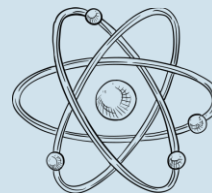
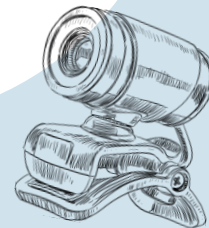


«ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ: ВІД СИМУЛЯЦІЙ ДО ОНЛАЙН-ЕКСПЕРИМЕНТІВ»

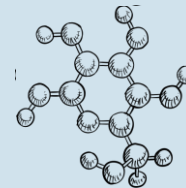
Заклад професійної (професійно-технічної) освіти
"Харківський професійний коледж будівництва та
промисловості"

викладач фізики та астрономії

Слюта Дмитро Сергійович



Цифрові інструменти у викладанні фізики



У сучасних умовах освіта потребує нових підходів до формування практичних навичок учнів. Для фізики, де **експеримент має ключове значення**, важливо якісно адаптувати лабораторні роботи до дистанційного та змішаного формату навчання

Цифрові технології дають змогу:

- моделювати фізичні явища в безпечних умовах;
- розвивати дослідницькі вміння й самостійність учнів;
- відтворювати або навіть удосконалювати традиційні експерименти.

Матеріал присвячено сучасним способам проведення лабораторних робіт із фізики за допомогою мобільних пристроїв, відеоекспериментів, віртуальних симуляцій та інтерактивних онлайн-дошок.



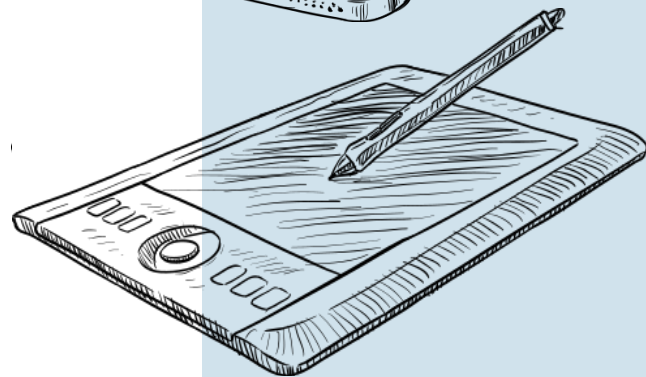
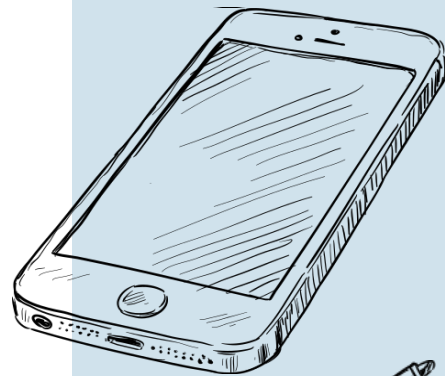
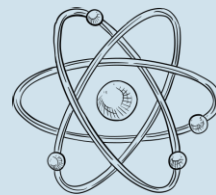
Проведення експериментів за допомогою мобільних пристроїв

Кожен учень сьогодні має потужний освітній інструмент — власні **смартфони та планшети**. Завдяки вбудованим датчикам ці пристрої можна використовувати як **мінілабораторії** для проведення фізичних дослідів.

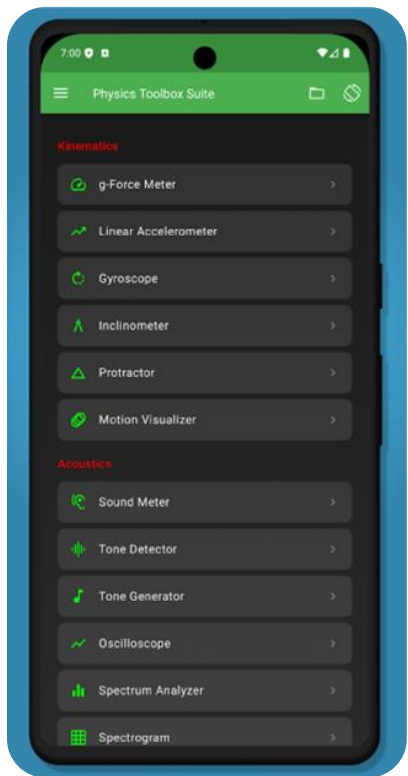
Спеціальні мобільні додатки перетворюють гаджет на засіб для:

- вимірювання фізичних величин у реальному часі;
- спостереження й моделювання процесів;
- закріплення теоретичних знань через практичні досліді.

Таке використання технологій підвищує зацікавленість учнів і сприяє глибшому розумінню фізики.



Physics Toolbox Suite



Physics Toolbox Suite — це мобільний додаток, який перетворює смартфон або планшет на **універсальний вимірювальний прилад**.

Можливості програми:

- ✓ спостереження показників обраного датчика;
- ✓ побудова графіків і експорт даних у форматі CSV;
- ✓ вимірювання прискорення, освітленості, тиску, рівня звуку, магнітного поля.

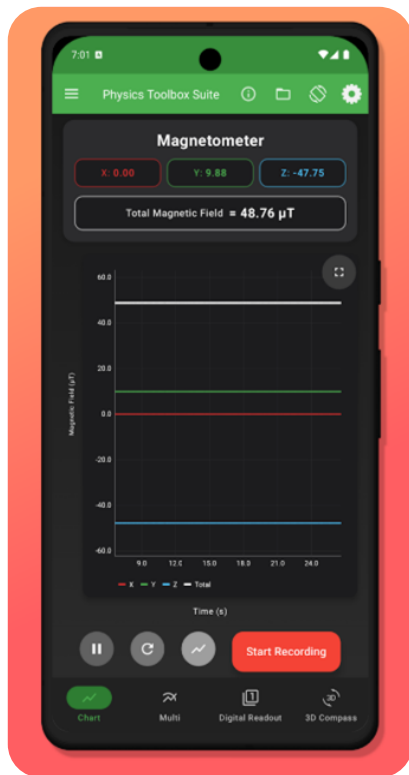
Приклади використання:

- дослідження рівномірного й прискореного руху;
- дослідження залежності яскравості від відстані до джерела світла;
- вимірювання атмосферного тиску чи частоти звуку.

На основі додатку можна розробити завдання для лабораторної роботи, або використовувати як інструмент для додаткових завдань до лабораторних робіт



Physics Toolbox Suite



Датчики:

G-Force – перенавантаження
Лінійний акселерометр –
прискорення

Гіроскоп – кутова швидкість

Барометр – атмосферний тиск

Датчик наближення –
періодичність руху

Гігрометр – відносна вологість

Термометр – температура

Магнітометр – інтенсивність
магнітного поля

Датчик освітленості –
інтенсивність світла

Вимірювання звуку –
інтенсивність звуку

Генератор тону – генератор
звукового тону

Орієнтація в просторі –
азимут, крен, нахил

Стробоскоп, датчик кольору



Мобільний застосунок Phyphox

Phyphox — безкоштовний додаток, створений у Технічному університеті Ахена, який перетворює смартфон на **компактну фізичну лабораторію**.

Можливості Phyphox:

- ✓ вибір готових або створення власних експериментів;
- ✓ автоматичне відображення результатів у вигляді графіків і чисел;
- ✓ експорт даних у CSV або передача на комп'ютер через Wi-Fi;
- ✓ обмін експериментами через QR-коди.

Приклади застосування:

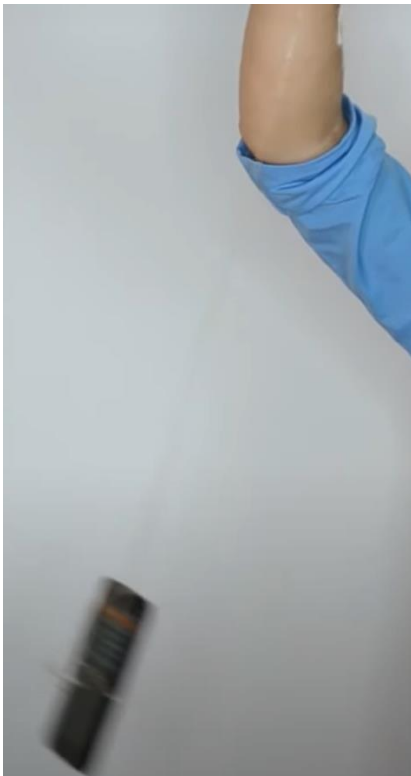
- дослідження коливань маятника;
- визначення прискорення руху чи вільного падіння;
- вимірювання швидкості звуку та зміни тиску з висотою.



Програма використовує вбудовані сенсори телефону — **акселерометр, гіроскоп, мікрофон, барометр, датчик освітленості** — для проведення експериментів і збору даних у реальному часі.



Вимірювання прискорення вільного падіння за допомогою Phyphox

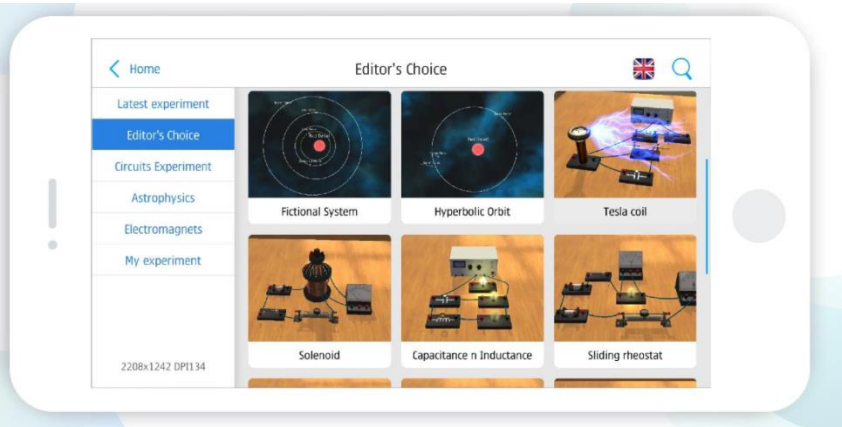


Приклад завдання:

- 1.Зробити маятник: прив'язати вантаж до нитки.
2. Запустити в додатку Phyphox експеримент "Маятник".
3. Гойдати маятник — додаток сам точно виміряє період - час одного коливання.
- 4.Вимірти довжину нитки.
- 5.Порахувати за отриманими результатами значення прискорення вільного падіння та порівняти з табличним.



Віртуальний лабораторний застосунок Physics Lab



Додаток має багато інтерактивних симуляцій з астрономії, електричних кіл, магнітних та електромагнітних полів та ін.

Physics Lab — це 3D-симулятор, який дозволяє проводити фізичні експерименти у **віртуальному середовищі**.

Можливості програми:

- ✓ вимірювання сили струму, напруги, опору;
- ✓ побудова графіків залежностей;
- ✓ моделювання безпечних ситуацій: короткого замикання, зміни потужності, типів з'єднань.

Переваги:

- безпечне середовище для експериментів;
- наочність і взаємодія з моделлю;
- розвиток розуміння електричних процесів через практику.



Роботи з електрики Physics Lab

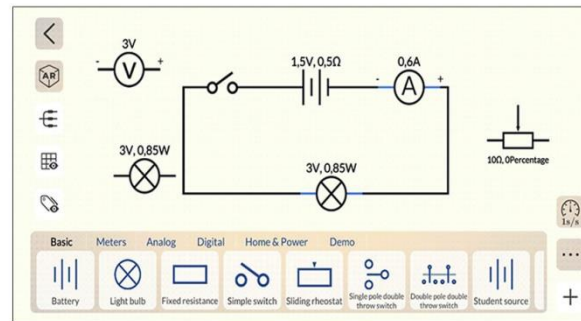
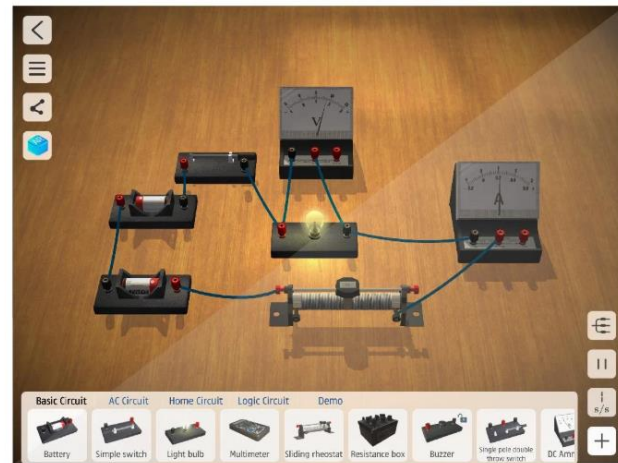
Цей симулятор сфокусований переважно на розділах **електрики та магнетизму**, перетворюючи екран смартфона чи планшета на віртуальний робочий стіл.

Учень отримує доступ до понад **55 цифрових аналогів реальних компонентів**: джерел струму, резисторів, конденсаторів, котушок індуктивності, амперметрів, вольтметрів та навіть логічних вентилів.

Учні можуть

- ✓ збирати електричні кола
- ✓ досліджувати закони Ома
- ✓ послідовне та паралельне з'єднання провідників
- ✓ аналізувати вплив напруги на силу струму.

Програма також дозволяє моделювати коротке замикання чи зміну потужності споживача



Відеоексперименти

Під час дистанційного навчання лабораторні роботи з фізики можна демонструвати у **форматі відеоекспериментів**. Це дозволяє показати дослід у дії навіть без фізичної присутності в лабораторії

Переваги власних відео:

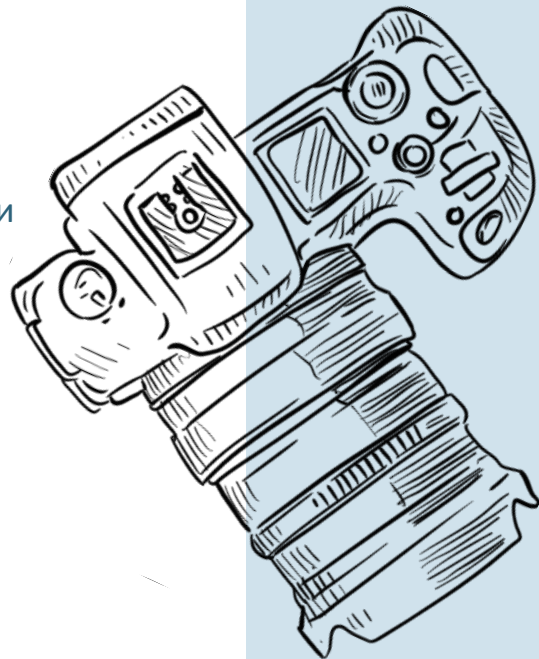
- викладач показує експеримент у потрібному форматі;
- можна адаптувати пояснення під рівень учнів.

Недоліки:

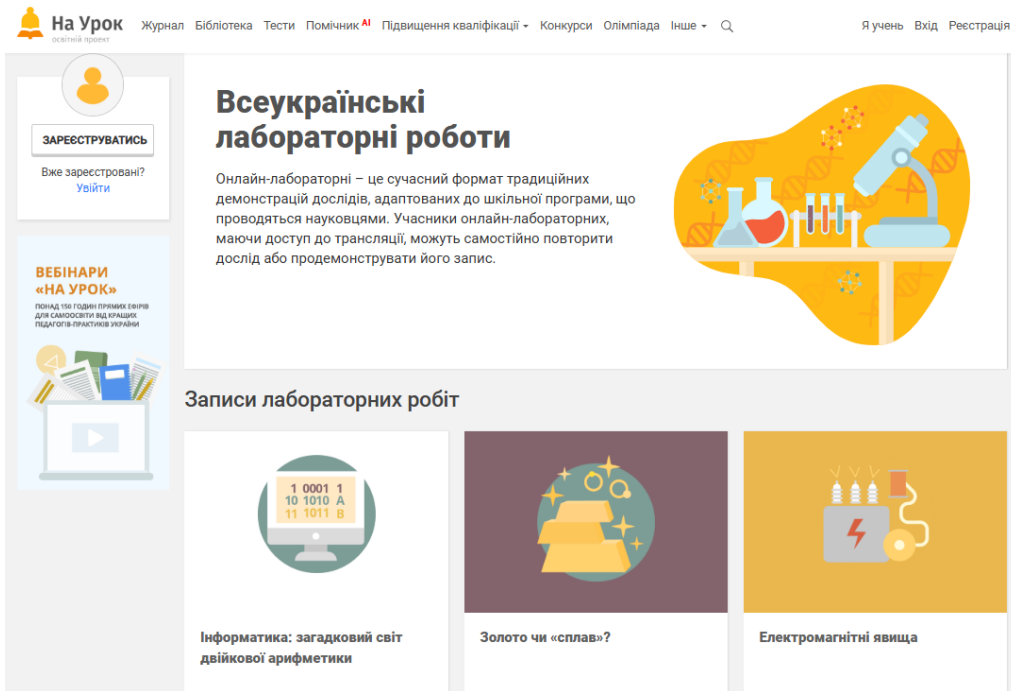
- потреба у якісній техніці (камера, світло, мікрофон, штатив);
- складність зйомки дрібних деталей;
- потреба у монтажі та скороченні тривалості відео.

Альтернатива:

Використання вже **готових відеоекспериментів** — зручне рішення, адже вони професійно зняті, добре змонтовані та наочно демонструють фізичні явища.



Лабораторні роботи платформа «На Урок»



Учні можуть **спостерігати, фіксувати дані й проводити розрахунки** без спеціального обладнання.

Naurok — це освітня платформа, що надає доступ до **відеоекспериментів із фізики** для дистанційного та змішаного навчання.

Кожна лабораторна робота містить:

- відео демонстрацію досліду;
- короткий теоретичний матеріал;
- інструкцію з виконання;

Приклади робіт:

- ✓ визначення прискорення вільного падіння;
- ✓ перевірка закону Ома;
- ✓ вивчення заломлення світла.

Тематика робіт:

- механіка, електрика, оптика, теплові явища.



YouTube-канал «Цікава наука»



Цікава наука

@cikavanauka · Підписалося 281 тис. користувачів · 285 відео

Переклад і озвучення науково-популярних та освітніх відео на різні наукові теми...більше

patreon.com/CikavaNauka і ще 1 посилання

Підписатися

Головна Відео Списки відтворення Дописи

Нові Популярні Найстаріші



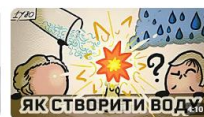
Як стати експертом: 4 умови [Veritasium]
189 тис. переглядів · 2 роки тому



Чому вагітним необхідна фолієва кислота [Nucleus Medical Media]
38 тис. переглядів · 2 роки тому



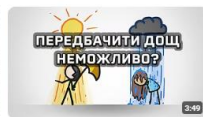
Чому ж чоловіки живуть менше. Справжня причина [MinuteEarth]
164 тис. переглядів · 2 роки тому



Як ми дивились будувати молекули води [MinuteEarth]
55 тис. переглядів · 2 роки тому



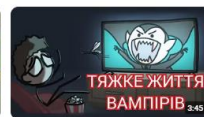
Як нам вдалося отримати зображення чорних дір [Veritasium]



Чому погоду важко передбачити [MinuteEarth]



Вчений, який приніс смерть мільйонам і врятував життя мільярдам [Veritasium]



Тяжке життя вампірів [MinuteEarth]
33 тис. переглядів · 2 роки тому

Використання відео з «Цікавої науки» робить уроки фізики **наочними, інтерактивними й мотивуючими**, сприяючи підвищенню **наукової грамотності** учнів.

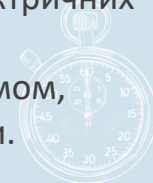
«Цікава наука» — український YouTube-канал, що пропонує **велику добірку відео з фізики та інших природничих наук**. Відео демонструють явища в реальному часі та пояснюють їх зрозумілою, доступною мовою.

Особливості каналу:

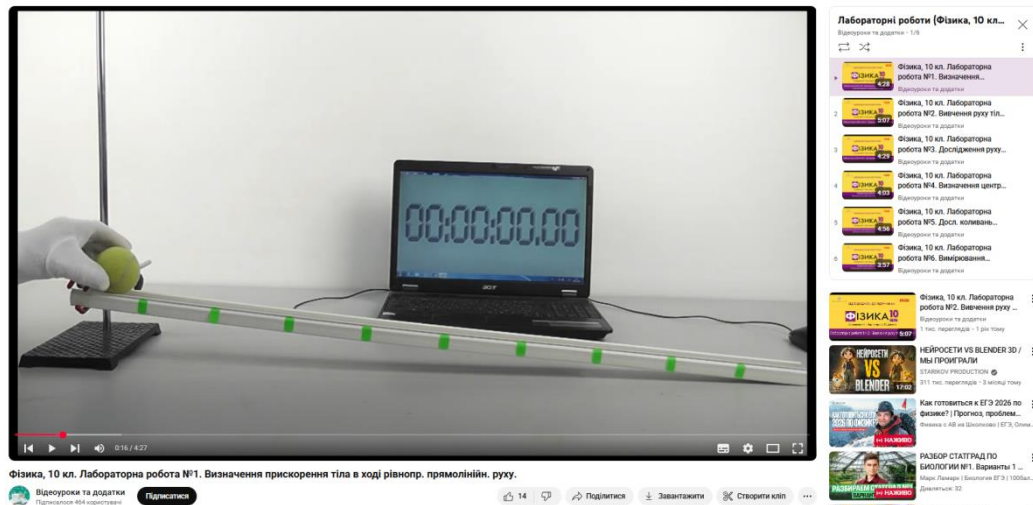
- ✓ українська озвучка та переклад науково-популярних відео;
- ✓ плейлисти за темами, зручний пошук, можливість коментування;
- ✓ матеріали підходять для уроків, лабораторних занять і самостійного навчання.

Приклади тем:

- закони Ньютона, робота електричних кіл;
- досліди зі світлом, магнетизмом, звуком і тепловими явищами.



Відеододатки до підручників фізики видавництва «Ранок»



Видавництво «Ранок» створює **відеододатки** до підручників фізики для 10–11 класів, які охоплюють усі основні теми курсу. Ці відео якісно відзняті, змонтовані та демонструють хід лабораторних робіт і демонстраційних експериментів.

Відео доступні як у платних збірках видавництва, так і **безкоштовно на YouTube**, де розміщено тематичні плейлисти з лабораторними роботами

Переваги:

- ✓ наочна демонстрація фізичних явищ і процесів;
- ✓ допомога у розумінні складних тем;
- ✓ зручність використання під час дистанційного навчання;
- ✓ можливість неодноразового перегляду й аналізу дослідів.

Обмеження:

Перегляд відео не може повністю замінити **активну участь у експерименті** — учні стають пасивними спостерігачами, втрачаючи дослідницький аспект навчання.



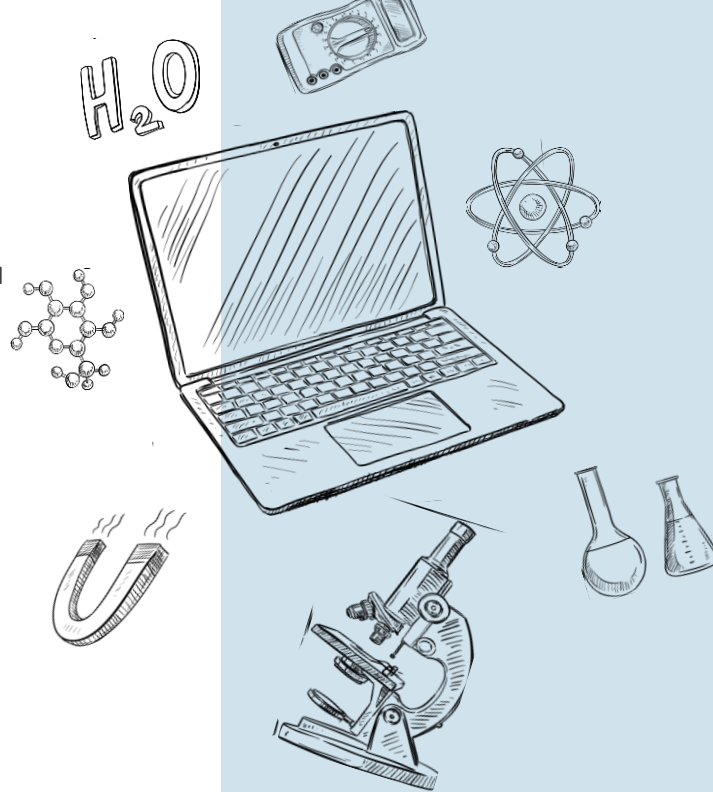
Інтерактивні віртуальні симуляції для проведення лабораторних робіт

Інтерактивні віртуальні симуляції — це сучасний інструмент навчання фізики, що дозволяє проводити досліді в безпечному цифровому середовищі, спостерігати складні явища та змінювати параметри експерименту для кращого розуміння процесів.

Переваги симуляцій:

- ✓ **активна взаємодія** з моделями — учні змінюють умови дослідів, вимірюють величини, аналізують результати;
- ✓ формування **дослідницьких умінь** і **критичного мислення**;
- ✓ можливість безпечного експериментування без обмежень обладнання;
- ✓ зручність для **дистанційного та змішаного навчання**.

Такі цифрові інструменти допомагають зробити уроки фізики **наочними, динамічними та практично орієнтованими**, перетворюючи учнів із пасивних спостерігачів на активних дослідників.



Платформа PhET Interactive Simulations



SIMULATIONS STUDIO⁺ TEACHING



Over **1.8 billion** simulations delivered



Наочний і доступний інструмент, який не потребує спеціального обладнання — працює у браузері або на смартфоні.

Багато симуляцій мають **україномовний інтерфейс** і можуть використовуватись **офлайн**.

PhET - всесвітньо відомий освітній проєкт Університету Колорадо (США), що містить понад **150 інтерактивних симуляцій** з фізики, хімії, біології, математики та астрономії.

Переваги PhET:

✓ Інтерактивність та наочність:

Дозволяють змінювати параметри експерименту і миттєво бачити результат, візуалізуючи складні явища у зрозумілій, ігровій формі.

✓ Безпека та доступність:

Симуляції абсолютно безпечні, працюють у будь-якому браузері (навіть офлайн) та мають український інтерфейс.

✓ Розвиток навичок:

Стимулюють дослідницький інтерес, вчать аналізувати дані та перевіряти гіпотези.

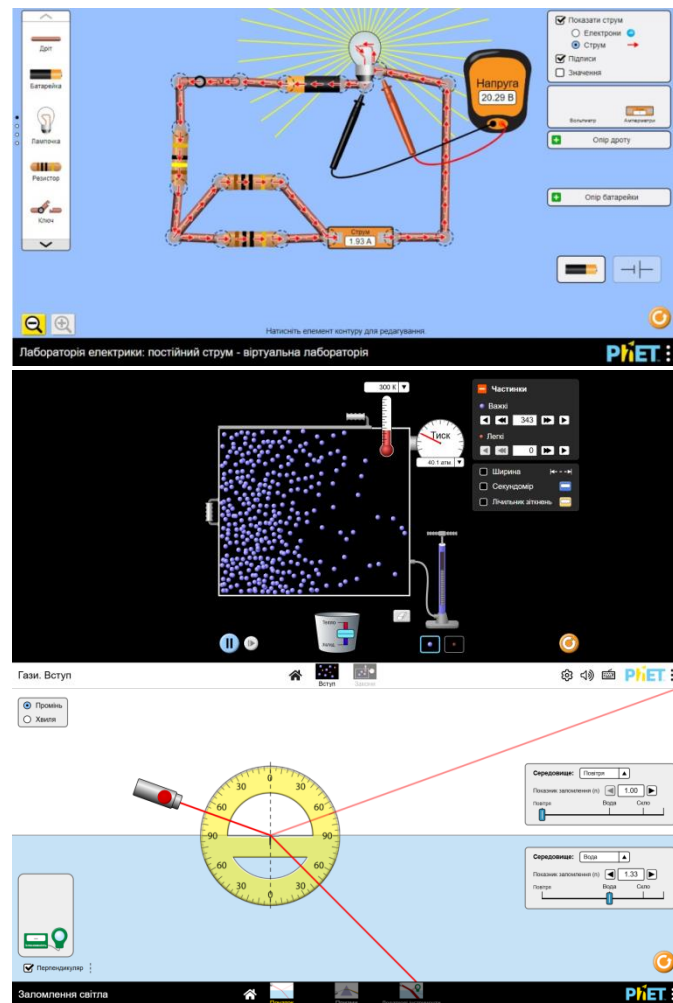
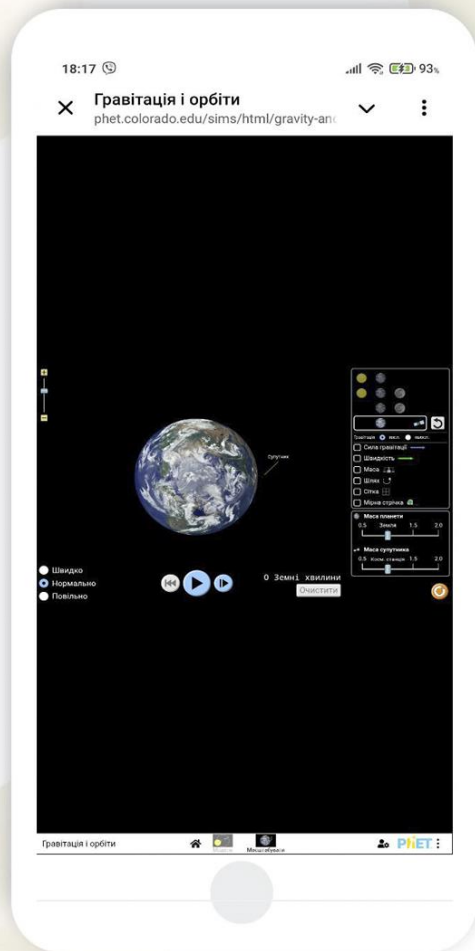
Приклади робіт PhET

Механіка: Симуляції, «Гравітація та орбіти», «Коливальний маятник» та «Сили і рух», дають змогу дослідити залежність періоду коливань від параметрів системи та перевірити закони Ньютона в інтерактивному режимі.

Молекулярна фізика: У симуляції «Властивості газів» учні можуть візуалізувати хаотичний рух молекул та дослідити зв'язок між тиском, об'ємом і температурою ідеального газу.

Електрика: За допомогою конструктора «Електричні кола» можна віртуально збирати схеми, підключати вимірювальні прилади, фіксувати силу струму та напругу, перевіряючи на практиці закон Ома.

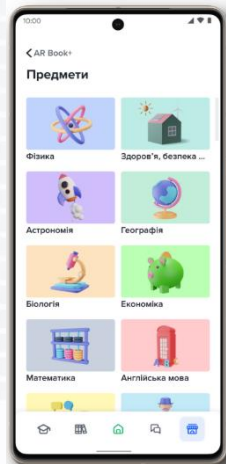
Оптика: Симуляція «Заломлення світла» дозволяє експериментально дослідити закони заломлення та відбивання світла на межі двох середовищ, змінюючи кути падіння та оптичну густину.



«AR Book» – платформа для інтерактивного навчання

AR Book — це освітня система, яка змінить підхід до навчання!

- ✓ Уроки з доповненою та віртуальною реальністю
- ✓ Готові навчальні матеріали: уроки, домашні завдання, контрольні роботи, тести
- ✓ Економія вашого часу на підготовку до уроків
- ✓ Інтерактивні уроки для дітей



AR Book - платформа доповненої, або віртуальної реальності, яка має в своєму арсеналі об'ємні симуляції фізичних експериментів та демонстраційні 3D-моделі

- **«AR Book»:** поєднує 3D-моделі, VR та AR для різних предметів (фізика, астрономія, біологія, хімія та багатьох інших).
- **Гнучкість використання:** Доступна як застосунок для смартфонів/планшетів, так і для ПК.
- **Інтеграція контенту:** Поєднує елементи відео, 3D-анімації та інтерактиву для глибшого занурення.
- **Візуалізація:** Допомогає «оживити» абстрактні поняття (наприклад, електричне поле, атоми), роблячи їх зрозумілими.
- **Безпека та Доступність:** Дозволяє проводити складні або небезпечні експерименти (рух частинок, атомні процеси) без ризику.

Приклад робіт «AR Book»

Коливання та хвилі

Учні керують параметрами віртуального маятника (маса, довжина). Спостерігають 3D-візуалізацію зміни періоду та енергетичних перетворень.

Електростатика

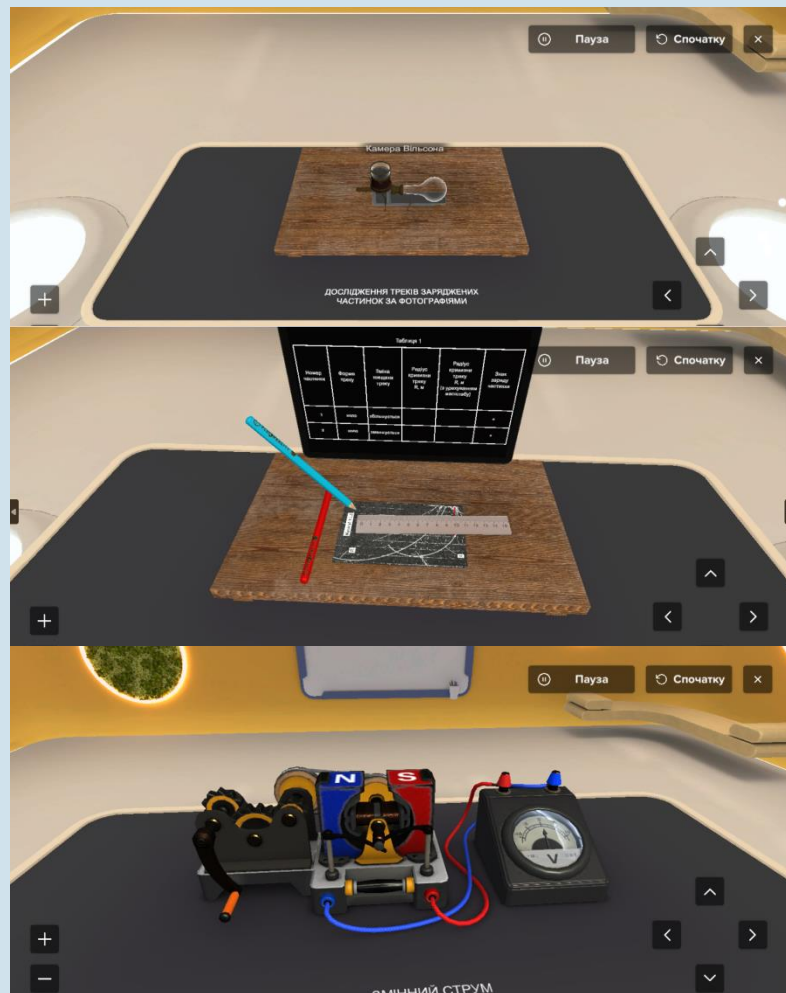
Візуалізація 3D-електричного поля, створеного різними зарядами. Переміщення тестового заряду для наочного відображення вектора сили.

Атомна та ядерна фізика

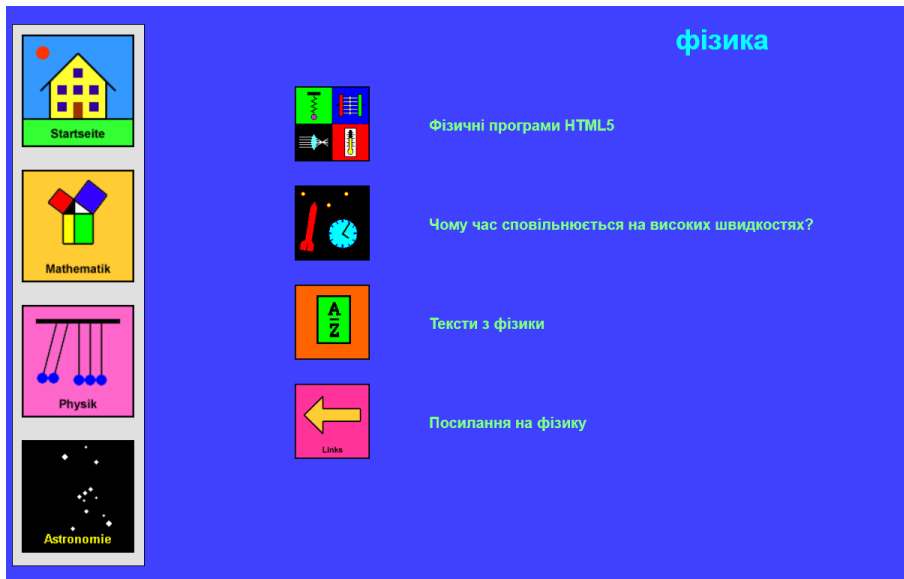
Дослідження 3D-моделі атома: зміна кількості протонів/нейтронів. Симуляція небезпечних процесів (наприклад, розсіювання альфа-частинок).

Оптика

Розміщення віртуальної лінзи в реальному просторі (AR). Наочне відображення променів та побудови зображення в реальному часі.



Walter-Fendt — класичний ресурс інтерактивних симуляцій



Симуляції створено у форматі HTML5, тому вони відкриваються прямо в браузері без додаткового програмного забезпечення. Можна перекласти українською в браузері

Сайт **Walter-fendt.com** — це один із найвідоміших освітніх ресурсів для викладання фізики у світі. Його створив німецький учитель фізики **Вальтер Фендт**, який прагнув зробити складні явища максимально наочними та доступними для учнів.

Основні розділи симуляцій

- Механіка
- Коливання та хвилі
- Електродинаміка
- Оптика
- Термодинаміка
- Теорія відносності
- Атомна та ядерна фізика

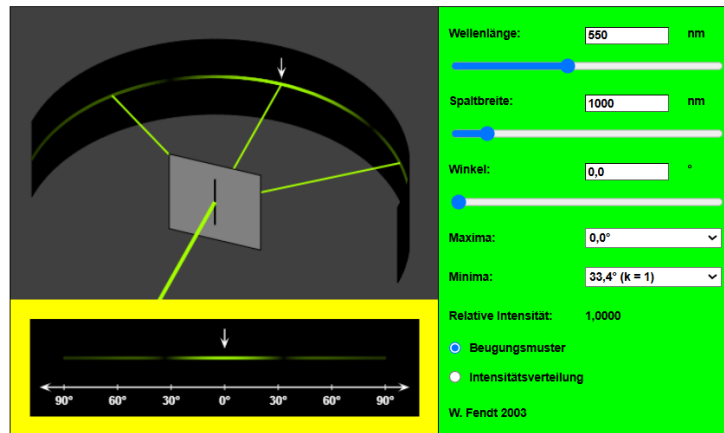
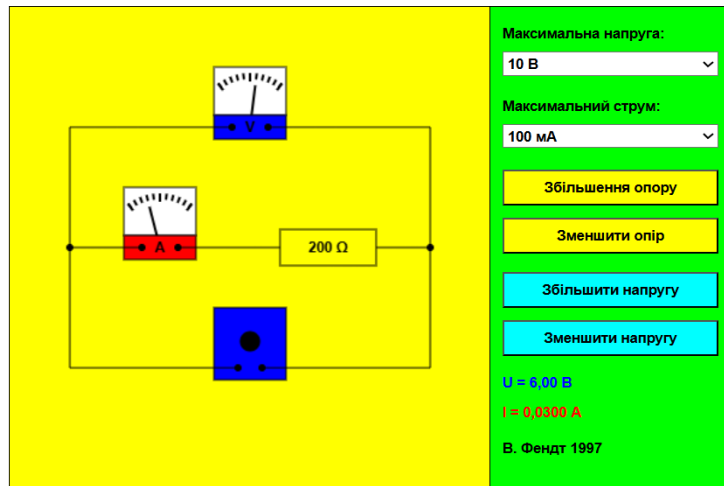
Можливості використання

- ✓ Демонстрації під час уроку
- ✓ Проведення лабораторних робіт
- ✓ Самостійна робота учнів вдома

Приклади робіт Walter-Fendt

Закон Ома. Учні знімають покази віртуального амперметра при різних значеннях напруги, заносять дані в таблицю і будують вольт-амперну характеристику провідника.

Дифракція світла (Визначення довжини світлової хвилі). У симуляції можна дослідити інтерференцію хвиль від щілин, спостерігати утворення світлих і темних смуг та визначати довжину хвилі світла.



Solar System Scope — віртуальний планетарій

Solar System Scope — це тривимірна модель Сонячної системи, доступна безпосередньо у веб-браузері або як мобільний застосунок.



Користувач бачить реалістичну 3D-візуалізацію Сонячної системи, що рухається у реальному часі.

Можливості симуляції

- Відображення положення планет у будь-який момент часу — у минулому, теперішньому або майбутньому.
- Можливість наближати об'єкти для детального розгляду поверхні планет.
- Отримання енциклопедичної інформації про космічні тіла.
- Функція моделювання зоряного неба з будь-якої точки Землі.

Симуляцію можна застосувати

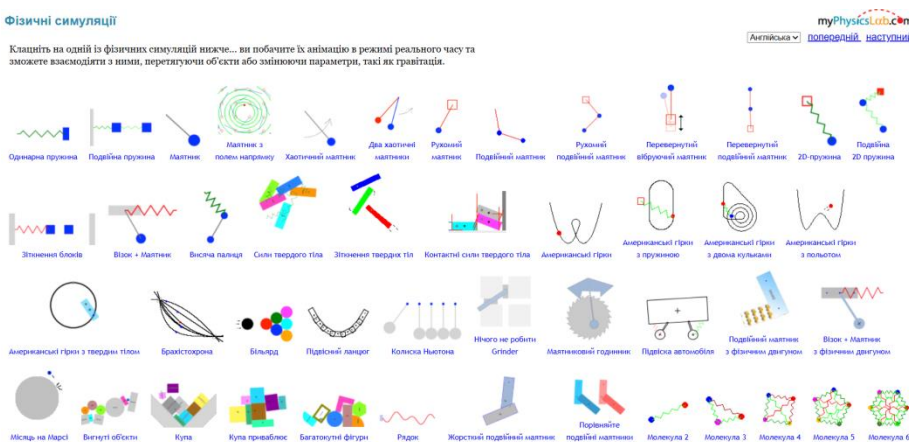
- ✓ для **ілюстрації тем** під час уроків астрономії
- ✓ для **віртуальних досліджень** — учні можуть самостійно відтворити певні астрономічні явища;
- ✓ для **домашніх спостережень** — щоб дізнатися, які зорі або планети видно над горизонтом саме зараз.

Освітні ресурси, які можна використовувати під час лабораторних робіт

Myphysicslab – інтерактивні симуляції з механіки, коливань пружин і маятників. Тут розміщено 52 віртуальні експерименти.

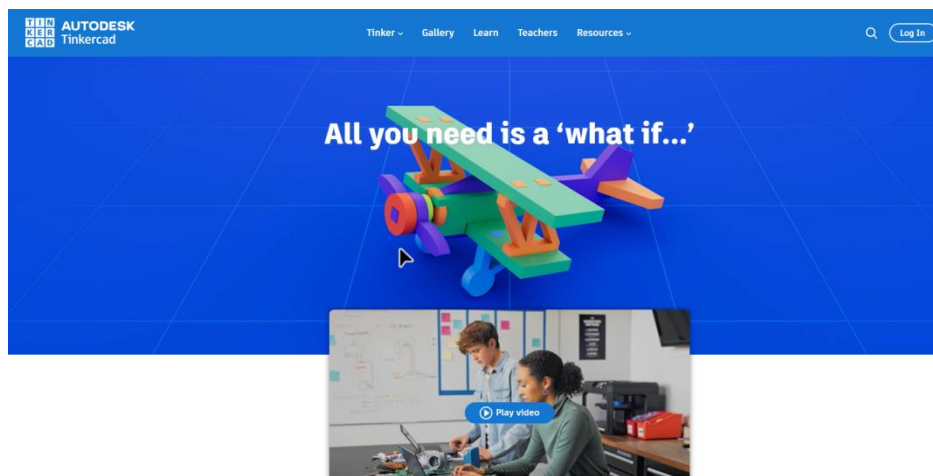
Фізичні симуляції

Кладіть на одній із фізичних симуляцій нижче... ви побачите їх анімацію в режимі реального часу та зможете взаємодіяти з ними, перетягуючи об'єкти або змінюючи параметри, такі як гравітація.



Інтерфейс доступний лише англійською та німецькою мовами.

Tinkercad.com — онлайн-застосунок, який дозволяє проєктувати 3D-об'єкти та досліджувати закони електродинаміки



Дозволяє впроваджувати елементи STEM-освіти на базі значної кількості віртуальних елементів

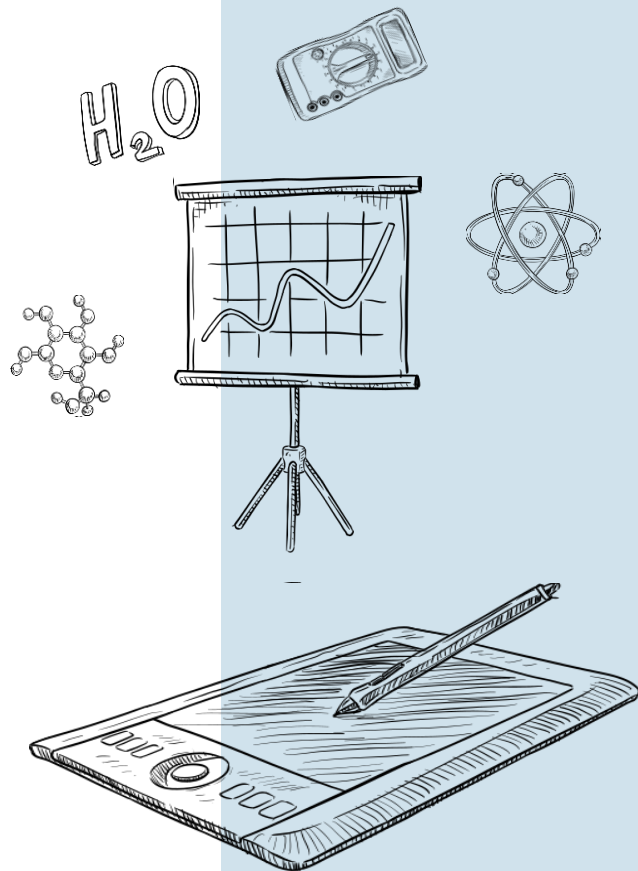
Інтерактивні дошки, як допоміжний інструмент

Одним із найзручніших інструментів для колективного виконання лабораторних робіт є **інтерактивні онлайн-дошки**.

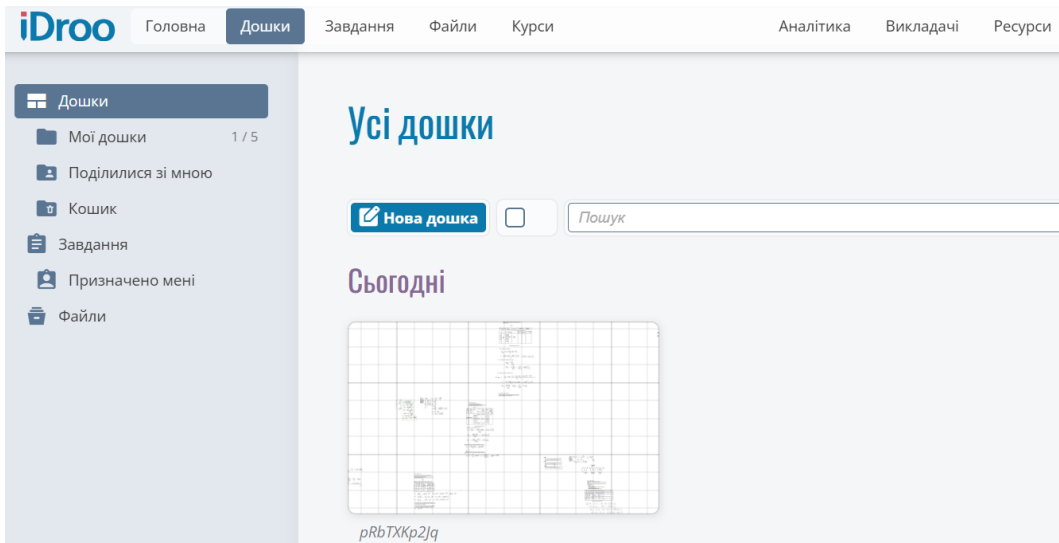
Вони дозволяють створювати спільний простір, де викладач може пояснювати матеріал, демонструвати приклади, а учні — працювати разом, аналізувати результати і обговорювати висновки.

Функціональні можливості для лабораторних занять

- ✓ побудова **графіків** за експериментальними даними;
- ✓ **аналіз результатів** дослідів у реальному часі;
- ✓ **креслення схем** віртуальних установок;
- ✓ запис **розрахунків та формул** без обмежень;
- ✓ створення **колективних проєктів** і звітів під час заняття.



iDroo – потужний онлайн інструмент



iDroo — це сучасна інтерактивна дошка, спеціально розроблена для освітніх цілей і спільної роботи в реальному часі. Її можна використовувати прямо у браузері — без встановлення додаткових програм.

Основні можливості:

- створення спільного віртуального простору для викладача та учнів;
- одночасна робота кількох користувачів;
- зручний інструментарій для малювання, креслення, запису формул і побудови графіків.

Переваги iDroo

- ✓ **Редактор формул** — велика перевага для фізики, математики та інженерних дисциплін;
- ✓ **Точні графічні інструменти** для побудови схем, діаграм і векторних зображень;
- ✓ **Спільна робота в реальному часі** з можливістю коментування та обговорення;
- ✓ Підтримка будь-яких пристроїв — комп'ютер, планшет чи смартфон.

Приклади використання iDroo

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА РОБОТА

Тема. Вимірювання довжини світлової хвилі.
Мета: навчитися визначати довжину світлової хвилі.
Обладнання: інтерактивна симуляція РНЕТ (генератор (джерело) світла, непрозора пластинка з двома щілинами, екран, рулетка)

Хід роботи

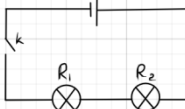
Відстань між щілинами	Відстань від ґратки до екрана	Колір спектра	Відстань a , мм	Розрахована довжина хвилі λ , нм	Таблиця довжини хвилі λ , нм	Відносна похибка вимірювання довжини хвилі ϵ , %
d , мм	l , мм					
1500	2493,6	Червоний	1272,7	765,6	740-625	11%
		Оранжевий			625-590	
		Жовтий			590-565	
		Зелений	993	597,2	565-500	...
		Блакитний			500-485	
		Синій			485-440	
		Фіолетовий	750	451	440-380	...

Опрацювання результатів експерименту

1. Обчисліть для кожного кольору довжину світлової хвилі:

$$\lambda_1 = \frac{d \cdot a}{l} = \frac{1500 \cdot 1273}{2494} = 765,6 \text{ (нм)}$$

3. Намалюйте схему збраного кола.

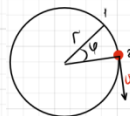


Напруга U, B				$\epsilon_1, \%$	$\tan \alpha$ ст.			R, Ω ст.				$\epsilon_2, \%$
U_1	U_2	U	U_{max}	0%	I_1	I_2	I	R_1	R_2	R	R_{max}	0%
3	6	9	9		0,3	0,3	0,3	10	20	30	50	

Опрацювання результатів досліду 1

$$I = \frac{U}{R} \quad R = \frac{U}{I} \quad R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3}{0,3} = 10 (\Omega)$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{6}{0,3} = 20 (\Omega)$$



$$v = \frac{l}{t} = \frac{2\pi r}{T} \quad 2\pi r \cdot \frac{1}{T}$$

$$l = 2\pi r = d \cdot t$$

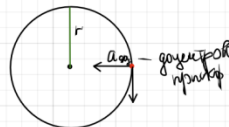
$$n = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{n}$$

$$v = 2\pi r n$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

$$[\omega] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



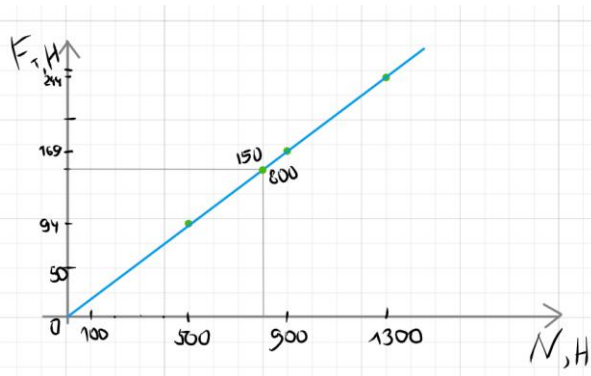
$$a_g = \frac{v^2}{r}$$

Зручна робота з таблицями

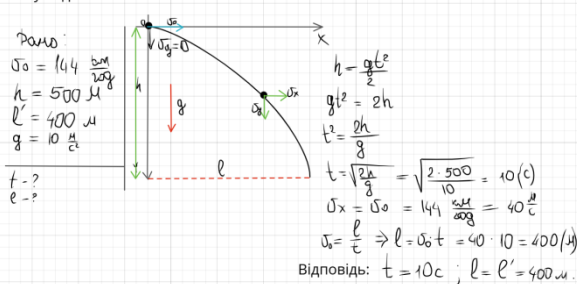
Швидке малювання схем

Зручно пояснювати теоретичний матеріал

Приклади використання iDroo



З літака, який летить горизонтально зі швидкістю 144 км/год, на висоті 500 м скинули вантаж для полярників на відстані 400 м від місця їхнього розташування. Чи потрапив вантаж за місцем призначення? Протягом якого часу падав вантаж?



$d = 30 \text{ см}$ $n = 1800 \text{ об/хв}$ $\sigma = ?$	$C1$ $0,3 \text{ м}$ $30 \frac{\text{об}}{\text{с}}$	$\sigma = \frac{2\pi r}{T}$ $T = \frac{t}{N}; h = \frac{N}{t}$ $h = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{h}$ $\sigma = \frac{2\pi r}{\frac{1}{h}} = 2\pi r h = \frac{2\pi d h}{2} = \pi d h$ $d = 2r \Rightarrow r = \frac{d}{2}$ $\sigma = \pi d h = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 30 = 28,26 = 28,3 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ Відповідь: $\sigma = 28,3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
---	--	---

Робота з графіками

Пояснювальні малюнки

Розв'язування задач

Приклади виконання лабораторних робіт учнями

№	Приспосадованість	Висота скеляри	Приспосадованість	Висота скеляри	Приспосадованість	Висота скеляри	Приспосадованість	Висота скеляри
1	3,53с		3,53с		3,53с		3,53с	
2	3,92с		3,92с		3,92с		3,92с	
3	3,95с		3,95с		3,95с		3,95с	
4	3,83с		3,83с		3,83с		3,83с	

1) Середній час руху $t_{\text{сер}} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{4} = \frac{3,53 + 3,92 + 3,95 + 3,83}{4} = 3,82 \text{ с.}$

2) Середнє значення прискорення $a_{\text{сер}} = \frac{2S}{t_{\text{сер}}^2} = \frac{2 \cdot 10,4}{3,82^2} = 1,42 \text{ м/с}^2$

3) Абсолютну та відносну похибки вимірювання часу:

$$\Delta t_{\text{сер}} = |t_1 - t_{\text{сер}}| + |t_2 - t_{\text{сер}}| + |t_3 - t_{\text{сер}}| + |t_4 - t_{\text{сер}}| = 0,2 + 0,1 + 0,13 + 0,12 = 0,55 \text{ с}$$

$$\epsilon_t = \frac{\Delta t_{\text{сер}}}{t_{\text{сер}}} = \frac{0,55}{3,82} = 0,144 = 14,4\%$$

4) Відносна похибка вимірювання прискорення:

$$\epsilon_a = \frac{\Delta a_{\text{сер}}}{a_{\text{сер}}} = \frac{0,14}{1,42} = 0,098 = 9,8\%$$

Опрацювання результатів експерименту	
1. Обчисліть середній час руху скейтбордиста:	$t_{\text{сер}} = \frac{(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)}{4} = \frac{(3,6 + 3,3 + 3,5 + 3,2)}{4} = 3,4$
2. Обчисліть середнє значення прискорення скейтбордиста:	$a_{\text{сер}} = \frac{2S}{t_{\text{сер}}^2} = \frac{2 \cdot 12,1}{3,4^2} = 2,09$
3. Обчисліть абсолютну та відносну похибки вимірювання часу:	$\Delta t_{\text{сер}} = t_1 - t_{\text{сер}} + t_2 - t_{\text{сер}} + t_3 - t_{\text{сер}} + t_4 - t_{\text{сер}} = 0,2 + 0,1 + 0,1 + 0,2 = 0,6$

№	Радіус кола	К-ть обертів	Час руху	Період обертання	Обертів на частота	Лінійна швидкість	Доцентрове прискорення
1	6504000	5	27720	5544	0.0	7367.44	8.34
2	6588000	5	28200	5640	0.0	7335.57	8.16
3	6596000	5	29600	5920	0.0	6997.10	7.42

Опрацювання результатів експерименту

1. Для кожного досліді визначте **період обертання**, **обертів частоту**, **лінійну швидкість руху** штучного супутника навколо Землі:

$T=27720:5=5544 \quad n=5:27720=0,0 \quad v=2\pi \cdot 3,14 \cdot 6504000:5544=7367,44$
 $T=28200:5=5640 \quad n=5:28200=0,0 \quad v=2\pi \cdot 3,14 \cdot 6588000:5640=7335,57$
 $T=29600:5=5920 \quad n=5:29600=0,0 \quad v=2\pi \cdot 3,14 \cdot 6596000:5920=6997,10$

2. Для кожного досліді визначте **модуль доцентрового прискорення** штучного супутника навколо Землі:

$a_{\text{дп}} = 4\pi^2 \cdot (3,14)^2 \cdot 6504000:(5544)^2 = 8,34$



Робота може бути написана від руки, роздрукована, або виконана в електронному вигляді

Дякую за увагу!

