

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики та методики її навчання

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«__» _____ 20__ р.

Реєстраційний № _____

«__» _____ 20__ р.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВУОД ПІД ЧАС
ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ІЗ ФІЗИКИ

Кваліфікаційна робота студентки
групи ФМм-23
ступінь вищої освіти магістр
спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика та
астрономія)

Гладишко Анастасії Миколаївни

Керівник:

Доктор технічних наук, професор кафедри
фізики та методики її навчання

Здешиц Валерій Максимович

Оцінка:

Національна шкала _____

Шкала ECTS __ Кількість балів

Голова ЕК _____

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Члени ЕК _____

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

Я, Гладишко Анастасія Миколаївна, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело. Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

_____ (підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВВЕДЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЮ BYOD	7
1.1. Визначення та значення технології BYOD.....	7
1.2. Основні результати досліджень щодо впливу BYOD на освітній процес	9
1.3. Переваги та виклики використання BYOD у освітньому процесі.....	11
1.4. Інтеграція BYOD у освітній процес.....	14
Висновки до розділу 1.....	17
РОЗДІЛ 2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BYOD ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ	19
2.1. Методичні рекомендації для підготовки та організації занять із використанням BYOD.....	19
2.2. Приклади розробок лабораторних робіт з фізики з використанням технології BYOD.....	20
2.2.1. Лабораторна робота «Перевірка рівняння Бернуллі».....	20
2.2.2. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини».....	22
2.2.3. Лабораторна робота «Вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини методом важеля».....	26
2.2.4. Лабораторна робота «Визначення періоду коливань математичного маятника за допомогою магнітного датчика смартфона».....	32
2.2.5. Лабораторна робота «Використання режиму уповільненого відео смартфона для вимірювання гравітаційного прискорення»	34
2.2.6. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру»	37
2.2.7. Лабораторна робота «Петльовий маятник»	41
Висновки до розділу 2.....	45
РОЗДІЛ 3. АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ РЕКОМЕНДАЦІЇ В УМОВАХ ПРАКТИЧНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ	46
3.1. Лабораторна робота «Перевірка рівняння Бернуллі».....	46
3.2. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини»	47

	4
3.3. Лабораторна робота «Вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини методом важеля».....	48
3.4. Лабораторна робота «Визначення періоду коливань математичного маятника за допомогою магнітного датчика смартфона».....	50
3.5. Лабораторна робота «Використання режиму уповільненого відео смартфона для вимірювання гравітаційного прискорення»	52
3.6. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру».....	53
3.7. Лабораторна робота «Петльовий маятник».....	54
Висновок до розділу 3.....	58
ВИСНОВОК	60
Список використаних джерел.....	62

ВСТУП

Сьогодні зі стрімким розвитком мобільних додатків у освітньому процесі особливої актуальності набувають технології BYOD (Bring Your Own Device) – підходи, при яких на заняттях використовуються особисті пристрої студентів, такі як смартфони, планшети, лінійки, олівці, кульки тощо. Це дозволяє вирішити кілька важливих освітніх проблем, зокрема проблему оснащення навчальних закладів сучасним вимірювальним обладнанням.

Завдяки постійному розвитку мобільних додатків, значно розширюються можливості освітнього процесу.

Технологія BYOD стає максимально ефективною, коли всі учні мають доступ до дослідницьких установок. Особливо це складно забезпечити в умовах дистанційного навчання. Для вирішення цієї проблеми необхідно розробити лабораторні установки, які кожен учень може виготовити самостійно. Як приклад реалізації цього підходу у даній роботі розглядаються фізичні установки та методика проведення лабораторних робіт з використанням технології BYOD.

Метою магістерської роботи є висвітлення методики проведення фронтальних та дистанційних лабораторних робіт з фізики, яка використовує саморобні дослідницькі установки у поєднанні з технологією BYOD.

Завдання:

1. Провести огляд джерел інформації на задану тему.
2. Розкрити суть освітньої технології BYOD.
3. Створити рекомендації щодо використання технології BYOD під час виконання лабораторних робіт з фізики.
4. Апробувати розроблені рекомендації в умовах практичного навчання фізики в школах та ЗВО.

Об'єкт дослідження: навчальний процес під час виконання лабораторних робіт з фізики в школах та закладах вищої освіти.

Предмет дослідження: методичні матеріали, призначені для виконання лабораторних робіт з фізики із застосуванням технології BYOD.

Методи дослідження:

- теоретичні – вивчення та аналіз допоміжної літератури;
- емпіричні – розробка методики проведення фронтальних та дистанційних лабораторних робіт з фізики, яка використовує саморобні дослідницькі установки у поєднанні з технологією BYOD.

Робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків та списку використаних джерел.

ВВЕДЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЮ BYOD

1.1. Визначення та значення технології BYOD

BYOD (Bring Your Own Device) — це сучасна освітня концепція, яка передбачає використання учнями власних електронних пристроїв, таких як смартфони, планшети, ноутбуки, а також підручних засобів (лінійок, олівців, кульок тощо) для навчання. Вона спрямована на інтеграцію мобільних технологій у навчальний процес, що робить освіту більш персоналізованою, доступною та інноваційною.

Ця технологія охоплює не лише застосування електронних пристроїв, але й використання допоміжних матеріалів і інструментів для проведення лабораторних робіт. Наприклад, мобільні гаджети можуть бути доповнені такими елементами, як вимірювальні прилади, магніти, лінзи, механічні моделі чи навіть створені власноруч конструкції, що стимулює учнів до активної участі в практичній діяльності.

Такий підхід дозволяє проводити дослідження з мінімальними витратами, роблячи BYOD універсальним і доступним рішенням, яке сприяє зацікавленості учнів і розвитку практичних навичок.

Концепція BYOD з'явилася у відповідь на зростаючу доступність персональних мобільних пристроїв та розвиток цифрових технологій. Вперше ідея була представлена Рафаелем Баллагасом [1] у 2005 році, але значного поширення вона набула лише у 2010-х роках. Це пов'язано із зростанням популярності смартфонів та планшетів, які стали доступними для широкого загалу. У сучасному світі технології продовжують відігравати ключову роль у повсякденному житті, що стимулює використання гаджетів у різних сферах, включаючи освіту.

Сучасна освіта стикається з численними викликами, серед яких зростання обсягів інформації, необхідність адаптації до швидкого розвитку технологій і потреба формування цифрової грамотності у молоді. У світі, де інформація оновлюється щоденно, учні потребують доступу до актуальних знань у реальному часі. BYOD забезпечує оперативний доступ до освітніх ресурсів через Інтернет, хмарні сервіси та навчальні платформи.

Використання власних пристроїв мотивує учнів до пошуку та аналізу інформації, роботи з цифровими додатками та онлайн-інструментами. Це сприяє формуванню навичок, необхідних для успішного професійного та особистісного розвитку.

У сучасному світі, де технології визначають майбутнє, концепція BYOD стає важливим елементом освітнього процесу. Вона дає змогу організувати інтерактивне середовище, у якому учні отримують доступ до величезного обсягу інформації, а також можуть застосовувати її для вирішення навчальних завдань. BYOD підсилює розвиток ключових компетенцій XXI століття, зокрема:

- використання цифрових платформ і програм розвиває критичне мислення (уміння аналізувати, порівнювати та застосовувати знання в реальних ситуаціях).
- робота з сучасними пристроями вчить студентів технологічній грамотності, тобто адаптуватися до швидких змін у технологічному середовищі.
- колаборація – процес, у якому мобільні пристрої сприяють спільній роботі над проектами через онлайн-інструменти, такі як Google Workspace, Microsoft Teams або інші платформи.
- самостійність учнів у знаходженні необхідної інформації та вирішенні завдань.

Також технологія BYOD дозволяє використовувати інноваційні інструменти для навчання, включаючи віртуальну реальність (VR), доповнену реальність (AR), інтерактивні платформи, як-от Kahoot або Quizlet, та багато інших.

Для учнів BYOD відкриває доступ до інтерактивного навчання, яке базується на практичному застосуванні знань.

Для викладачів ця концепція є інструментом модернізації викладання. Адже, технологія дозволяє ефективніше організовувати заняття, перевіряти завдання онлайн та отримувати статистику успішності учнів у реальному часі. Наприклад, тести, створені у Google Forms, автоматично підраховують бали та надають аналітику результатів.

Цифрова грамотність є ключовою компетенцією XXI століття, і BYOD сприяє її розвитку. Учні навчаються працювати з сучасними програмами, створювати цифрові проєкти, працювати з великими обсягами інформації та критично оцінювати її. Уміння адаптуватися до технологічних змін є важливим для успішної інтеграції у професійне середовище.

BYOD — це більше, ніж просто використання пристроїв у навчанні. Це концепція, яка трансформує освітній процес, роблячи його більш сучасним, доступним та індивідуалізованим. Вона є ключем до підготовки молодого покоління до викликів цифрового світу, стимулюючи розвиток навичок, необхідних для майбутнього. Освітні заклади, які підтримують BYOD, отримують конкурентну перевагу, забезпечуючи своїм учням якісну освіту та можливості для особистісного зростання.

1.2. Основні результати досліджень щодо впливу BYOD на освітній процес

У науковій літературі концепція BYOD розглядається як засіб підвищення активності та залученості студентів та учнів.

Вперше концепція була досліджена в середині 2000-х років, зокрема у роботах Рафаеля Баллагаса [1]. Його дослідження поклали основу розуміння BYOD як засобу підвищення інтерактивності навчання за рахунок використання власних пристроїв учнів.

Дослідження Джонсона, Бекера, Естради та Фрімена [2] показують, що учні більш зацікавлені у процесі навчання, коли вони використовують власні

пристрої. Доступ до мобільних додатків і онлайн-ресурсів дозволяє учням виконувати завдання в комфортному для них середовищі, що підвищує їхню залученість та мотивацію. Дослідники зазначають, що BYOD також розширює можливості самостійного навчання, оскільки учні мають змогу працювати над завданнями у зручний для них час, що сприяє розвитку самодисципліни та самоконтролю.

Також важливим є дослідження Сіболдта [3], який виявив, що впровадження BYOD стимулює розвиток цифрової грамотності студентів та їхніх навичок роботи з мобільними технологіями. За його даними, учні навчаються використовувати спеціальні додатки для пошуку, аналізу та обробки інформації, що є важливими компетенціями у сучасному суспільстві. Крім того, BYOD дозволяє студентам швидше адаптуватися до нових технологій, що сприяє їхній професійній підготовці.

Наукові дослідження також містять численні рекомендації для викладачів щодо ефективного впровадження BYOD у навчальний процес. Браун та Кембелл [3] зазначають важливість використання мобільних додатків, які сприяють активному залученню студентів та інтерактивності занять. Наприклад, такі сервіси, як Google Classroom, Kahoot та Socrative, допомагають викладачам проводити тести, опитування та інтерактивні завдання, що дозволяє студентам активно брати участь у заняттях.

Дослідники підкреслюють необхідність не просто дозволяти студентам використовувати пристрої, а надавати їм чіткі інструкції та завдання, які допоможуть концентруватися на навчальному процесі.

Мадані, Бсьєсі та Шевр'є [4] пропонують розглянути спеціальні додатки, такі як Phyphox та Physics Toolbox Sensor Suite, які дозволяють використовувати мобільні пристрої для проведення вимірювань та експериментів у фізиці. Наприклад, за допомогою додатків учні можуть вимірювати прискорення, швидкість, силу гравітації та інші величини. Дослідники зазначають, що подібні лабораторні роботи не лише підвищують зацікавленість студентів, але й

сприяють формуванню у них навичок роботи з даними та розвитку критичного мислення.

Також в їх роботі акцентується увагу на тому, що BYOD дозволяє обійти проблему недостатнього фінансування освітніх закладів. Оскільки більшість сучасних студентів уже мають доступ до смартфонів або планшетів, ці пристрої можуть бути використані як інструменти для проведення фізичних експериментів, що знижує потребу в дорогому лабораторному обладнанні.

Інше дослідження, проведене Вайтом і Гріном [5], рекомендує викладачам інтегрувати BYOD у проєктні завдання. Автори пропонують розробляти комплексні завдання, які б вимагали використання кількох мобільних додатків або онлайн-ресурсів для збору, аналізу та представлення даних. Такі завдання сприяють розвитку командної роботи і аналітичних навичок студентів, що є важливими компетенціями у сучасному освітньому середовищі.

1.3. Переваги та виклики використання BYOD у освітньому процесі

Ряд досліджень описують значні переваги технології BYOD у навчанні. У своїй роботі Воґт і Кун [6] розглядають можливість використання смартфонів у якості мобільних лабораторій для проведення фізичних експериментів. Наприклад, датчики смартфонів дозволяють вимірювати такі параметри, як прискорення, освітленість, рівень шуму і магнітне поле, що відкриває можливості для проведення лабораторних робіт навіть за умов обмеженого доступу до спеціалізованого обладнання. Дослідники підкреслюють, що використання мобільних пристроїв сприяє підвищенню інтересу студентів до експериментальної діяльності, оскільки дозволяє їм працювати з сучасними технологіями.

Значний внесок у дослідження BYOD для фізичних експериментів зробили Вієйра і Мака [7], які досліджували застосування смартфонів під час вивчення термодинаміки. Автори стверджують, що мобільні пристрої можуть замінити громіздке обладнання для вимірювань температури та тиску. Вони доводять, що

використання технології BYOD не лише економить кошти на придбання спеціалізованого обладнання, але й сприяє розвитку навичок цифрової грамотності серед студентів.

У роботах Хірта, Куна і Мюллера [8] обговорюється досвід використання смартфонів для вивчення акустики у навчальних курсах. Вони зазначають, що мобільні пристрої дають змогу вимірювати рівень шуму, амплітуду звуку, спектральний склад та інші характеристики, що є важливими для вивчення фізичних процесів. Подібні роботи підтверджують, що BYOD-технологія дозволяє студентам занурюватися в процес дослідження, покращуючи розуміння фізичних явищ.

В огляді Парадайза і Саллівана [9] описуються переваги BYOD для персоналізації навчання. Автори зазначають, що учні можуть вибрати ті пристрої та програмне забезпечення, які відповідають їхнім індивідуальним потребам. Це дозволяє створювати індивідуальні освітні траєкторії та знижує рівень стресу, пов'язаний з навчанням на незнайомих пристроях. Перевага BYOD у персоналізації навчання також полягає в тому, що учні мають постійний доступ до навчальних матеріалів, що сприяє глибшому опрацюванню тем і кращому засвоєнню знань.

З технічної, а також з педагогічної точки зору, для учбових закладів не існує єдиного в своєму роді рішення BYOD. Потреби університету, що займає кілька будівель в одному місті, ймовірно, будуть сильно відрізнятися від потреб школи в маленькій будівлі.

Підхід BYOD спрямований на вирішення зростаючих протиріч між організацією, що надає інформацію навчальним закладом і основними споживачами інформації учнями. Однак підхід пов'язаний з різними проблемами як технічного, так і психолого-методичного плану. Проте переваг при впровадженні даної технології незрівнянно більше. Серед основних характеристик і особливостей можна виділити:

- можливість інтерактивної взаємодії між викладачем і студентом в режимі діалогу, що в ряді випадків може наближатися до діалогового взаємодії в традиційних навчальних технологіях;

- швидка розсилка та отримання навчальних матеріалів в електронному поданні;

- оперативний доступ до інформаційних ресурсів Інтернет;

- можливість перевірки та контролю знань в дистанційному режимі;

- можливість організації лабораторних практикумів у віртуальному режимі через реалізацію віддаленого мережевого доступу до реального лабораторного обладнання;

- створення «віртуальних груп» для оперативної взаємодії між учнями;

- можливість накопичення статистичних даних і на основі їх аналізу керування навчанням;

- підвищення якості навчання і управління;

- впровадження автоматизованого управління якістю навчання;

- індивідуалізація професійної підготовки шляхом створення індивідуальних графіків навчання для окремих студентів.

Ефективне використання цих характеристик дає змогу повною мірою реалізувати переваги технології BYOD, тому впровадження цієї концепції є важливим кроком на шляху до модернізації освітнього процесу.

BYOD має великий потенціал для подальшого розвитку. У майбутньому ця технологія може інтегруватися з такими інноваціями, як використання штучного інтелекту для персоналізації навчання; впровадження доповненої та віртуальної реальності для проведення віртуальних лабораторій або екскурсій; розробка адаптивних платформ, які автоматично підлаштовуються під потреби кожного учня.

Попри численні переваги, технологія BYOD має й певні недоліки, що впливають на навчальний процес. Одним з основних викликів є забезпечення рівного доступу до мобільних пристроїв серед студентів. Дослідження Ліхтенштейна та Блімера наголошують на тому, що не всі учні можуть дозволити

собі сучасні мобільні пристрої, що може створити нерівність у навчанні. Дослідники також вказують на складності в організації навчального процесу, коли учні використовують пристрої з різними технічними характеристиками та операційними системами, що може ускладнювати роботу викладача.

Інший виклик пов'язаний з тим, що мобільні пристрої можуть відволікати студентів від навчального процесу. У дослідженні Вайта та Гріна [5], зазначено, що BYOD створює ризик відволікання на сторонні ресурси, такі як соціальні мережі чи розважальні програми. Для запобігання цьому викладачі повинні встановлювати чіткі правила використання мобільних пристроїв на заняттях, контролювати активність студентів та застосовувати додаткові інструменти для блокування небажаних сайтів і додатків під час навчального процесу.

1.4. Інтеграція BYOD у освітній процес

Інтеграція інформаційних технологій є важливою складовою сучасного освітнього процесу. Викладачі мають освоювати нові інструменти, вивчати їх можливості та активно впроваджувати у навчальні заняття й виховну діяльність, що сприятиме підвищенню ефективності й зацікавленості учнів у навчанні.

Технологія BYOD зарекомендувала себе як ефективний засіб, особливо в курсах фізики, де використання смартфонів із вбудованими датчиками відкриває широкі можливості для проведення лабораторних досліджень. Завдяки сучасним мобільним додаткам, таким як Phyphox і Physics Toolbox Sensor Suite, учні можуть застосовувати датчики для вимірювання фізичних величин, зокрема прискорення, тиску, освітленості та звуку, у реальному часі.

Наприклад, під час експериментів із механіки школярі мають можливість вимірювати прискорення, фіксуючи рух смартфона похилою площиною, або обчислювати силу гравітації за допомогою акселерометра. Такий підхід не лише розвиває практичні навички, а й робить вивчення фізичних законів більш наочним і захопливим.

Основні завдання, які вирішуються за допомогою BYOD-технологій:

1. Активізація пізнавальної діяльності.

Використання смартфонів відкриває нові можливості на кожному етапі заняття: від вивчення нового матеріалу до закріплення знань чи підведення підсумків. Сучасні гаджети природно приваблюють дітей, а інтеграція їх у навчальний процес через перегляд тематичних відео, прослуховування аудіофайлів, пошук інформації, участь у спільних проектах чи віртуальних екскурсіях робить навчання ще цікавішим. Наприклад, QR-квести чи інтерактивні завдання сприяють формуванню в учнів бажання досліджувати тему, шукати додаткові факти та глибше опановувати матеріал.

2. Оптимізація часу.

Згідно з дослідженнями ЮНЕСКО, мобільні пристрої дозволяють педагогам ефективніше організувати навчальний процес і впроваджувати діяльнісний підхід. У світі, де інформація постійно оновлюється, важливим є не стільки її запам'ятовування, скільки вміння швидко знаходити потрібні дані й робити висновки. Завдяки смартфонам учитель може надати посилання на відеоматеріали чи інструкції, замість довгих пояснень. Це економить час, зберігаючи увагу учнів. Миттєве надсилання файлів — наприклад, теоретичних відомостей лабораторної роботи чи громіздких доведень теорем — замінює традиційне переписування, що значно пришвидшує підготовку до занять. Крім того, мобільні пристрої дозволяють оперативно знаходити додаткову інформацію, відповідати на запитання учнів або організувати самостійне вивчення тем із посиланнями на ресурси.

3. Забезпечення зворотного зв'язку.

Мобільні технології дозволяють педагогу одночасно організувати опитування, тестування або діалоги в чатах. Це зручно для обговорення тем, отримання запитань, уточнення думок і пошуку спільних відповідей. Використання додатків сприяє ефективному зворотному зв'язку, робить уроки інтерактивними й адаптивними до потреб учнів.

BYOD технологія може бути ефективно впроваджена у викладанні різних дисциплін, але найбільшу популярність вона здобула у природничих науках, точних науках та гуманітарних предметах.

Фізика — одна з дисциплін, яка дозволяє максимально розкрити потенціал BYOD. На уроках з фізики концепція BYOD завдяки можливостям мобільних пристроїв дозволяє виконувати вимірювання, обробляти дані та візуалізувати результати. Смартфони та планшети, оснащені вбудованими датчиками (акселерометр, гіроскоп, мікрофон, магнітометр, датчики освітленості та тиску), перетворюються на універсальні лабораторні інструменти. Це дозволяє проводити експерименти без необхідності у складному та дорогому обладнанні, що значно розширює доступ до практичної фізики.

Приклади фізичних експериментів з залученням BYOD:

- Дослідження прискорення. Використання акселерометра смартфона для вимірювання прискорення при русі по похилій площині.
- Аналіз звукових хвиль. Датчики мікрофона допомагають вивчати амплітуду, частоту та інші параметри звуку.
- Вимірювання сили тяжіння. Учні можуть використовувати мобільні додатки, наприклад *Phyphox*, для проведення точних розрахунків.
- Дослідження маятника. Використання датчика гіроскопа для аналізу коливань маятника, визначення періоду та частоти коливань.
- Вивчення магнітних полів. За допомогою вбудованого магнітометра смартфона можна вимірювати силу магнітного поля в різних точках, досліджувати поле постійного магніту або характеристики електромагнітного поля.
- Теплопровідність матеріалів. Датчик температури смартфона дозволяє вимірювати зміну температури матеріалів під час нагрівання чи охолодження, а також оцінювати теплопровідність за допомогою простих експериментів.
- Дослідження освітленості. Використовуючи датчик світла, можна вимірювати рівень освітленості в приміщенні або досліджувати залежність освітлення від відстані до джерела світла.

- Вивчення моменту інерції. Гіроскоп і акселерометр смартфона допомагають визначати момент інерції твердого тіла за допомогою обертальних рухів.
- Аналіз вібрацій. Смартфон може вимірювати вібрації в різних середовищах, наприклад, досліджувати коливання у транспортних засобах, будівлях або механізмах.
- Дослідження тиску. Використання датчика барометра, вбудованого у смартфон, для вимірювання змін атмосферного тиску під час руху вгору чи вниз (наприклад, у ліфті або під час альпінізму).
- Електричні кола. Застосування додатків для моделювання електричних кіл або вимірювання напруги та струму за допомогою зовнішніх підключень до смартфона.

Для успішного впровадження BYOD у навчання рекомендується:

- планувати роботу з мобільними пристроями таким чином, щоб BYOD був не лише допоміжним інструментом, а ключовим елементом уроку;
- використовувати спеціальні додатки для освітніх цілей, наприклад, GeoGebra для математичних розрахунків або Phyphox для фізичних експериментів;
- забезпечити відповідні технічні умови: доступ до мережі Wi-Fi, можливість заряджання пристроїв;
- навчити учнів та студентів культури використання гаджетів: включити інструктаж щодо правил та етики використання пристроїв у навчальних цілях.

Висновки до розділу 1

Технологія BYOD (Bring Your Own Device) є сучасною освітньою концепцією, яка сприяє інтеграції цифрових технологій у навчальний процес. Використання власних пристроїв учнів відкриває широкі можливості для індивідуалізації навчання, підвищення мотивації та розвитку ключових компетенцій XXI століття, таких як цифрова грамотність, критичне мислення, самостійність та вміння співпрацювати.

BYOD стимулює залученість учнів до навчального процесу, надаючи їм доступ до сучасних ресурсів та інструментів у реальному часі. Це дозволяє швидко адаптуватися до постійних технологічних змін, розвивати навички самостійного пошуку та аналізу інформації. Водночас ця концепція виступає ефективним рішенням для модернізації освітніх підходів, зокрема завдяки використанню інтерактивних платформ, мобільних додатків і хмарних сервісів.

Використання BYOD сприяє створенню інтерактивного середовища, де учні можуть застосовувати знання на практиці, проводити дослідження і брати участь у спільних проектах. Для викладачів технологія є ефективним інструментом організації занять, оцінювання та аналізу результатів навчання.

Таким чином, BYOD трансформує навчальний процес, роблячи його більш гнучким, доступним і відповідним вимогам сучасного суспільства. Вона є ключовим елементом у підготовці молодого покоління до викликів цифрової епохи, створюючи умови для якісної освіти та особистісного зростання учнів.

Розділ 2

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ BYOD ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ

2.1. Методичні рекомендації для підготовки та організації занять із використанням BYOD

Успішне впровадження технології BYOD (Bring Your Own Device) в освітній процес значною мірою залежить від підготовленості викладачів, які організують роботу студентів з використанням їхніх особистих мобільних пристроїв. Викладачам необхідно враховувати низку особливостей, пов'язаних із використанням різних пристроїв під час лабораторних робіт, а також розробляти завдання, що забезпечують максимальну ефективність і мінімізують ризики відволікання.

Основні рекомендації для організації занять з використанням BYOD:

1. Визначення цілей і завдань лабораторних робіт. Перед проведенням лабораторної роботи важливо чітко сформулювати цілі і завдання, що будуть вирішуватись за допомогою BYOD. Учні мають розуміти, як використання мобільних пристроїв сприятиме досягненню навчальних цілей. Наприклад, під час роботи з фізики завдання можуть полягати у проведенні вимірювань за допомогою датчиків смартфонів, аналізі отриманих даних або їх візуалізації.

2. Вибір програмного забезпечення та мобільних додатків. Для виконання конкретних лабораторних робіт необхідно підібрати додатки, які будуть доступні на різних операційних системах (iOS, Android) і відповідатимуть завданням роботи. Наприклад, для вимірювання фізичних параметрів можна рекомендувати такі додатки, як Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite, які дозволяють використовувати датчики смартфонів для отримання даних. Крім того, викладачам слід провести інструктаж щодо роботи з цими додатками і перевірити, чи кожен студент має необхідне програмне забезпечення.

3. Підготовка навчальних матеріалів і інструкцій. Важливо розробити детальні інструкції для виконання лабораторних робіт із використанням мобільних пристроїв. Інструкції повинні містити кроки для налаштування додатків, послідовність виконання вимірювань та етапи обробки даних. Наприклад, інструкція може включати детальний опис налаштувань акселерометра або GPS, які використовуватимуться під час експерименту, а також приклади графіків чи таблиць для зручного збору результатів.

2.2. Приклади розробок лабораторних робіт з фізики з використанням технології BYOD

2.2.1. Лабораторна робота «Перевірка рівняння Бернуллі»

Мета роботи: дослідити залежність висоти рівня рідини та об'єму гранульованого матеріалу у посудині з отвором від часу, використовуючи технологію BYOD та методику відеозапису і вимірювання часу.

Обладнання: смартфон з функцією відеозапису та секундоміром, вода, цукровий пісок, шприц.

Теоретичні відомості

Рівняння залежності рівня рідини h від часу t під час її витікання з посудини діаметром d_1 через отвір d_2 є квадратичним [13]:

$$h = \left[\sqrt{H} - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2 \sqrt{\frac{g}{2}} * t \right]^2 \quad (1)$$

що підтверджує справедливість рівняння Бернуллі.

Витрата гранульованого матеріалу (піску) та, як зазначено в роботі [14], є постійною і не залежить від висоти матеріалу в посудині. Витрата визначається виразом:

$$\frac{dm}{dt} = C \rho g^{\frac{1}{2}} D^{\frac{5}{2}} = k \rho \sqrt{g S^{\frac{5}{2}}} \quad (2)$$

де k – константа; ρ — густина матеріалу; g — прискорення вільного падіння; $S = \pi D^2$ — площа отвору посудини.

Тобто, на протипагу рідині витрата, наприклад, піску буде величиною постійною у часі і не залежить від його висоти.

Це можна використати для пояснення, чому водяні годинники не витримали конкуренції з пісочними годинниками, у яких характеристика є лінійною.

Довести справедливості цього висновку, а також порівняти параметри клеписдри та пісочного годинника можна на установках, наведених на рис 2.1.

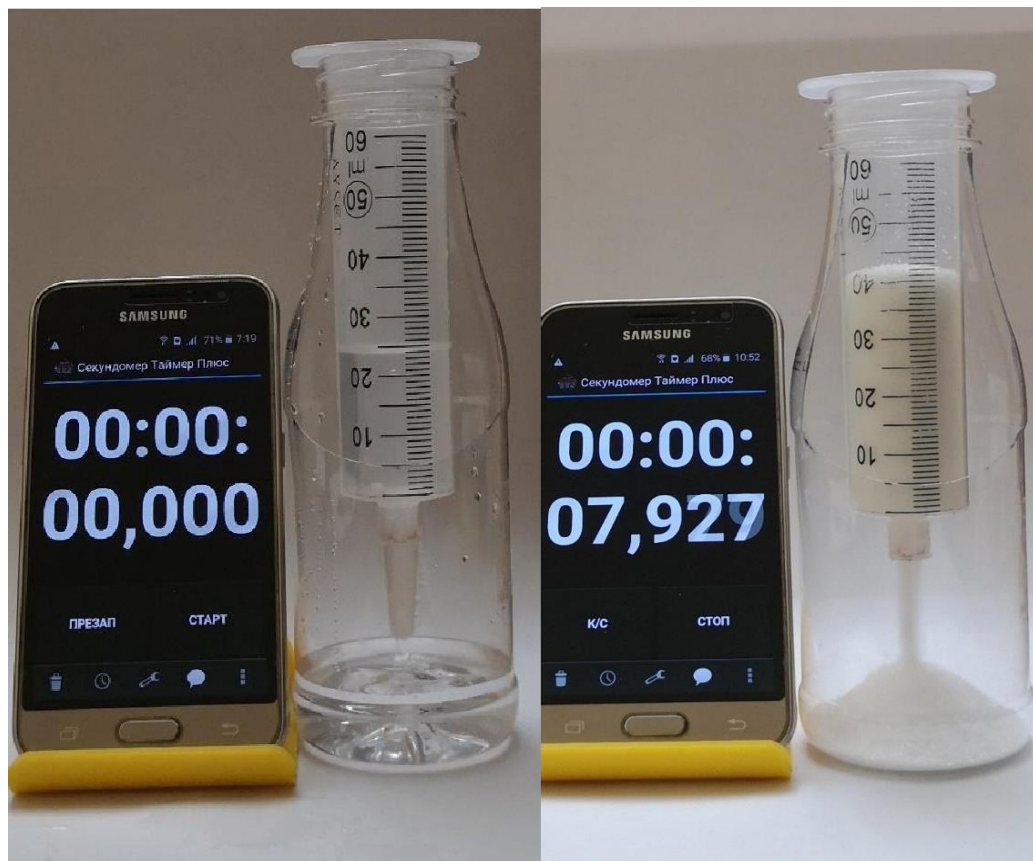


Рис. 2. 1. Дослідницькі установки для проведення лабораторної роботи “Перевірка рівняння Бернуллі”

Хід роботи

1. Прорізати отвір у пляшці (для кращої видимості процесу).
2. Помістіть шприц у пляшку як показано на рис 2.1.
3. Увімкніть секундомір.

4. Увімкніть відеокамеру у режимі Slow motion.
5. Наповніть шприц водою.
6. Вимірювати висоту рівня рідини на різних проміжках часу.
7. Побудувати графік залежності висоти рівня води від часу.
8. Повторіть дослід використовуючи пісок.

Використання технології BYOD у поєднанні з розробленими установками дозволяє кожному студенту та школяру проводити повноцінні досліди як в лабораторних умовах, так і дистанційно, вдома.

Контрольні запитання

1. Чому залежність рівня рідини від часу описується квадратичним рівнянням? Як це підтверджує справедливість рівняння Бернуллі?
2. Поясніть, чому водяні годинники не витримали конкуренції з піщаними годинниками.
3. В чому полягає основна різниця у витраті рідини та гранульованого матеріалу (наприклад, піску)?
4. Наведіть формулу для витрати гранульованого матеріалу та поясніть, що означає кожен з параметрів у цій формулі.
5. Чому витрата піску є постійною у часі та не залежить від його висоти? Як це підтверджується теоретично?

2.2.2. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини»

Мета роботи: визначити величину коефіцієнта поверхневого натягу рідин.

Прилади й матеріали: вода, етанол, соняшникова рафінована олія, шприц 20 мл, секундомір.

Теоретичні відомості

Якщо рідина повільно витікає з нижнього отвору вузької вертикальної трубки, то утворюються краплини, які в момент відриву мають форму, зображену на рис. 2.2.

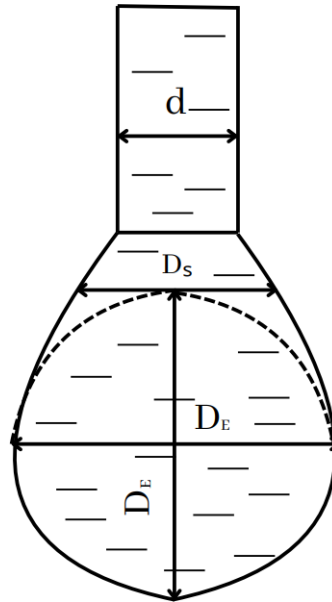


Рис. 2.2. Краплина рідини на кінці трубки

На краплину в момент відриву діє сила тяжіння mg і сила поверхневого натягу $F_n = 2\pi r\sigma$, які врівноважують одна одну:

$$mg = 2\pi r\sigma, \quad (1)$$

де r – радіус краплини в місці її розриву (це місце називають шийкою).

Діаметр шийки $d=2r$ приблизно дорівнює внутрішньому діаметру кінчика трубки, з якої витікає рідина. Взагалі форма краплини описується рівнянням Лапласа, де вага краплі і сил поверхневого натягу збалансовані.

Розв'язок цього рівняння вимагає розрахункового аналізу, який використовується для високоточного вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу. У нашому випадку, коли головним є ознайомлення учнів з методами вимірювання і суттю фізичного явища, можна вважати r – радіусом кінчика трубки. Знаючи d і m , визначаємо σ :

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi r} = \frac{mg}{\pi d} \quad (2)$$

Якщо не має можливості виміряти масу краплі, то коефіцієнт поверхневого натягу можна визначити за формулою:

$$\sigma = \frac{\Delta\rho g D_E^2}{H} \quad (3)$$

де $\Delta\rho$ — різниця густин рідини та повітря, g — прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м / с}^2$), а D_E — є максимальним діаметром краплі перед падінням. Величину $1 / H$ можна розуміти як форм-фактор, обумовлений витягнутої формою краплі, який розраховується за формулою:

$$\frac{1}{H} = 0,345 \left(\frac{D_S}{D_E}\right)^{-2.5} \quad (4)$$

Значення D_S визначається діаметром краплі на відстані D_E від дна краплі (див. рис. 2.2).

Хід роботи

1. Візьміть невелику прозору пляшку об'ємом 20 мл і зробіть у кришці отвір.
2. Встановіть корпус шприца у кришку пляшки.
3. Встановіть кінець кулькової ручки, попередньо видавивши кульку, в конус-наконечник шприца. Це створить випускную трубку для утворення крапель.
4. Внутрішній діаметр випускної трубки становить $d=0,84\text{мм}$. Для підтвердження значення внутрішнього діаметра можна використати смартфон:
 - зробіть фотографію торця трубки за допомогою смартфона.
 - виміряйте зовнішній діаметр трубки мікрометром.
 - на збільшеній фотографії порівняйте співвідношення внутрішнього та зовнішнього діаметрів, що дозволить розрахувати внутрішній діаметр.
5. Використовуйте секундомір для фіксування часу утворення кожної краплі.
6. Аналізуйте отримані дані для встановлення зв'язку між висотою рідини в посудині та інтенсивністю витікання через отвір.



Рис. 2.3. Дослідницька установка для проведення лабораторної роботи

Таблиця 2.1

Результати вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу σ

Рідина	D_E , мм	D_S , мм	D_E / D_S	Густина рідини, кг/м ³	$\sigma_{\text{експер}}$ (20°C), мН/м	Табличне значення σ (20°C), мН/м
Вода						
Олія соняшникова рафінована						

Отже, учні можуть використовувати камеру смартфона в режимі slow motion для зйомки процесу падіння краплі води на поверхню. Такий підхід дозволяє детально спостерігати за динамікою явища та фіксувати моменти, які неможливо побачити неозброєним оком. Аналіз отриманого відео дає змогу точно визначити форму та розміри краплі у різні моменти часу, що стає основою для обчислення коефіцієнта поверхневого натягу.

Контрольні запитання

1. Що таке коефіцієнт поверхневого натягу рідини і яка його фізична природа?
2. Які сили врівноважуються при утворенні краплі рідини на кінці трубки?
Запишіть відповідне рівняння.
3. Як можна визначити коефіцієнт поверхневого натягу за масою краплі та діаметром шийки трубки? Наведіть формулу.
4. Як можна знайти коефіцієнт поверхневого натягу, якщо масу краплі виміряти неможливо?
5. Що таке форм-фактор H , і як він використовується у розрахунках коефіцієнта поверхневого натягу?
6. Які параметри необхідно виміряти, щоб визначити коефіцієнт поверхневого натягу рідини за допомогою відеозапису падіння краплі?
7. Як внутрішній діаметр трубки може бути визначений за допомогою фотографії та мікрометра?
8. Яку роль у визначенні коефіцієнта поверхневого натягу відіграє густина рідини?

2.2.3. Лабораторна робота «Вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини методом важеля»

Мета роботи: дослідити функціональну залежність сили відриву твердого тіла від рідини від його контактних параметрів, а саме: площі контакту, периметру та наявності отворів у тілі.

Прилади й матеріали: посудина з водою, важіль, тонкі диски, лінійка.

Теоретичні відомості

Класична теорія змочування і відриву твердої поверхні від рідини ґрунтується на двох основних константах:

- Коефіцієнт поверхневого натягу рідини (σ) — це кількісна характеристика поверхневого натягу рідини, яка зумовлена міжмолекулярними силами.

- Кут змочування (θ) — визначає, наскільки рідина поширюється по твердій поверхні.

Однак ці "константи" залежать від цілого ряду додаткових обставин. Так, на величину конкретного кута змочування впливає більше десятка параметрів. Цей кут залежить від суперпозиції ряду явищ і процесів і повинен бути кінцевим результатом обчислення, що відображає реакцію рідини на суму всіх зовнішніх впливів, а не основою для подальших розрахунків.

Кут змочування (θ) та коефіцієнт поверхневого натягу (σ) пов'язані між собою рівнянням Юнга:

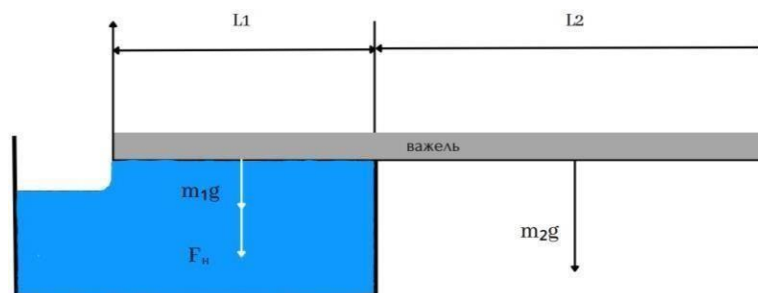
$$\cos\theta = (\sigma_{SG} - \sigma_{SL})/\sigma_{LG} \quad (1)$$

Однак ці константи залежать від цілого ряду додаткових обставин. Так, на величину конкретного кута змочування впливає більше десятка параметрів.

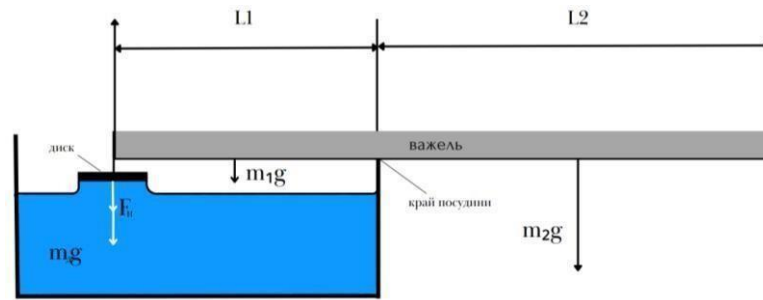
Для вимірювання сили, необхідної для відриву плоскої поверхні від рідини можна використати метод важеля (рис. 2.4). Чому це завдання є важливим для учня, що вивчає тему поверхневого натягу рідини? Відповідно до класичних уявлень, за силову взаємодію під час відриву поверхні плоского тіла від рідини відповідають сили поверхневого натягу. Зокрема, максимальна сила відриву плоского диска масою mg від поверхні рідини пропорційна периметру круга πd та коефіцієнту поверхневого натягу σ :

$$F = m_d g + \pi d \sigma \cos\theta \quad (2)$$

де θ - крайовий кут у кромки диска.



а)



б)

Рис. 2.4. Схема установки для вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу та сили відриву плоского тіла від рідини

Сила відриву досягає свого максимуму, коли поверхня рідини спрямована вертикально, тобто при куті $\theta = 0$. В ідеалі, сила взаємодії мала б залежати від характеристик обох контактуючих речовин, але у формулі (2) це не враховується, що ускладнює розуміння фізичної суті процесу відриву плоскої поверхні від рідини.

В загальному випадку сумарна сила, необхідна для відриву тіла масою $m_{дг}$ повинна включати дві складові: поверхневу силу, пропорційну периметру тіла, яке витягується з рідини, та додаткову силу, що залежить від площі контакту поверхні.

$$F = m_{дг}g + k\sigma P + \beta S \quad (3)$$

де k — поправочний коефіцієнт поверхневого натягу рідини; P — периметр, вздовж якого відбувається змочування твердого тіла; β — коефіцієнт пропорційності; S — площа змоченої поверхні.

З умови рівноваги важеля:

$$F_H = 0,5 \left(\frac{L_2}{L_1} - 1 \right) \quad (4)$$

Для обчислення відносної сили поверхневого натягу $f = \frac{m g}{F}$ потрібно знати масу важеля m і співвідношення довжин важеля $\frac{L_2}{L_1}$. Вимірювання можна

проводити з набором пластин різної форми та площі, а також з тілами незвичайної форми, такими як диски з отворами різних діаметрів. Крім того,

можна визначати силу відриву для тіл, виготовлених з різних матеріалів. Варіативність в абсолютних розмірах, формі, стані поверхні та хімічному складі тестованих тіл є принциповою відмінністю цих експериментів від традиційних «класичних» досліджень.

Хід роботи

1. Закріпіть важіль таким чином, щоб один його кінець міг вільно занурюватися в рідину.
2. Прикріпіть до важеля диск певної площі та периметру.
3. Занурте диск у воду так, щоб вся площа контактувала з рідиною. Поступово піднімайте важіль, збільшуючи силу, поки диск не відокремитися від поверхні води.
4. Використовуючи відомий механізм важеля, виміряйте силу, необхідну для відриву диска від рідини.
5. Проведіть вимірювання з декількома дисками, що мають різні площі контакту, периметри та наявність отворів. Запишіть результати.
6. Побудуйте графіки, що показують залежність сили відриву від площі контакту та периметру дисків. Аналізуйте вплив отворів у дисках на силу відриву.



Рис. 2.5. Фото установки з важелем та диском

Результати вимірювання сили відриву F_H дисків з полімерної плівки від поверхні води

m_d , г	Діаметр диска, мм	Площа диска, мм ²	Периметр диска, мм	L_2 , мм	L_1 мм	L_2/L_1	F_H , мН

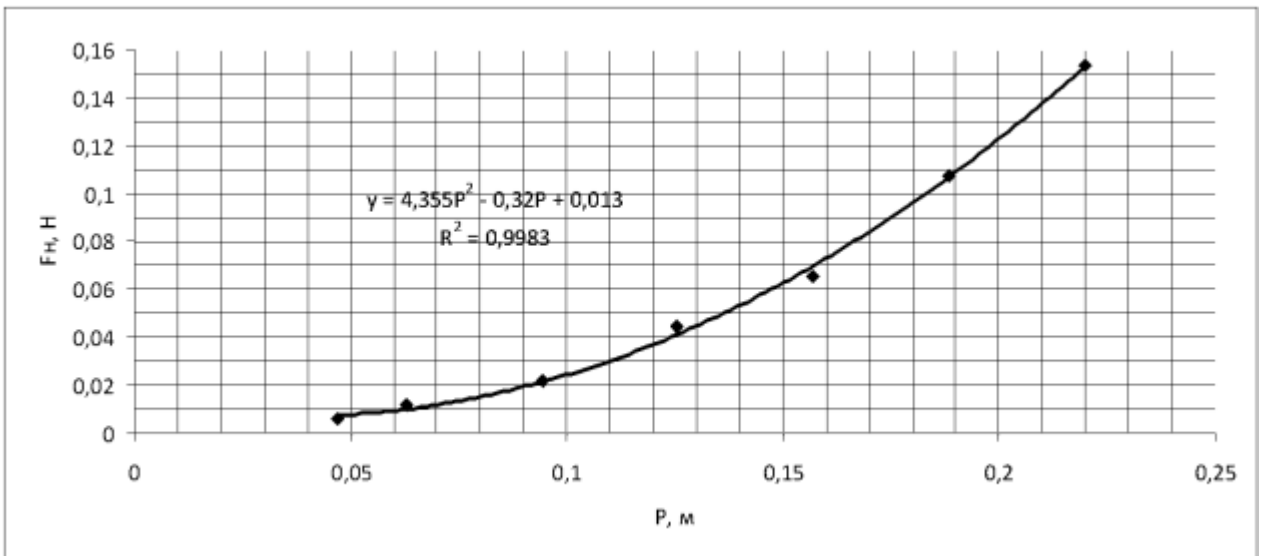


Рис. 2.6. Графік залежності сили відриву від периметру диска

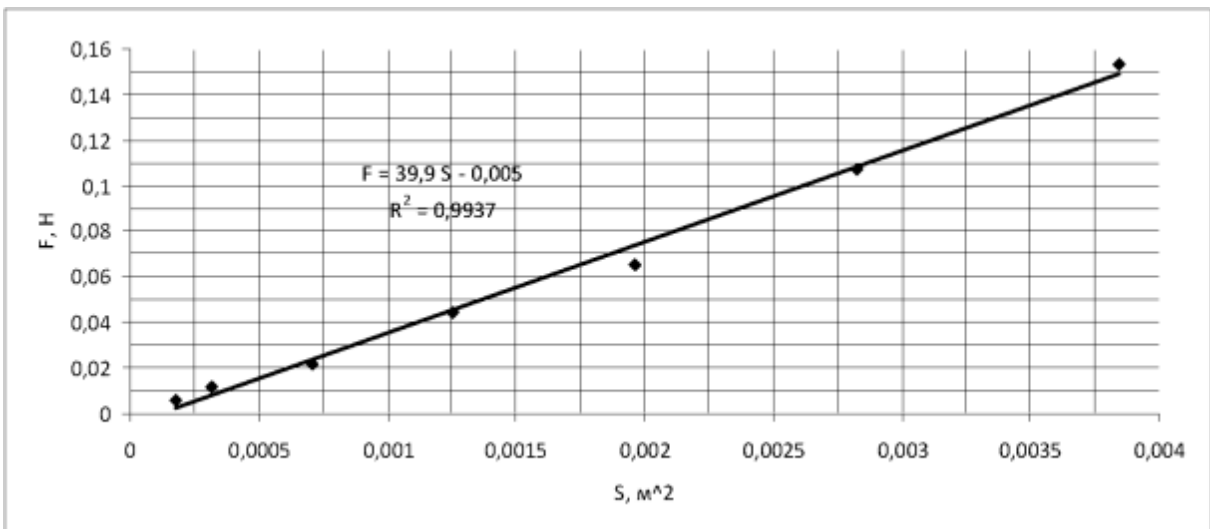


Рис. 2.7. Графік залежності сили відриву F_H від площі контактної поверхні

диску $S = \frac{\pi d^2}{4}$

Аналіз графіків і результатів експериментів показує, що лінійної залежності $F = \sigma \cdot l$ (де l — периметр) не існує, що вказує на відсутність дії сил поверхневого натягу під час підйому диска. Натомість графік на рис. 2.7 демонструє, що сила відриву диска від рідини прямо пропорційна площі диска. Це доводить, що сила відриву обумовлена об'ємною взаємодією молекул рідини з молекулами твердого тіла, а не лише силами вздовж лінії контакту (периметра).

Такі висновки узгоджуються з моделями міжмолекулярних взаємодій, де домінує адгезія (зчеплення) між об'ємними молекулами рідини й твердим тілом. Експериментальне підтвердження, зокрема графічна залежність сили відриву від площі, виключає класичну модель $F = \sigma \cdot l$, яка базується на поверхневому натягу.

Контрольні запитання

1. Як коефіцієнт поверхневого натягу і кут змочування впливають на силу відриву?
2. Чим відрізняється кут змочування для різних поверхонь і що на нього впливає?
3. Як можна виміряти силу відриву поверхні плоского тіла від рідини, використовуючи важіль?
4. Запишіть формулу для розрахунку сили відриву F .
5. За яких умов сила відриву досягає свого максимуму? Чому?
6. Чому до формули розрахунку сили відриву додаються коефіцієнти k та β ?
7. Як зміна площі та периметру контакту диска впливає на силу відриву?
8. Як впливає на силу відриву наявність отворів у диску або використання матеріалів з різною хімічною структурою?
9. Поясніть, чому залежність сили відриву від периметру є нелінійною та як це пов'язано з об'ємною взаємодією молекул.

2.2.4. Лабораторна робота «Визначення періоду коливань математичного маятника за допомогою магнітного датчика смартфона»

Мета: використовуючи магнітний датчик смартфона визначити період коливань математичного маятника.

Обладнання: застосунок “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Vieyra Software, залізна кулька, нитка, біндер-затискач.

Теоретичні відомості

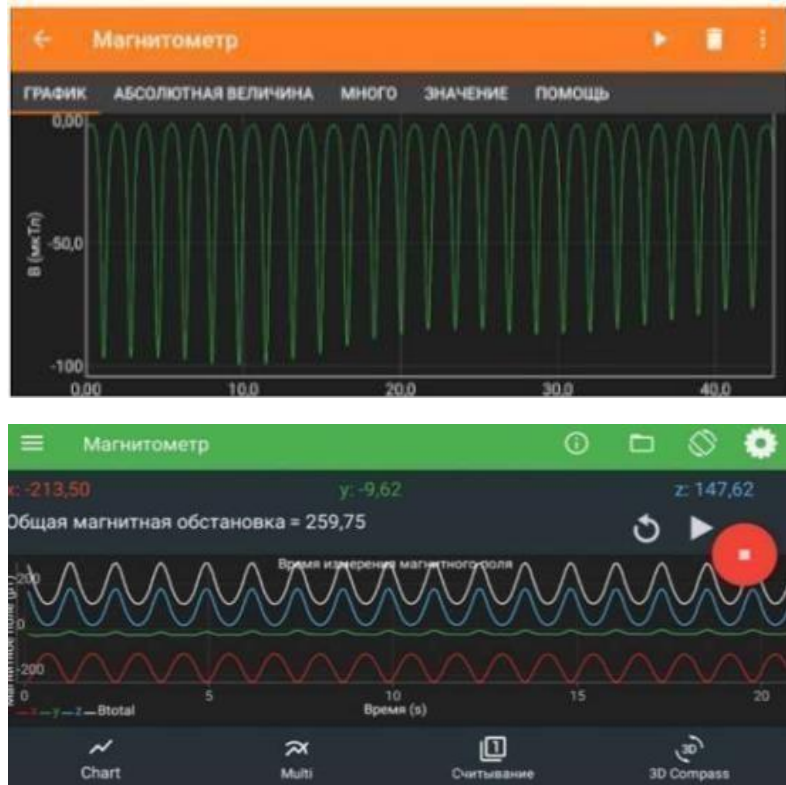
Під впливом магнітного поля Землі намагнічуються предмети, що знаходяться на її поверхні. У лабораторній роботі ми використаємо намагніченість залізної кульки для того, щоб виміряти період коливань математичного маятника. Період коливань визначаємо як відношення тривалості часу t між N коливаннями до їх кількості.

Хід роботи:

1. Прикріпіть математичний маятник із залізною кулькою до стільниці стола біндер-затискачем. (рис. 2.8)
2. Завантажте на телефон застосунок “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Vieyra Software. Застосунок буде слугувати
3. Розмістіть магнітний датчик смартфона біля центру кульки на відстані трохи більшій за амплітудну.
4. Відхиліть кульку та розпочніть вимірювання.
5. Отриману осцилограму коливань із застосунку можна перенести у таблиці Excel.
6. Виконати розрахунок за формулою $T=t/N$.



а)



б)

Рис. 2.8. а) Фото дослідницької установки; б) Вигляд дисплея під час коливання математичного маятника (застосунок “Магнітометр” Phyphox та застосунок “Магнітометр” Physics Toolbox Sensor Suite).

За допомогою мобільних застосунків “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Vieyra Software з легкістю і достатньою точністю вимірювань може бути проведена дана лабораторна робота.

Контрольні запитання

1. Яким чином намагніченість залізної кульки використовується для вимірювання періоду коливань маятника?
2. Що таке період коливань математичного маятника і як його можна визначити за допомогою часу t і кількості коливань N ?

3. Як смартфонний магнітометр допомагає виміряти коливання маятника?
Поясніть принцип його роботи в цьому експерименті.
4. Чому для розміщення датчика необхідно встановити його біля центру кульки на відстані трохи більшій за амплітуду?
5. Як проводити вимірювання часу одного повного коливання за допомогою застосунку "Магнітометр"?
6. Як можна перенести осцилограму з застосунку у таблиці Excel і для чого це потрібно?
7. Яке рівняння використовується для обчислення періоду коливань T і як з ним працювати в ході цієї лабораторної роботи?
8. Чому магнітний датчик смартфона вважається достатньо точним для цієї роботи?
9. Які додаткові фактори могли б вплинути на точність вимірювання періоду коливань в цьому експерименті?

2.2.5. Лабораторна робота «Використання режиму уповільненого відео смартфона для вимірювання гравітаційного прискорення»

Мета роботи: виміряти гравітаційне прискорення g за допомогою смартфона, використовуючи функцію уповільненої зйомки для реєстрації руху падаючого тіла.

Обладнання: довга лінійка або метр, кулька, нитка, секундомір, запальничка.

Теоретичні відомості

Гравітаційне прискорення g — це прискорення, з яким тіла падають на Землю у вакуумі за відсутності опору повітря. Його стандартне значення складає приблизно $9,81 \text{ м/с}^2$, але може варіювати залежно від географічного положення і висоти над рівнем моря.

У випадку рівноприскореного руху, прискорення тіла залишається постійним протягом усього часу руху. Рівняння для визначення шляху s тіла, що падає з висоти h без початкової швидкості, виглядає наступним чином:

$$s = \frac{1}{2}gt^2 \quad (1)$$

де s — шлях, пройдений тілом; g — гравітаційне прискорення; t — час падіння.

Таким чином, прискорення можна обчислити як:

$$g = \frac{2s}{t^2} \quad (2)$$

Хід роботи

1. Прикріпіть до стіни метр лінійки або паперовий лист із рівномірними мітками (наприклад, кожні 10 см) так, щоб вони були чітко видимі на відео.
2. Поставте смартфон для запису в режимі уповільненого відео.
3. Встановіть другий смартфон або пристрій зі застосунком секундомір для вимірювання часу.
4. Прикріпіть ниткою невелику кульку до верхньої мітки лінійки або аркуша з мітками на висоті приблизно 1 м від поверхні.
5. Ввімкніть запис відео, а потім секундомір.
6. Перепаліть нитку, дозволяючи кульці падати вільно вздовж розміченого фону, і записуйте відео в уповільненому режимі.
7. Перегляньте відео та зафіксуйте положення кульки та час для кожного кадру.
8. Побудуйте графік положення кульки як функції часу. З цього графіка ви зможете побачити, як змінюється швидкість кульки.
9. Для визначення прискорення побудуйте графік швидкості як функції часу, використовуючи похідні від положення.
10. З графіка швидкості перевірте, чи є зростання швидкості лінійним.
11. Визначте прискорення g з нахилу лінії на графіку "швидкість-час".



Рис. 2.9. Фото дослідницької установки

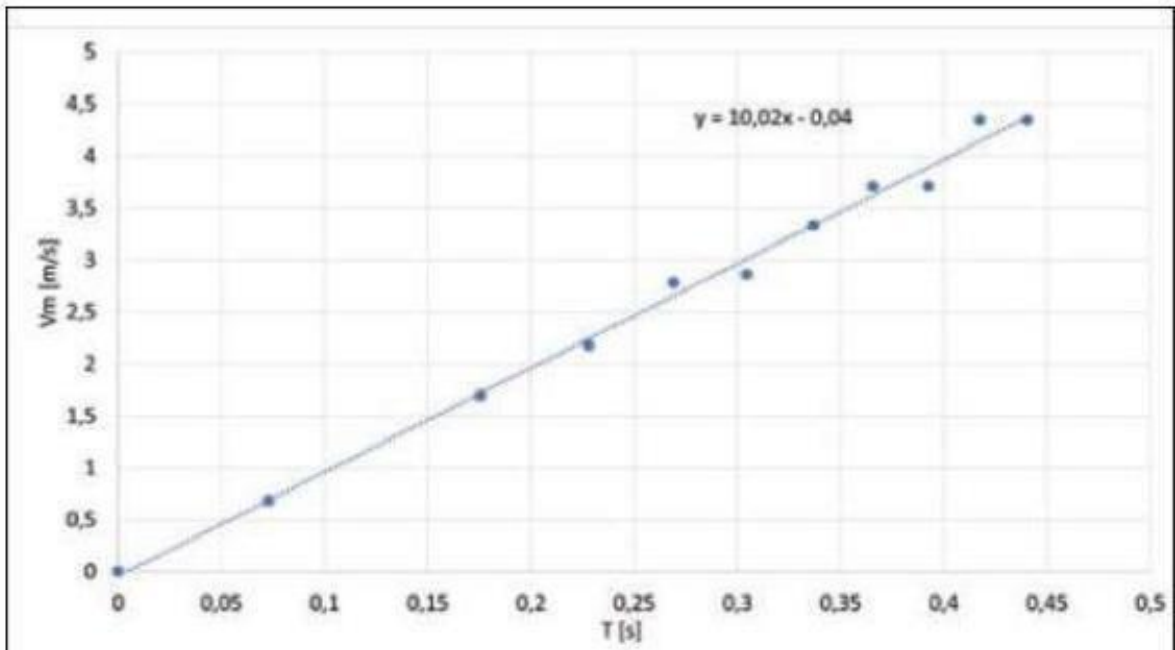


Рис. 2.10. Графік швидкості тіла, обчисленої з положення та часу, отриманих під час падіння. Нахил інтерполяційної лінії дає значення прискорення g

Прискорення можна обчислити за формулою: $g = \frac{2\Delta s}{\Delta t^2}$ де Δs — відстань, пройдена тілом, а Δt — час падіння.

Цей експеримент також надає можливість визначити прискорення вільного падіння, використовуючи технології смартфона та установки яку легко зібрати з підручних матеріалів. Slow motion-зйомка дає можливість точно зафіксувати час і траєкторію падіння краплі, що дозволяє аналізувати її рівноприскорений рух.

2.2.6. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру»

Мета роботи – визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру.

Обладнання: важки різної маси, неростяжна нитка, нерухомий циліндр смартфон з режимом сповільненої зйомки.

Теоретичні відомості

Якщо легкий вантаж масою m і важкий вантаж масою M з'єднати невагомою ниткою, перекинutoю через горизонтальний нерухомий циліндр, а потім відпустити вантажі, то легкий вантаж почне рухатися вгору, а важкий – вниз з прискоренням a (див. рис. 2.11).

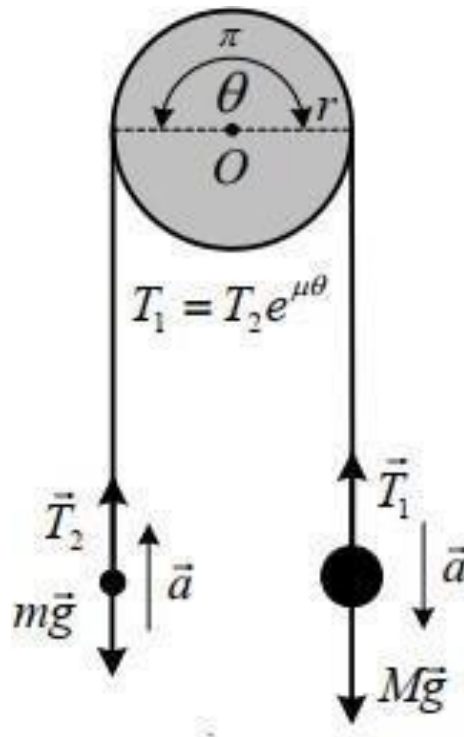


Рис. 2.11. Розрахункова схема

На кожен вантаж діє сила натягу з боку нитки й сила тяжіння. Величина сил натягу на вантажі різна, оскільки між ниткою і циліндром є тертя. Натяг нитки по обидва боки циліндра пов'язані формулою Ейлера:

$$T_1 = T_2 e^{\mu\theta} \quad (1)$$

У відповідності з другим законом Ньютона, з урахуванням того, що стартовий кут $\theta = \pi$:

$$Ma = Mg - T_1 = Mg - T_2 e^{\mu\pi} \quad (2)$$

$$ma = T_2 - mg \quad (3)$$

Прискорення вантажів буде визначатись формулою:

$$a = \frac{d^2h}{dt^2} = g * \frac{M - me^{\mu\pi}}{M + me^{\mu\pi}} = g * \frac{\gamma - e^{\mu\pi}}{\gamma + e^{\mu\pi}} \quad (4)$$

а величина коефіцієнта тертя ковзання:

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{M(g-a)}{m(g+a)} \right) = \frac{1}{\pi} \ln \left(\gamma \frac{g-a}{g+a} \right) \quad (5)$$

де $\mu = \frac{M}{m}$.

Як бачимо, закон тертя гнучких тіл відрізняється від закону тертя ковзання твердих тіл по плоскій поверхні. Коли $\theta = \pi$ рад, а прискорення $a = 0$, причому вантажі при найменшому поштовху починають рух, тоді коефіцієнт тертя дорівнює:

$$\mu = \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{M}{m} \right) = \frac{1}{\pi} \ln \gamma \quad (6)$$

У разі $\theta = 3\pi$ рад за тих же умов коефіцієнт тертя дорівнює:

$$\mu = \frac{1}{3\pi} \ln \left(\frac{M}{m} \right) = \frac{1}{3\pi} \ln \gamma \quad (7)$$

Експериментально можна визначити коефіцієнт тертя μ вимірявши відношення мас тягарців $\frac{M}{m} = \gamma$, при якому починається рух.

Хід роботи

1. З'єднайте два транспортери як показано на малюнку.
2. Прикріпіть транспортери біндер-затискачем до столу.
3. Прикріпіть циліндр шприця у центр транспортирів.
4. З'єднайте тягарці ниткою.
5. На фоні конструкції закріпіть лінійку і секундомір.
6. Перекиньте один тягарець через шприц, тримуючі інший тягарець.
7. Урівноважте тягарці.
8. Увімкніть запис відео.
9. Додавайте масу одного тягарця до моменту початку руху.
10. Перегляньте відео у сповільненому режимі та заповніть таблицю.



Рис. 2.12. Фото дослідницької установки

Таблиця 2.3

Результати вимірювання коефіцієнта тертя μ

D , мм	θ , рад	m , г	M , г	M/m	μ

Таблиця 2.4

Результати вимірювання коефіцієнта тертя нитки об циліндр під час руху вантажів

M , г	m , г	a , м/с ²	μ

Контрольні запитання

1. Як залежить коефіцієнт тертя μ від відношення мас $\frac{M}{m}$?
2. Як змінюється формула для μ , якщо кут обхвату збільшується з π до 3π ?

3. Чому важливо точно виміряти маси вантажів і забезпечити рівновагу до початку руху?
4. Як можна зменшити похибки при вимірюванні відношення мас?
5. Чому в експерименті використовується саме невагома нитка?
6. Як розрахувати коефіцієнт тертя з використанням експериментальних даних?
7. Як зміна мас одного з вантажів впливає на рух системи?
8. Які переваги надає використання відеозапису для аналізу руху вантажів?

2.2.7. Лабораторна робота «Петльовий маятник»

Мета роботи: визначення кінематичних параметрів петльового маятника.

Прилади й матеріали: дослідницька установка, смартфон, мобільний додаток “Секундомір”.

Теоретичні відомості

Якщо легкий і важкий вантажі з'єднати невагомою ниткою, перекинутою через горизонтальний нерухомий циліндр, та опустити важкий вантаж вниз, а легкий відвести на певний кут і відпустити, то після цього легкий вантаж почне обертатися навколо циліндра. З часом це обертання зупинить падіння важкого вантажу. Метою дослідження є з'ясування причин, чому легкий вантаж, обертаючись навколо циліндра, зупиняє падіння важкого вантажу, а також визначення параметрів обертання легкого вантажу, що виступає як оборотний маятник.

Рух легкого вантажу можна розділити на дві стадії:

- 1) обертання навколо циліндра до моменту, коли важкий вантаж зупиняється;
- 2) обертання після цього моменту.

Проведемо теоретичний аналіз першої стадії. У розрахунковій схемі початок декартової системи координат знаходиться в центрі циліндра O , радіус

якого дорівнює r . Вісь X спрямована горизонтально вправо, а вісь Y — вертикально вниз. Важкий вантаж маси M з'єднаний з легким вантажем маси m ниткою довжини L . Припустимо, що в момент часу t легкий вантаж знаходиться в точці A , як показано на рис. 2.13. У цій точці вводимо додаткову систему координат із ортами i та j , орієнтованими відповідно до рис. 3.13. За цей час вантаж M пройшов шлях h , а нитка, що утримує вантаж m , контактує з циліндром у точці C . Довжина нитки, яка перебуває в контакті з поверхнею циліндра, дорівнює θr .

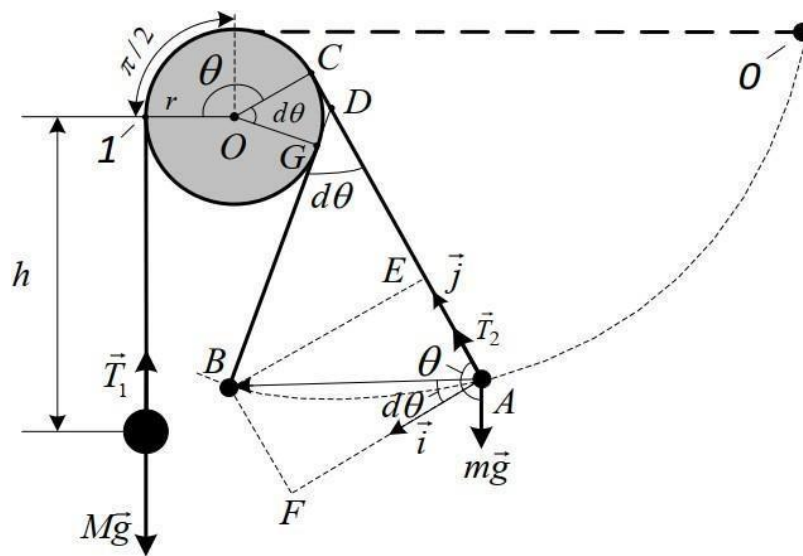


Рис. 2.13. Розрахункова схема

За малий проміжок часу dt легкий вантаж m зміщується в точку B , а точка контакту нитки C переміщується в точку G . Тобто, точка контакту проходить кутовий шлях $d\theta$, а вантаж M опускається на відстань dh . Таким чином, миттєва швидкість зміщення вантажу m дорівнює:

$$\vec{v} = \frac{\vec{A}B}{dt} = \frac{AF}{dt} \vec{i} + \frac{AE}{dt} \vec{j} \quad (1)$$

Як видно з рис. 3.13, $AC = L - \theta \cdot r - h$, $BG = (L - \theta \cdot r - h) - (dh + rd\theta)$,

$CD = GD = r \operatorname{tg}(\theta/2)$. Зміна кута $d\theta$ така мала, що можна вважати $DB \perp AB$. Тому

$AF = (BG + GD) \sin(d\theta)$, $AE = AC - CD - BD \cos(d\theta)$.

Урахувавши, що $d\theta = \sin(d\theta) = 2 \cdot \text{tg}(d\theta/2)$, $\cos(d\theta) = 1$, отримаємо $AF = (L - \theta \cdot r - h)d\theta$ та $AE = dh$.

Отже, миттєва швидкість легкого вантажу в точці A буде дорівнювати:

$$\frac{\vec{v}_{A \rightarrow B}}{dt} = (L - \theta r - h) \frac{d\theta}{dt} \vec{i} + \frac{dh}{dt} \vec{j} \quad (2)$$

Прискорення в точці A буде дорівнювати:

$$\vec{a}_A = \left(-2 \frac{d\theta}{dt} \frac{dh}{dt} - r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + (L - \theta r - h) \frac{d^2\theta}{dt^2} \right) \vec{i} + \left((L - \theta r - h) \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \frac{d^2h}{dt^2} \right) \vec{j} \quad (3)$$

Запишемо другий закон Ньютона для важкого вантажу M вздовж осі Y :

$$Mg - T_1 = M \frac{d^2h}{dt^2} \quad (4)$$

а для легкого вантажу m у двох взаємно перпендикулярних напрямках

уздовж \vec{i} та \vec{j} так:

$$T_2 - mg \sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) = m \left((L - \theta r - h) \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + \frac{d^2h}{dt^2} \right) \quad (5)$$

$$mg \cos\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) = m \left(-2 \frac{d\theta}{dt} \frac{dh}{dt} - r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + (L - \theta r - h) \frac{d^2\theta}{dt^2} \right) \quad (6)$$

Отримаємо прискорення більш важкого вантажу:

$$\begin{aligned} a_M = \frac{d^2h}{dt^2} &= \frac{Mg + me^{\mu\theta} (g \cos\theta - (L - \theta r - h) \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2)}{M + me^{\mu\theta}} = \\ &= \frac{\gamma g + e^{\mu\theta} (g \cos\theta - (L - \theta r - h) \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2)}{\gamma + e^{\mu\theta}} \end{aligned} \quad (7)$$

та кутове прискорення легкого вантажу m :

$$\varepsilon = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \left(\frac{d^2\theta + 2 \frac{d\theta}{dt} \frac{dh}{dt} + r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2}{L - \theta r - h} \right) \quad (8)$$

Розглянемо другу стадію руху. Важкий вантаж M зупинився, пройшовши відстань h_0 . Довжина нитки, намотаної на циліндр, становить $\theta_0 r$. На цей момент кутова швидкість легкого вантажу m дорівнює $\frac{dh}{dt} = \omega_0$. Довжина нитки від вантажу m до точки контакту з циліндром визначається як $l_0 = L - h_0 - \theta_0 r$. Значення h_0 , θ_0 та ω_0 обчислюються шляхом розв'язання рівнянь.

Щоб уникнути плутанини при аналізі руху на другому етапі, до кожної фізичної величини додаємо індекс 111. Тобто BG змінюється на $B1G1 = (L - h_0 - \theta_0 r) - rd\theta$, Інші величини, такі як $A1 B1C1D1$ тощо, узгоджуються з аналізом для

першого етапу. Ігноруючи величини другого порядку малості, можна отримати $A1F1 = (L - h0 - \theta \cdot r)d\theta - rd\theta$, $l0 = L - h0 - \theta r$ та $A1E1 = 0$

Отже, миттєва швидкість вантажу m у точці A є:

$$\frac{\vec{A1B1}}{dt} = l \frac{d\theta}{dt} \vec{i} + 0 \vec{j} \quad (9)$$

а прискорення легкого вантажу в точці A можна обчислити так:

$$\vec{a}_{A_i} = \left(-r \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^2 + l \frac{d^2\theta}{dt^2} \right) \vec{i} + \left(l \left(\frac{d^2\theta}{dt^2} \right) \right) \vec{j} \quad (10)$$

Якщо припустити, що відстань між легким вантажем і центром циліндра є $S(\theta)$, тоді:

$$S^2(\theta) = l^2 + r^2 \quad (11)$$

З рівняння випливає, що, як тільки значення l_0 і θ_0 стають відомими (оскільки значення радіуса циліндра r відоме), траєкторія легкого вантажу на другій стадії руху може бути легко визначена. Крім того, кутова швидкість ω_0 легкого вантажу на початку другого етапу визначатиме тривалість його обертання.

Хід роботи

1. З'єднайте два транспортири як показано на малюнку.
2. Прикріпіть транспортири біндер-затискачем до столу.
3. Прикріпіть циліндр шприца у центр транспортирів.
4. З'єднайте тягарці ниткою.
5. На фоні конструкції закріпіть лінійку і секундомір.
6. Перекиньте більший тягарець через шприц, тримаючи маленький тягарець.
7. Увімкніть секундомір та запис відео.
8. Відпустіть маленький тягарець.
9. Перегляньте відео у сповільненому режимі та заповніть таблицю.

Контрольні запитання

1. Які фізичні величини необхідно визначити для опису руху петльового маятника?
2. Яким чином описується траєкторія легкого вантажу під час його руху?
3. Як розраховується миттєва швидкість і прискорення легкого вантажу?
4. Що відображають рівняння (8) і (9), наведені в теоретичних відомостях?
5. Як другий закон Ньютона застосовується до легкого і важкого вантажів?
6. Як визначаються значення h_0 , θ_0 та ω_0 ?
7. Що означає функція $S(\theta)$ і як вона використовується для визначення траєкторії?
8. Як кутова швидкість ω_0 визначає тривалість обертання легкого вантажу?
9. Чому важкий вантаж M зупиняється на певній висоті h_0 ?
10. Які фактори можуть призвести до розбіжностей між теоретичними та експериментальними результатами?

Висновки до розділу 2

Рекомендації для викладачів щодо впровадження технології BYOD у лабораторних роботах спрямовані на підвищення ефективності та продуктивності навчального процесу. Завдяки чітко визначеним цілям, правильному вибору додатків і використанню контрольних інструментів можна значно посилити зацікавленість і залученість студентів. BYOD відкриває нові перспективи для інтерактивного й практичного навчання, однак вимагає ретельної організації роботи студентів, щоб уникнути відволікань і забезпечити максимальну результативність.

Розділ 3

АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ РЕКОМЕНДАЦІЇ В УМОВАХ ПРАКТИЧНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ

3.1. Лабораторна робота «Перевірка рівняння Бернуллі»

Мета роботи: дослідити залежність висоти рівня рідини та об'єму гранульованого матеріалу у посудині з отвором від часу, використовуючи технологію BYOD та методику відеозапису і вимірювання часу.

Обладнання: смартфон з функцією відеозапису та секундоміром, вода, цукровий пісок, шприц.

Результати експериментів

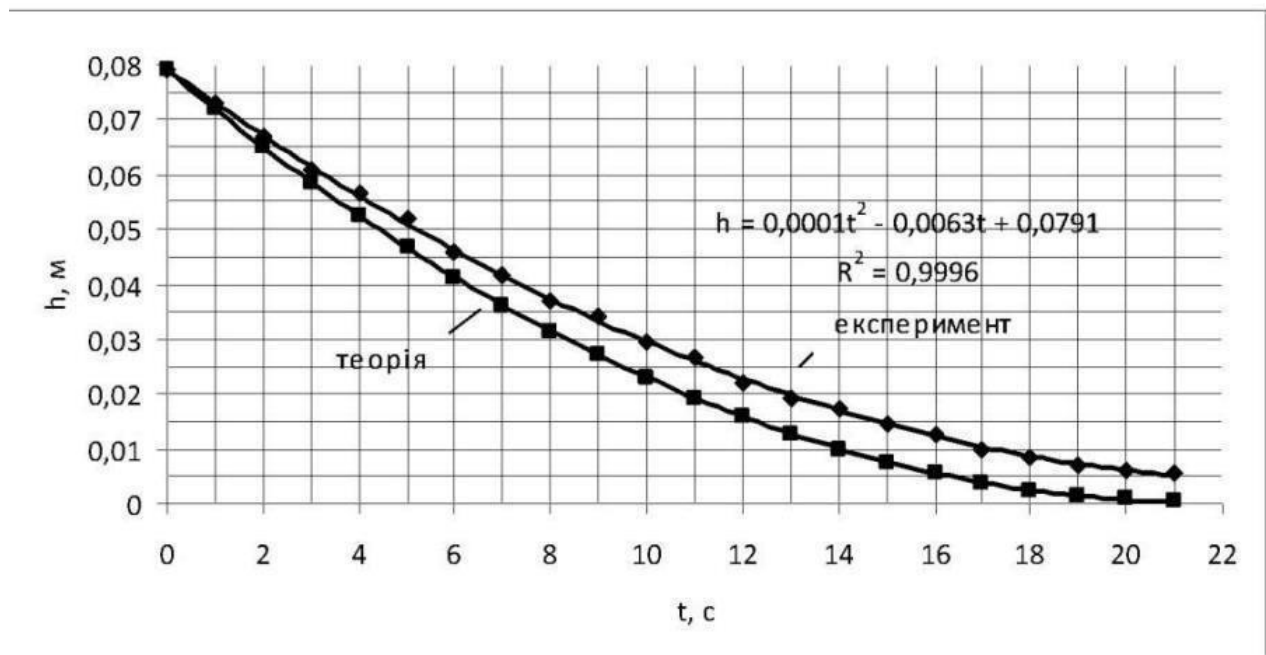


Рис. 3.1. Графік залежності висоти рівня рідини від часу має квадратичну форму, що узгоджується з рівнянням Бернуллі

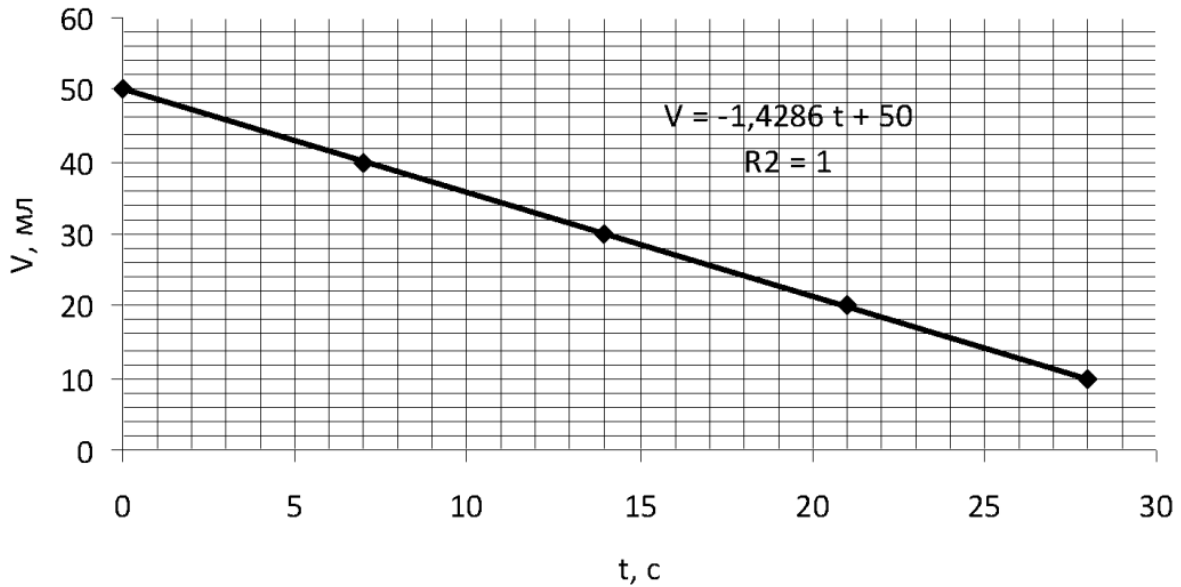


Рис. 3.2. Графік об'єму цукрового піску від часу має лінійну форму, що підтверджує сталість витрати матеріалу, незалежну від висоти

Отже, використання технології BYOD у поєднанні з розробленими установками дозволяє кожному студенту проводити повноцінні дослідження як в лабораторних умовах, так і дистанційно, вдома. Точність вимірювань кінематичних параметрів і часу за допомогою сучасних девайсів дозволяє розрізнити навіть невелику відмінність законів течії скрізь отвір рідини від гранульованих матеріалів.

3.2. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини»

Мета роботи: визначити величину коефіцієнта поверхневого натягу рідин.

Прилади й матеріали: вода, етанол, соняшникова рафінована олія, шприц 20 мл, секундомір.

Результати експериментів

Таблиця 3.1

Результати вимірювання коефіцієнта поверхневого натягу σ

Рідина	D_E , мм	D_S , мм	D_E / D_S	Густина рідини, кг/м ³	σ (20°C), мН/м	Табличне значення (20°C), мН/м
Вода	3,4	2,7	1,26	1000	68 ± 3	72,8
Олія сонячна рафінована	2,765	2,33	1,1875	930	37 ± 3	32-44

З аналізу таблиці видно, що результати, отримані в ході лабораторної роботи, є близькими до табличних значень. Це свідчить про високу точність проведених вимірювань і правильність використаних методів.

Такий збіг підтверджує, що обраний підхід та використання технології BYOD, зокрема смартфона для фіксації процесу, є ефективними для проведення подібних експериментів.

Отже, учні можуть використовувати камеру смартфона у режимі slow motion для зйомки процесу падіння краплі води на поверхню. Відео дозволяє точно виміряти форму і розміри краплі, що використовується для обчислення коефіцієнта поверхневого натягу.

3.3. Лабораторна робота «Вимірювання величини сили відриву поверхні плоского тіла від рідини методом важеля»

Мета роботи: дослідити функціональну залежність сили відриву твердого тіла від рідини від його контактних параметрів, а саме: площі контакту, периметру та наявності отворів у тілі.

Прилади й матеріали: посудина з водою, важель, тонкі диски, лінійка.

Результати експериментів

Таблиця 3.2

Результати вимірювання сили відриву F_H дисків з полімерної плівки від поверхні води

m_0 , г	Діаметр диска, мм	Площа диска, мм ²	Периметр диска, мм	L_2 , мм	L_1 мм	L_2/L_1	F_H , мН
0,071	15	176,7	47,1	174	149	1,17	5,68
0,137	20	314,16	62,8	185	138	1,34	11,41
0,26	30	706,86	94,3	201	122	1,65	21,75
0,458	40	1256,64	125,7	225	98	2,30	44,11
0,71	50	1963,5	157,1	241	82	2,94	65,75
1,002	60	2827,4	188,5	260	63	4,13	107,43
1,384	70	3848,45	219,9	273	50	5,46	153,67
1,091	60	2827,4	188,5	259	64	4,05	103,55

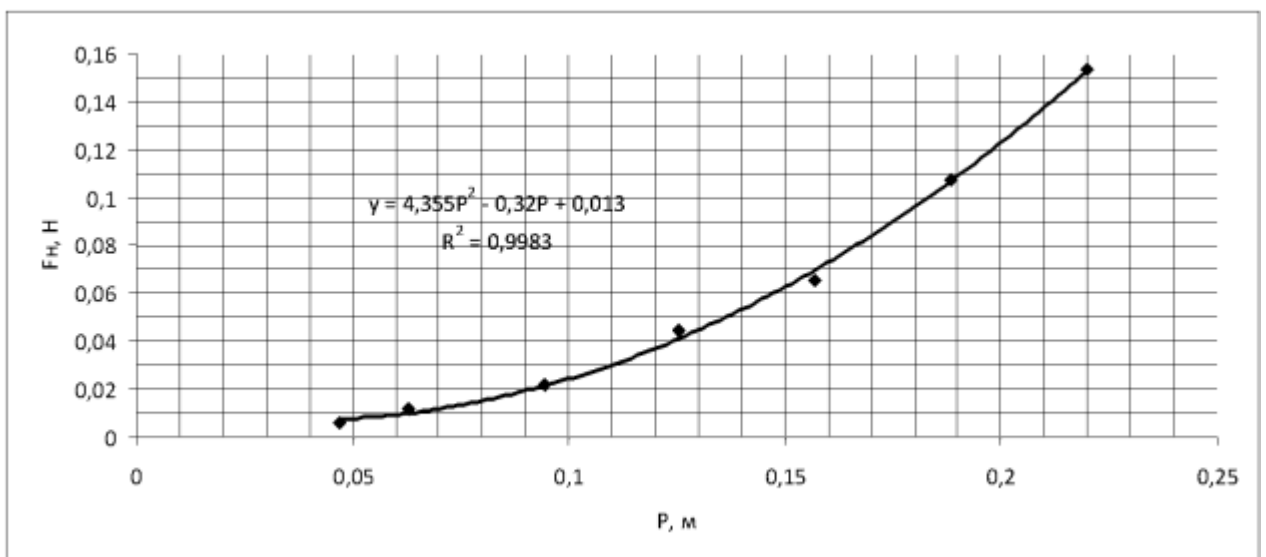


Рис. 3.3. Графік залежності сили відриву від периметру диску

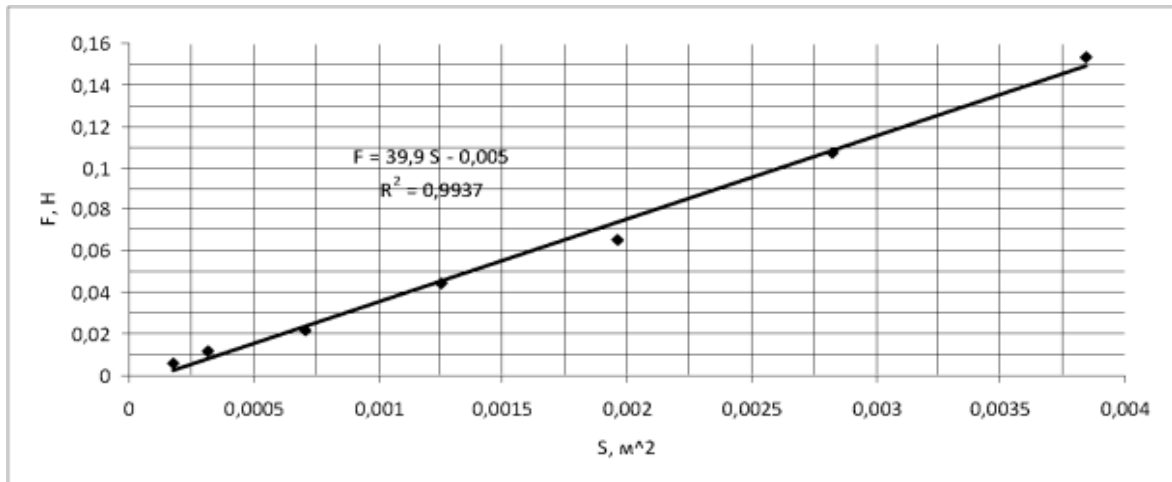


Рис. 3.4. Графік залежності сили відриву F_H від площі контактної поверхні диску $S = \frac{\pi d^2}{4}$

Аналіз графіків і результатів експериментів показує, що лінійної залежності $F = \sigma \cdot l$ (де l — периметр) не існує, що вказує на відсутність дії сил поверхневого натягу під час підйому диска. Натомість графік на рис. 4.4 демонструє, що сила відриву диска від рідини прямо пропорційна площі диска. Це доводить, що сила відриву обумовлена об'ємною взаємодією молекул рідини з молекулами твердого тіла, а не лише силами вздовж лінії контакту (периметра).

3.4. Лабораторна робота «Визначення періоду коливань математичного маятника за допомогою магнітного датчика смартфона»

Мета: використовуючи магнітний датчик смартфона визначити період коливань математичного маятника.

Обладнання: застосунок “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Viera Software, залізна кулька, нитка, біндер-затискач.

Хід роботи:

1. Прикріпіть математичний маятник із залізною кулькою до стільниці стола біндер-затискачем. (рис.3.5)

2. Завантажте на телефон застосунок “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Vieyra Software.
3. Розмістіть магнітний датчик смартфона біля центру кульки на відстані трохи більшій за амплітудну.
4. Відхиліть кульку та розпочніть вимірювання.
5. Отриману осцилограму коливань із застосунку можна перенести у таблиці Excel.
6. Виконати розрахунок за формулою $T = \frac{t}{N}$.

Результати експериментів



а)



б)

Рис. 3.5. а) Фото дослідницької установки; б) Вигляд дисплея під час коливання математичного маятника (застосунок “Магнітометр” Phyphox та застосунок “Магнітометр” Physics Toolbox Sensor Suite)

За допомогою мобільних застосунків “Магнітометр” Phyphox або Physics Toolbox Sensor Suite від Viera Software з легкістю і достатньою точністю вимірювань може бути проведена дана лабораторна робота.

3.5. Лабораторна робота «Використання режиму уповільненого відео смартфона для вимірювання гравітаційного прискорення»

Мета роботи: виміряти гравітаційне прискорення g за допомогою смартфона, використовуючи функцію уповільненої зйомки для реєстрації руху падаючого тіла.

Обладнання: довга лінійка або метр, кулька, нитка, секундомір, запальничка.

Результати експериментів

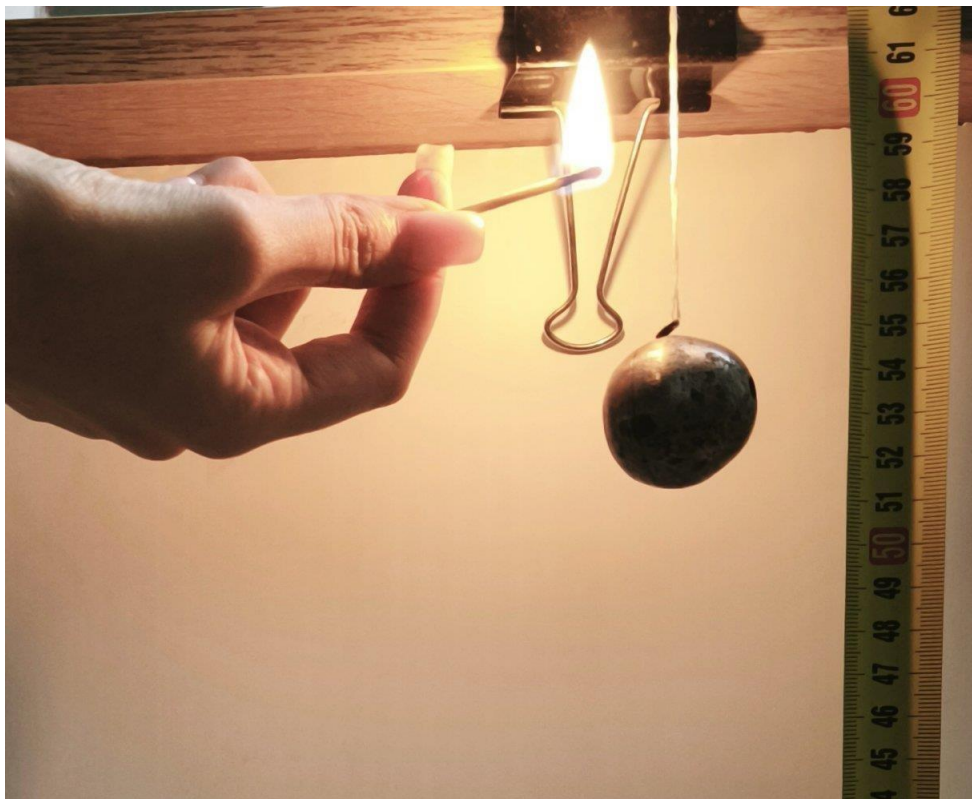


Рис. 3.6. Фото дослідницької установки

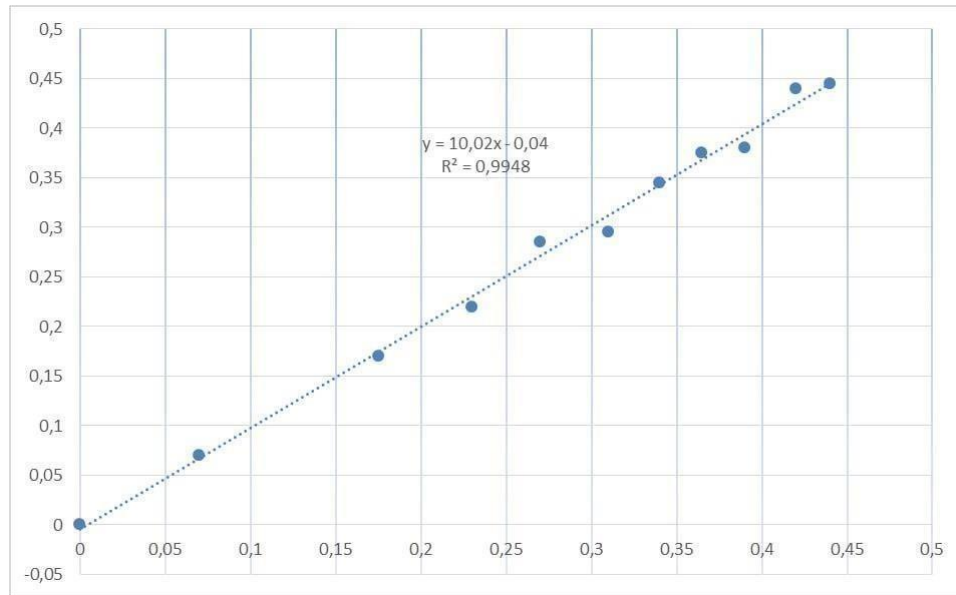


Рис. 3.7. Графік швидкості тіла, обчисленої з положення та часу, отриманих під час падіння. Нахил інтерполяційної лінії дає значення прискорення g

Прискорення можна обчислити за формулою: $g = \frac{2\Delta s}{\Delta t^2}$ де Δs — відстань, пройдена тілом, а Δt — час падіння.

Цей експеримент дає змогу визначити прискорення вільного падіння за допомогою технологій смартфона, забезпечуючи точні вимірювання часу й відстані, які є ключовими параметрами для розрахунків. Використання режиму *slow motion* дозволяє учням спостерігати процес у деталях, що важливо для аналізу рівноприскореного руху.

3.6. Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру»

Мета роботи – визначення коефіцієнта тертя ковзання гнучкого тіла по нерухомому циліндру.

Обладнання: дослідницька установка, смартфон.

Результати експериментів

Таблиця 3.3

Результати вимірювання коефіцієнта тертя μ

D , мм	θ , рад	m , г	M , г	M/m	μ
30,4	π	2,6	6	2,69	0,266
30,4	3π	2,6	32	12,3	0,266

Таблиця 3.4

Результати вимірювання коефіцієнта тертя нитки об циліндр під час руху вантажів

M , г	m , г	a , м/с ²	μ
22,65	2,6	5,6	0,276

3.7. Лабораторна робота «Петльовий маятник»

Мета роботи: визначення кінематичних параметрів петльового маятника.

Прилади й матеріали: транспортири, циліндр шприця, нерозтяжна нитка, тягарці смартфон, мобільний додаток “Секундомір”.

Результати експерименту

Для ілюстрації явища, вивчення характеристик петльового маятника та підтвердження раніше отриманих теоретичних висновків були створена спеціальна установка.

Установка фіксується на торці столу за допомогою біндер-затискачів. Переміщення тягарців відбувається на фоні сантиметрової лінійки, закріпленої на опорі столу, та секундоміра, встановленого на іншому смартфоні. Для

вимірювання та аналізу кінематичних параметрів використовувався смартфон Huawei P20 Pro у режимі відеозйомки "slow motion" із частотою до 960 кадрів на секунду.

Циліндр демонстраційного стенда для викладача, навколо якого обертався тягарець петльового маятника, мав діаметр ($D = 30,4$) мм і був закріплений співвідносно круговому транспортеру діаметром 350 мм. У дослідних установках використовувався пластмасовий циліндр (частина корпусу шприца) діаметром $D = 21,5$ мм, який встановлювався по центру кругового транспортера діаметром 90 мм. Довжина нитки, що з'єднувала тягарці в експериментах, становила $L = 0,79$ м.

Тягарцем маятника слугувала пластмасова намистина діаметром 15,7 мм і масою 2,6 г. Як додатковий важчий вантаж використовувався корпус пластмасового яйця масою 3,95 г, до порожнини якого, за потреби, доливалася вода. Маса вантажів вимірювалася за допомогою електронних ваг.

На початковому етапі було визначено коефіцієнт тертя нитки об нерухомий циліндр. Вихідні параметри петльового маятника подано в таблиці 3.5, а результати вимірювань наведено в таблиці 3.6 та представлені у вигляді графіків на рис. 3.8 – 3.10.

Таблиця 3.5

Вихідні дані петльового маятника

M , г	m , г	M/m	L , м	r , мм	S_0 , м	y_0 , м	μ	θ_0 град	ω_0 , c^{-1}
22,65	2,6	8,71	0,79	15,2	0,685	0,081	0,27	90	0

Таблиця 3.6

Результати дослідів

t , с	Δt , с	$\gamma_{\text{сарт}}$ м	$\gamma_{\text{факт}}$ м	$S_{\text{факт}}$ м	θ , град
5,380	0,000	0,106	0,081	0,685	90
5,435	0,055	0,115	0,090	0,676	92
5,488	0,108	0,130	0,105	0,659	97

5,541	0,161	0,150	0,125	0,637	104
5,594	0,214	0,215	0,190	0,572	110
5,647	0,267	0,310	0,285	0,473	120
5,700	0,320	0,385	0,360	0,394	135
5,753	0,373	0,450	0,425	0,324	155

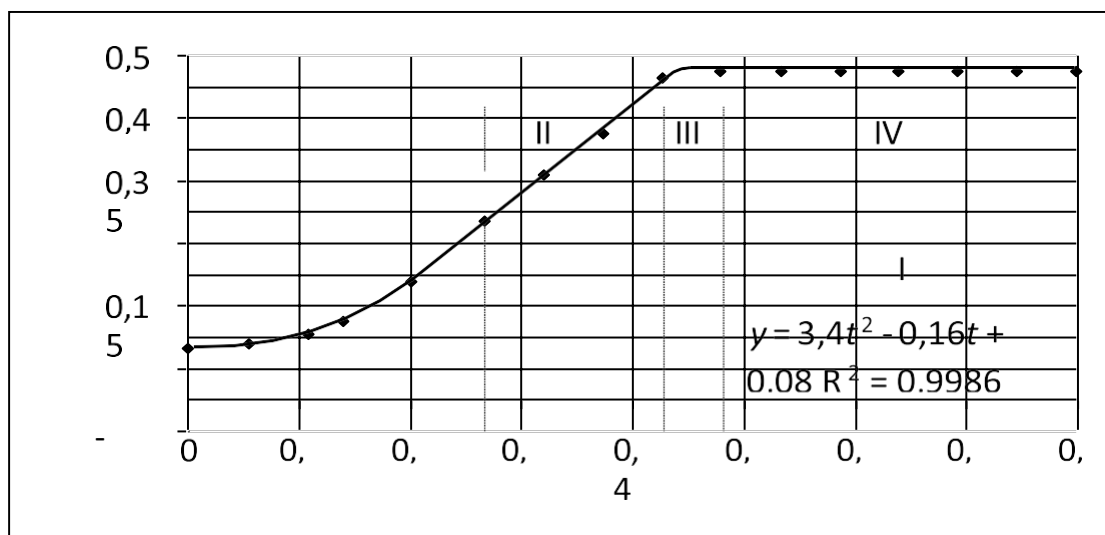


Рис. 3.8. Графік залежності координат y від часу падіння вантажу M

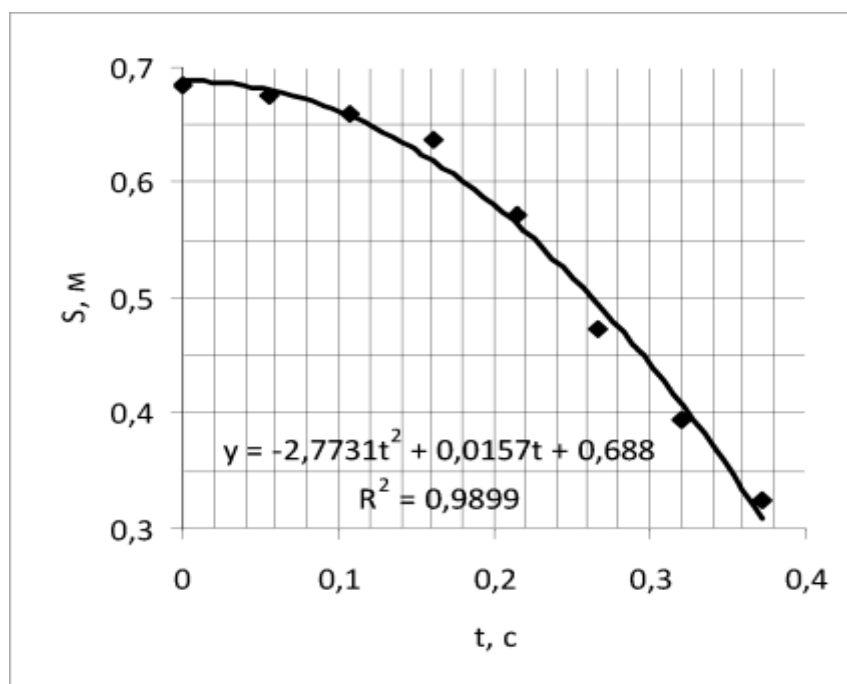


Рис. 3.9. Графік зміни довжини маятника S від часу t

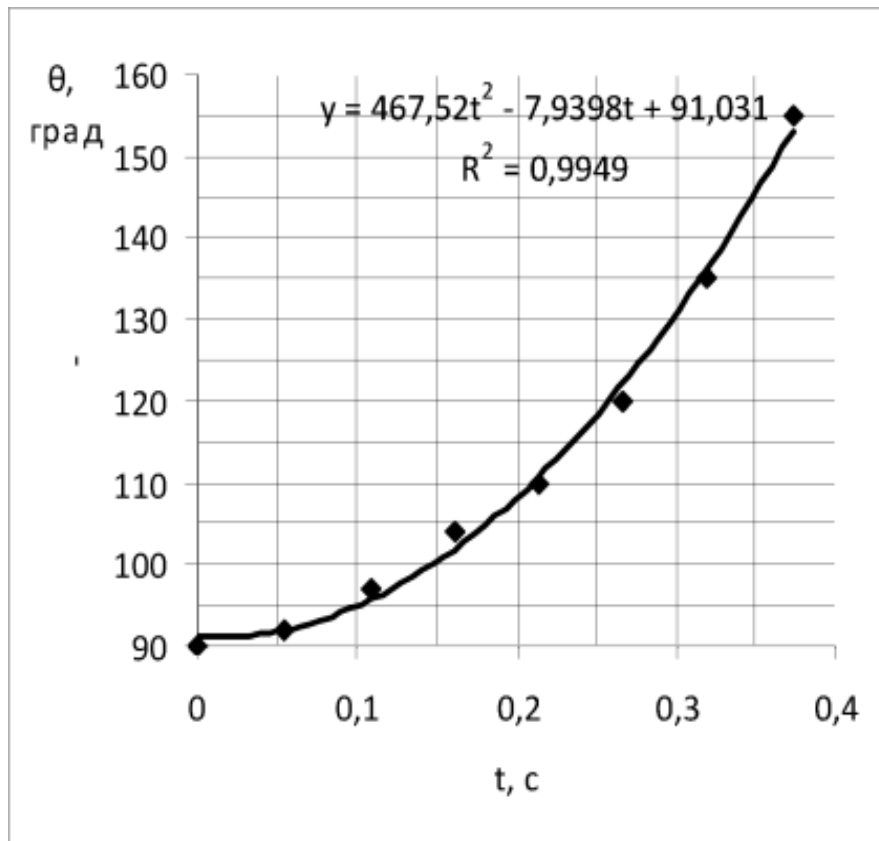


Рис. 3.10. Графік зміни кута θ від часу t

Аналіз отриманих даних дозволив виділити чотири етапи руху тягарця М:
 Етап I: На ділянці, де кут θ змінювався від 90° до 120° прискорення тягарця дорівнювало $a_2 = 6,8 \text{ м/с}^2$, що перевищує значення $a_1 = 5,6 \text{ м/с}^2$, коли кут $\theta = 180^\circ$ залишався незмінним (див. рис. 3.10).

Етап II: У межах зміни кута від 120° до 240° спостерігалось зростання сили тертя, що призвело до стабілізації швидкості тягарця на рівні $1,43 \text{ м/с}$.

Етап III: Тягарець почав гальмувати з прискоренням 46 м/с^2 , після чого рух припинився.

Етап IV: На цьому етапі вантаж повністю зупинився.

Одочасно, на етапі I, менший вантаж також мав прискорення $a_m = 5,6 \text{ м/с}^2$ як це видно з рівняння руху вантажу m , представленого на рис. 3.11.

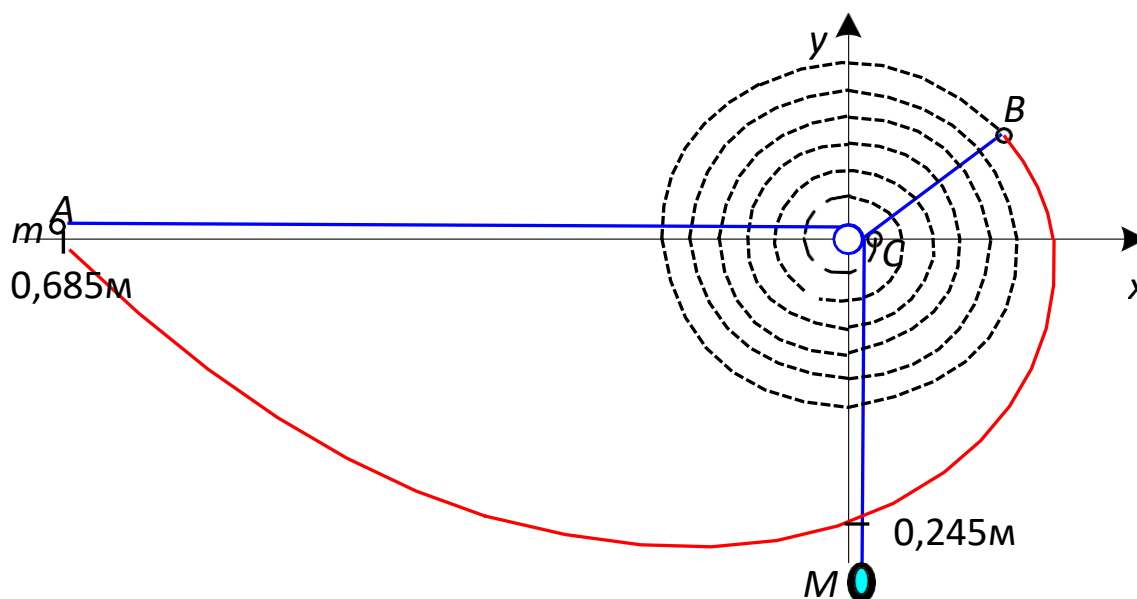


Рис. 3.11. Траєкторія руху петльового маятника

Крім того, студентам можна запропонувати розробити комп'ютерну програму, яка забезпечить теоретичне моделювання траєкторії руху маятника. Це дозволить не лише поглибити розуміння фізичних закономірностей, а й практикуватися у застосуванні сучасних інструментів для симуляції фізичних явищ.

Висновок до розділу 3

У розділі представлено апробацію розроблених рекомендацій із використання сучасних технологій для проведення лабораторних робіт у шкільному та університетському навчанні фізики. Розроблені лабораторні роботи успішно демонструють ефективність технологій BYOD (використання власних пристроїв) та мобільних додатків, таких як "Магнітометр", функція уповільненої зйомки тощо, для аналізу фізичних явищ.

Дослідження підтвердили можливість точного вимірювання параметрів руху та властивостей рідин за допомогою смартфонів, що робить експерименти доступними для виконання навіть вдома. Відповідність отриманих результатів теоретичним передбаченням (наприклад, підтвердження рівняння Бернуллі та

закону витрати гранульованих матеріалів). Високу точність і зручність використання мобільних пристроїв для реєстрації даних, таких як час, траєкторія руху, прискорення та сили взаємодії.

Розроблені лабораторні установки й методики дозволяють досліджувати широкий спектр фізичних явищ. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації освітнього процесу й удосконалення методик викладання фізики.

ВИСНОВОК

У сучасному освітньому середовищі технологія BYOD (Bring Your Own Device) набула значної популярності, оскільки дозволяє ефективно інтегрувати особисті мобільні пристрої студентів у навчальний процес. Це дослідження присвячене аналізу можливостей та викликів, пов'язаних із використанням BYOD під час лабораторних робіт з фізики. У роботі було проаналізовано теоретичні основи BYOD, розглянуто досвід і результати досліджень, пов'язаних із впровадженням цієї технології в освіті, а також розроблено практичні рекомендації для викладачів.

Результати аналізу показали, що BYOD має вагомі переваги. Серед них – підвищення залученості студентів, можливість індивідуалізації навчання, а також економія на використанні спеціалізованого обладнання завдяки використанню функцій мобільних пристроїв, таких як датчики прискорення, освітленості, тиску тощо. Залучення студентів до активного виконання лабораторних робіт через власні пристрої сприяє розвитку цифрової грамотності та формуванню важливих технічних навичок, що відповідають вимогам сучасного інформаційного суспільства.

Водночас дослідження виявило певні обмеження та виклики, що виникають під час впровадження BYOD. Вони включають різний рівень технічного оснащення студентів, проблеми рівного доступу до мобільних пристроїв, ризик відволікання студентів на сторонні ресурси, а також технічні труднощі, пов'язані з мережею і безперервним доступом до Інтернету. Викладачам рекомендується завчасно підготувати інструкції та рекомендації, а також впроваджувати інструменти для моніторингу активності студентів, щоб підтримувати фокус на навчальних завданнях.

У роботі були розроблені рекомендації щодо організації та проведення лабораторних робіт із використанням BYOD, які враховують необхідність підготовки навчальних матеріалів, вибору програмного забезпечення та організації безпечного й продуктивного освітнього середовища. Запропоновані приклади лабораторних робіт, такі як "Перевірка рівняння Бернуллі" та

"Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини", показують, як використання мобільних пристроїв може покращити розуміння фізичних явищ, підвищити зацікавленість і практичні навички студентів.

Загалом, результати дослідження підтверджують ефективність використання BYOD для виконання лабораторних робіт з фізики, особливо в умовах дистанційного навчання. Успішність реалізації BYOD значною мірою залежить від готовності викладачів і студентів до використання особистих пристроїв для освітніх цілей, а також від методичної підтримки та контролю з боку навчального закладу. У майбутньому подальші дослідження можуть зосередитися на вивченні оптимальних методів адаптації BYOD для різних дисциплін, а також на створенні спеціалізованих додатків, що підтримують освітні експерименти в умовах BYOD.

Таким чином, BYOD є перспективною та економічно ефективною технологією, що сприяє інноваціям у навчальному процесі, створює нові можливості для інтерактивного навчання та допомагає підготувати студентів до використання цифрових технологій у майбутній професійній діяльності.

Список використаних джерел

1. Sheridan J., Ballagas R., Rous M. BYOD: Bring Your Own Device. 2004.
2. Jonson L., Adams Becker S., Estrada V., Freeman A. NMC Horizon Report: 2014 K-12 Edition. The New Media Consortium, 2014. С. 52
3. Campbell G. F., Brown R. P. C. Cost-Benefit Analysis: Financial and Economic Appraisal Using Spreadsheets. London: Routledge, 2015. С. 350.
4. Madani L., Bsiesi A. Chevrier J. (2013). Using smartphones for teaching classical mechanics. *Physics Teacher*, 51(6). С. 376-377.
5. Brown T. A. Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. New York: Guilford Publications, 2015. С. 462.
6. Vogt P., Kuhn J. Analysis of simple pendulum phenomena using a smartphone Acceleration Sensor. *The Physics Teacher*. 2012. Т. 50, № 7. С. 439–440.
7. Vieira R. E., Vieira K. Analysis of forces on amusement rides using mobile devices. *The Physics Teacher*. 2014. Т. 52, № 3. С. 149–151.
8. Hirt M., Kuhn J., Müller A. Measuring the speed of sound using harmonic resonance frequencies with everyday mobile technologies. *The Physics Teacher*. 2015. Т. 53, № 3. С. 120–121.
9. Goy et al., Surface Tension Measurements with a Smartphone, 2017.
10. Здещиц В.М., Здещиц А.В. Використання технології BYOD в освітньому процесі в умовах дистанційного навчання студентів-фізиків: навч. посіб. Кривий Ріг, Літерія, 2022. 184 с.
11. Здещиц В.М., Здещиц А.В., Черних А. Вимірювання сили відриву диска від рідини в умовах дистанційного навчання. 2022. Випуск 1(33). С. 7-13.
12. Здещиц В.М., Здещиц А.В., Черних А. Розробка та методичний супровід фронтальної лабораторної роботи з фізики “Петльовий маятник”. 2020. Випуск 1(23). Частина 2. С. 31-38.
13. Здещиц В.М., Здещиц А.В., Прихожа Ю. О. Використання технології BYOD під час виконання лабораторних робіт з фізики. 2020. Випуск 3 (25). Частина 2. С. 43-49. doi.10.31110/2413-1571-2020-025-3-024.

14. Yersel M. The flow of sand. 2000. 38(5), 290-291.

<https://doi.org/10.1119/1.880534>.

15. Здещиц В. М., Здещиц А. В. Практика з шкільного фізичного експерименту в умовах дистанційного навчання: навч. посібник. Кривий Ріг: Вид.

Літерія, 2023. 167 с.

<https://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/7253>

<https://doi.org/10.31812/123456789/7253>