множник	Найменування	Позначення	Множник
екса	Е	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пета	П	10^{15}	санти	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	мілі	м	10^{-3}
гіга	Г	10^{9}	мікро	мк	10^{-6}
мега	М	10^{6}	нано	н	10^{-9}
кіло	к	10^{3}	піко	п	10^{-12}
гекто	г	10^{2}	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^{1}	атто	а	10^{-18}

Зміст

Переднє слово..... 3
1. Перший навчальний модуль..... 7
1.1. Перший змістовий модуль
“Кінематика і динаміка поступального руху”..... 8
1.1.1. Перелік програмних питань..... 8
1.1.2. Орієнтаційні запитання..... 10
1.1.3.Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену..... 13
1.1.4. Пакети рівневих завдань до контрольної роботи
“Кінематика та динаміка поступального руху тіла”:..... 21
1.1.4.1. Пакет I..... 21
1.1.4.2. Пакет II..... 26
1.1.4.3. Пакет III..... 28
1.1.4.4. Пакет IV..... 33
1.1.5. Тестові завдання “Основні поняття кінематики”..... 38
1.1.6. Пакети самостійних аудиторних робіт..... 41
1.1.6.1. Пакет I “Кінематика поступального руху”..... 41
1.1.6.2. Пакет II “Кінематичні рівняння поступального
руху”..... 42
1.1.6.3. Пакет III “Основні поняття кінематики та
динаміки матеріальної точки”..... 43
1.1.6.4. Пакет IV “Кінематика поступального руху”..... 46
1.1.6.5. Пакет V “Кінематика поступального, обертального
і коливального рухів матеріальної точки”……. 50
1.1.6.6. Пакет VI “Кінематика і динаміка гармонічних
коливань”..... 51
1.1.6.7. Пакет VII “Динаміка поступального руху”..... 55
1.1.6.8. Пакет VIII “Енергія, робота і потужність”..... 56
1.1.6.9. Пакет IX “Кінематика та динаміка матеріальної
точки та системи матеріальних точок”..... 58
1.2. Другий змістовий модуль ”Сили у природі”..... 61
1.2.1. Перелік програмних питань 61
1.2.2. Орієнтаційні запитання 62
1.2.3. Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену..... 66
1.2.4. Тестові завдання по темі “Закон всесвітнього
тяжіння”..... 69

1.2.5. Пакети завдань до самостійних аудиторних робіт:..... 72
1.2.5.1. Пакет I “Закон всесвітнього тяжіння”..... 73
1.2.5.2. Пакет II “Сили у природі”..... 74
1.2.5.3. Пакет III “Сили тертя”..... 75
1.3. Третій змістовий модуль
“Механіка твердого тіла, рідин і газів”..... 76
1.3.1. Перелік програмних питань 76
1.3.2. Орієнтаційні запитання 77
1.3.3. Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену..... 79
1.3.4. Пакети завдань до контрольної роботи
“Динаміка обертального руху твердого тіла”..... 82
1.3.4.1. Пакет I..... 82
1.3.4.2. Пакет II..... 85
1.3.5. Пакет завдань для самостійних аудиторних робіт..... 87
1.3.5.1. Пакет I “Динаміка обертального руху твердого тіла”..... 87
1.3.5.2. Пакет II “Динаміка обертального руху твердого тіла. Закон збереження моменту імпульсу”..... 89
1.3.5.3. Пакет III “Механіка рідин і газів”..... 90
1.4. Четвертий змістовий модуль “Коливання і хвилі. Акустика”..... 91
1.4.1. Перелік програмних питань 91
1.4.2. Орієнтаційні запитання 92
1.4.3. Орієнтовний пакет завдань модульного екзамену..... 94
1.4.4. Пакети завдань для самостійної роботи..... 97
1.4.4.1. Фізичний диктант “Кінематика коливального руху”..... 97
1.4.4.2. Пакет завдань для самостійної аудиторної роботи “Кінематика і динаміка коливань. Хвилі”..... 98
2. Другий навчальний модуль “Індивідуальні науково-дослідні завдання”..... 102
2.1. Тематика рефератів з фізичних основ механіки..... 103
2.2. Експериментальні завдання з механіки..... 107
2.3. Тематика курсових робіт з механіки..... 109
3. Підсумковий контроль з механіки..... 114
3.1. Комплексна контрольна робота з розділу загальної

фізики “Фізичні основи механіки”..... 115
4. Додатки 126
4.1. Одиниці вимірювання механічних величин в системі СІ..... 127
4.2. Фізичні сталі та астрономічні величини..... 128
4.3. Густини речовин..... 129
4.4. Пружні властивості твердих тіл..... 130
4.5. Деякі числа та їх логарифми..... 130
4.6. Відомості з геометрії..... 131
4.7. Обчислення визначників та розв’язки алгебраїчних рівнянь..... 132
4.8. Властивості деяких елементарних функцій..... 133
4.9. Похідні елементарних функцій..... 135
4.10. Таблиці невизначених інтегралів..... 135
4.11. Розклад елементарних функцій у степеневі ряди..... 136
4.12. Формули наближених обчислень..... 137
4.13. Елементи векторної алгебри..... 137
4.14. Префікси і множники для утворення кратних і часткових одиниць..... 138
Зміст 139

Навчальне видання

Богдан Петрович Дем'янюк
Борис Сергійович Колупаєв

МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ З МЕХАНІКИ

Комп'ютерний набір: **Н.Козлюк**

Комп'ютерна верстка: **Л.Слободенюк**

Комп'ютерний макет: **О.Третяк**

Дем'янюк Б.П., Колупаєв Б.С.
Модульний контроль з механіки: Навчальний посібник. – Рівне: РДГУ, 2008. – 141 с.

У посібнику до кожного змістового модуля з механіки подано перелік контрольно-оцінкових заходів та завдання для рейтингового контролю самостійної роботи студентів спеціальності "фізики". Комплекти завдань містять якісні, розрахункові та графічні задачі, фізичні диктанти, завдання для тестового контролю, пакети орієнтовних контрольних робіт, орієнтовні білети модульних екзаменів та інші організаційно-методичні матеріали.

Для студентів і викладачів фізичних спеціальностей вищих навчальних закладів III – IV рівнів акредитації.

ББК 22. 36я73