

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ:

**до виконання лабораторних робіт змістового
модуля «Механіка» з дисципліни «Фізика»**

Запоріжжя 2024



УДК 531/534(072)
М54

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від 27.09.2024 р.)

Укладач

Кайдан В.П., викладач вищої кваліфікаційної категорії

- М54 Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт змістового модуля «Механіка» з дисципліни «Фізика» (для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти) / уклад. В.П. Кайдан. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА». 2024. 33 с.

Методичні вказівки містять відомості щодо виконання завдання лабораторних робіт змістового модуля «Механіка» та критеріїв оцінювання. Матеріал навчального посібника має на меті підвищити рівень знань студентів у галузі механіки, зокрема у розумінні основних законів і принципів. Він спрямований на вдосконалення практичних навичок виконання лабораторних робіт, аналізу отриманих результатів та формулювання висновків. Крім того, посібник покликаний покращити якість навчального процесу шляхом поєднання теоретичних знань із практичними завданнями, стимулювати критичне мислення студентів через самостійний пошук рішень і аналіз помилок, а також підвищити зацікавленість у предметі завдяки інтерактивним і прикладним методам навчання. Рекомендовано для студентів технічних спеціальностей усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

УДК 531/534(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024



ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Вимоги до виконання лабораторних робіт	6
2. Лабораторні роботи	8
Лабораторна робота №1 Ознайомлення та вивчення законів кінематики	8
Лабораторна робота №2 Ознайомлення та вивчення законів фізики твердого тіла	16
Лабораторна робота №3 Ознайомлення та вивчення законів фізики рідин та газів.	22
Перелік використаних джерел	33



ВСТУП

Фізика є наукою, що досліджує найпростіші та водночас універсальні закономірності природних явищ, властивості та структуру матерії, а також закони її руху. Її поняття й закони складають основу всього природознавства. Як точна наука, фізика вивчає кількісні закономірності явищ, забезпечуючи фундаментальну підготовку. Цей курс сприяє формуванню системного підходу до моделювання й прогнозування процесів у природних та інженерних екосистемах, аналізу технічних рішень. Він стане ефективним інструментом для розуміння та управління процесами в електромеханічних системах, застосовуваних у металургії та гірництві. Ви здобудете навички формалізації, розв'язання інженерно-технічних і науково-прикладних задач, а також формування інженерного мислення, включаючи аспекти забезпечення безпеки праці на виробництві. Це дозволить вам стати конкурентоспроможним фахівцем у майбутній професійній діяльності, який упевнено орієнтується в сучасних технологіях і перспективних напрямках розвитку, готовий до професійного зростання, адаптації в суміжних сферах і забезпечення соціальної та професійної мобільності.

Методичні вказівки, представлені у цьому посібнику, створені для забезпечення якісного виконання лабораторних робіт із змістового модуля «Механіка» в рамках дисципліни «Фізика». Вони спрямовані на формування у студентів практичних навичок і поглиблення теоретичних знань, отриманих під час вивчення основ механіки. Лабораторні роботи є важливою частиною навчального процесу, оскільки дозволяють закріпити теоретичний матеріал через виконання експериментальних завдань, спрямованих на дослідження фізичних явищ, вимірювання фізичних величин та аналіз результатів.

Особливу увагу приділено не лише традиційним методам вимірювань і аналізу, але й застосуванню сучасних інформаційних



технологій для обробки даних та моделювання фізичних систем. Це дозволяє студентам краще зрозуміти сутність явищ, які вивчаються, а також формує у них вміння використовувати інженерний підхід для розв'язання практичних завдань. Методичні вказівки сприяють розвитку логічного мислення, вміння працювати з науковими інструментами і матеріалами, а також аналізувати і систематизувати отримані дані.

Навчання за даними методичними рекомендаціями дозволяє студентам розвинути як базові, так і спеціалізовані навички, необхідні для майбутньої професійної діяльності у технічних галузях, а також сприяє підвищенню їхньої конкурентоспроможності на ринку праці.



1 ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторні роботи в рамках курсу виконуються у віртуальному навчальному середовищі, створеному на платформі Phet.colorado.edu. Оцінювання кожної лабораторної роботи здійснюється на основі звіту, який додається до відповідної активності на платформі Moodle. Максимальна оцінка визначається з урахуванням правильності проведених розрахунків, послідовності етапів розв'язання задачі, аналізу отриманих результатів, а за потреби – геометричної ілюстрації.

Для успішного виконання лабораторних робіт у рамках курсу необхідно дотримуватися наступних вимог:

1. **Ознайомлення з теоретичним матеріалом:** Перед виконанням лабораторної роботи студенти повинні опрацювати відповідний теоретичний матеріал з теми, що викладається в методичних рекомендаціях, а також ознайомитися з алгоритмом виконання завдання.

2. **Дотримання інструкцій:** Усі етапи лабораторної роботи повинні виконуватися відповідно до інструкцій, викладених у методичних рекомендаціях. Особливу увагу слід приділяти правильності налаштування віртуального навчального середовища та обраних параметрів для проведення експерименту.

3. **Коректність розрахунків:** Розрахунки, представлені у звіті, мають бути обґрунтованими, точними та супроводжуватися необхідними поясненнями. Для перевірки правильності розрахунків слід використовувати рекомендовані формули та методи.

4. **Чіткість і логічність звіту:** Звіт має бути структурованим, із зазначенням основних етапів роботи: постановка задачі, методика виконання, розрахунки, аналіз результатів та висновки. Графіки, таблиці та ілюстрації, за потреби, мають бути чітко підписаними та відповідати змісту роботи.



5. **Дотримання технічних вимог:** Звіт повинен бути підготовлений у текстовому редакторі та збережений у форматі .docx або .pdf. Він має бути завантажений у відповідний розділ платформи Moodle у встановлений термін.

6. **Самостійність виконання:** Усі роботи мають бути виконані індивідуально. Використання чужих матеріалів або автоматизованих рішень без узгодження з викладачем не допускається.

7. **Аналіз і висновки:** Особлива увага приділяється аналітичній частині звіту. Студент має продемонструвати здатність інтерпретувати отримані результати, робити висновки щодо фізичних процесів, які спостерігалися, та запропонувати можливі способи покращення проведеного експерименту.

8. **Дотримання графіку роботи:** Роботи необхідно здавати вчасно, згідно з графіком, зазначеним у розділі «Розподіл балів за контрольними точками та графік їх виконання».

9. **Оформлення та мова звіту:** Звіт має бути виконаний акуратно, без помилок, із дотриманням академічного стилю викладу. Використання зрозумілої технічної мови є обов'язковим.

10. **Повторна подача:** У разі необхідності виправлення звіту студент має право завантажити виправлений варіант без втрати максимальної оцінки, якщо це зроблено в межах установлених термінів.

Дотримання цих вимог забезпечить якісне виконання лабораторних робіт, закріплення теоретичних знань і розвиток практичних навичок, необхідних для майбутньої професійної діяльності.

2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота №1 Ознайомлення та вивчення законів кінематики

Мета:

Лабораторна робота №1 спрямована на ознайомлення студентів із основними законами кінематики, що описують рух матеріальних точок. Основна мета роботи полягає у вивченні математичних залежностей між переміщенням, швидкістю та прискоренням у різних видах руху: рівномірному, рівноприскореному та нерівномірному. Студенти мають навчитися вимірювати та аналізувати параметри руху тіл, а також використовувати отримані дані для перевірки теоретичних положень кінематики. Ця робота формує навички експериментального дослідження кінематичних величин, розвиває вміння обробляти результати вимірювань, оцінювати похибки і формулювати висновки.

Обладнання:

Лабораторна робота виконується у віртуальному середовищі за допомогою симуляції «Рух тіл, що кидаються під кутом» на платформі [PhET Interactive Simulations](#). Для успішного виконання роботи необхідні наступні ресурси та обладнання:

1. Персональний комп'ютер або ноутбук
 - Операційна система: Windows, macOS, Linux.
 - Веббраузер: сучасна версія Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge або Safari.
2. Доступ до інтернету
 - Для завантаження та використання симуляції.
3. Симуляція «Рух тіл, що кидаються під кутом»
 - Інтерактивне середовище з можливістю моделювання різних параметрів руху (кут кидання, початкова швидкість, сила тяжіння тощо).

4. Текстовий редактор

- Для підготовки звіту (Microsoft Word, Google Docs або аналогічний).

5. Калькулятор

- Для проведення розрахунків під час обробки отриманих даних.

6. Методичні рекомендації

- Інструкція для виконання роботи із зазначенням мети, порядку дій, та формул для розрахунків.

7. Візуалізаційні інструменти

- Можливість будувати графіки залежностей (координата від часу, швидкість від часу тощо) за допомогою графічних програм або вбудованих засобів симуляції.

Цей набір ресурсів забезпечує зручне проведення експериментів, точний аналіз результатів і якісне виконання лабораторної роботи.

Хід і результати роботи:

1. Ознайомитись з наведеним теоретичним матеріалом за темою.

Розгляньмо рух тіла, якому поблизу поверхні Землі надали початкової швидкості \vec{v}_0 в певному напрямі, не обов'язково вертикальному. Уважатимемо, що опором повітря можна знехтувати. Тоді на тіло під час руху діє тільки сила тяжіння з боку Землі, яка надає тілу прискорення вільного падіння \vec{g} . Швидкість руху тіла в довільний момент $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$.

Такий рух можна розглядати як «суму» рухів по горизонталі та вертикалі, тобто вздовж осей Ox і Oy .

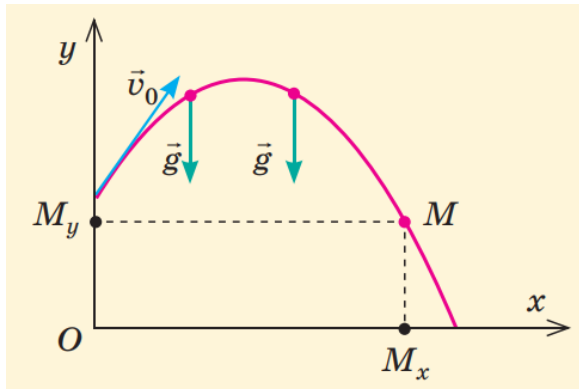


Рис. 1.1 Рух матеріальної точки M під дією постійної сили тяжіння

Оскільки $g_x = 0$, рух по горизонталі є рівномірним (у будь-який момент $v_0 = v_{0x}$), а рух по вертикалі — рівноприскореним (у будь-який момент $v_y = v_{0y} + g_y t = v_{0y} - gt$). Модуль повної швидкості руху тіла $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

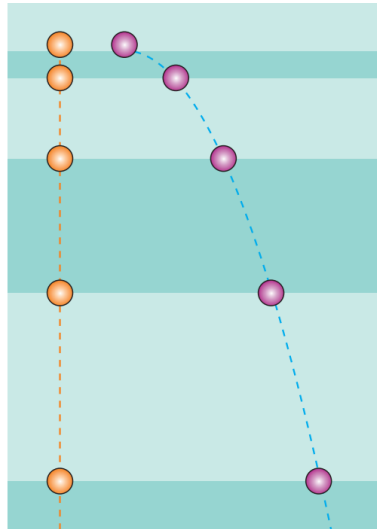


Рис. 1.2. Стробоскопічні зображення рухів двох кульок (рухи почалися одночасно): вільного падіння без початкової швидкості та руху з початковою швидкістю, напрямленою горизонтально.

Якщо початкова швидкість тіла напрямлена горизонтально, то $v_x = v_{0x} = v_0$, $v_y = v_{0y} - gt = -gt$. Залежність координат тіла від часу має



вигляд:

$$x = v_0 t, y = y_0 - \frac{gt^2}{2}.$$

Рух по вертикалі відбувається так само, як у випадку падіння без початкової швидкості. Виключивши з останніх рівнянь t , отримаємо

$$y = y_0 - \frac{gx^2}{2v_0^2}.$$

Це рівняння параболи. З умови $y=0$ знаходимо координату $x=L$ падіння тіла на поверхню Землі:

$$L = v_0 \sqrt{\frac{2y_0}{g}}.$$

Проекції швидкості руху тіла та модуль швидкості можна знайти з формул рівноприскореного руху, проте зручніше буває скористатися законом збереження механічної енергії.

Розгляньмо також випадок, коли тіло кидають з поверхні Землі ($y_0 = 0$) під кутом α до горизонту. У цьому випадку $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$, $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$. Формули залежності проекцій швидкості та координат тіла від часу мають вигляд

$$v_x = v_0 \cos \alpha, x = v_0 \cos \alpha \cdot t$$
$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt, y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}.$$

Виразивши t через x , отримаємо квадратичну залежність $y(x)$; отже, траєкторія руху тіла є параболою. Це, зокрема, означає: частини траєкторії, що відповідають руху вгору та руху вниз, є симетричними.

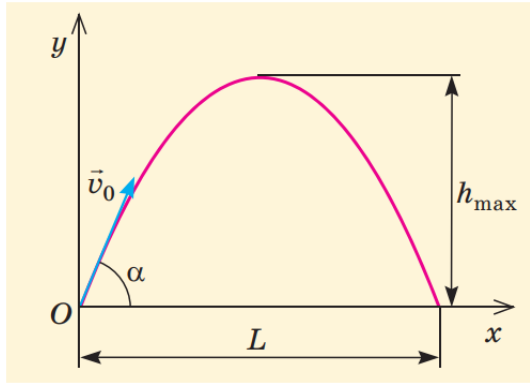


Рис. 1.3. Рух тіла, яке кинули під кутом до горизонту

З наведених формул можна отримати головні характеристики руху та траєкторії. Час t_1 руху до верхньої точки визначимо з умови $v_y(t_1) = 0$,

$$\text{звідки } t_1 = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

Максимальну висоту h_{\max} підняття тіла можна знайти із залежності $y(t)$ або ще простіше — урахувати, що середнє значення вертикальної проекції швидкості тіла під час руху вгору $v_{y \text{ сеп}} = \frac{v_0 \sin \alpha + 0}{2}$. Таким чином,

$$h_{\max} = v_{y \text{ сеп}} \cdot t_1 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

Загальний час руху

$$t = 2t_1 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

Отже, дальність польоту

$$L = v_0 \cos \alpha \cdot t = \frac{2v_0^2 \cos \alpha \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$



З останньої формули випливає, що за певної початкової швидкості v_0 максимальна дальність польоту досягається, коли $\sin 2\alpha = 1$ тобто за умови $\alpha=45^\circ$. Можна зробити й іще один висновок: якщо кут α замінити на $90^\circ-\alpha$, то дальність польоту не зміниться (значення $\sin\alpha$ і $\cos\alpha$ просто «поміняються місцями»). Отже, тіло може пролетіти однакову відстань по горизонталі (та влучити в одну й ту саму точку), рухаючись однією з двох траєкторій. Вищу траєкторію називають навісною, а нижчу — настильною. Навісними траєкторіями рухаються, наприклад, випущені з міномета міни; тому вони можуть вражати цілі на закритих позиціях (зворотних схилах пагорбів тощо).

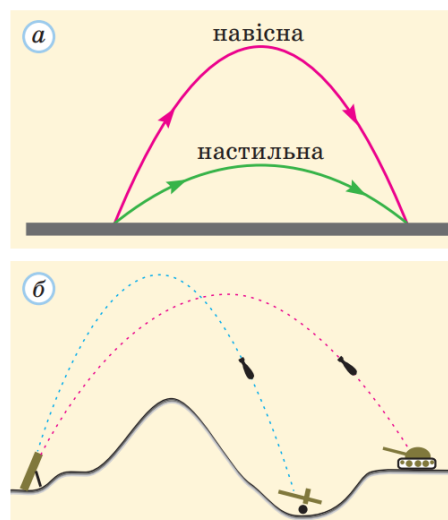


Рис. 1.4. Настильна та навісна траєкторії (а); навісні траєкторії руху мін (б)

2. Перейти за посиланням

https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_all.html?locale=uk.

3. Запустити симуляцію та опрацювати можливі функції. Додайте до звіту скрини (2-3 шт.), що підтверджують виконання завдання.

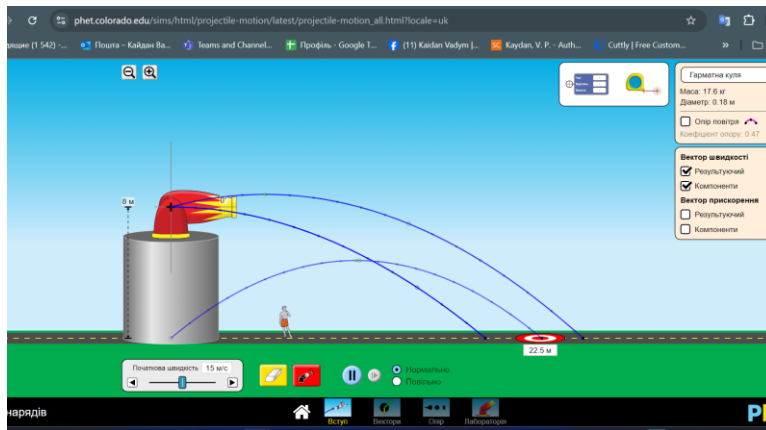


Рис. 1.5. Приклад скрина роботи з симуляцією

4. Виходячи із наданих параметрів за допомогою формул п. 1 зробити розрахунки та заповнити таблицю 1.1, прийнявши значення прискорення вільного падіння $g=9,8 \text{ м/с}^2$:

Таблиця 1.1.

№	Початкова швидкість, м/с	Кут, градусів	Максимальна висота підйому, м	Час польоту, с	Дальність польоту, м
1	15	25			
2	15	35			
3	15	45			
4	15	55			
5	15	65			
6	15	75			
7	15	85			

5. Перевірити за допомогою симуляції (для гарматної кулі) результати розрахунків та підтвердити це за допомогою скринів екрану (один скрин на один дослід), зробіть висновок.

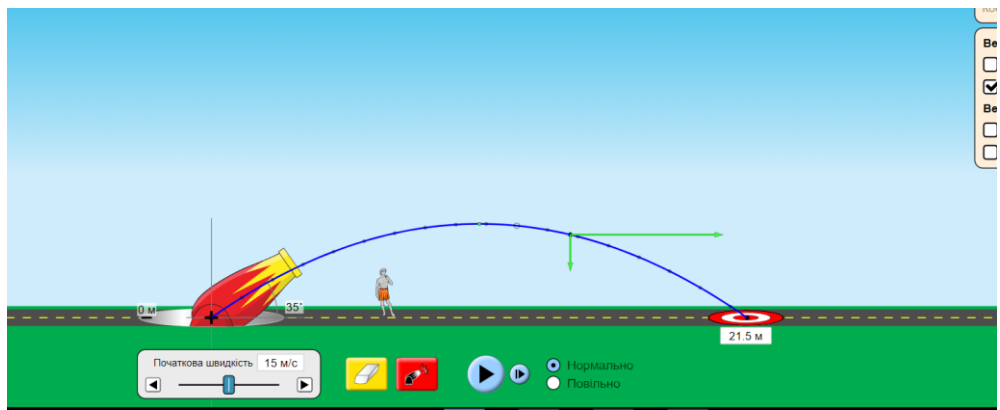


Рис. 1.6. Приклад скрина виконаної роботи

6. Підготувати звіт та надати його для перевірки.



Лабораторна робота №2 Ознайомлення та вивчення законів фізики твердого тіла

Мета:

Лабораторна робота №2 має на меті ознайомлення студентів із основними законами фізики твердого тіла, а також вивчення властивостей і поведінки твердих тіл під дією зовнішніх сил. Основна мета роботи — дослідити основні характеристики стану рівноваги системи, що складається з кількох тіл.

Під час виконання роботи студенти набувають навичок аналізу статичних і динамічних властивостей твердих тіл, рівноваги моментів сил і інших фізичних принципів. Особлива увага приділяється дослідженню отримання стану рівноваги в залежності від прикладених сил і умов навколишнього середовища.

Ця лабораторна робота спрямована на розвиток практичних умінь вимірювати фізичні величини, аналізувати залежності та перевіряти теоретичні положення, що лежать в основі фізики твердих тіл.

Обладнання:

Лабораторна робота виконується у віртуальному середовищі за допомогою симуляції «Балансування» на платформі [PhET Interactive Simulations](#). Для успішного виконання роботи необхідно мати наступні ресурси та інструменти:

1. Персональний комп'ютер або ноутбук
 - Операційна система: Windows, macOS або Linux.
 - Веббраузер: сучасна версія Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge або Safari.
2. Доступ до інтернету
 - Для завантаження і роботи з інтерактивною симуляцією.
3. Симуляція «Балансування»
 - Інтерактивне середовище для моделювання рівноваги на важелях, розрахунку моментів сил і їхнього впливу на баланс



твердого тіла.

4. Текстовий редактор

- Для підготовки звіту (Microsoft Word, Google Docs або аналогічні редактори).

5. Калькулятор

- Для виконання розрахунків моментів сил і перевірки умов рівноваги.

6. Методичні рекомендації

- Інструкція до виконання лабораторної роботи, яка містить послідовність дій, формули для розрахунків та вимоги до звіту.

7. Програми для побудови графіків (за необхідності)

- Якщо дослідження включає графічне представлення залежностей, можна використовувати Excel або Google Sheets.

Ці ресурси забезпечують можливість вивчення законів рівноваги твердого тіла, аналізу впливу різних сил і моментів на стійкість системи, а також якісне виконання роботи з документуванням результатів.

Хід і результати роботи:

1. Ознайомитись з наведеним теоретичним матеріалом за темою.

Важелем називається тверде тіло, що має нерухому вісь обертання і яке піддане дії кількох (не менше двох) моментів зовнішніх сил. Часто вісь обертання проходить через центр мас важеля, що дозволяє не рахуватися з силою тяжіння, яка діє на важіль. Якщо зовнішні сили прикладені по різні боки від осі обертання O , то важіль називається важелем першого роду (див. рис. 2.1). Якщо ж вони лежать з одного боку, то - важелем другого роду (див. рис. 2.2). Так, ножиці є важелем першого роду, а весло, вставлене в кочет, - важелем другого роду, тому що точкою опори є кінець весла, занурений у воду. Звичайно, важіль може бути й криволінійним, а сили можуть бути напрямлені під будь-яким кутом до його осі.

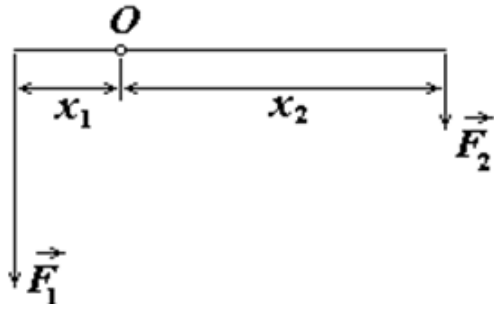


Рис. 2.1. Важель першого роду

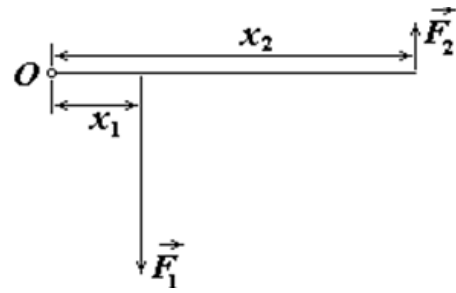


Рис. 2.2. Важель другого роду

Згідно з основним рівнянням динаміки обертального руху твердого тіла $\vec{\varepsilon} = \vec{M}/J$, важіль перебуватиме в спокої або рівномірно обертатиметься, якщо сума моментів зовнішніх сил відносно осі дорівнює нулю. Нехай сили \vec{F}_1 і \vec{F}_2 паралельні одна одній і перпендикулярні до осі важеля. Тоді $\vec{\varepsilon} = 0$ при $|\vec{M}| = F_1x_1 - F_2x_2 = 0$ де x_1 і x_2 - плечі відповідних сил. Звідси $F_2/F_1 = x_1/x_2$. Оскільки лінійні переміщення точок прикладення сил (на рис. 2.1 і 2.2 у вертикальному напрямі) прямо пропорційні плечам важеля, то

$$\frac{dS_2}{dS_1} = \frac{x_2 d\phi}{x_1 d\phi} = \frac{F_1}{F_2}$$

Одержане співвідношення виражає «золоте правило» механіки: що програється у відстані, те виграється в силі.

Оскільки сумарний момент сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 дорівнює нулю, то їх рівнодійна \vec{F} повинна проходити через вісь обертання O. Заміна реальних сил рівнодійною не повинна відбитися на стані важеля, тому момент рівнодійної відносно будь-якої осі повинен дорівнювати сумі моментів сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 відносно тієї ж осі. Проведемо осі через точки прикладення сил (перпендикулярно до площини рисунка). Тоді для важеля першого роду $Fx_2 = F_1(x_1 - x_2)$; $Fx_1 = F_2(x_1 + x_2)$. Звідси $x_1/x_2 = F_2/F_1$; $F = F_2 + F_1$.

Для важеля другого роду. Звідси $x_1/x_2 = F_2/F_1$; $F = F_2 - F_1$.

Отже рівнодійна двох паралельних сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 дорівнює векторній сумі цих сил $\vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$, а точка прикладення рівнодійної лежить на прямій, що проходить через точки прикладення сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 . Положення точки прикладення сили \vec{F} на цій прямій можна знайти з умови $x_1/x_2 = F_2/F_1$ та додаткової умови $x_1 + x_2 = h$ у випадку, коли сили напрямлені в один бік (див. рис. 2.3) і $|x_2 - x_1| = h$ у випадку, коли сили напрямлені в протилежні боки (див. рис. 2.4). Тут h - відстань між точками прикладення сил \vec{F}_1 і \vec{F}_2 .

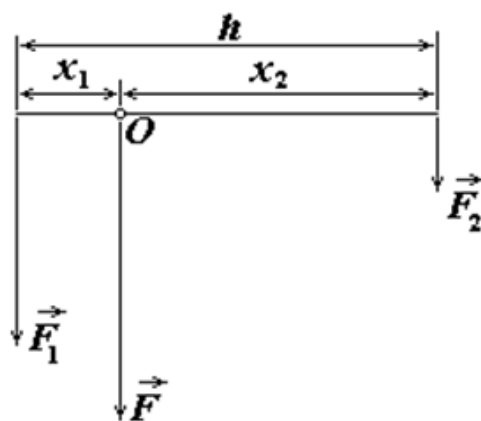


Рис. 2.3. Сили напрямлені в один бік

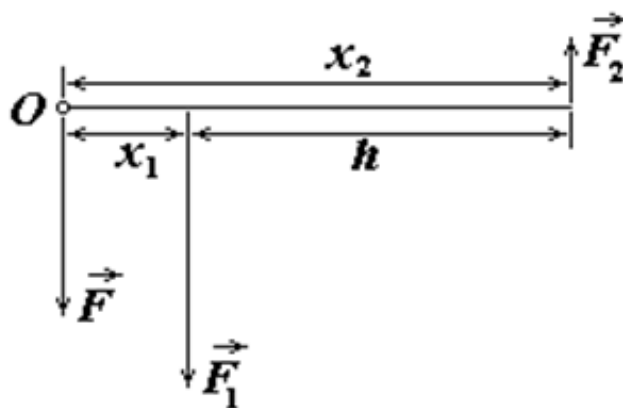


Рис. 2.4. сили напрямлені в протилежні боки

2. Перейти

за

посиланням

https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_all.html?locale=uk

3. Запустити симуляцію та опрацювати можливі функції. Додайте до звіту скрини (2-3 шт.), що підтверджують виконання завдання.

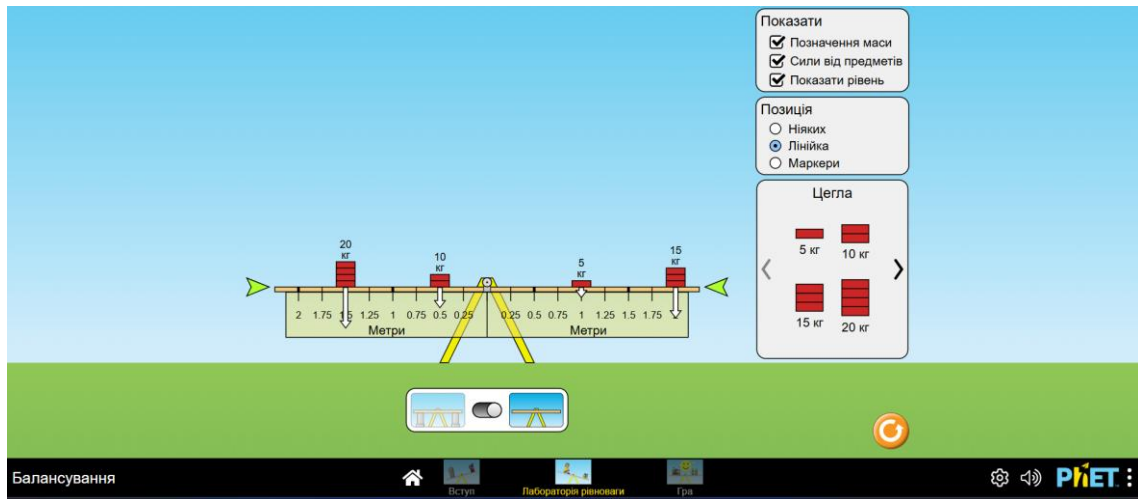


Рис. 2.5. Приклад скрини виконаної роботи

4. Виходячи із наданих параметрів за допомогою наступної формули $m_2/m_1 = x_1/x_2$ зробити розрахунки з визначення невідомого параметру та заповнити таблицю 2.1:

Таблиця 2.1

№	m_1 , КГ	x_1 , М	m_2 , КГ	x_2 , М
1	5	2	20	
2	10	1,5	15	
3	15	0,75	10	
4	20	1	10	

5. Перевірити отримані результати розрахунків в п. 4 за допомогою симуляції та підтвердити це за допомогою скринів екрану (один скрин на один дослід), зробіть висновок



6. Виходячи із наданих параметрів за допомогою наступної формули $m_1x_1 + m_2x_2 = m_3x_3$ зробити розрахунки з визначення невідомих параметрів та заповнити таблицю 2.2:

Таблиця 2.2

№	m_1 , КГ	x_1 , М	m_2 , КГ	x_2 , М	m_3 , КГ	x_3 , М
1	20	0,5	10	1		
2	5	2	20	1		
3	20	0,5	20	0,25		
4	10	2	5	0,5		

7. Перевірити отримані результати розрахунків в п. 6 за допомогою симуляції та підтвердити це за допомогою скринів екрану (один скрин на один дослід), зробіть висновок

8. Підготувати звіт та надати його для перевірки.



Лабораторна робота №3 Ознайомлення та вивчення законів фізики рідин та газів.

Мета:

Лабораторна робота №3 має на меті ознайомлення студентів із основними законами фізики рідин і газів, а також вивчення їхніх властивостей і поведінки в різних умовах. Основна мета роботи — дослідити властивості рідин і газів, такі як тиск, густина, а також їх взаємодію із зовнішніми силами.


Під час виконання роботи студенти мають можливість вивчити закони Паскаля, Архімеда, Бернуллі, рівняння нерозривності та інші фундаментальні положення гідро- та аеродинаміки. Особлива увага приділяється аналізу залежності характеристик рідин і газів від зовнішніх параметрів, таких як об'єм і тиск.

Робота спрямована на розвиток практичних навичок експериментального дослідження, розрахунків і графічного аналізу, що дозволяє перевірити теоретичні положення та отримати глибше розуміння поведінки рідин і газів у природних і технічних умовах.

Обладнання:

Лабораторна робота виконується у віртуальному середовищі за допомогою симуляцій «**Основи плавучості**» та «**Під тиском**», доступних на платформі [PhET Interactive Simulations](https://phet.colorado.edu/). Для успішного виконання роботи необхідно мати наступні ресурси:

1. Персональний комп'ютер або ноутбук
 - Операційна система: Windows, macOS або Linux.
 - Веббраузер: сучасна версія Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge або Safari.
2. Доступ до інтернету
 - Для завантаження симуляцій і їхнього використання в режимі онлайн.
3. Симуляція «Основи плавучості» (Buoyancy Basics)

- 
- Інтерактивне середовище для дослідження законів Архімеда, залежності підйомної сили від об'єму та густини тіла, а також поведінки тіл у рідинах.

4. Симуляція «Під тиском» (Under Pressure)

- Інструмент для вивчення залежності тиску в рідинах і газах від глибини, густини та зовнішніх сил.

5. Методичні рекомендації

- Інструкція для виконання роботи, яка містить теоретичний матеріал, порядок дій у симуляції та формули для розрахунків.

6. Текстовий редактор

- Для підготовки звіту (Microsoft Word, Google Docs або подібні інструменти).

7. Калькулятор

- Для виконання розрахунків параметрів, таких як тиск, підйомна сила, густина тощо.

8. Програми для побудови графіків (за потреби)

- Наприклад, Excel або Google Sheets для візуалізації залежностей між величинами, отриманими під час роботи.

Цей набір ресурсів дозволяє ефективно досліджувати фізичні закони, що стосуються рідин і газів, проводити аналіз експериментальних даних, а також документувати отримані результати у звіті.

Хід і результати роботи:

1. Ознайомитись з наведеним теоретичним матеріалом за темою.

Гідростатика – це розділ механіки, який вивчає умови рівноваги рідин і газів, а також їх дію на занурені в них тіла.

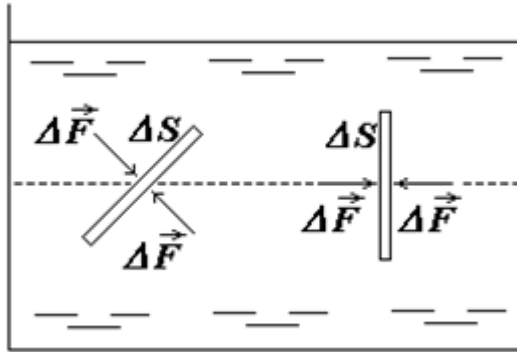


Рис. 3.1. Сили, що діють на занурену в рідину пластинку

Якщо стискати рідину або газ у циліндрі під поршнем, то відстань між молекулами буде зменшуватися в усіх напрямках і в усьому об'ємі, а не переважно в напрямі прикладеної зовнішньої сили, як це буває у твердих тілах. Якщо в нерухому рідину або газ занурити тонку пластинку, то частини рідини або газу, що перебувають по різні боки, діятимуть на кожний елемент ΔS із силами $\Delta \vec{F}$. Ці сили, незалежно від того, як пластинка орієнтована, будуть однакові за величиною і напрямлені перпендикулярно до площини ΔS (див. рис. 3.1), інакше наявність дотичних сил надала б руху частинкам рідини або газу. Границя

$$p = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}$$

є скалярною величиною і називається статичним тиском у даному місці рідини або газу. Одиниця вимірювання тиску – $\text{Н/м}^2 = \text{Па}$ (паскаль).

Умова рівноваги по вертикалі виділеного подумки циліндричного об'єму рідини (див. рис. 3.2) має вигляд $p_2 \Delta S = p_1 \Delta S + \rho g \Delta h \Delta S$, де p_1 і p_2 тиски на верхню і нижню поверхні циліндричного об'єму, ΔS – площа кожної з цих поверхонь, Δh – висота циліндричного об'єму, ρ – густина рідини, g – прискорення вільного падіння.

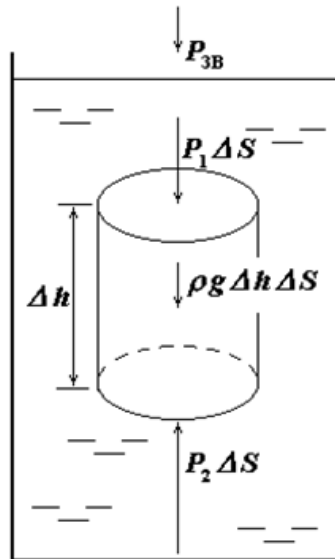


Рис. 3.2. Умова рівноваги по вертикалі виділеного подумки
циліндричного об'єму рідини

Тиск на двох різних рівнях різниться на величину $p_2 - p_1 = \rho g \Delta h$. Тиск, спричинений силою тяжіння рідини і залежний від глибини h під поверхнею рідини, називається гідростатичним тиском $p_{гс} = \rho g h$. Статичний тиск рідини p складається з зовнішнього тиску $p_{зв}$ і гідростатичного тиску $p_{гс}$:

$$p = p_{зв} + p_{гс}$$

Атмосферний тиск також можна розглядати як гідростатичний тиск атмосферного повітря, але тут слід ураховувати залежність густини газу від тиску, а отже, і від висоти.

Виділимо подумки в товщі рідини об'єм у вигляді тригранної призми (див. рис. 3.3), такої малої, що різницею гідростатичних тисків вздовж кожної з її граней можна знехтувати ($\Delta h \ll h$).

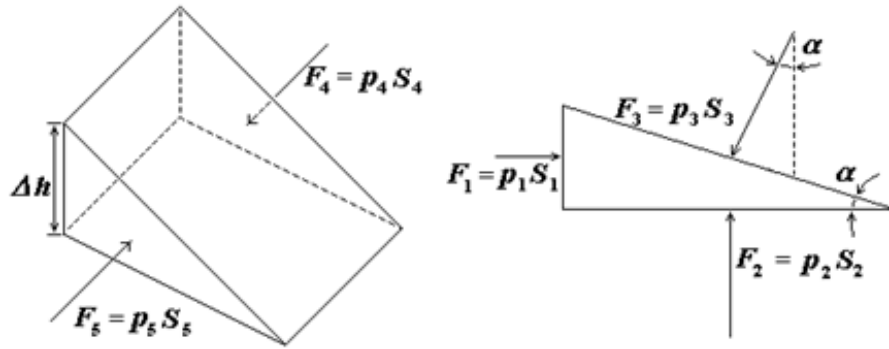


Рис. 3.3. Сили, що діють на поверхні тригранної призми в рідині



Рис. 3.4. Демонстрація умови рівноваги

Умови рівноваги запишуться так:

$$p_1 S_1 = p_3 S_3 \sin \alpha = p_3 S_1; p_2 S_2 = p_3 S_3 \cos \alpha = p_3 S_2; p_4 S_4 = p_5 S_5. \quad (1.5.3)$$

Звідси: $p_1 = p_2 = p_3$; $p_4 = p_5$

Через те, що орієнтація призми і кут α довільні, величина тиску рідини в даній точці не залежить від орієнтації поверхонь.

Згідно з законом Паскаля, тиск у будь-якому місці нерухомої рідини (або газу) однаковий в усіх напрямках; зовнішній тиск передається рідиною (або газом) однаково на весь об'єм.

Наслідки закону Паскаля.

а) Дія гідравлічного преса (див. рис. 3.5). Виграш у силі дорівнює відношенню площ поршнів: $F_1/F_2 = S_1/S_2$, де F_1 і F_2 сили, які діють на поршні з площами S_1 і S_2 .

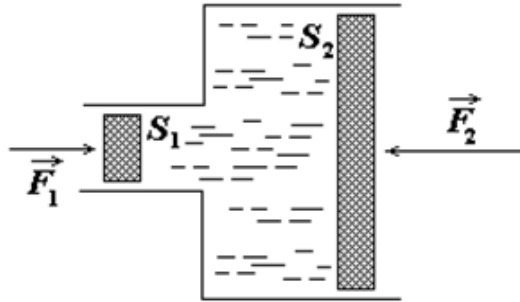


Рис. 3.5. Модель гідравлічного преса

б) «Гідростатичний парадокс». Тиск на дно посудини, заповненої рідиною, не залежить від форми посудини і зумовлений рівнем рідини. Парадокс полягає ось у чому: рівні рідини в посудинах А, В і С (див. рис. 3.6.) однакові, отже і тиск рідини на дно всіх трьох посудин однаковий: $p = \rho g H$, де H – висота рівня рідини в посудинах. Але вага рідини в посудині В більша, ніж у посудині А, (при однаковій площі дна) і тому посудина В повинна чинити більший тиск $p_B = m_B g / S$ на опору, ніж посудина А, тиск якої $p_A = m_A g / S$.

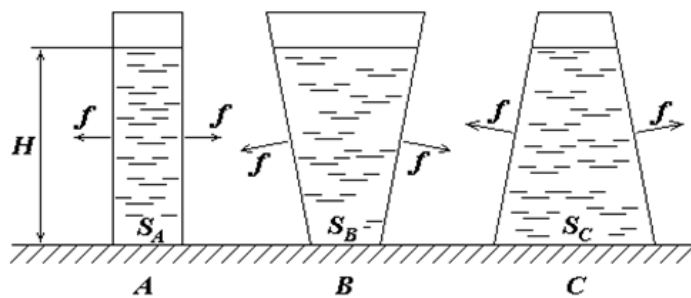


Рис. 3.6. «Гідростатичний парадокс»

У посудинах В і С вага рідини однакова, а площі дна – різні, отже тиски посудин на опору повинні різнитися: $p_B > p_C$, тому що $S_B < S_C$. Розв'язок парадокса полягає в тому, що для посудини В до сили тиску



рідини на дно посудини додається вертикальна складова сили тиску рідини на бокові стінки посудини. Для посудини С така сама складова віднімається від сили тиску рідини на дно посудини.

в) Закон сполучених посудин. Однорідна рідина в сполучених посудинах (див. рис. 3.7) установлюється на однаковому рівні.

Закон Архімеда: кожне занурене в рідину або газ тіло виштовхується архімедовою силою \vec{F}_A , яка чисельно дорівнює вазі рідини, витісненої цим тілом, але протилежна за напрямом: $\vec{F}_A = -\rho_L V \vec{g}$, де ρ_L – густина рідини. Архімедова сила прикладена до центра мас витісненого об'єму V рідини.

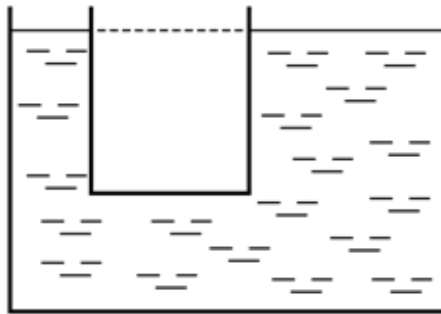


Рис. 3.7. Закон сполучених посудин

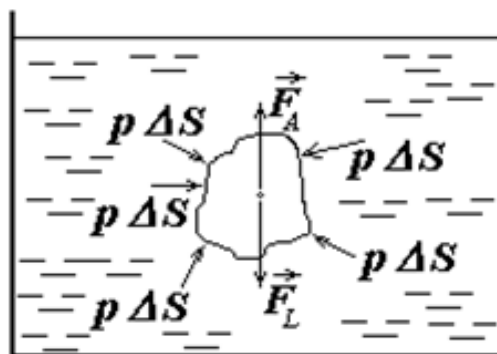


Рис. 3.8. Сили, що діють на тіло, розміщене в товщі рідини

Умова плавання тіла полягає в тому, що архімедова сила зрівноважує силу тяжіння (див. рис. 3.9). Якщо вага \vec{F}_T тіла більша за

архімедову силу \vec{F}_A , то тіло опускається на дно (баластні камери заповнені водою, субмарина лежить на ґрунті).

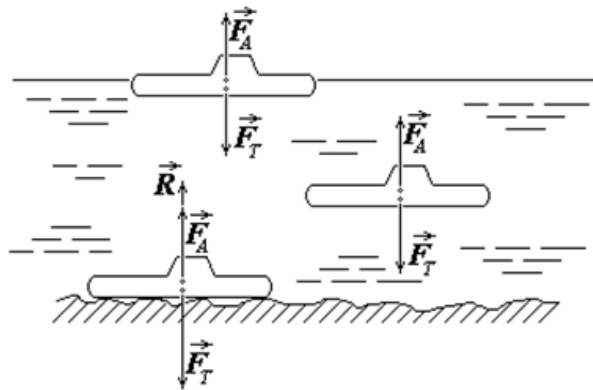


Рис. 3.9. Умова плавання тіла

Архімедова сила \vec{F}_A разом із силою реакції ґрунту \vec{R} зрівноважують силу тяжіння \vec{F}_T . Якщо $|\vec{F}_T| = |\vec{F}_A|$, то тіло перебуває в завислому стані (баластні камери заповнені водою лише частково, субмарина занурена на деяку глибину). Якщо вага тіла менша за архімедову силу, то тіло виринає, частина тіла піднімається над поверхнею рідини, об'єм витісненої рідини зменшується доти, поки архімедова сила не зрівняється з вагою тіла (баластні камери вільні від води, субмарина спливла).

2. Перейти за посиланнями, запустити симуляцію та опрацювати можливі функції. Додайте до звіту скрини (по 2 на симуляцію), що підтверджують виконання завдання:

https://phet.colorado.edu/sims/html/buoyancy-basics/latest/buoyancy-basics_all.html

https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_all.html

3. Визначення густини рідини за допомогою вимірювання сили Архімеда (https://phet.colorado.edu/sims/html/buoyancy-basics/latest/buoyancy-basics_all.html).

Обираємо речовину «алюміній». Об'єм тіла залишаємо 5 л.

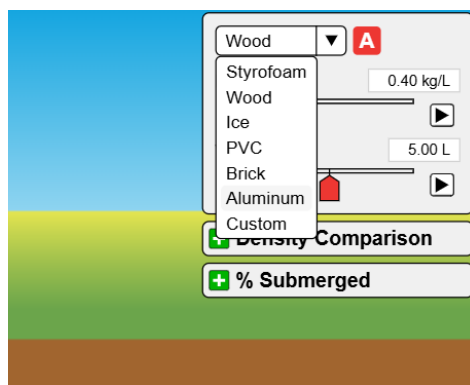


Рис. 3.10. Приклад скрина виконання роботи (налаштування параметрів)

Вимірюємо силу тяжіння в повітрі F_n та в рідині F_p . Результати заносимо в таблицю. Визначаємо силу Архімеда як різницю виміряних величин: $F_A = F_n - F_p$. Враховуючи, що $g=9,8 \text{ м/с}^2$, а об'єм тіла $V=5 \text{ л}$, визначаємо густину рідини за формулою:

$$\rho = \frac{F_A}{g V}$$

Отримана відповідь надає густину виражену в кг/л .

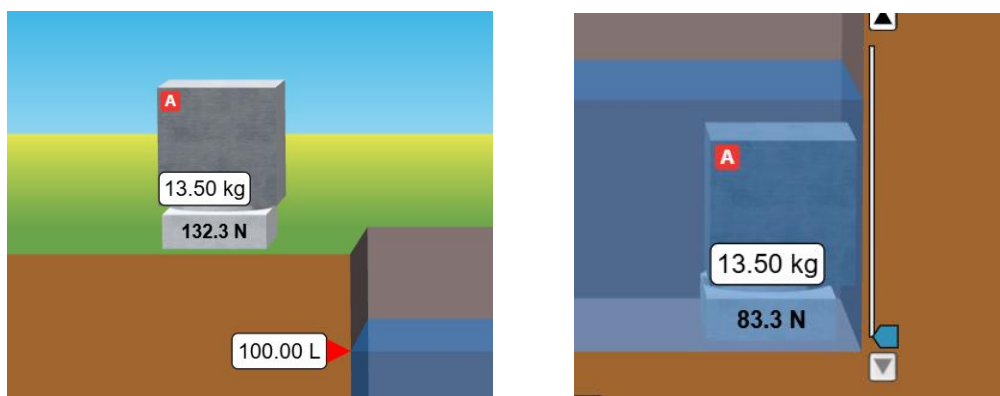


Рис. 3.11. Приклад скрина виконання роботи (вимірювання ваги тіла в повітрі та в рідині)

Змінюючи параметр «рідина» повторюємо дослід для бензину (gasoline), олія (oil), морська вода (seawater).

Для кожної речовини робимо скриншот та долучаємо його до звіту.

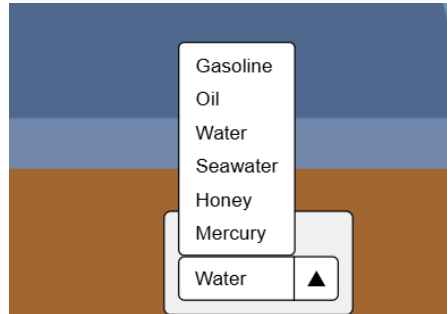


Рис. 3.12. Приклад скрина виконання роботи (вибір рідини)

Таблиця 3.1

№	F_l, H	F_r, H	F_A, H	$\rho, \text{кг/л}$	Назва речовини
1					
2					
3					
4					

4. Перевірка закону Паскаля та його наслідків.

(https://phet.colorado.edu/sims/html/under-pressure/latest/under-pressure_all.html).

Переходимо за посиланням, обираємо другий пункт симуляції.



Рис. 3.13. Приклад скрина виконання роботи (вибір форми посудини)



Використовуючи манометр порівнюємо тиск в різних точках на однаковій висоті як в повітрі, так й в рідині. Для кращого орієнтування вмикаємо показники висоти (Grid).

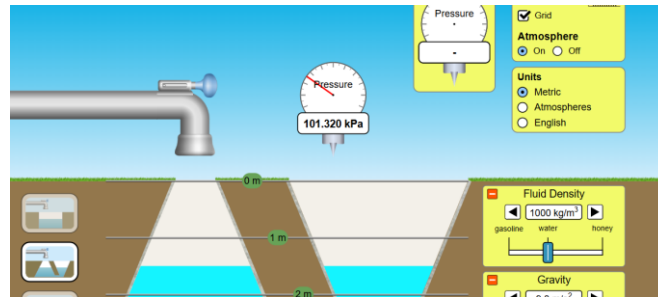


Рис. 3.14. Приклад скрина виконання роботи (вимірювання тиску)

Дослід повторити два рази для різних рівнів рідини в резервуарі. Скриншоти долучити до звіту. Зробити висновки.

5. Ознайомлення з принципом роботи гідравлічного пресу.

Перейти до третього пункту симуляції. Переміщуючи тіла до тонкої трубки спостерігайте за поведінкою рідини. Використовуючи манометр виміряйте тиск в різних точках рідини. Скриншоти долучить до звіту та зробіть висновки.

6. Підготувати звіт та надати його для перевірки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Clark A., Collett Ch., Fadem B. MC: Physics 121 - General Physics. LibreTexts. 2021. 657 p. URL: <https://read.kortext.com/library/books/997010>.
2. Kaidan V., Velychko V., Fedorenko E., Kaidan N. The use of computer modeling in the educational process based on the example of studying Coulomb's law. *Journal of Physics: Conference Series, Volume 2871, XVI International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2024)*. Kryvyi Rih, Ukraine. 2024. Vol. 2871. № 01201. DOI: 10.1088/1742-6596/2871/1/012014.
3. Дідух Л. Д. Електрика та магнетизм : підручник Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. 464 с.
4. Інтерактивні симуляції для природничих наук і математики : веб-сайт. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/> (дата звернення: 10.12.2024).
5. Мічіо Кайку. Фізика майбутнього / пер. з англ. А. Кам'янець. Львів : Літопис, 2018. 432 с. URL: <http://flibusta.is/b/436614>.
6. Правда М. І. Лекції з курсу загальної фізики. Розділ III. Електрика та магнетизм. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 56 с.
7. Правда М. І. Лекції з курсу загальної фізики. Розділ I. Механіка. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 55 с.
8. Прошкін С. С. Фізика. Словник-довідник : в 2 ч . : довідник для СПО. 2-е вид., Стереотип. 2019.
9. Роганков В. Б. 50 Лекцій з фізики для закладів вищої технічної освіти : підручник. Київ : Освіта України, 2019. 412 с.
10. Сергєєва О. Є., Федосов С. Н., Термінологічний фізичний словник : навчальний посібник. Одеса : ОНАХТ, 2020. 65 с.
11. Фелінський Г. С. Загальна фізика : підручник. Київ : Каравела, 2020. 656 с.



12. Ящинський Л. В., Коровицький А. М. Фізика : конспект лекцій для студентів технічних напрямів підготовки денної та заочної форм навчання. Луцьк : Луцький НТУ, 2019. 60 с.



Навчально-методичне видання

Кайдан Вадим Петрович

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до виконання лабораторних робіт змістового модуля
«Механіка» з дисципліни «Фізика»**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції