

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**ВІРТУАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ
НА ПЛАТФОРМІ *LABSTER***

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024**

УДК 53:004.94]:378.018.43](075.8)
B52

Автори:

Білецький Ігор Васильович, доктор економічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Дульфан Ганна Яківна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Шишко Наталія Сергіївна, старший викладач кафедри фізики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Семенов Олександр Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рецензенти:

Айзацький Микола Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор, заступник директора НДК «Прискорювач» ННЦ ХФТІ;

Скоренький Юрій Любомирович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя

*Рекомендовано до друку Вченою радою ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,
протокол № 1 від 31 серпня 2023 р.*

Віртуальний фізичний практикум на платформі Labster : навч. посіб. /
B52 І. В. Білецький, Г. Я. Дульфан, Н. С. Шишко, О. В. Семенов ; Харків. нац. ун-т
міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова,
2024. – 131 с.

У навчальному посібнику подано перелік лабораторних робіт, а також завдання для самостійної роботи студентів із дисципліни «Фізика» із залученням сучасних віртуальних засобів на платформі *Labster*.

У посібнику викладено зміст досліджень із механіки, термодинаміки та молекулярної фізики, електрики, магнетизму, атомної і ядерної фізики, які є базовими для подальшого вивчення суміжних із фізикою технічних наук, а також є обов'язковим складником сучасного природознавчого світогляду.

Призначений для здобувачів вищої освіти технологічних спеціальностей ЗВО, а також усіх, хто цікавиться цими питаннями.

УДК 53:004.94]:378.018.43](075.8)

© І. В. Білецький, Г. Я. Дульфан,
Н. С. Шишко, О. В. Семенов, 2024
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ПРАКТИКУМ ІЗ МЕХАНІКИ.....	7
Лабораторна робота № 1 Вимірювання та похибки.....	7
Лабораторна робота № 2 Вектори та скаляри: посібник для двох космонавтів під час їх польоту на Марс.....	10
Лабораторна робота № 3 Перший закон Ньютона: врівноважені та неуврівноважені сили	14
Лабораторна робота № 4 Другий закон Ньютона: швидкість і прискорення.....	18
Лабораторна робота № 5 Зіткнення: пружні та непружні сили	21
Лабораторна робота № 6 Закони руху Ньютона: активна та пасивна безпека в автоспорті.....	25
Лабораторна робота № 7 Закон всесвітнього тяжіння Ньютона: математичне вираження сили тяжіння	30
Лабораторна робота № 8 Збереження енергії (принципи): розкриття потенціалу американських гірок	34
Лабораторна робота № 9 Збереження енергії: максимізація механічної енергії американських гірок	37
Лабораторна робота № 10 Закон всесвітнього тяжіння: використовуємо гравітацію, щоб вийти на орбіту Місяця.....	41
Лабораторна робота № 11 Гравітаційне поле: прибульці наступають	44
Лабораторна робота № 12 Діаграми сил та вільного падіння: керування дроном.....	46
Лабораторна робота № 13 Закони Кеплера: дослідження орбіт інших світів....	49
Лабораторна робота № 14 Джерела і маси: виявлення та реєстрація землетрусів.....	51
ПРАКТИКУМ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ.....	56
Лабораторна робота № 1 Застосування сили плавучості: флотація.....	56
Лабораторна робота № 2 Закон ідеального газу: вступ.....	59
Лабораторна робота № 3 Закон ідеального газу: застосування для порятунку життя.....	61
Лабораторна робота № 4 Криві нагрівання та фазові зміни: перегін етанолу..	65
Лабораторна робота № 5 Фізичні та хімічні зміни: втеча з ворожої планети.....	69
Лабораторна робота № 6 Вуглецевий цикл: зменшення викидів вуглецю.....	71
Лабораторна робота № 7 Атмосфера Землі.....	74
Лабораторна робота № 8 Вплив людини на змінювання клімату: баланс між шкідливими викидами людини та зростанням чисельності населення.....	77
Лабораторна робота № 9 Тектоніка плит: межі та особливості земної кори...	80

ПРАКТИКУМ З ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ	83
Лабораторна робота № 1 Засади електрики: як працює електрика?.....	83
Лабораторна робота № 2 Закон Кулона: електростатика.....	85
Лабораторна робота № 3 Електричний опір: застосування закону Ома щодо простих кіл.....	88
Лабораторна робота № 4 Магнітні поля.....	93
ПРАКТИКУМ З ОПТИКИ.....	96
Лабораторна робота № 1 Що таке хвилі?.....	96
Лабораторна робота № 2 Поширення звуку: допоможи рок-зірці налаштувати гітару.....	100
Лабораторна робота № 3 Електромагнітний спектр (принципи): використання та небезпечність електромагнітних хвиль.....	104
Лабораторна робота № 4 Світло та поляризація: вчимося у Айнштейна визначати властивості світла	107
Лабораторна робота № 5 Хвильова модель світла (принципи): використання відбиття та заломлення хвиль під час фотографування	111
ПРАКТИКУМ З АТОМНОЇ ФІЗИКИ.....	113
Лабораторна робота № 1 Розсіювання нейтронів: дослідження закону Брегга	113
Лабораторна робота № 2 Розщеплення: потужне джерело енергії.....	118
Лабораторна робота № 3 Радіоактивний розпад.....	120
Лабораторна робота № 4 Фотоефект: генерування відновлюваної енергії сонячними панелями	125
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	128

ВСТУП

Не той дурний, хто не знає...

але той, хто знати не хоче.

Григорій Сковорода

У сучасному небезпечному світі під час, наприклад, пандемії чи військового стану неможливо переоцінити можливість надання освітніх послуг у віртуальній лабораторії. Навіть при наявності сприятливого зовнішнього середовища віддаленість студента від реальної навчально-дослідної лабораторії є звичайним явищем сьогодення, яке може обумовлюватися суто особистісними причинами.

Окрім того, сучасне обладнання коштує дорого і потребує певного обслуговування, що проблематично для непрофільних закладів вищої освіти.

Віртуальна лабораторія тою чи іншою мірою доступна кожному користувачу смартфона, а володарю окулярів віртуальної реальності забезпечує повне відчуття справжньої участі в експерименті чи дослідженні.

Курс фізики чи загальної фізики, безумовно, неможливо уявити без лабораторних робіт.

Ще з часів Галілео Галілея науковий метод, як такий, базується на ланцюзі певних дій: спостереження – теоретичне припущення – фізична модель – експеримент. Таким чином великий італієць спостерігав за рухом церковної люстри, періоди коливань якої відміряв за допомогою власного пульсу.

Він припустив, що період коливання люстри пов'язаний із пришвидшенням вільного руху об'єкта, який є сталим і не залежить від маси об'єкта. За легендою, щоб перевірити свої припущення, Галілео Галілей кидав предмети різної маси із Пізанської вежі. Сьогодні немає необхідності шукати вежу, що нахиляється, щоб дізнатися, що і важке ядро, і легка пір'їнка у вакуумі впадуть одночасно.

Найбільш значущими теоріями минулого сторіччя по праву вважаються теорія відносності Айнштейна, теорія динамічного хаосу з її «ефектом

метелика» і квантова теорія. Усі вони так само перевірялися експериментально і є загальноприйнятими доти, доки не будуть (можливо) спростовані експериментально.

Ще цар Соломон, що жив до нашої ери, стверджував, що «час розкидати і час збирати каміння» (Еккл. 3: 5). Тобто час не є абсолютним, а є мірою подій, що в ньому відбуваються. І тільки досліди Майкельсона і Морлі відіграли роль наріжного каменя в сприйнятті фізичного часу як феномена, пов'язаного із рухом системи відліку.

Ці приклади (а їх можна навести безліч) підтверджують думку про те, що теорія не може існувати без експериментального дослідження.

Матеріал, який пропонується для вивчення студенту, становить, насамперед, базу, на якій формуватиметься його природознавчий світогляд, уміння будувати правильні причинно-наслідкові зв'язки, аналізувати реальність, формулювати мету, знаходити способи її досягнення.

Сучасний природознавчий світогляд, безсумнівно, будується на експериментальних дослідженнях, навички щодо проведення яких формуються за допомогою віртуальної лабораторії *Labster*.

Традиційно розрізняють механічний практикум, практикум із молекулярної фізики і термодинаміки, практикум з електромагнетизму, оптичний практикум і практикум з атомної фізики.

Розглянемо наповненість віртуальних практикумів на *LMS* платформі *Labster* детальніше.

ПРАКТИКУМ ІЗ МЕХАНІКИ

Лабораторна робота № 1 Вимірювання та похибки

Мета : навчитися розрізняти прилади, які надають покази та вимірюють їх; вибирати інструменти з відповідною роздільною здатністю для виконання вимірювання; розглянути експериментальну методологію для зменшення властивих їм похибок.

Теоретичні відомості

Сьогодні, як ніколи раніше, важливо, щоб науковці розуміли, наскільки вони можуть довіряти своїм результатам; коли їх можна ігнорувати, а коли обов'язково прийняти, як підвищити їхню надійність. У цій симуляції ви дізнаєтеся, як вибрати правильний інструмент для проведення експерименту і вдосконалити експериментальну методологію, щоб зменшити можливі похибки.

Перелік дій:

1. Скільки цукерок у банці? У цій симуляції потрібно почати з припущення, яке включає діапазон похибки. Зробивши це припущення, ви отримаєте уявлення про труднощі, з якими стикаються науковці в реальному світі, та про помилки, пов'язані з їхніми експериментами.

2. Вимірювання і покази: інструменти, за допомогою яких проводять вимірювання, повинні бути спочатку відкалібровані, тоді як інструменти, які зчитують дані, вважаються вже відкаліброваними. Під час виконання цього завдання користувачі *Labster* дізнаються про ці відмінності та класифікують різні експериментальні інструменти.

3. Удосконалення експериментальної методології: виберіть один із двох різних підходів до наукового визначення кількості цукерок у банці. У кожному з методів ви будете розглядати потенційні помилки та невизначеності, які можуть міститися у вашому підході.

4. Визначення правильної цифри: після того як ви вдосконалили свою експериментальну методологію і врахуєте всі похибки, які, на вашу думку, виявили, ви виконаєте деякі обчислення, щоб визначити кількість цукерок у банці. Після «великого відкриття» ви дізнаєтесь, наскільки ви наблизилися до істини.

Тестові запитання

1. Ми плануємо визначити кількість квасолин, зваживши їх. У будь-якому експерименті похибка може виникнути через невелику різницю між нашими припущеннями та реальністю. Що може призвести до похибки в цьому експерименті:

- а) квасолини мають різну масу;
- б) квасолин забагато;
- в) квасолини різні за об'ємом;
- г) банка занадто велика?

2. Завдання полягає в тому, що потрібно визначити об'єм банки та об'єм однієї квасолини, змодельовавши їх, як циліндри. Іноді похибка може виникати через припущення, які ми робимо, обираючи необхідні методи. Чому виникає похибка у цьому експерименті:

- а) банка і боби не є ідеальними циліндрами;
- б) бобів забагато, щоб експеримент спрацював;
- в) банка занадто велика для цього виду обчислень;
- г) точно обчислити об'єм циліндрів неможливо?

3. Який спосіб вимірювання зросту в шкільному кабінеті фізики, на вашу думку, найбільш прийнятний для вимірювання зросту людини:

- а) вимірювальна стрічка;
- б) електронний мікроскоп;
- в) оптичний мікроскоп;
- г) ступня людини?

4. Який інструмент подасть результат із найменшою похибкою:

- а) електронний мікроскоп;

- б) рулетка;
- в) оптичний мікроскоп;
- г) ступня людини?

5. Роздільна здатність приладу – це:

- а) інтервал між найменшими поділками приладу;
- б) \pm половина похибки;
- в) діапазон по обидва боки від оцінки;
- г) \pm похибка?

6. Якщо роздільна здатність термометра становить 10 F, якою буде похибка його використання:

- а) ± 5 °F;
- б) ± 10 °F;
- в) ± 20 °F;
- г) ± 0 °F?

7. Жоден експеримент не є досконалим, і завжди існують джерела похибок за межами роздільної здатності інструментів, які ми використовуємо. Кожна кvasолина унікальна і відрізняється за розміром та формою, через що вони кожного разу укладаються в банки по-різному.

Беручи до уваги метод підрахунку, який був щойно використаний, визначте, яка властивість кvasолі може вплинути на кількість кvasолин, що можуть вмістити декілька маленьких баночок:

- а) форма;
- б) маса;
- в) заряд;
- г) температура?

8. Як розрахувати похибки для величин, що необхідно поєднати:

- а) додати;
- б) відняти;
- в) помножити;
- г) поділити?

Лабораторна робота № 2 Вектори та скаляри: посібник для двох космонавтів під час їх польоту на Марс

Мета: після завершення цієї симуляції описати різницю між векторними та скалярними величинами, визначити величину та напрям вектора, визначити добуток двох векторів та компоненти вектора.

Теоретичні відомості

Що робити, якщо марсохід застряг на поверхні іншої планети? У цій симуляції майбутнє космічного марсохода *LEERS-M* залежить від дій двох космонавтів, які під час місії *Relatedplanetary* висаджуються на тій самій планеті, на якій застряг марсохід. Головна мета – допомогти їм, використовуючи набуті відомості про вектори та скаляри. Але це ще не все!

Перелік дій:

1. Декартова система координат. У симуляторі провести космонавтів через вороже середовище Марса за допомогою пульта керування. Для цього потрібно опанувати декартову систему координат. Використавши зображення в реальному часі, надіслані із супутника, надайте космонавтам інформацію про місце їхнього розташування, визначивши при цьому величину векторних і скалярних величин.

2. Напрямок вектора. Допомогти космонавтам знайти найбезпечніший маршрут до їхнього космічного корабля, а потім і до марсохода. На поверхні Марса дуже легко загубитися, оскільки немає жодних знаків чи міток, які б указували правильний напрям. Потрібно визначити напрям векторів та додати декілька векторів методом «голова до хвоста».

3. Компоненти вектора. Після того як вдалося спрямувати обох космонавтів до марсохода, необхідно прийняти найправильніше рішення і витягнути *LEERS-M* із багнюки, в якій він тоне. У розпорядженні космонавтів лопата, молоток і дві мотузки. Навчіться розумно використовувати

інструменти, визначивши компоненти вектора сили та виразивши їх у системі координат.

Застосуйте все, що дізналися про вектори та скаляри, щоб допомогти марсоходу *LERS-M* продовжити геологічний аналіз гірських порід та інших особливостей планетарної поверхні на Марсі.

Тестові запитання

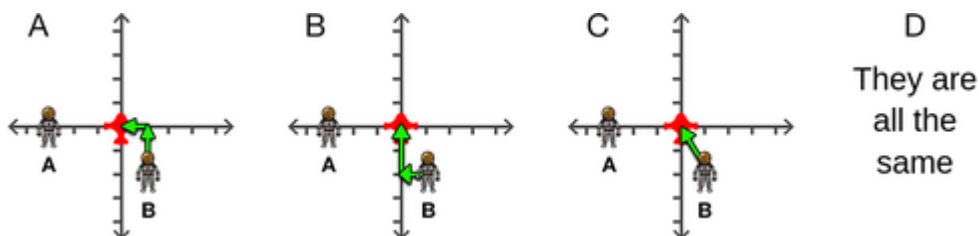
1. Як повинен рухатися космонавт А, щоб подолати відстань від координат -300 до 0 і повернутися до космічного корабля:

- а) космонавти ходять по поверхні Марса як зазвичай;
- б) космонавти не можуть повернутися до космічного корабля, тому що «застрягли» у від'ємному просторі – часі;
- в) космонавти повинні пройти 300 метрів «місячною ходою»;
- г) іти швидше, ніж якби їм довелося відійти на 300 метрів від корабля?

2. Що (або хто) перебуває на відстані (100, -200):

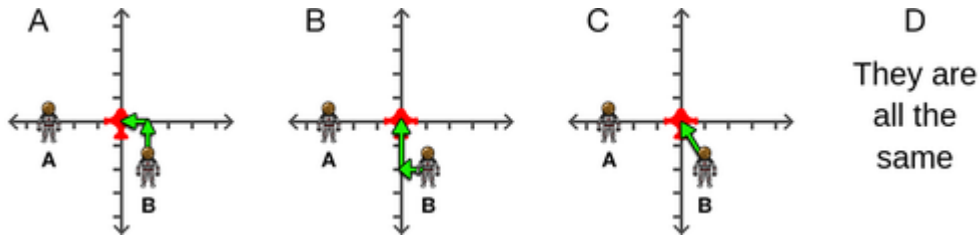
- а) космонавт Б;
- б) космонавт А;
- в) нічого / ніхто (завантажте);
- г) *LERS-M*?

3. Який маршрут космонавта В від початкового положення назад, до космічного корабля, щоб забрати молоток, становитиме мінімальне переміщення:



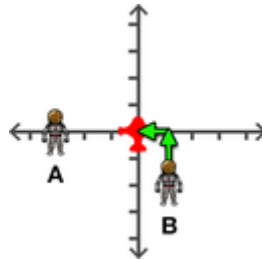
- а) D;
- б) B;
- в) C;
- г) A?

4. Який маршрут повинен обрати космонавт, щоб відстань, яку він має пройти, була мінімальною:



- а) С;
- б) А;
- в) В;
- г) D?

5. Яку відстань пройде космонавт і яким буде його повне переміщення у такому випадку:



- а) 300 м становить пройдений шлях, а переміщення – трохи більше ніж 200 м;
- б) 200 м – пройдений шлях і 200 м – переміщення;
- в) понад 200 м – пройдений шлях і 300 м – переміщення;
- г) вони однакові?

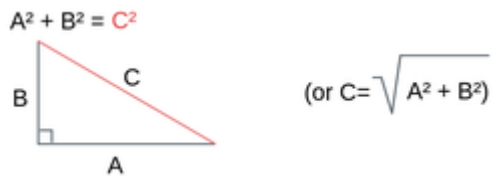
6. Космонавт А може подолати 10 метрів за хвилину, йдучи з важкою лопатою. Що описує це речення:

- а) модуль швидкості космонавта;
- б) модуль швидкості і швидкість одночасно;
- в) швидкість космонавта;
- г) усі твердження неправильні?

7. Скільки часу потрібно космонавтам, щоб подолати відстань від космічного корабля до марсохода? Відомо, що відстань від космічного корабля до марсохода становить 500 м, швидкість космонавта А – 10 м/хв, а космонавта Б – 20 м/хв. Яке твердження правильне:

- а) через 25 хв космонавт Б досягне марсохода;
- б) через 50 хв космонавт А досягне марсохода;
- в) через 50 хв обидва космонавти досягнуть марсохода;
- г) усі твердження правильні?

8. Використавши теорему Піфагора, визначте відстань від космічного апарата до *LERS-M* (лінія С відповідає повному зміщенню, а лінії А і В – координатам x і y):



- а) 500 м;
- б) 300 м;
- в) 700 м;
- г) 400 м.

9. Уявіть, що космонавти були безвідповідальними і вирішили залишити свої інструменти, щоб швидше повернутися до космічного корабля. Якщо кинути щось на поверхню Марса, чи впаде воно з такою ж швидкістю, як якщо б кинули його з тієї самої висоти на поверхню Землі:

- а) досягне поверхні Землі швидше;
- б) це залежить від ваги предмета;
- в) падатиме з тією самою швидкістю;
- г) досягне поверхні Марса швидше?

10. Ваш робочий стіл за компасом, що розміщений від вас зліва, вказує на північ. Вам потрібно пройти умовну відстань від точки А до точки В, позначених на аркуші, що лежить на столі. Яким буде загальний напрям маршруту, яким ви будете рухатися по робочому столу:

- а) точка В розміщується на південний схід від точки А;
- б) точка В розміщується на північний схід від точки А;
- в) точка В розміщується на південний захід від точки А;
- г) точка В розміщується на північний захід від точки А?

Лабораторна робота № 3 Перший закон Ньютона: врівноважені та неврівноважені сили

Мета: визначити сили, що діють на тіло в стані спокою та під час рівномірного руху; пояснити загальний ефект врівноважених сил, що діють на тіло, включаючи спостереження за швидкістю, інерцією та силою тяжіння; пояснити, як впливає збільшення або зменшення попередньо врівноваженої сили на прикладах.

Теоретичні відомості

Подорожувати в минуле та вирушати в космос ще ніколи не було так просто! Ми впевнені, що Ньютон здивується, побачивши вас у своїй кімнаті. Він дуже засмучений, адже, коли він працював під деревом, йому на голову впало яблуко і він забув свій перший закон руху. Це сталося в 1687 році. А сьогодні ви зможете приєднаєтеся до нього і за допомогою віртуального помічника допоможете йому згадати все, що стосується цього закону.

Чи ви коли-небудь замислювалися над тим, які сили діють на тіло в стані спокою або рівномірного руху? Ви знайдете відповіді, провівши перший експеримент разом з Ньютоном. У вас буде хокейна шайба, яка перебуває на столі в стані спокою, і м'яч, що котиться. Не бійтеся досліджувати вплив сил, Ньютон завжди буде поруч з вами.

Перелік дій:

1. Закон інерції стверджує: маса об'єкта відіграє важливу роль у першому законі Ньютона. Ви дізнаєтеся чому на прикладі трьох кубиків різної маси та іграшкової качки! Обережно обирайте сили, які ви будете прикладати до кубика, бо качка буде кричати, коли ви це зробите неправильно.

2. Ефект тертя: тертя – це сила, яка постійно нас оточує, дослідимо, як вона впливає на рух тіла та його інерцію. У вас буде дві поверхні з різним коефіцієнтом тертя, з якими можна працювати, і іграшкова качка. Потрібно вибрати необхідні сили, щоб виграти і врятувати качку.

3. Збалансовані та незбалансовані сили. Допоможіть Ньютону провести експеримент і спробуйте зупинити тіло в русі, приклавши протидіючу силу. Як і завжди, баланс – це ключ до успіху. Потрібно буде поекспериментувати з двома поверхнями з різними силами тертя і обрати дві різні сили, які діятимуть на тіло. Чи вдасться вам зупинити тіло в русі?

4. Врівноваження сил на супутнику на орбіті. Чи діє закон Ньютон у космосі? Щоб з'ясувати це, найкращий спосіб – відправитися в космос. Ви керуватимете супутником, налаштувавши його висоту та швидкість так, щоб врівноважити сили, які на нього діють. Чи вдасться вам вивести супутник на орбіту Землі, чи він розіб'ється? Наприкінці цього дослідження Ньютон попросить вас пояснити, які сили діють на супутник, коли він рухається навколо Землі рівномірно.

Тестові запитання

1. Від чого залежить інерція тіла:

- а) від його маси;
- б) від його форми;
- в) від його об'єму;
- г) не залежить ні від чого?

2. Яке з тверджень щодо сили тертя не відповідає дійсності:

- а) напрям тертя завжди співпадає з напрямом руху;
- б) тертя – це сила;
- в) об'єкт з великою масою притискається до поверхні з більшою силою, ніж об'єкт з малою масою, і, як наслідок, зазнає більшого тертя;
- г) напрям сили тертя завжди протилежний до напрямку руху?

3. Чому, щоб зупинити куб масою 10 кг на поверхні, яка зазнає тертя, потрібно прикласти меншу силу:

- а) тертя – це сила, що чинить опір руху тіла;
- б) залежно від типу поверхні тіло може змінювати свою вагу;

в) учені все ще намагаються відповісти на це питання, тому відповідь поки що невідома;

г) тіло стає легшим?

4. Чи вважаєте ви, що перший закон Ньютона діє і в космосі:

а) так, беззаперечно;

б) перший закон Ньютона не діє в космосі, оскільки сила тяжіння там менша;

в) учені все ще намагаються відповісти на це питання;

г) це залежить від того, чи виконуються деякі умови, наприклад: чи є поблизу планети?

5. Якщо дві сили діють в одному напрямі, як визначити рівнодійну силу:

а) шляхом додавання двох сил;

б) шляхом віднімання двох сил;

в) шляхом множення двох сил;

г) результуюча сила завжди дорівнює нулю?

6. Який із зазначених нижче рухів є рівномірним:

а) літак летить на однаковій висоті по прямій і з постійною швидкістю;

б) людина, яка біжить 100-метрову дистанцію, стартує з повільним темпом і останні кілька метрів пересувається спринтерським бігом;

в) рух комети по орбіті;

г) автобус, який їде, зупиняючись на кожній встановленій зупинці?

7. Як діє на м'яч виштовхувальна сила:

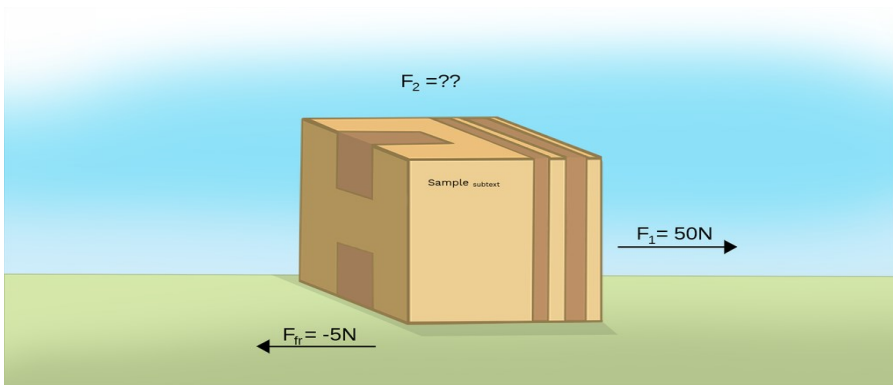
а) дорівнює нулю;

б) її не можна визначити точно;

в) більше нуля, оскільки кулька рухається;

г) залежить від швидкості м'яча?

8. Уявіть, що тіло перебуває в стані спокою на поверхні, на яку зліва діє сила тертя $F_{\text{тр}} = -5 \text{ Н}$. Якщо на тіло діє сила $F_1 = 50 \text{ Н}$, яка штовхає його вправо, яку силу F_2 потрібно прикласти, щоб тіло залишалося в стані спокою:



- а) -45 Н;
- б) 45 Н;
- в) -50 Н;
- г) 50 Н?

9. Щоб досягти мети, до кубика вагою 100 кг потрібно прикласти найбільшу силу. Чи це саме так:

- а) більш масивні об'єкти володіють більшою інерцією;
- б) більш масивні об'єкти володіють меншою інерцією;
- в) більш масивні об'єкти мають більший об'єм;
- г) немає логічного пояснення?

Лабораторна робота № 4 Другий закон Ньютона: швидкість і прискорення

Мета: навчитися використовувати та переставляти рівняння для зв'язку між силою, масою та прискоренням; обчислювати, як змінювання величини зрівноваженої та незрівноваженої сил впливає на швидкість і прискорення тіла; інтерпретувати швидкість за графіком відстані / часу.

Теоретичні відомості

Другий закон Ньютона описує дійсну потужність сил. У цій симуляції ви дізнаєтеся про другий закон Ньютона, а саме: зв'язок між силами, які діють на тіло, масою тіла та його прискоренням.

Перелік дій:

1. Прикладіть силу і поспостерігайте за рухом тіла. У цій симуляції ви допоможете Ньютону згадати його другий закон руху, прикладаючи сили до тіла з регульованою масою, щоб проконтролювати його прискорення і створити різні види руху. Симуляція включає експериментальні завдання та завдання на визначення напрямку руху, у яких враховується вплив доданих сил або створюється певний рух.

2. Зв'язок між силою, масою та прискоренням. Ця симуляція формує розуміння взаємозв'язку між силою, масою та прискоренням з поступовим зростанням складності. У результаті здобувач має зрозуміти, як різні сили впливають на рух тіла, а також навчиться використовувати і переставляти показники рівняння, що визначають зв'язок сили тертя, маси і прискорення.

Для цього пропонуються різноманітні інтерактивні фізичні сценарії (включаючи сценарії з використанням сили тертя і без неї, додаткових сил для балансування і без них) та інші можливості змінювання фізичних параметрів (включаючи використання постійних і миттєвих сил, широкого діапазону величин сил, змінювання маси та поверхні тертя).

Отже, відкривмо другий закон Ньютона заново.

Тестові запитання

1. Що таке прискорення:

- а) це швидкість змінювання швидкості з часом;
- б) це швидкість змінювання положення тіла з часом;
- в) це швидкість змінювання швидкості відповідно до відстані;
- г) це швидкість змінювання модуля швидкості відповідно до відстані?

2. Більші сили створюють більше прискорення для рівних мас, а важчі маси зазнають меншого прискорення, коли ми прикладаємо ту саму силу. Однак у всіх експериментах швидкість автомобіля врешті-решт сповільнюється. Чому це відбувається:

- а) сила тертя сповільнює рух автомобіля;
- б) гравітація сповільнює рух автомобіля;
- в) другий закон руху на Землі не діє;
- г) другий закон руху не діє на автомобіль?

3. Як зміниться прискорення, якщо прикладену силу подвоїти:

- а) прискорення подвоїться;
- б) прискорення зменшиться вдвічі;
- в) прискорення збільшиться в чотири рази;
- г) прискорення збільшиться на половину початкового значення?

4. Що відбудеться, якщо ми помножимо масу об'єкта на чотири, а потім прикладемо до цього об'єкта ту саму силу:

- а) прискорення складе четверту частину від початкового;
- б) прискорення буде в чотири рази більшим за початкове;
- в) прискорення буде вдвічі більшим за початкове;
- г) прискорення буде вдвічі меншим за початкове?

5. Яку силу потрібно прикласти порівняно з тією, яку необхідно було прикласти без впливу «чорної діри»:

- а) суму сили, яку потрібно прикласти без «чорної діри», і сили, що дорівнює цій величині, але в протилежному напрямі від прикладеної «чорною дірою»;

б) суму сили, потрібної без сили «чорної діри», і сили, що за величиною і напрямом дорівнює тій, що діє з боку «чорної діри»;

в) силу, що за величиною дорівнює, але протилежна за напрямом до тієї, що діє з боку «чорної діри», так, щоб загальна сила дорівнювала нулю;

г) прикладено однакову силу в обох випадках, оскільки необхідно досягти однакового прискорення?

6. Яким буде прискорення, якщо прикласти силу 5 кН спереду до автомобіля масою 1 250 кг за умови відсутності сили тертя:

а) 4,00 м/с²;

б) 5,00 м/с²;

в) 6,25 м/с²;

г) 0,25 м/с²?

7. Яким буде прискорення на асфальтовому покритті, сила тертя якого становить 6 кН/м², якщо прикладено силу 9 кН/м² спереду до автомобіля масою 1 250 кг:

а) 2,40 м/с²;

б) 6,40 м/с²;

в) 11,20 м/с²;

г) 0,00 м/с²?

8. Якою має бути маса, якщо потрібно досягти прискорення 8 м/с², прикладаючи силу 10 кН/см² на асфальтовій поверхні, сила тертя якої дорівнює 6 кН/см²:

а) 500 кг;

б) 1 250 кг;

в) 2 000 кг;

г) 750 кг?

Лабораторна робота № 5 Зіткнення: пружні та непружні сили

Мета: після завершення цієї симуляції ви зможете застосовувати рівняння імпульсу для обчислення повного імпульсу перед зіткненням та швидкостей тіл після зіткнення; експериментально продемонструвати збереження імпульсу; розрізнити непружні та пружні зіткнення.

Теоретичні відомості

Приготуйтеся до зіткнення! У цій симуляції ви дізнаєтесь, як використовувати збереження імпульсу для прогнозування результату зіткнення, і продемонструєте, як зберігається імпульс при пружних і непружних зіткненнях.

Ісаак Ньютон – великий фізик, але йому ще є чому повчитися, як гравцю в більярд. Студенти допоможуть Ньютону застосувати свої знання щодо збереження імпульсу, кінетичної енергії та пружних і непружних зіткнень, щоб покращити свої навички гри в більярд. Дізнавшись про елементи збереження енергії та імпульсу при зіткненнях, студенти розв'язуватимуть головоломки, які дозволять їм продемонструвати виконання закону збереження імпульсу та підтвердити свої знання з теми.

Перелік дій:

1. Зіткнення більярдних куль. Створіть зіткнення куль з різними властивостями в широкому діапазоні сценаріїв. До них належать кулі, які спричиняють пружні зіткнення, кулі, які спричиняють непружні зіткнення, та кулі, які різняться за масами, матеріалами та початковими швидкостями.

Параметри зіткнення, включаючи масу, швидкість та імпульс кожної кульки, відображаються в реальному часі, що дозволяє спостерігати за збереженням повного імпульсу при кожному зіткненні.

2. Пропонується послідовність сценаріїв, за яких відбуваються підвищення складності і поліпшення навичок – від спостереження і до

прийняття обґрунтованого рішення, під час яких здобувачі вищої освіти застосовують набуті знання.

Розв'язання головоломки стосовно закону збереження імпульсу. Насамкінець ви застосуєте свої знання про закон збереження імпульсу та пружні і непружні зіткнення для створення зіткнення та розв'язання головоломки. Чи будете ви при цьому керуватися таблицею?

Тестові запитання

1. У фізиці зазвичай розглядаються сталі величини. Чи помітили ви такі величини під час зіткнення, яке ми щойно спостерігали:

- а) так, сума швидкостей двох кульок до і після зіткнення;
- б) так, швидкість білої кульки до і після зіткнення;
- в) так, швидкість жовтої кульки до і після зіткнення;
- г) ні, швидкості до і після зіткнення ніяк не пов'язані?

2. Що відбулося під час зіткнення білої та глиняної кульок:

а) кульки з'єдналися, але сума їхніх швидкостей залишилася однаковою до і після зіткнення;

б) кульки з'єдналися, тому після зіткнення сума їхніх швидкостей стала меншою;

в) біла кулька зупинилася після зіткнення і передала свою швидкість глиняній, тому сума їхніх швидкостей залишилася однаковою до і після зіткнення;

г) біла кулька зупинилася після зіткнення і передала частину своєї швидкості глиняній, тому сума їхніх швидкостей стала меншою після зіткнення?

3. Які величини при цьому зіткненні зберігаються:

а) сума імпульсів кожної кульки, тобто сума добутків маси і швидкості кожної кульки;

б) сума швидкостей кожної кульки;

в) сума модулів швидкостей кожної кульки;

г) сума імпульсів кожної кульки, тобто сума добутків маси та скалярної швидкості кожної кульки?

4. Уявіть дві кульки однакової маси, одна з яких рухається із заданою швидкістю, а інша залишається на місці. Після зіткнення обидві кульки об'єдналися і рухаються разом. Якою буде швидкість з'єднаних кульок після зіткнення:

- а) половина від швидкості кульки, яка рухалась до зіткнення;
- б) у чотири рази більша за швидкість кульок до зіткнення;
- в) чверть від швидкості кульок до зіткнення;
- г) дорівнює нулю?

5. Чому пружне зіткнення буде найшвидшим:

- а) при непружному зіткненні імпульс був спрямований не в бік мішені;
- б) це сталося випадково. Зміна деяких параметрів допомогла б досягти бажаного результату і при непружному зіткненні;
- в) пружні зіткнення завжди швидші за непружні;
- г) інформації, щоб відповісти на це питання, недостатньо?

6. Відбувається зіткнення двох кульок. Кулька А має початковий імпульс $2 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ і рухається праворуч, а кулька В до зіткнення не рухалася. Маса кульки В становить 1 кг . Після зіткнення швидкість кульки А змінилася на 2 м/с – рух вліво, а швидкість кульки В – на 3 м/с – рух вправо. Яка маса і початкова швидкість кульки А:

- а) маса дорівнює $0,5 \text{ кг}$, а швидкість 4 м/с ;
- б) маса дорівнює 2 кг , а швидкість 4 м/с ;
- в) маса дорівнює 1 кг , а швидкість 3 м/с ;
- г) маса дорівнює 5 кг , а швидкість 2 м/с ?

7. Чи погоджуєтеся ви з твердженням, що повний імпульс зберігається при будь-яких зіткненнях:

- а) завжди;
- б) лише за пружних зіткнень;

в) лише за непружних зіткнень;

г) залежить від обставин: стверджувати, що зберігається завжди, не можна?

8. Чому непружне зіткнення відбувається найшвидше:

а) пружна кулька була занадто важкою, щоб вчасно досягти необхідної зони;

б) інформації, щоб відповісти на це питання, недостатньо;

в) еластична кулька була недостатньо важкою, щоб досягти необхідної зони вчасно;

г) це сталося випадково?

Лабораторна робота № 6 Закони руху Ньютона: активна та пасивна безпека в автоспорті

Мета: розглянути перший закон Ньютона; подати визначення термінів «інерція» та «системи відліку»; вивести другий закон Ньютона; визначати сили дії та реакції в різних ситуаціях

Теоретичні відомості

Ми перебуваємо в лабораторії механіки перегонних автомобілів. Чи знаєте ви, чому перегонні автомобілі *Labster* виграють більшість чемпіонатів? Напевно тому, що наші водії наважуються розкрити як свій максимальний потенціал, так і своїх автомобілів. Автоперегонникам потрібно, щоб усі частини їхнього автомобіля не тільки забезпечували прискорення, але й при цьому були безпечними. У цій симуляції ми використаємо закони Ньютона, щоб розподілити пасивні та активні елементи безпеки перегонного автомобіля на складові, які дозволять водіям рухатися швидше у найбезпечніший спосіб.

Перелік дій:

1. Поняття інерції. Чи помічали ви, коли керуєте автомобілем і гальмуєте, щоб зупинитися, що ваше тіло продовжує рухатися вперед? У першій місії ви будете використовувати перший закон Ньютона для усвідомлення того, чому це відбувається, і важливості оптимізації функцій автомобіля для того, щоб водії не переміщалися вперед при раптовому гальмуванні на великій швидкості.

2. Другий закон Ньютона. Щоб зрозуміти другий закон Ньютона, поспостерігайте за рухом коробок під дією зовнішніх сил. Виконуючи це завдання, ви зрозумієте, як тертя між шинами та дорогою впливає на прискорення перегонного боліда.

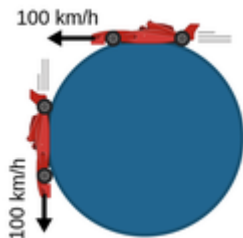
3. Сили дії та реакції. У більшості взаємодій на два об'єкти, що взаємодіють, діє дві сили. Це описує третій закон Ньютона. Ознайомтеся з

прикладями застосування цього закону в автоспорті та визначте сили дії та реакції під час руху.

4. Системи відліку. Коли перегонний автомобіль буде рухатися швидше: якщо ви будете спостерігати за ним зі свого місця на стадіоні, на екрані телевізора або коли ви пасажир? Система відліку використовується для того, щоб пояснити, що рух може бути відносним залежно від вашого положення як спостерігача. Чи володієте ви всіма необхідними знаннями для того, щоб приєднатися до команди інженерів автоспорту?

Тестові запитання

1. Чи набуває прискорення автомобіль, зображений на рисунку:



- а) так, оскільки напрям руху змінюється;
- б) так, оскільки швидкість не постійна;
- в) ні, оскільки швидкість постійна;
- г) ні, оскільки автомобіль рухається по колу?

2. Якщо автомобіль має нульове прискорення, чи означає це, що він рухається:

- а) так, автомобіль, який рухається з нульовим прискоренням, може рухатися зі сталою швидкістю;
- б) так, автомобіль, який рухається з нульовим прискоренням, може рухатися зі швидкістю, що зменшується;
- в) ні, автомобіль з нульовим прискоренням не рухається;
- г) ні, автомобіль з нульовим прискоренням може тільки повертатися?

3. Перш ніж бруднити руки і вивчати конструкцію автомобіля з міркувань безпеки необхідно розглянути основні поняття, необхідні для цього. Що ви знаєте про інерцію:

- а) перший закон Ньютона зазвичай називають принципом інерції;
- б) усі об'єкти мають однакову інерцію;
- в) маса тіла не є мірою його інерції;
- г) ви не можете відчуті інерцію, якщо не перебуваєте в порожнечі?

4. Що потрібно зробити, щоб купа коробок розвалилася:

- а) потягнути або штовхнути будь-яку коробку дуже повільно;
- б) потягнути за другу знизу коробку;
- в) штовхнути першу коробку;
- г) штовхнути коробку, а не тягнути її?

5. Оптимізація тертя шин з урахуванням дорожніх умов є частиною активних засобів безпеки, які насамперед зменшують ймовірність аварії або зіткнення. Виберіть правильний варіант із наведених нижче, якщо ви штовхнете коробку з силою 10 Н:

- а) коробка вагою 5 кг буде рухатися вдвічі швидше, ніж ящик вагою 10 кг;
- б) коробка вагою 5 кг не набуде прискорення, тоді як ящик вагою 10 кг набуде;
- в) коробка вагою 5 кг рухається повільніше, ніж ящик вагою 10 кг;
- г) коробка вагою 5 кг і 10 кг рухаються однаково.

6. У автомобілях мають використовуватися різні типи шин для різних погодних умов. За гіпотетичного сценарію, у якому дорога була слизькою від льоду, а шини автомобіля призначалися для сухої дороги, припускається, що між шинами двох автомобілів і дорогою існує однакове, незначне тертя. Який автомобіль буде рухатися швидше:

- а) маса якого не впливає на рух;
- б) автомобіль з меншою масою буде розганятися швидше;
- в) автомобіль з більшою масою не буде рухатися;
- г) автомобіль з більшою масою розганятиметься швидше?

7. Які умови характеризують коробку з нульовим прискоренням:

- а) коробка залишається нерухомою;

- б) коробка, на яку не діють ніякі сили;
- в) коробка, яка рухається з постійною швидкістю;
- г) усі відповіді правильні?

8. На підставі отриманих відомостей визначте, який із виразів найдоцільніший для визначення зв'язку між прискоренням коробки, що рухається (із масою m), і силою, що на неї діє:

- а) $\sum F = ma$, зміна рівнодійної сили лінійно змінює прискорення;
- б) $\sum F = m/a$, збільшення рівнодійної сили зменшує прискорення;
- в) $\sum F = mv$, результуюча сила пов'язана зі швидкістю, а не з прискоренням об'єкта;
- г) сила тертя дорівнює ma і тільки вона впливає на прискорення коробки, що рухається?

9. За допомогою другого закону Ньютона ($\sum F = ma$) встановіть, що станеться з коробкою, якщо штовхнути її з силою 10 Н:

- а) коробка масою 5 кг набуде більшого прискорення, ніж ящик масою 10 кг;
- б) коробки не набудуть прискорення;
- в) коробка вагою 5 кг набуде меншого прискорення, ніж ящик вагою 10 кг;
- г) коробка вагою 5 кг набуде такого самого прискорення, як і ящик вагою 10 кг?

10. Можна припустити, що при зіткненні двох однакових за розміром автомобілів сила, що діє на перший автомобіль, буде дорівнювати силі, що діє на другий автомобіль. Що відбудеться, коли перегонний автомобіль вріжеться в цегляну стіну:

- а) цегла вдарить машину з такою самою, але протилежною силою, що й машина цеглу;
- б) автомобіль вдариться об цеглу сильніше, оскільки він набагато більший;

в) автомобіль вдарить цеглу сильніше, оскільки він рухається, тоді як цегла нерухома;

г) цегла з більшою силою буде діяти на автомобіль, щоб компенсувати свою меншу масу?

11. Чи існують парні сили, що діють на припаркований автомобіль у вертикальному напрямі? Знайдіть зображення на екрані комп'ютера, яке відповідає цій умові, обравши одне з таких тверджень:

а) так, колеса тиснуть на дорогу з силою, що дорівнює силі, з якою дорога тисне на них;

б) так, опір повітря заважає автомобілю їхати швидко;

в) ні, на автомобіль діють тільки сили в напрямі руху автомобіля;

г) ні, якщо автомобіль рухається вільно, то на нього не діють інші парні сили.

12: Швидкість автомобіля становить 100 км/год. Що, на вашу думку, відчуває водій, перебуваючи в машині:

а) автомобіль не рухається;

б) автомобіль рухається з однаковою швидкістю для водія і спостерігача;

в) автомобіль рухається повільніше для водія, ніж для спостерігача;

г) автомобіль рухається швидше для водія, ніж для спостерігача?

13. Якщо інший автомобіль проїжджає повз перегонний автомобіль зі швидкістю 110 км/год, з якою швидкістю, на думку водія перегонного автомобіля *Labster*, рухається автомобіль, що проїжджає повз:

а) 10 км/год;

б) 110 км/год;

в) 100 км/год;

г) попутне авто є нерухомим для всіх водіїв, що беруть участь у перегонах?

Лабораторна робота № 7 Закон всесвітнього тяжіння Ньютона: математичне вираження сили тяжіння

Мета: визначити складники тяжіння; пояснити, як сила тяжіння пов'язана з масами двох тіл та відстанню між ними; навчитися використовувати гравітаційну формулу для обчислення сили тяжіння між двома віддаленими об'єктами.

Теоретичні відомості

Гратися з планетами та зірками ще ніколи не було так легко. Запрошуємо до віртуальної лабораторії на космічному кораблі, де на вас чекають високотехнологічні кнопки для гри. Вони дозволять вам змінювати властивості небесних тіл простим натисканням і візуалізувати вплив кожного члена гравітаційного рівняння. Але це ще не все. Ви коли-небудь замислювалися, що сталося б, якби гравітаційна стала не була частиною рівняння, або чому планети не падають на Сонце?

Перелік дій:

1. Відправимося в космос разом із Ньютоном і розглянемо його закон всесвітнього тяжіння.

Існує легенда про те, що закон всесвітнього тяжіння Ньютон відкрив завдяки яблуку. А якби гравітаційна сила впливала не лише на яблука чи земні об'єкти, а й спричиняла рух планет? Ми можемо полетіти в космос на нашому космічному кораблі і з'ясувати це. Там ми будемо змінювати властивості планети та зірки, щоб зрозуміти, що впливає на силу тяжіння. Потім ми зіграємо в карткову гру, щоб скласти рівняння гравітації і перевірити його на Землі.

2. Дослідимо, як пов'язані члени рівняння. Визначивши, які змінні впливають на гравітаційне притягання між двома тілами, ми дослідимо, як вони на нього впливають. Зокрема, ми зіграємо в карткову гру і за допомогою

графіків визначимо пропорції між силою тяжіння і членами рівняння гравітації: масами двох тіл та відстанню між ними.

3. Застосуємо гравітаційне рівняння щодо умов на Землі. Повернімося на Землю і перевіримо, чи може наше рівняння описати гравітаційне притягання між двома об'єктами. Ми дізнаємося, якою б була гравітаційна сила без гравітаційної сталої в рівнянні. За допомогою закону Ньютона ми зрозуміємо важливість гравітаційної сталої.

4. Ви коли-небудь вистрілювали в космос із гармати? Якщо ні, то ця симуляція дозволить вам це зробити. Ми проведемо ідеальний експеримент, який зробить можливим те, що Ньютон міг лише уявити. Ми перевіримо, чи його закон всесвітнього тяжіння також діє відносно руху планет.

Тестові запитання

1. Чи є, на вашу думку, гравітація силою, що притягує:

- а) так;
- б) ні, вона відштовхує;
- в) не завжди;
- г) учені ще не вирішили?

2. Чи можна визначити за допомогою цього експерименту, які фактори впливають на силу тяжіння між двома об'єктами:

- а) маса обох об'єктів та відстань між ними;
- б) маса найбільшого об'єкта та відстань між ними;
- в) маса найменшого об'єкта та відстань між ними;
- г) об'єм обох об'єктів і відстань між ними?

3. Якщо збільшити масу планети, то сила тяжіння:

- а) збільшиться;
- б) зменшиться;
- в) не зміниться;
- г) зменшиться або збільшиться?

4. Якщо збільшити відстань між планетою і зіркою, то сила тяжіння:

- а) зменшиться;
- б) зростатиме;
- в) не змінюватиметься;
- г) збільшуватиметься або зменшуватиметься.

5. За залежністю між силою тяжіння і масами об'єктів визначте, як зміниться сила тяжіння, якщо маса одного з об'єктів збільшиться вдвічі:

- а) сила тяжіння збільшиться в 2 рази;
- б) сила тяжіння залишиться незмінною;
- в) сила тяжіння збільшилася в 4 рази;
- г) сила тяжіння зменшиться на $\frac{1}{2}$ раза, оскільки зміниться лише одна з

двох мас?

6. Якою є залежність між силою тяжіння і відстанню:

- а) сила тяжіння обернено пропорційна квадрату відстані між центрами об'єктів;
- б) сила тяжіння обернено пропорційна відстані між центрами тіл;
- в) сила тяжіння прямо пропорційна квадрату відстані між центрами тіл;
- г) сила тяжіння обернено пропорційна квадратному кореню відстані між центрами тіл?

7. Чи може, на вашу думку, земний об'єкт, наприклад яблуко, мати гравітаційну силу:

- а) так;
- б) ні;
- в) тільки якщо об'єкт достатньо великий;
- г) тільки за певних умов?

8. Сила притягання яблука до Землі дорівнює:

- а) силі притягання Землі до яблука;
- б) менша, ніж сила притягання Землі до яблука;
- в) більша, ніж сила притягання Землі до яблука;

г) занадто мала, щоб її можна було виміряти, адже Земля не падає на яблуко.

9. Знаючи масу тіла віртуального помічника доктора Опе (3 кг), масу яблука (0,2 кг) і відстань між ними (1 м), за формулою $F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$ обчисліть силу притягання між ним і яблуком. Яким буде результат:

- а) 0,6 Н;
- б) 20 Н;
- в) 0,001 Н;
- г) 600 Н?

10. Обчисліть силу притягання, якщо швидкість становить $6 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ від центру Землі, маса тіла віртуального помічника доктора Опе – 3 кг, а маса Землі – приблизно $6 \cdot 10^{24}$ кг. Оберіть відповідне значення сили притягання:

- а) 0,33 Н;
- б) 330 Н;
- в) 3 000 Н;
- г) $3 \cdot 10^{20}$ Н.

11. На якій відстані від Землі перебуває віртуальний помічник доктор Опе, якщо сила тяжіння між ними становить $3 \cdot 10^{-7}$ Н (маса тіла віртуального помічника доктора Опе становить 3 кг, а маса Землі – приблизно $6 \cdot 10^{24}$ кг):

- а) $6,3 \cdot 10^{10}$ м;
- б) 6 300 м;
- в) 630 м;
- г) 3 м?

Лабораторна робота № 8 Збереження енергії (принципи): розкриття потенціалу американських гірок

Мета: розглянути визначення понять потенціальної, кінетичної та механічної енергії та сформулювати принцип їх збереження; навчитися використовувати принцип збереження механічної енергії та його математичне вираження для прогнозування поведінки тіла в системі без тертя; дослідити, які зміни потрібно внести в ізольовану систему, щоб змінити повну механічну енергію тіла, що рухається, і дослідити, як змінюються кінетична та потенціальна енергії під час руху тіла в цій системі.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтесь про збереження енергії, потенційну та кінетичну енергію, а також використаєте дані фізики для вдосконалення американської гірки.

Перелік дій:

1. Спроектуйте американські гірки. Ознайомтеся з рівняннями потенціальної та кінетичної енергії і на прикладі зазначеного тестового треку встановіть, як їх можна застосувати до американських гірок. Потім, використовуючи ці рівняння та принцип збереження енергії, з'ясуйте, як зробити так, щоб американські гірки рухалися якомога швидше.

2. Поекспериментуйте з потенціальною, кінетичною та механічною енергіями.

Ознайомтеся зі складниками формул для потенційної та кінетичної енергій і оберіть змінні, які визначають кожен вид енергії. Розрахуйте енергію американської гірки за різних ситуацій і з'ясуйте, як вона перетворює енергію одного виду на інший. Ви матимете змогу експериментувати з різними масами транспортних засобів на різній висоті, щоб визначити, як вони впливають на початковий потенціал системи. Далі ви дослідите механічну та кінетичну

енергію американських гірок і зрозумієте, як вони впливають на швидкість після того, як вагончик відпустять.

Після вивчення та дій із різними видами енергії та її перетворенням і збереженням ви навчитеся критично мислити і застосовувати свої знання під час вирішення конструкторських та інженерних завдань. Що потрібно зробити, щоб швидкість під час їзди досягла 100 км/год?

Тестові запитання

1. На якій колії потрібно розмістити автомобіль, щоб він набув найбільшої потенційної енергії:

- а) на найвищій колії;
- б) колії мають однакову потенційну енергію;
- в) на найнижчій колії;
- г) на середній доріжці?

2. Чи означає це, що автомобіль не має енергії в нижній частині доріжки:

- а) ні, тому що автомобіль рухається;
- б) так, тому що автомобіль витратив всю свою енергію на рух вниз по доріжці;
- в) так, тому що вся енергія автомобіля витратилася в навколишньому середовищі;

г) ні, тому що потенційна енергія завжди зберігається?

3. Що потрібно змінити в конструкції американських гірок, щоб збільшилася кінетична енергія на рівні землі:

- а) масу вагончика та висоту на початку поїздки;
- б) тільки висоту на початку поїздки;
- в) масу автомобіля, висоту на початку поїздки та шлях, який проходить автомобіль, щоб досягти рівня землі;
- г) тільки масу вагончика?

4. Що потрібно змінити в конструкції американських гірок, щоб збільшилася швидкість на рівні землі:

- а) тільки висоту на початку поїздки;
- б) масу вагончика та висоту на початку поїздки;
- в) тільки масу автомобіля;
- г) шлях, який проходить автомобіль, щоб досягти рівня землі?

5. Яка частина енергії автомобіля є потенційною, а яка кінетичною, коли автомобіль перебуває на половині початкової висоти:

- а) половина потенціальної енергії і половина кінетичної енергії;
- б) переважно потенційна енергія;
- в) переважно кінетична енергія;
- г) уся кінетична енергія?

6. Чи може механічна енергія автомобіля змінюватися:

- а) так, тертя може передати енергію треку у вигляді тепла;
- б) ні, тому що енергія завжди зберігається в системі;
- в) ні, тому що механічна енергія зберігається завжди;
- г) так, тертя може призвести до зменшення енергії та її втрати?

7. Якщо потенційна енергія на початку руху становить 58 800 Дж, якою буде кінетична енергія автомобіля, коли він досягне найбільшої швидкості:

- а) 117 600 Дж;
- б) 29 400 Дж;
- в) 58 800 Дж;
- г) 0 Дж?

8. Яке рівняння найточніше відповідає даним для кінетичної енергії:

- а) $E_k = mv^2/2$;
- б) $E_k = mv^2$;
- в) $E_k = mv$;
- г) $E_k = 2mv$?

Лабораторна робота № 9 Збереження енергії: максимізація механічної енергії американських гірок

Мета: навчитися визначати механічну енергію ізольованої системи; відокремлювати консервативні сили від неконсервативних; визначати механічну енергію тіла; пояснювати, яким чином відбувається збереження механічної енергії; застосовувати закон збереження енергії для опису руху тіла; використовувати рівняння для кінетичної та потенціальної енергії, пов'язаних зі швидкістю та переміщенням; визначати джерела енергії та перетворення енергії.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтесь, як маніпуляції з масою, висотою та швидкістю американських гірок впливають на їхню загальну потенційну та кінетичну енергію; застосовувати концепцію збереження енергії для розрахування механічної енергії американських гірок у різних положеннях.

Перелік дій:

1. Спроектуйте нові американські гірки. Спочатку ознайомтеся з компонентами рівнянь для потенційної та кінетичної енергії. Потім поекспериментуйте, використовуючи різні маси транспортних засобів у різних стартових положеннях, щоб визначити вплив маси та висоти на потенційну енергію, швидкість та кінетичну енергію та як перетворення енергії можна застосувати для обчислення механічної енергії. Використайте цю інформацію, щоб сконструювати найшвидші та найзахопливіші американські гірки.

2. Обчислимо потенціальну, кінетичну та механічну енергію. Розглянемо формули потенційної та кінетичної енергії, а також те, як ці складники пов'язані з джоулями. Вимірявши енергію в джоулях і перетворивши її з одного виду на інший, дізнаємося, чому енергія залишається сталою в ізольованій системі. Можна буде поекспериментувати з різними масами транспортних засобів на кожній висоті і визначити, яка комбінація відповідає

початковому задуму щодо потенційної енергії. Можна відстежити швидкість, яка потім буде використана для обчислення кінетичної та механічної енергій американської гірки.

3. Швидкість атракціону становить 100 км/год. Виберіть найкращий транспортний засіб і стартове положення, а потім змініть трасу, додавши петлі, провали, а також електричний двигун.

Тестові запитання

1. Охарактеризуйте компоненти, із яких складається одиниця СІ для кінетичної енергії:

- а) вони такі самі, як і потенційної енергії;
- б) вони є перестановкою компонентів у потенційній енергії;
- в) становлять потенційну енергію, помножену на швидкість;
- г) те саме, що й швидкість у квадраті?

2. Яке положення спричиняє появу найбільшої кількості потенційної енергії:

- а) найвище;
- б) усі вони забезпечують однакову потенційну енергію;
- в) найнижче;
- г) середнє?

3. Чи має автомобіль нульову енергію в нижній частині колії:

- а) ні, тому що наявний рух;
- б) так, тому що колія поглинула всю енергію;
- в) так, тому що вся енергія вивільнилася;
- г) ні, тому що наявність нульової енергії неможлива?

4. Транспортний засіб якої маси буде їхати по дну найшвидше:

- а) маса не впливає на швидкість;
- б) із середньою масою;
- в) із найменшою масою;
- г) із найбільшою масою?

5. Якщо три автомобілі, які рухаються з однаковою швидкістю по дну, відпустити з однакової висоти, чи матимуть вони однакову кількість кінетичної енергії:

- а) ні, тому що маса впливає на кінетичну енергію;
- б) так, тому що маса не впливає на кінетичну енергію;
- в) ні, тому що маса впливає на швидкість транспортного засобу;
- г) так, тому що всі транспортні засоби перебувають на однаковій

висоті відносно низу?

6. Якими мають бути показники енергії автомобіля, коли він перебуватиме в цій точці:

- а) потенційна і кінетична енергії пополам;
- б) переважно потенційна енергія;
- в) переважно кінетична енергія;
- г) тільки кінетична енергія?

7. Ізольовані системи зберігають однакову кількість загальної енергії, навіть якщо вона може перетворюватися з одного виду на інший. Який з наведених нижче факторів може зменшити загальну енергію цієї системи з часом:

- а) опір повітря;
- б) температура повітря;
- в) довжина колії;
- г) кількість пасажирів?

8. Яку формулу потрібно використати для обчислення максимальної швидкості, якщо американські гірки починаються на такій висоті:

$$1 : v = (E_k / m)^2 \quad 3 : v = \sqrt{2E_k / m}$$

$$2 : v = m g h \quad 4 : v = 2(E_k + E_p)$$

- а) 3;
- б) 1;
- в) 2;
- г) 4?

9. Як можна запобігти цій кладній ситуації:

- а) зменшити максимальну висоту петлі;
- б) збільшити висоту початкового положення;
- в) додати двигун для збільшення початкової швидкості;
- г) усі варіанти правильні?

10. Що потрібно розрахувати насамперед для визначення мінімальної початкової швидкості американських гірок, якщо заплановано виконати таку подвійну петлю:

- а) потенційну енергію на вершині петлі;
- б) кінетичну енергію на вершині петлі;
- в) механічну енергію у верхній частині петлі;
- г) повну механічну енергію в системі?

11. Загальна початкова енергія транспортного засобу повинна бути більшою, ніж зазначена, щоб він пройшов найвищу точку петлі. Який має бути наступний крок для визначення кількості додаткової енергії, яку повинен набрати двигун, щоб досягти початкового положення:

- а) від цієї кількості потрібно відняти потенційну енергію в початковому положенні;
- б) додати до цієї величини потенційну енергію в початковому положенні;
- в) визначити максимальну швидкість, яку можна розвинути з цією потенційною енергією;
- г) розділити цю кількість енергії навпіл, щоб визначити кінетичну енергію?

Лабораторна робота № 10 Закон всесвітнього тяжіння: використовуємо гравітацію, щоб вийти на орбіту Місяця

Мета: усвідомити різницю між вагою та масою; виміряти гравітаційне прискорення поблизу поверхні Землі; описати механізм утворення кругових орбіт і залежність g від відстані; навчитися розрізняти зв'язані та незв'язані траєкторії.

Теоретичні відомості

Чи можна уявити кращого вчителя закону всесвітнього тяжіння, ніж сер Ісаак Ньютон? У цій симуляції ви дізнаєтеся, чим відрізняються маса і вага. Сам Ньютон стане біля ваги, а ви проведете експеримент з маятником, який дозволить вам визначити гравітаційне прискорення біля поверхні Землі. Щоб довести закон всесвітнього тяжіння Ньютона, потрібно дослідити залежність гравітаційного прискорення від маси об'єктів і відстані між ними. У першій місії ви зміните масу Землі і визначите «залежність маси» гравітаційного прискорення. Але будьте обережні! З великими досягненнями в цій початковій місії приходить велика відповідальність під час останньої місії...

Проведіть уявний експеримент. Увійдіть у свідомість Ньютона і дізнайтеся, чому Місяць не падає на поверхню Землі. Поспостерігайте, як початкова тангенціальна швидкість впливає на орбіту гарматного ядра, що умовно рухається навколо Землі, і усвідомте, що відстань прямо залежить від гравітаційного прискорення. Тепер ви ще більше наблизилися до того, щоб керувати космічним кораблем разом із космонавтами під час їхньої місії на орбіті Місяця.

Перелік дій:

1. Сонячна система. Для того щоб вийти на орбіту Місяця, потрібно знати все про теорію гравітації. У цій симуляції ви зможете дізнатися все про неї, переглянувши голографічну таблицю, і прослідкувавши за обертанням тіл

Сонячної системи навколо Сонця. Ви також дізнаєтесь про основні властивості планет нашої Сонячної системи.

2. Орбіта Місяця. Змінювання маси Землі під час вашої першої місії вплине на задану швидкість космічного корабля для виходу на місячну орбіту. Чи зможете ви знайти правильну швидкість для виходу на навколomisячну орбіту, змінивши траєкторію орбітального корабля?

Тестові запитання

1. Який закон поєднує прискорення об'єкта з силою, що на нього діє:

- а) другий закон Ньютона;
- б) перший закон Ньютона;
- в) третій закон Ньютона;
- г) четвертий закон Ньютона?

2. Як пов'язані прискорення g і маса M :

- а) g прямо пропорційне M , тобто $g \sim M$;
- б) g зростає зі збільшенням квадрата M , тобто $g \sim M^2$;
- в) g непрямо пропорційне M , тобто $g \sim 1/M$;
- г) g не залежить від M , тобто $g = \text{const}$?

3. Які твердження правильні:

а) об'єкт, що обертається навколо Землі, перебуває в постійному вільному падінні, але ніколи не вдариться об неї;

б) сила тяжіння, що діє на тіло, яке обертається навколо Землі, дорівнює нулю;

в) маса тіла, що обертається, дорівнює нулю;

г) космічний корабель повинен постійно працювати на своїх двигунах, щоб залишатися на орбіті?

4. Як називається сила, що змушує тіло рухатися по криволінійній траєкторії:

- а) доцентрова сила;
- б) відцентрова сила;

- в) зсувна сила;
- г) обертальна сила?

5. Якою є приблизна сила тяжіння між Ньютоном і яблуком на його робочому столі:

- а) приблизно від 10 до -9 Н;
- б) приблизно 0,01 Н;
- в) приблизно 1 Н;
- г) приблизно 765 Н?

6. Скільки приблизно триває один рік на найближчій до Сонця планеті – Меркурії? Розміри об'єктів у нашій моделі Сонячної системи не є масштабними, але відносні періоди обертання навколо Сонця масштабні. Скільки триває обертання Меркурія навколо Сонця співвідносно із земним роком:

- а) приблизно 90 земних днів;
- б) приблизно 50 земних днів;
- в) приблизно 120 земних днів;
- г) приблизно 370 земних днів?

7. Яка з перелічених кривих не є конічним перерізом і, отже, не становить можливу траєкторію:

- а) циклоїда;
- б) гіпербола;
- в) парабола;
- г) коло?

8. Якими б були ваші вага і маса, якби ви стояли на планеті, що вдвічі більша за Землю:

- а) вага збільшилася б, а маса залишилася б такою самою;
- б) маса збільшилася б, а вага залишилася б такою самою;
- в) вага залишилися б незмінною, а об'єм зменшився;
- г) маса залишилася б такою самою, а вага зменшилася?

Лабораторна робота № 11 Гравітаційне поле: прибульці наступають

Мета: надати визначення гравітаційного прискорення та гравітаційного поля; обчислити гравітаційне прискорення в точці гравітаційного поля.

Теоретичні відомості

Чи була у вас можливість поспілкуватися з прибульцем із далекої галактики? У цій симуляції ви познайомитеся з Пондусом і допоможете йому вивчити земну гравітацію. Маса його планети настільки велика, що йому потрібно застосувати значну силу, щоб позбутися її гравітаційного тяжіння. Дізнайтеся про гравітаційне поле і гравітаційне прискорення на поверхні Землі та в будь-якій точці космосу, а також допоможіть Пондусу зрозуміти, чи Земля підходить для космічних подорожей більше, ніж його планета.

Перелік дій:

1. Вільне падіння. Чи всі об'єкти відчують однакове прискорення під час падіння? Чи відрізняються маса і вага? Згідно з легендою, Галілей скидав з Пізанської вежі різні вантажі, щоб вивчити гравітаційне прискорення Землі.

У нашій лабораторії ви можете зробити те саме і навіть більше: змінити силу тяжіння Землі і прослідкувати, як це буде впливати на вільне падіння і вагу предметів.

2. Гравітаційне поле. Ви не можете бачити гравітацію, а лише відчуваєте її вплив, однак учені знайшли спосіб зобразити її, як лінії гравітаційного поля. Лише одним натисканням кнопки ви зможете візуалізувати лінії гравітаційного поля і зрозуміти, як змінюється їхня щільність залежно від напруженості гравітаційного поля.

3. Розрахуйте напруженість гравітаційного поля. З космосу силові лінії гравітаційного поля виглядають інакше: коли ми віддаляємося від поверхні Землі, силові лінії більше не виглядають паралельними. Вони спрямовуються радіально до центру Землі. Ви дізнаєтесь, як їх інтерпретувати та поєднувати напруженість поля з відстанню від джерела поля; як обчислити гравітаційне

прискорення в будь-якій точці простору. Чи допоможете ви Пондусу дізнатися більше про гравітацію на Землі?

Тестові запитання

1. Чи вирізняються тіла з більшою масою більшим прискоренням вільного падіння:

- а) ні, прискорення вільного падіння не залежить від маси тіла;
- б) ні, прискорення вільного падіння зменшується зі збільшенням маси тіла;
- в) так, прискорення вільного падіння зростає зі збільшенням маси тіла;
- г) так, тому що сила тяжіння зростає зі збільшенням маси?

2. Чи зміниться маса яблука, якщо прискорення вільного падіння на Землі подвоїться:

- а) ні, маса залишиться незмінною;
- б) так, маса зменшиться;
- в) так, маса збільшиться;
- г) це залежить від того, на якій висоті перебуває об'єкт?

3. Наскільки сильним є гравітаційне поле на планеті Пондуса, якщо відомо, що вона має вдвічі більшу масу порівняно із Землею:

- а) у 2 рази сильніше, ніж гравітаційне поле Землі;
- б) у 5 разів менше, ніж гравітаційне поле Землі;
- в) у 2 рази менше, ніж гравітаційне поле Землі;
- г) у 4 рази сильніше, ніж гравітаційне поле Землі?

4. Прискорення вільного падіння супутника становить $0,31 \text{ м/с}^2$. Якою буде відстань від супутника до центру Землі (гравітаційна стала

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$, маса Землі $m_3 = 5,972 \cdot 10^{24} \text{ кг}$):

- а) 35 846 км;
- б) $1,28 \cdot 10^9 \text{ км}$;
- в) 30 000 км;
- г) 7 000 км?

Лабораторна робота № 12 Діаграми сил та вільного падіння: керування дроном

Мета: навчитися зображувати та інтерпретувати діаграми сил вільного падіння тіла для представлення сил; усвідомити суть поняття центру ваги протяжного тіла; визначати рівнодійну сили, що діє на тіло.

Теоретичні відомості

Підготуйтеся до тренування перед входом в інженерну лабораторію. Ви рухаєтесь під дією сил, що впливають на вас. У цій симуляції ви розглянете засади дії сил, які діють на нас у повсякденному житті. Ви візуалізуєте реакцію об'єкта в заданому стані, використавши діаграми вільного тіла.

Перелік дій:

1. Отримання «чистої» сили в одному напрямі. Лаборантка зі штучного інтелекту змінила декілька деталей у своєму двигуні. Ці зміни вплинули на те, як вона рухається, і тепер їй потрібна ваша допомога, щоб оптимізувати політ! У процесі роботи ви визначите центр мас і сили тяжіння та вивчите основні кроки щодо створення діаграми вільного руху в одновимірній задачі.

2. Діаграми вільного тіла для загальних сил. Щоб визначити рух об'єкта, спочатку потрібно визначити всі зовнішні сили, які на нього діють. У симуляторі сил і діаграм вільного падіння ви створите діаграми вільного падіння для маси, прикріпленої до пружини, маси, що перебуває під водою, і маси, що котиться з пагорба. Змініть величину цих сил і визначте, як вони вплинуть на рух тіла.

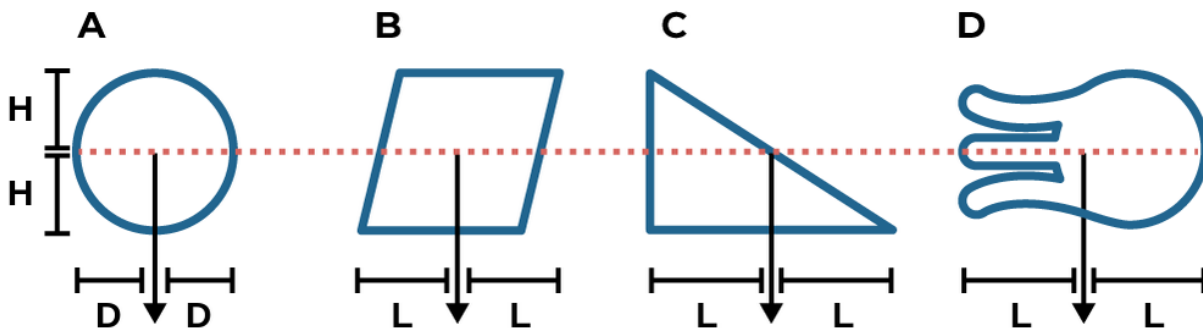
Тестові запитання

1. Який напрям переміщення відповідає задачі про віртуального помічника доктора Оне, який перебуває на певній висоті:

- а) вертикальний напрям;

- б) горизонтальний напрям;
- в) усі можливі напрями;
- г) діагональний напрям?

2. Чи правильно розташований центр ваги для таких тіл:



- а) правильно позначено центри ваги лише тіл А і В;
- б) центр ваги тіла А розміщується правіше;
- в) центр ваги тіла D розміщується лівіше;
- г) усі відповіді правильні?

3. Де розміщується центр ваги та центр маси доктора One:

- а) обидва розміщуються в центрі його тіла;
- б) центр мас розміщується на поверхні, а сила тяжіння – у центрі;
- в) центр ваги розміщується на поверхні, а маса – у центрі;
- г) обидва розміщуються на поверхні?

4. Маса, що котиться по клину, нагадує катання на лижах під час відпочинку в Альпах. Як, відповідно до зазначеного, діє сила реакції опори:

- а) без неї жоден об'єкт не зміг би утриматися на поверхні;
- б) сила тяжіння не відповідає силі дотику;
- в) відповідно до всіх зазначених причин;
- г) сила діє паралельно до дотичних поверхонь?

5. Якщо відновлювальна сила дорівнює 100 Н, а кулька важить 80 Н, то якою має бути рівнодійна сили і в якому напрямі вона повинна діяти:

- а) 20 Н, уверх;
- б) 20 Н, униз;

в) 100 Н, уверх;

г) 80 Н, униз?

6. Зменшення якої сили призведе до того, що об'єкт буде ковзати вниз по схилу:

а) ваги;

б) сили нормальної реакції опори;

в) сили тертя;

г) сили плавучості?

7. Які сили необхідно враховувати під час розбиття сил у горизонтальному напрямі:

а) від двигунів (1) і (2);

б) від двигуна (2), а також ваги;

в) від двигуна (1), а також ваги;

г) тільки від двигуна (2)?

Лабораторна робота № 13 Закони Кеплера: дослідження орбіт інших світів

Мета: пояснити, що спільного між законом Кеплера і загальним рухом об'єктів на орбіті; прослідкувати, як змінюється швидкість планети на еліптичній орбіті; використати третій закон Кеплера для пояснення зв'язку між періодом обертання і довжиною великої півосі орбіти, а також прогнозування періоду обертання орбіти за її більшою піввіссю.

Теоретичні відомості

Капітане, на нас чекають таємниці планетної системи Астакос! У цій симуляції ви дізнаєтеся про орбіти небесних тіл. Для цього потрібно буде застосувати закони Кеплера щодо руху планет. Приєднуйтеся до пошуку життя в нових світах і дізнавайтеся про форму орбіт, про те, як змінюється швидкість планети вздовж її орбіти, і про зв'язок між періодами орбіт різних розмірів.

Перелік дій:

1. Досліджуємо планетну систему Астакос. Наша місія – пошук життя в чужій планетній системі. Поекспериментуємо з різними еліптичними орбітами, щоб з'ясувати, які з орбіт у системі відповідають потенційно придатній для життя планеті. Потім, використавши другий закон Кеплера, уважно простежимо за планетою, яка зацікавить. Нарешті, зберемо дані для виведення третього закону Кеплера і використаємо його для виведення на орбіту геостаціонарного супутника.

2. Експерименти з орбітами та супутниками. Застосуємо еліпси, щоб проаналізувати різні планетарні орбіти. Використаємо другий закон Кеплера, щоб передбачити рух планети, яка цікавить. Нарешті, за допомогою інтерактивної симуляції введемо на орбіту власний супутник, застосувавши практичний досвід щодо використання третього закону Кеплера, який може надати лише віртуальна лабораторія.

У цій симуляції аналізується рівень набутих знань учасників, які залучаються до захоплюючої сюжетної лінії.

Наприкінці симуляції потрібно буде використати набуті відомості щодо законів Кеплера, щоб запуслити геостаціонарний супутник і сфотографувати поверхню екзопланети. Які дива чекають на нас у цьому новому світі?

Тестові запитання

1. Застосувавши другий закон Кеплера, визначте, коли Астакос IV рухається по своїй орбіті найшвидше:
 - а) коли перебуває найближче до своєї зірки;
 - б) коли найдалі від своєї зірки;
 - в) коли перебуває на проміжній відстані до своєї зірки;
 - г) завжди рухається з однаковою швидкістю?
2. Який супутник Астакос IV рухається найшвидше:
 - а) той, що має найменший радіус орбіти;
 - б) той, що має найбільший радіус орбіти;
 - в) той, що має найбільший ексцентриситет орбіти;
 - г) вони рухаються з однаковою швидкістю?
3. Як пов'язані радіус кругової орбіти та її період:
 - а) куб радіуса прямо пропорційний квадрату періоду;
 - б) радіус прямо пропорційний періоду;
 - в) квадрат радіуса прямо пропорційний кубу періоду;
 - г) квадрат радіуса обернено пропорційний кубу періоду?
4. Що спільного між орбітами всіх планет системи Астакос IV:
 - а) усі були еліпсами із зіркою в одному фокусі;
 - б) усі були еліпсами із зіркою в центрі;
 - в) усі були колами із зіркою в центрі;
 - г) усі були параболоми із зіркою в одному фокусі?

Лабораторна робота № 14 Джерела і маси: виявлення та реєстрація землетрусів

Мета: розглянути рух маси, що коливається на вертикальній пружині; навчитися визначати положення рівноваги вертикального осцилятора; пояснити основні властивості простого гармонійного руху; застосувати закон Гука до системи пружина-маса; визначити магнітуду та епіцентр землетрусу за сейсмограмою.

Теоретичні відомості

Під час виконання цієї роботи ви поекспериментуєте з вертикальними пружинами, поєднаними з різними масами в ідеальних умовах. Ви вивчите основні властивості особливого типу коливань – простого гармонійного руху. Це одне з найфундаментальніших понять у фізиці, яке використовується для опису багатьох явищ – від вібрування камертона до коливань електронів в атомі. Зрештою, ви розглянете одне з численних застосувань пружини – на сейсмічній станції.

Перелік дій:

1. Ідеальні пружини в ідеальних умовах. Чи замислювалися ви над тим, що станеться, якщо до ідеальної вертикальної пружини прикріпити вантаж і знехтувати опором повітря? Такі умови називаються ідеальними і є дуже важливими для розуміння фізиками навколишнього світу. У лабораторії ви можете бачити ідеальні умови лише наближено, але у цій віртуальній симуляції можна забути про всі складнощі реального світу. У симуляції пружин і мас ви будете експериментувати з вертикальною пружиною, яка рухається без тертя, і спостерігати за її рухом, коли на неї не діє опір повітря.

2. Гармонійний осцилятор. Простий гармонійний рух – одне з найфундаментальніших понять у фізиці. У симуляції «Пружини і маси» ви працюватимете з ідеальною системою і визначатимете її рівновагу для різних комбінацій пружин і мас.

3. Пружини оточують нас всюди, але чи знаєте ви, чим відрізняється пружина у вашій ручці від пружини в автомобільній підвісці? Тут ви дізнаєтеся, як закон Гука може допомогти визначити пружність різних пружин, і зможете виміряти її власноруч.

4. Створення власного сейсмографа. Маса, прикріплена до пружини, є основним складником сейсмографа. Сейсмографи – це інструменти, що використовуються для виявлення сейсмічних хвиль та інших коливань ґрунту. Ви зможете зібрати власну сейсмічну станцію і навчитися читати сейсмограму – результат роботи сейсмографа.

Чи можна визначити магнітуду та епіцентр землетрусу, використовуючи лише масу та пружину?

Тестові запитання

1. Чи буде пружина коливатися постійно:

- а) так, вона ідеальна;
- б) так, маса постійно діє на пружину;
- в) це неможливо; через певний проміжок часу вона зупиниться;
- г) ні, тому що на масу не діють ніякі сили?

2. Чи зміниться положення рівноваги для двох різних пружин з однаковою масою:

- а) положення рівноваги зміниться;
- б) положення рівноваги залишиться незмінним;
- в) положення рівноваги таке саме, як і для жорсткої пружини;
- г) положення рівноваги таке саме, як і для м'якої пружини?

3. Який закон стверджує, що видовження пружини пропорційне прикладеній до неї силі:

- а) Закон Гука;
- б) Закон Пуассона;
- в) Закон Снелла;
- г) Закон Ньютона?

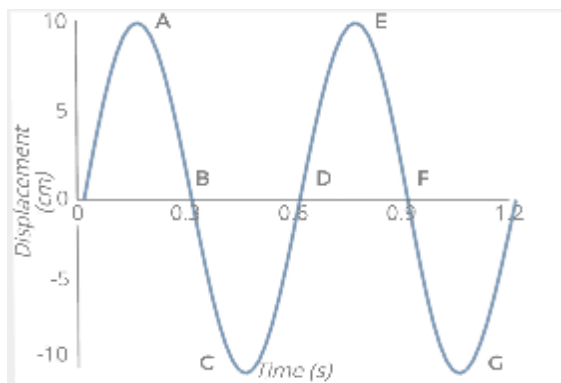
4. Яка комбінація «маса – пружина» забезпечує найбільше рівноважне розтягнення:

- а) м'яка пружина, на яку навантажено 2 кг;
- б) жорстка пружина, на яку навантажено 2 кг;
- в) обидві пружини зазнають однакового максимального переміщення;
- г) якщо до м'якої пружини не прикріплено ніякого вантажу?

5. Яке явище будете спостерігати, якщо обрати жорстку пружину:

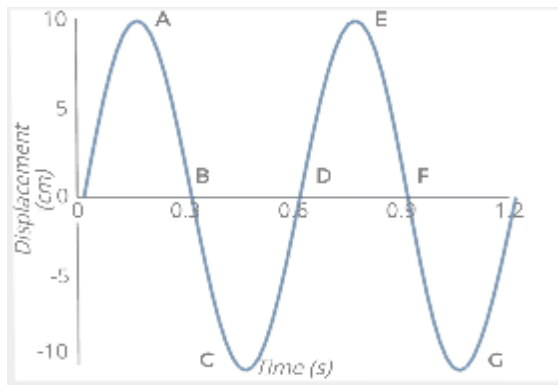
- а) зменшиться період;
- б) положення рівноваги залишиться незмінним;
- в) зменшиться частота;
- г) збільшиться маса?

6. У яких позиціях на графіку швидкість дорівнює нулю (кожна буква позначає позицію на графіку на великому екрані):



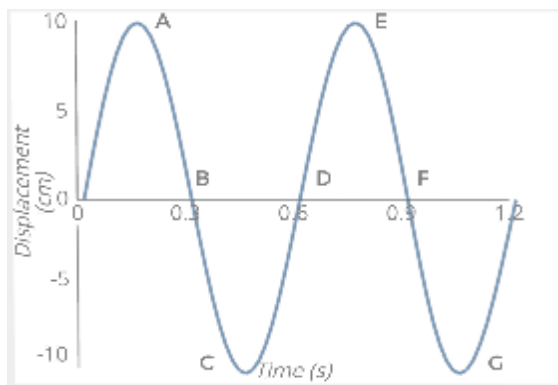
- а) А, С, Е, G;
- б) С, G;
- в) В, D, F;
- г) А, Е?

7. У яких позиціях на графіку прискорення дорівнює нулю (кожна буква позначає позицію на графіку на великому екрані):



- a) B, D, F;
- б) A, C, E, G;
- в) A, E;
- г) C, G?

8. Починаючи з точки В, у якій точці маса змінюється протягом половини періоду:



- a) D;
- б) C;
- в) E;
- г) F?

9. Який вид енергії маси використовується, коли ви перетягуєте пружину до положення максимального переміщення:

- a) потенційна енергія, тому що пружина перебуває в положенні максимального переміщення нерухомо;
- б) теплова енергія, тому що сила тертя сповільнить пружину після відпускання;
- в) немає ніякої енергії, тому що пружина не рухається;

г) кінетична енергія, тому що пружина почне рухатися, як тільки ви її відпустите?

10. Чи може маса, яка змінюється відповідно до простого гармонійного руху, змінюватися завжди:

а) якщо енергія перетворюється з потенціальної на кінетичну;

б) якщо відновлювальна сила пружини більша за виштовхувальну силу;

в) якщо маса невелика;

г) якщо пружина м'яка?

11. Сейсмометр можна використовувати для визначення сейсмічних хвиль, що виникають під час землетрусу. За якими іншими джерелами він може виявити появу сейсмічних хвиль:

а) вулканами;

б) вибухами;

в) рухом вантажівки;

г) усіма зазначеними джерелами?

12. На якій відстані від лабораторії буде розміщуватися епіцентр повторного поштовху, якщо швидкість хвилі становить 10 км/с, а тривалість проходження – 20 с:

а) 200 км;

б) 100 км;

в) 10 км;

г) 20 км?

ПРАКТИКУМ ІЗ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ

Лабораторна робота № 1 Застосування сили плавучості: флотація

Мета: після завершення цієї симуляції ви зможете прогнозувати, буде об'єкт плавати чи буде тонути в рідині, використовуючи поняття виштовхувальної сили і рівноваги (за допомогою діаграми сил), обчислювати частку занурених об'єктів, що плавають.

Теоретичні відомості

Плавання човнів, кораблів, підводних човнів чи приємне плавання озером – усе це можна здійснити завдяки виштовхувальній силі. Виштовхувальна сила – це сила, яка діє на тіла в рідині або газі. У цій симуляції ви дізнаєтеся, що на виштовхувальну силу впливає густина рідини та занурений об'єм об'єкта.

Перелік дій:

1. Плаваючі та потопуючі об'єкти. Приєднуйтеся до віртуального помічника доктора Опе в нашій віртуальній лабораторії та експериментуйте з вагою предметів і тим, як вона впливає на їхнє положення в рідині. У вашому розпорядженні буде три кульки різної ваги та ємність, наповнена водою, взятою з озера.

2. Під час цього експерименту ви дослідите, як густина об'єкта та рідини впливає на плавучість. Ви також зрозумієте, що саме змушує предмет плавати або тонути і як співвідносяться виштовхувальна сила і вага об'єкта, що плаває, з його густиною.

3. Поекспериментуйте з різною густиною рідини. У вас буде можливість наповнити резервуар трьома різними рідинами. Цей експеримент пояснить, як густина рідини впливає на занурений об'єм об'єкта. Ви не просто інтуїтивно вгадуватимете положення кульок у резервуарі, але й визначатимете занурений об'єм кульок за допомогою рівнянь. Ви зможете виміряти, яким є

співвідношення частини зануреного об'єкта і густин цього об'єкта й рідини, у яку він занурений. Не хвилюйтеся! Доктор Оне буде поруч і допоможе розв'язати всі рівняння.

4. М'яч, що змінює форму. Настав час зрозуміти, чи може форма об'єкта вплинути на його здатність плавати або тонути. Ви зможете дізнатися про це, поекспериментувавши з чарівною кулькою, яка може змінювати форму за допомогою натискання на кнопку. Чи зможете ви розгадати цю таємницю? Ця інформація знадобиться вам, щоб допомогти доктору Оне поплисти у відпустку!

Тестові запитання

1. Виштовхувальна сила, що діє на занурений об'єкт, залежить від ваги рідини, яку він витісняє. Від чого залежить вага витісненої рідини:

- а) від густини рідини та об'єму зануреного об'єкта;
- б) від ваги об'єкта;
- в) тільки від густини рідини;
- г) тільки від густини об'єкта?

2. Що характеризує виштовхувальну силу, яка діє на кульку, що плаває:

- а) виштовхувальна сила врівноважує її вагу;
- б) виштовхувальна сила більша за її вагу;
- в) виштовхувальна сила менша за її вагу;
- г) виштовхувальна сила не залежить від ваги?

3. Якщо об'єкт помістити в рідину, яка має більшу густину, ніж об'єкт, то що станеться з об'єктом:

- а) зануриться частина, об'єм якої дорівнює відношенню густини предмета до густини рідини;
- б) об'єкт зануриться повністю;
- в) об'єкт буде плавати, не занурюючись у рідину;
- г) залежно від розміру та форми може і плавати, і занурюватися?

4. Якщо різні фігури мають однаковий об'єм, то на яку з них буде діяти більша виштовхувальна сила:

- а) виштовхувальна сила буде однаковою для всіх фігур;
- б) на сферу;
- в) на циліндр;
- г) на куб?

5. Які сили діють на тіло, коли воно занурене в рідину:

- а) його вага, зумовлена силою тяжіння, і виштовхувальна сила;
- б) тільки сила тяжіння (його вага);
- в) тільки виштовхувальна сила;
- г) залежить від того, плаває об'єкт чи тоне?

6. Як можна охарактеризувати виштовхувальну силу, що діє на кульку на дні резервуара з водою:

- а) виштовхувальна сила кульки менша за її вагу;
- б) виштовхувальна сила дорівнює нулю;
- в) виштовхувальна сила, що діє на резервуар, менша, ніж виштовхувальна сила, що діє на плаваючу кульку;
- г) виштовхувальна сила, що діє на резервуар, більша, ніж його вага?

7. Які чинники можуть впливати на густину речовини:

- а) температура та тиск;
- б) фазові переходи;
- с) колір речовини;
- д) географічне положення?

Лабораторна робота № 2 Закон ідеального газу: вступ

Мета: визначити, як пов'язані тиск, об'єм і температура газу; пов'язати поведінку ідеальних газів із рівнянням закону ідеального газу.

Теоретичні відомості

Ви хотіли б побачити віртуальні молекули ідеального газу? У цій симуляції ви зможете побачити, як поведуться молекули ідеального газу відповідно до закону ідеального газу. Ви дізнаєтеся про взаємозв'язок між тиском, об'ємом і температурою газів та зможете регулювати ці змінні. На відміну від звичайної лабораторії, ви зможете спостерігати за молекулами газу наяву!

Перелік дій:

1. Сформулюємо закон ідеального газу. Уявіть, як легко було б зрозуміти поведінку ідеального газу, якби молекули газу були настільки великими, що їх можна було б побачити неозброєним оком. У цій симуляції їх можна побачити! Молекули газу збільшені, тому ви можете побачити те, що раніше було невидимим. Ваше завдання – визначити зв'язок між тиском, температурою та об'ємом ідеального газу, запаяного в скляній банці.

2. Розглянемо рівняння закону ідеального газу. Вивчимо склад рівняння закону ідеального газу і поміркуємо над тим, як пов'язані його змінні. Пов'яжіть вплив змінних, отриманих під час спостереження за віртуальними молекулами газу в банці, із рівнянням закону ідеального газу, оскільки саме воно визначає поведінку газу.

3. Перевірте свої знання, отримані під час спостереження за молекулами ідеального газу, відповівши на декілька запитань і ознайомившись із теоретичним матеріалом, поданим в інших інформаційних джерелах, на які є посилання в симуляції. Ознайомтеся з методом, який можна використати в лабораторії для збору даних і доведення того, що ідеальні гази поведуться саме так.

Тестові запитання

1. При підвищенні температури газу молекули в ньому рухаються швидше і тиск на бічні стінки контейнера також зростає. Чому це відбувається:

- а) молекули в газі змінюють фазу і притискаються до стінок посудини;
- б) через збільшення кінетичної енергії, що приводить до більшої кількості зіткнень зі стінками;
- в) менша кількість зіткнень між молекулами приводить до меншої кількості зіткнень зі стінками;
- г) пара потрапляє в ємність і підвищує тиск?

2. Відповідно до закону ідеального газу, що станеться, якщо об'єм банки зменшиться вдвічі, але в ній залишиться та сама кількість молекул:

- а) тиск збільшиться вдвічі;
- б) тиск всередині банки зменшиться вдвічі;
- в) на тиск впливає лише зміна температури;
- г) в удвічі меншій банці не може поміститися така сама кількість молекул?

3. Якщо тиск у банці значно підвищується, закон ідеального газу порушується. Чому це відбувається:

- а) об'єм, який займають молекули, перестає бути надто малим;
- б) молекули будуть збиратися в центрі, і закон не буде діяти;
- в) стале вимірювання буде неможливим, тому що газ буде витікати занадто швидко;
- г) молекули будуть взаємодіяти зі стінками банки під високим тиском?

4. За допомогою чого можна виміряти температуру ідеального газу:

- а) за змінюванням об'єму ідеального газу;
- б) за змінюванням питомого електричного опору ідеального газу;
- в) за збільшенням стовпчика ртуті;
- г) за вигином біметалевої смужки?

Лабораторна робота № 3 Закон ідеального газу: застосування для порятунку життя

Мета: навчитися визначати взаємозалежність між тиском, об'ємом і температурою в газах за допомогою газової термометрії; застосовувати закон ідеальних газів.

Теоретичні відомості

Чи знаєте ви, що за допомогою закону ідеального газу можна врятувати життя? Під час проходження симуляції ви визначите фізичні поняття температури та абсолютного нуля. Ви дізнаєтесь про взаємозв'язок між тиском, об'ємом і температурою в газах за допомогою газової термометрії.

Перелік дій:

1. Ознайомтеся з робочим столом. Вашим першим завданням у симуляції «Закон ідеального газу» буде ознайомлення з обладнанням, яке є у вашому розпорядженні, і визначення того, що вам знадобиться для проведення експерименту. Визначте роль кожного елемента обладнання і те, яку вони будуть відігравати роль у газовій термометрії.

2. Експериментуйте з газовою термометрією. Робота з екстремальними температурами небезпечна! Спостерігайте за змінюванням тиску ідеального газу при його охолодженні від температури киплячої води до температури киплячого азоту. Вам пощастило, що ви перебуваєте у віртуальній лабораторії, адже це означає, що ви можете наблизити час, коли тиск досягне рівноваги! Ви зможете повторити експеримент з будь-якою кількістю газу і визначити температуру абсолютного нуля.

3. Чи готові ви застосувати закон ідеального газу і всі отримані відомості щодо газової термометрії, щоб допомогти передати орган для операції з трансплантації?

4. Повідомте про результати парамедикам. Після того як ви завершили експеримент і збрали всі дані, ваша фінальна місія буде полягати в передачі

результатів парамедикам, щоб вони могли зберегти орган цілим і неушкодженим за відповідних умов щодо тиску й температури і доставити його в лікарню.

Тестові запитання

1. Чому недостатньо калібрувати газовий термометр при абсолютному нулі:

а) абсолютний нуль практично неможливо отримати в лабораторних умовах;

б) вимірювання абсолютного нуля потребує наявності рідкого дейтерію для охолодження, що коштує дорого;

в) конденсація водяної пари в лабораторії призведе до підвищення температури;

г) очікування рівноваги при абсолютному нулі потребує більше часу, ніж є в наявності?

2. Відповідно до закону ідеального газу, що станеться, якщо зменшити розмір посудини вдвічі, але залишити кількість молекул газу в ній незмінною ($pV = nRT$):

а) тиск збільшиться вдвічі;

б) тиск зменшиться вдвічі;

в) на тиск впливає лише зміна температури;

г) не можна розмістити таку саму кількість молекул у меншу за розміром посудину?

3. Щоб перевірити результати, потрібно повторити експеримент, використавши іншу кількість газу. Отже, навіщо повторно занурювати піпетку в резервуар з киплячою водою після того, як температуру азоту визначено як киплячу:

а) щоб підготувати піпетку до наступного експерименту, використовуючи аналогічний тиск і меншу кількість газу;

б) тому що потрібно перевірити одну точку двічі;

в) щоб швидше врівноважити температуру піпетки і підготувати її до наступного експерименту;

г) усі відповіді правильні?

4. Яким буде значення температури абсолютного нуля для різних газів:

а) однаковим;

б) більшим для газу з більшою кількістю молекул;

в) меншим для газу з меншою кількістю молекул;

г) не можу нічого стверджувати?

5. Якщо потрібно повторити експеримент, чи можете ви бути впевнені, що використали вдвічі більше молекул, ніж під час попереднього експерименту:

а) початковий тиск у мензурці потрібно збільшити вдвічі;

б) початковий тиск у мензурці потрібно зменшити вдвічі;

в) потрібно підтримувати тиск постійним і зменшити об'єм піпетки вдвічі;

г) потрібно підтримувати тиск постійним і подвоїти температуру в ковші?

6. Якщо тиск у газовому балоні піпетки дуже високий, закон ідеального газу порушується. Чому це відбувається:

а) об'єм, який займають молекули, вже не надто малий;

б) молекули будуть збиратися в центрі і закон не буде діяти;

в) аргон реагує зі стінками сталевий посудини під високим тиском;

г) неможливо провести вимірювання, оскільки газ витікає надто швидко?

7. Які з наведених нижче параметрів впливають на нульову температуру:

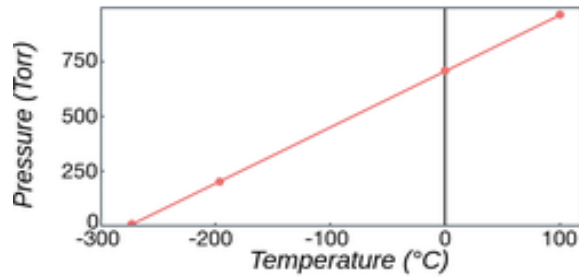
а) не тип газу і не початковий тиск;

б) тип газу і початковий тиск;

в) тип газу;

г) початковий тиск?

8. Якщо припустити, що тиск всередині посудини дорівнює атмосферному, то чи це означає, що похила лінія, яка відображає зміну тиску, має такий вигляд, як це показано нижче. Яким має бути тиск, якщо потрібно підтримувати температуру на рівні 4 °C:



- а) приблизно 750 тор;
- б) приблизно 550 тор;
- в) приблизно 350 тор;
- г) приблизно 450 тор?

Лабораторна робота № 4 Криві нагрівання та фазові зміни: перегін етанолу

Мета: розглянути твердий, рідкий та газовий стани з точки зору взаємодії частинок та енергій зв'язку; описати та пояснити характеристики фазових переходів; навчитися читати фазову діаграму та пояснювати кожен область; інтерпретувати криву нагрівання певної речовини; пояснити відмінності між кривою нагрівання та фазовою діаграмою, а також між питомою і прихованою теплотою.

Теоретичні відомості

Криві нагрівання не схожі на будь-які інші графіки. У цій симуляції ви будете будувати криву нагрівання води та етанолу за допомогою невеликого експерименту. Ви будете спостерігати за речовиною під час нагрівання і співвідносити ці спостереження з даними, записаними на тепловій кривій. Чи зможете ви визначити фізичні властивості етанолу та води за кривою нагрівання?

Перелік дій:

1. Ознайомлення з трьома агрегатними станами речовини. Уважно розгляньте три елементи, кожен з яких перебуває в різних агрегатних станах: твердому, рідкому або газоподібному. Ознайомтеся з відмінностями між цими трьома станами на прикладі цих речовин, перш ніж перейти до вивчення фізичних змін у речовинах при переході з одного стану в інший.

2. Побудова кривих нагрівання. Опанувавши засади, ви зможете ознайомитися з додатковими аспектами фазових переходів, а саме: питомою теплоємністю, прихованою теплотою і тиском. Ви будете використовувати температурний зонд і нагрівальну пластину, щоб побудувати криву нагрівання, а потім порівнювати криві нагрівання води, етанолу та металу. Таким чином, ви зможете розшифрувати значення кожної лінії кривих нагрівання.

3. Уважно вивчіть криву нагрівання за допомогою поданої інтерактивної вправи на екрані. Пройдіть тестування на кожній ділянці кривої і дізнайтесь, яку інформацію щодо фізичних властивостей речовини вона надає.

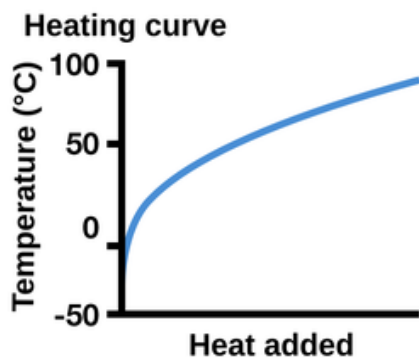
4. Дізнайтесь про фазові переходи. Чи знали ви, що криві нагрівання та фазові зміни пов'язані? Дізнайтесь, як визначити фазові зміни кожної речовини за допомогою спостережень за фізичними властивостями та зрозуміти, що означають фазові переходи від твердого тіла до рідини та від рідини до газу.

5. Дізнаєтесь, як криві нагрівання характеризують температуру, за якої відбуваються ці фазові переходи.

Чи зможете ви побудувати криву нагрівання речовини відповідно до фазових змін, що відбуваються?

Тестові запитання

1. Що саме зображено на цьому графіку:



- a) він відображає постійне збільшення температури;
- б) на ньому чітко видно змінювання фаз;
- в) чітко відображає всі три стани речовини;
- г) відображає швидке зниження температури?

2. Чому під час фазових переходів температура залишається сталою:

- a) для руйнування міжмолекулярних сил використовується теплота;
- б) під час фазових перетворень теплота не додається;
- в) теплота не поглинається речовиною;

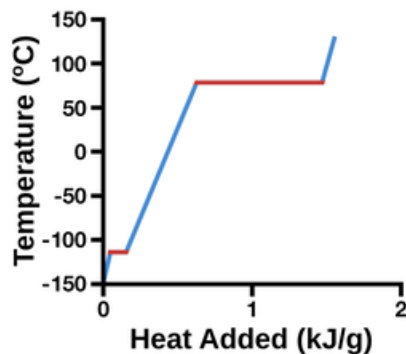
г) речовина не потребує теплоти під час фазових переходів?

3. Схил крижаного сегменту крутіший, ніж водного. Чому так відбувається:

- а) для підвищення температури рідкої води потрібно більше теплоти;
- б) щоб збільшити температуру льоду, потрібно більше теплоти;
- в) лід має більшу щільність, ніж вода, і тому легше тане;
- г) щоб розтопити лід, потрібно більше теплоти, ніж для його

випаровування?

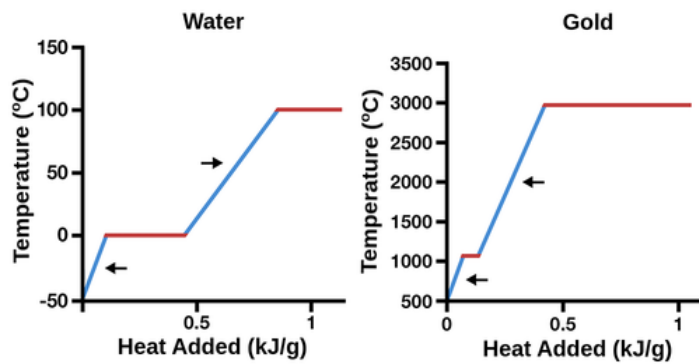
4. Температуру плавлення і температуру кипіння можна визначити за кривою нагрівання. Якою є температура плавлення етанолу (за поданим графіком):



- а) -115 °C;
- б) 78 °C;
- в) 105 °C;
- г) 43 °C?

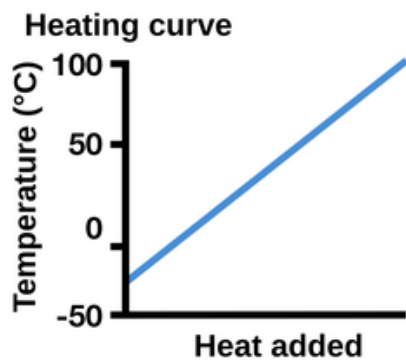
5. Окрім прихованої теплоти, велике значення має питома теплоємність.

Питома теплоємність – це кількість теплоти, необхідної для підвищення температури 1 г речовини на 1 °C. Розгляньте криві, зображені нижче. Перша – крива нагрівання води, друга – крива нагрівання золота, тобто металу. Яка речовина потребує найменшої кількості доданої теплоти (Дж/г) для підвищення її температури:



- a) твердий метал;
- б) вода;
- в) лід;
- г) рідкий метал?

6. Чим відрізняється зображений нижче графік від кривої нагрівання, яку було отримано під час експерименту:



- a) він відображає безперервне збільшення температури;
- б) на ньому чітко видно змінювання фаз;
- в) чітко відображає всі три стани речовини;
- г) відображає швидке зниження температури?

Лабораторна робота № 5 Фізичні та хімічні зміни: втеча з ворожої планети

Мета: навчитися розрізняти фізичні та хімічні зміни; класифікувати зміни як фізичні або хімічні.

Теоретичні відомості

Станьте майстром як фізичних, так і хімічних перетворень, щоб допомогти вченому врятуватися з ворожої планети. У цій симуляції ви дізнаєтеся, як класифікувати перетворення на фізичні або хімічні. Застосуйте ці відомості, використовуючи цікаві приклади обох типів перетворень, і проявіть себе як науковець!

Перелік дій:

1. Ми постійно спостерігаємо фізичні та хімічні перетворення, але не розрізняємо їх. Уявіть, що від них залежить ваше життя. Навчитися розрізняти ці перетворення – ваш ключ до виживання. Використавши отримані відомості, наведіть цікаві приклади шляхів втечі з небезпечної планети. Катання на міжзоряній рогатці, створення вогняних куль у стратосфері, виготовлення власного ракетного палива... чи є щось, чого ви не зможете зробити за допомогою нових знань?

2. Класифікуйте перетворення. Використання дослідницької установи має свої переваги: тут багато різноманітного обладнання. Хоча фізичні та хімічні перетворення відбуваються навколо нас постійно, багато найцікавіших із них зазвичай важко створити в приміщенні. Але якщо ви хочете спалити рідкий водень для запуску ракети, ця симуляція саме для вас!

3. Підготуйтеся до запуску. Виготовлення палива для космічного корабля – нелегка справа. Запуск у космос потребує як фізичних, так і хімічних змін, і вам потрібно добре вивчити їх, щоб гарантувати безпеку учасникам польоту. Чи готові ви до такого виклику?

Тестові запитання

1. Які з перелічених фізичних змін спричинять зменшення об'єму газу:

- а) конденсація;
- б) розмішування вершків у каві;
- в) раптове розтягнення пружини;
- г) поступове розтягнення пружини?

2. Яке з наведених тверджень щодо фізичних змін доводить, чому ми не можемо їх використовувати:

- а) фізичні зміни можуть бути відворотними і невідворотними;
- б) фізичні зміни потребують багато енергії;
- в) фізичні зміни завжди невідворотні;
- г) фізичні зміни завжди відворотні?

3. Яке з наведених тверджень щодо хімічних змін пояснює, чому ми не можемо їх використовувати:

- а) для перебігу хімічної реакції потрібні всі реагенти;
- б) для перебігу хімічних реакцій завжди потрібен кисень;
- в) хімічні реакції не є невідворотними;
- г) для перебігу хімічних реакцій потрібно мати багато реагентів?

Лабораторна робота № 6 Вуглецевий цикл: зменшення викидів вуглецю

Мета: змоделювати переміщення вуглецю між різними точками в навколишньому середовищі; пояснити зміни, які відбуваються у будь-якій точці вуглецевого циклу; розглянути приклади впливу людини на вуглецевий цикл.

Теоретичні відомості

Вуглець – один з основних будівельних елементів життя! У цій симуляції ви дізнаєтеся, як відбувається кругообіг вуглецю, і допоможете фермеру Грегу, якому повідомили, що це може бути пов'язано з наслідками глобального потепління, спричиненого викидами вуглецю, зрозуміти причину дефіциту кукурудзи. Ви дізнаєтесь про важливість вуглецевого циклу та про негативний вплив шкідливих викидів людини у навколишнє середовище і допоможете фермеру Грегу вирішити його проблеми. Чи зможете ви знайти рішення щодо зменшення викидів вуглецю без необхідності відмовитися від вигод сучасного способу життя?

Перелік дій:

1. Вплив на вуглецевий цикл. Розгляньте складність вуглецевого циклу за допомогою дивовижної інтерактивної 2D-мінігри на високотехнологічному плаваючому екрані. Однією з багатьох переваг навчання у віртуальній лабораторії є те, що ви за бажанням можете перенести лабораторію будь-куди, наприклад на ферму!

2. Зрозумійте важливість вуглецевого циклу для багатьох життєвих процесів, зокрема фотосинтезу і клітинного дихання. Використайте набуті відомості про кругообіг вуглецю, щоб дослідити наслідки глобального потепління. Знань забагато не буває! Дізнайтеся більше про вплив надмірних викидів вуглецю на навколишнє середовище і про те, що це може стати причиною погіршення виробництва продуктів харчування і природного середовища тощо.

3. Змодельуйте скорочення шкідливих викидів вуглецю людиною! Використайте 3D-модель, щоб визначити, як різні компоненти, зокрема ліси, фабрики та автомобілі, впливають на частку вмісту вуглецю в навколишньому середовищі. Оцініть наслідки, спричинені надмірною концентрацією вуглецю в атмосфері, зокрема те, що відбувається з океаном. Знайдіть різні способи збалансувати здорове довкілля та сучасний спосіб життя. Досягнувши своєї мети, ви можете продовжити експериментувати з моделлю, щоб знайти якомога більше рішень для боротьби з глобальним потеплінням, і з'ясувати, чому деякі рішення не працюють!

4. Зелене майбутнє. Наприкінці симуляції вам потрібно буде повідомити фермеру Грегу про свої висновки! Чи зможете ви знайти ідеальне рішення для зменшення викидів вуглецю?

Тестові запитання

1. Фотосинтез є важливим складником кругообігу вуглецю. Як відбувається процес поглинання рослинами вуглекислого газу (CO_2) з атмосфери:

- а) шляхом дифузії, через маленькі пори (продихи) на листі;
- б) шляхом осмосу через маленькі пори (кутикули) на листі;
- в) шляхом дифузії через клітини кореневих волосків рослини;
- г) шляхом активного транспортування і поглинання поверхнею рослини?

2. З чого складається викопне паливо і як воно впливає на кругообіг вуглецю:

- а) зі скам'янілої органічної речовини, яка при згоранні виділяє вуглекислий газ (CO_2);
- б) із газів, які виділилися з-під землі дуже давно і при згоранні виділяють вуглекислий газ CO_2 ;
- в) зі скам'янілої органічної речовини, яка поглинає вуглець із ґрунту;

г) із газів, які були накопичені під землею дуже давно і поглинають вуглець із ґрунту?

3. Чи помітили ви, як змінився вуглецевий баланс у навколишньому середовищі протягом останніх років? Зокрема, як вирубка лісів і будівництво електростанції впливає на вміст вуглецю в атмосфері:

а) його кількість різко зросла, бо ми нищимо поглинач вуглецю – ліси і збільшуємо забруднення оточення;

б) частково збільшується, тому що ми збільшуємо забруднення оточення;

в) частка вуглецю в атмосфері не змінюється;

г) частка вуглецю зменшується, тому що ми перестали забруднювати оточення і збільшили площу лісових насаджень?

4. Існують і інші способи зменшити вміст вуглецю в атмосфері. Які з перелічених чинників не становлять «зелене» джерело енергії:

а) енергія природного газу;

б) енергія води;

в) сонячна енергія;

г) енергія вітру?

5. Яка причина підкислення океану є головною:

а) підвищення рівня CO_2 в атмосфері;

б) деградація морських екосистем;

в) зменшення популяцій водних видів;

г) збільшення інвазійного та токсичного цвітіння водоростей?

Лабораторна робота № 7 Атмосфера Землі

Мета: розглянути теорії щодо раннього складу атмосфери Землі та щодо того, як вона формувалася; навчитися розпізнавати та пояснювати загальну сталість та зміни у складі атмосфери протягом визначеного геологічного періоду, детально описувати сучасний склад атмосфери Землі та пояснювати, чому це важливо для життя на ній на сучасному етапі.

Теоретичні відомості

Насичена вуглекислим газом, позбавлена кисню атмосфера ранньої Землі дуже відрізнялася від сучасної атмосфери. У цій симуляції ви дізнаєтеся про склад атмосфери Землі, про те, як він змінювався протягом останніх 4,6 млрд років, і про його важливість для підтримання життя.

Перелік дій:

1. Досліджуйте теорію та віднаходьте тренди. Колись Земля була ворожим середовищем для людини з атмосферою, позбавленою кисню (O_2), тож як утворився кисень? Перебуваючи на високотехнологічному космічному кораблі, ви зможете порівняти теорії та дані, щоб уявити минуле Землі і повернутися на мільярди років назад, до того, як з'явилося життя. Ви будете досліджувати події, які змінили атмосферу Землі, зокрема періоди високої вулканічної активності, формування океанів, еволюції ціанобактерій, які відіграли найважливішу роль у процесі фотосинтезу. Головною подією стало окислення та накопичення кисню, що спричинило кембрійський вибух! Ви досліджуватимете періоди атмосферних змін і стабільності, а також різні джерела, у яких наведено докази щодо зазначених подій – від скам'янілостей і залишків строматолітів до ізотопів і залізних руд!

2. На інтерактивному занятті ви розглянете кожну важливу подію, зображену на графіку, використовуючи отримані відомості про склад атмосфери протягом цього періоду. У нагоді стануть індивідуальні відгуки, вікторини та детальний теоретичний супровід.

Тестові запитання

1. Що, на ваш погляд, сталося з кількістю водяної пари в атмосфері під час формування океанів:

- а) зменшилася, оскільки утворилася рідка вода;
- б) збільшилася, оскільки на Землі стало більше води;
- в) склад не змінився, оскільки кількість води на Землі залишилася незмінною;
- г) збільшилася, оскільки для утворення океанів потрібно було більше води?

2. Утворення океанів сприяло ще одній зміні у складі атмосфери. Що саме сталося після утворення океанів у період між 3,5 і 2,5 млрд років тому:

- а) зменшився вміст вуглекислого газу;
- б) збільшився вміст водяної пари;
- в) зменшився вміст азоту;
- г) зменшився вміст кисню?

3. Які з наведених нижче організмів сприяли вивільненню кисню, що, врешті-решт, спричинило Велике окиснення:

- а) ціанобактерії;
- б) рослини;
- в) гриби;
- г) тварини?

4. Яким був приблизний склад атмосфери 4,5–4,2 млрд років тому:

- а) велика кількість водяної пари, вуглекислого газу та азоту;
- б) велика кількість водяної пари і кисень;
- в) переважно кисень і невелика кількість азоту;
- г) переважно азот і невелика кількість вуглекислого газу та кисню?

5. Ціанобактерії з'явилися між 3,5 і 2,5 млрд років тому. Що відбулося з кількістю кисню в атмосфері протягом цього періоду:

- а) залишилася незмінною;
- б) збільшилася;

- в) зменшилася;
- г) збільшилася, а потім зменшилася?

6. Скільки вуглекислого газу має міститися в атмосфері, щоб ваша симуляція була безпечною:

- а) 0,04 %;
- б) 2 %;
- в) 15 %;
- г) 34 %?

Лабораторна робота № 8 Вплив людини на змінювання клімату: баланс між шкідливими викидами людини та зростанням чисельності населення

Мета: пояснити, що означає антропогенне змінювання клімату; визначити основні види людської діяльності, які спричиняють змінювання клімату; описати вплив глобальної зміни клімату на навколишнє середовище, людей та засоби їхнього існування.

Теоретичні відомості

Чи впливає людина на клімат Землі? У цій симуляції ви дізнаєтесь, що таке антропогенне змінювання клімату та за допомогою 3D-моделі клімату дослідите його причини і наслідки!

Перелік дій:

1. Причини антропогенного змінювання клімату. Ви дізнаєтесь, чому вчені вважають, що глобальне потепління, яке спостерігається протягом останніх десятиліть, неприродне. Інтерактивний настінний дисплей допоможе вам ознайомитися з основними видами людської діяльності, які спричиняють змінювання клімату. Ви оціните переваги й екологічні витрати цієї діяльності.

2. Досліджуйте наслідки. Ознайомившись із причинами, ви зможете дослідити наслідки змінювання клімату. Контролюйте наявну футуристичну 3D-модель клімату і використовуйте комп'ютерну симуляцію, щоб проілюструвати взаємозв'язок між системами Землі. Ви зрозумієте, як ці взаємозв'язки змінюються під впливом людської діяльності, починаючи з доіндустріальної епохи, і з'ясуєте, чому вчені пов'язують певні види людської діяльності зі змінюванням клімату.

3. Тепер доля світу у ваших руках! Досліджувати тільки природний чи тільки індустріальний світ або обидва одночасно – вирішувати вам! Ви зможете дослідити всю сукупність результатів і те, як вони впливають на різні підсистеми.

Тестові запитання

1. Розгляньте настінний дисплей і визначте, що об'єднує всі антропогенні випромінювачі:

- а) вони спричиняють збільшення парникових газів в атмосфері;
- б) вони спричиняють спалювання викопного палива, яке виділяє парникові гази;
- в) вони діють як накопичувачі вуглецю і спричиняють накопичення вуглекислого газу;
- г) вони спричиняють вирубку лісів, що призводить до вивільнення вуглекислого газу?

2. Яким чином вирубка лісів впливає на змінювання клімату:

- а) дерева зберігають вуглець, їх видалення призводить до збільшення кількості вуглекислого газу в атмосфері;
- б) закис азоту є парниковим газом, який виводять з атмосфери дерева;
- в) дерева накопичують кисень, і їхнє видалення призводить до збільшення кількості кисню в атмосфері;
- г) метан – парниковий газ, який виводять з атмосфери дерева?

3. Підвищення рівня моря є одним із ключових екологічних наслідків змінювання клімату, спричинених таненням кріосфери та ще одним фактором, а саме:

- а) підвищенням температури моря, оскільки морська вода розширюється при нагріванні;
- б) екстремальними погодними умовами, коли повені в прибережних районах призводять до підвищення рівня моря;
- в) підкисленням океану, оскільки морська вода розширюється, а рівень рН знижується;
- г) екстремальною посухою, оскільки це призведе до збільшення кількості опадів над океанами?

4. Термін «антропогенний» визначається як такий, що спричиняється діяльністю людини. Яке визначення відповідає значенню цього терміна:

- а) змінювання клімату Землі, спричинене людським фактором;
- б) змінювання клімату Землі, спричинене природними факторами;
- в) змінювання клімату Землі, спричинене спалюванням викопного

палива;

- г) змінювання клімату Землі, спричинене парниковими газами?

5. Підкислення океану – ще один наслідок змінювання клімату, який руйнує морські екосистеми. Що його спричиняє:

- а) підвищення глобальної температури, що знижує рівень рН океану;
- б) підвищення глобальної температури, що збільшує рН океану;
- в) океани поглинають більше вуглекислого газу, що підвищує рівень

рН океану;

- г) океани поглинають більше вуглекислого газу, що знижує рН океану?

6. Глобальне підвищення температури та рівня моря впливає на атмосферний тиск, що може спричинити екстремальні погодні зміни – посухи, повені та урагани. Як, на вашу думку, екстремальні погодні умови можуть вплинути на людей та засоби їхнього існування:

- а) можуть зруйнувати екосистему;
- б) можуть зробити території придатними для життя;
- в) можуть спричинити серйозні проблеми для рослинництва;
- г) усі відповіді правильні?

Лабораторна робота № 9 Тектоніка плит: межі та особливості земної кори

Мета: розглянути три типи розмежування плит та їхні особливості; навчитися застосовувати теорію тектоніки плит для пояснення віку гірських порід земної кори; навести приклади меж плит земної кулі.

Теоретичні відомості

Як межі плит впливають на земну поверхню? У цій симуляції ви опуститеся під воду на підводному човні, щоб зібрати зразки порід земної кори для аналізу. Ви повернетесь до лабораторії, де побудуєте різні типи меж плит і дослідите форми рельєфу, які вони створюють.

Перелік дій:

1. Створюємо різні межі плит. Багато вулканів, гірських хребтів, розломів та інших форм рельєфу є результатом розмежування плит. Але які межі спричиняють такі форми рельєфу і чому? Розглянувши як приклади Гімалаї, Серединно-Атлантичний хребет та розлом Сан-Андреас, ви зможете визначити, чи є такі форми рельєфу результатом дії конвергентної, дивергентної або трансформенної межі. Інтерактивна підлога нашої лабораторії дасть вам можливість змінити земну кору та відносний рух плит, що дозволить відтворити кожну межу та поспостерігати, як були створені деякі з найбільш значущих форм рельєфу світу.

2. Аналізуємо вік гірських порід земної кори. Ваші зразки гірських порід перемішалися! Використовуючи інтерактивну 3D-карту, що відображає вік океанічної кори світу, визначте, звідки походить кожен зразок. Потім проаналізуйте вік і розподіл зразків континентальної кори, що дозволить вам зробити більше і порівняти декілька типів кори, щоб виявити ключові відмінності.

3. Наприкінці симуляції ви повернетесь на підводному човні до одного зі зразків. Ця ділянка – відомий рельєф, що утворився на певній межі плит.

Тестові запитання

1. Поблизу узбережжя Аляски проходить межа між Північноамериканською та Тихоокеанською плитами, де відбуваються сильні землетруси. Визначте тип цієї межі:

- а) океансько-океанічна конвергентна межа;
- б) океансько-континентальна конвергентна межа;
- в) океансько-океанічна дивергентна межа;
- г) трансформний розлом.

2. Розлом Сан-Андреас зазвичай спричиняє незначні землетруси. З цим розломом не пов'язана вулканічна активність. Який це тип розмежування плит:

- а) трансформний розлом;
- б) дивергентна межа;
- в) збіжна межа;
- г) це не межа?

3. Яке твердження щодо віку порід океанічної кори є правильним:

- а) вік океанічної кори збільшується з віддаленням від серединно-океанічного хребта;
- б) вік океанічної кори зменшується з віддаленням від серединно-океанічного хребта;
- в) наймолодша океанічна кора залягає на конвергентних океанічних межах;
- г) найдавніша океанічна кора розміщується на океанічних межах, що розходяться?

4. Як відомо, континентальні гірські породи набагато старші за океанічні. Чому це саме так:

- а) континентальна кора не субдукується і не змінюється безперервно, як океанічна;
- б) з моменту утворення Землі не утворилося ні одної нової континентальної плити;

в) перші океани та океанічна кора сформувалися близько 200 млн років тому;

г) континентальна кора утворилася першою, океанічна – набагато пізніше?

5. Серединно-Атлантичний хребет є найдовшим гірським хребтом у світі і був сформований внаслідок високої вулканічної активності в океані. До якого типу розмежувань він належить:

а) океансько-океанічна дивергентна межа;

б) океансько-океанічна конвергентна межа;

в) океансько-континентальна конвергентна межа;

г) океансько-континентальна дивергентна межа?

6. Окрім гідротермальних джерел, поява якого типу рельєфу спричинена розходженням меж двох океанічних плит:

а) серединно-океанічні хребти;

б) вулканічні острівні дуги;

в) вулканічні дуги;

г) континентальні рифтові долини?

ПРАКТИКУМ З ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМУ

Лабораторна робота № 1 Засади електрики: як працює електрика?

Мета: розглянути визначення понять «заряд», «напруга», «сила струму» та їхні складники; описати потік струму та електронів в електричному колі; визначити основні компоненти елементарного електричного кола; побудувати функціональне принципове електричне коло; навчитися застосовувати принципи збереження заряду та енергії щодо елементарного електричного кола.

Теоретичні відомості

Нас оточує електрика! У цій симуляції ви вивчите засади електрики, зрозумієте, у чому полягає різниця між зарядом, силою струму та напругою. Дізнаєтеся, яку лампочку чи батарейку потрібно використовувати в тих чи інших випадках. Усе це ви знайдете в цій симуляції, а також зможете прослідкувати, як діють різні компоненти електричного ланцюга!

Перелік дій:

1. Увімкніть світло в лабораторії. Зрозумівши, як працює електрика, ви зможете створити схему, яка відновить електропостачання в лабораторії і дозволить вченим продовжити роботу! Іноді увімкнути світло, натиснувши на вмикач, не вдається. Допоможи вченим, запропонувавши тимчасове рішення, поки подача світла буде відновлена.

2. Побудуйте схему. Ви зможете зібрати електричний ланцюг і побачити, які результати спричиняють різні напруги та струми. Дізнаєтеся, у чому полягає відмінність використання батареї на 20 В та 6 В і чи зможе лампочка працювати з обома.

3. Візуалізуйте електричний розряд та керуйте ним. Ви зможете сповільнити процес і побачити, як поводить електричний заряд, побудувати електричний ланцюг і розглянути ефекти від додавання різних компонентів.

Тестові запитання

1. Якщо 10 Кл проходить через певну точку за 5 с, то якою буде сила струму в електричному колі:

- а) 2 А;
- б) 5 А;
- в) 10 А;
- г) 1 А?

2. Світло лампочки занадто тьмяне. Чому це відбувається:

- а) напруга в батарейці занадто низька;
- б) лампочка несправна;
- в) електрони рухаються в не в тому напрямі;
- г) струм, що виробляється батарейкою, занадто слабкий?

3. Величини в ланцюзі виражені у вольтах. Що відбудеться зі струмом, вираженим в амперах:

а) він залишається постійним, оскільки кількість кулонів у ланцюзі завжди однакова;

- б) він буде збільшуватися щоразу, коли пройдётиме через батарейку;
- в) він збільшуватиметься щоразу, коли пройдётиме через лампочку;
- г) він зменшуватиметься щоразу, коли пройдётиме через лампочку?

4. Чому, на вашу думку, лампочка може вибухнути:

- а) тому що батарейка надсилала до лампочки занадто багато енергії;
- б) тому що лампочка була несправною;
- в) тому що батарейка була несправною;
- г) батарейка надсилала до лампочки мало енергії?

Лабораторна робота № 2 Закон Кулона: електростатика

Мета: навчитися визначати та описувати електростатичну силу, що діє між двома частинками і пропорційна до добутку їхніх зарядів та обернено пропорційна до квадрата відстані між ними; застосовувати закон Кулона для прогнозування електростатичних сил між двома об'єктами.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтеся, як за допомогою електростатичної сили відбувається взаємодія зарядів, які фактори впливають на величину цієї сили та як визначити її напрям.

За допомогою вашого надійного помічника – віртуального помічника доктора Опе ви розгляне процес нанесення порошкового покриття на корпус деякого предмета, зокрема вплив при цьому електростатичних сил. Приєднуйтеся до цих лабораторних досліджень, щоб дізнатися все про закон Кулона, який визначає ці сили. Для вимірювання значень електростатичної сили застосовуйте необхідні наукові прилади та розігруйте мініігри цієї симуляції, щоб з'ясувати, як впливає знак заряду на напрям його руху.

Перелік дій:

1. Заряди, відстані та електростатична сила. Вимірюйте, збирайте та будуйте графіки, щоб з'ясувати, як впливає величина відстані та заряду на показник електростатичної сили. Використовуйте наукові прилади, експериментуючи з різними значеннями параметрів. Візуалізуйте вплив знаків зарядів на силу за допомогою графіків та інтерактивних вправ.

Ця симуляція дозволяє розглянути, як діє закон Кулона в лабораторних умовах, без ризиків, які супроводжують використання електрики в реальному житті. Починаючи з розгляду фізичних явищ, які можна виміряти, симуляція дає змогу пройти всіма етапами створення математичної моделі процесу електризації, висвітлюючи фізичний зміст алгебраїчного вираження закону Кулона.

2. Вивчаємо закон Кулона. Наприкінці симуляції за допомогою інтерактивних вправ, здійснених у лабораторії, у вас сформується розуміння закону Кулона на якісному та кількісному рівнях.

Тестові запитання

1. Чи варто доторкатися до незнайомих електричних приладів:

- а) ні, це негарна ідея, і я б ніколи не хотів спробувати зробити це;
- б) ні, але після того, що я дізнався у цій віртуальній лабораторії, я зможу це зробити;
- в) ні, але можна зробити це, якщо я одягну гумові рукавички, оскільки гума є ізолятором електричного струму;
- г) так, якщо напруга низька?

2. Застосуємо формулу закону Кулона. Як, на вашу думку, зміниться величина електростатичної сили, що діє між двома зарядженими частинками, якщо один із зарядів подвоїться:

- а) електростатична сила подвоїться;
- б) електростатична сила зменшиться вдвічі;
- в) електростатична сила збільшиться в чотири рази;
- г) електростатична сила зменшиться в чотири рази?

3. Як зміниться величина електростатичної сили, що діє між двома зарядженими частинками, якщо значення обох зарядів подвоїться:

- а) електростатична сила збільшиться в чотири рази;
- б) електростатична сила подвоїться;
- в) електростатична сила зменшиться вдвічі;
- г) електростатична сила зменшиться в чотири рази?

4. Як зміниться величина електростатичної сили, що діє між двома зарядженими частинками, якщо відстань між ними збільшиться вдвічі:

- а) електростатична сила зменшиться в чотири рази;
- б) електростатична сила подвоїться;
- в) електростатична сила зменшиться вдвічі;

г) електростатична сила збільшиться в чотири рази?

5. Частинка зліва має негативний заряд: $q_1 = 2$ нКл. Частинка праворуч має позитивний заряд: $q_2 = 3$ нКл. Вони розділені певною відстанню: $r = 3$ см, а постійна Кулона k дорівнює $8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2 \cdot \text{Кл}}$. Яким буде значення величини електростатичної сили, що діє між зарядами:

а) $5,99 \times 10^{-5}$ Н;

б) 80×10^{-1} Н;

в) $6,67 \times 10^{-15}$ Н;

г) 3×10^{-5} Н?

Лабораторна робота № 3 Електричний опір: застосування закону Ома щодо простих кіл

Мета: визначити поняття питомого опору та опору; пояснити, як впливають на опір довжина, ширина, тип матеріалу та температура; навчитися застосовувати закон Ома до простих кіл; визначати ефект від послідовного та паралельного з'єднання опорів; застосовувати принципи збереження заряду та енергії щодо більш складних схем.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтесь, як впливають на електричний струм резистори і як зміна розміру резистора впливає на його опір. Ви також матимете змогу створити власну схему для ремонту несправного радіоприймача і поспілкуватися з колегами-науковцями.

Перелік дій:

1. Відремонтуйте радіо, щоб зв'язатися з науковцями в Антарктиді. Уявіть, що ваш радіопередавач зламався і вам потрібно полагодити його, щоб зв'язатися з колегами в Антарктиді. Для цього вам потрібно дізнатися, як працюють резистори і як змінюється їхній опір залежно від впливу на них різних параметрів або способу підімкнення.

2. Створіть власну схему. У вас буде можливість провести власні експерименти, щоб дослідити, як змінюється опір при зміні довжини або ширини резистора. Використовуючи набуті знання, замініть пошкоджену схему радіоприймача і створіть власну! Попрактикуйтесь у складанні схем за допомогою нових таблиць схем від *Labster*, завдяки яким ви зможете візуалізувати резистори, які потім можна буде використати.

3. Поєднайте резистори і змусьте радіо працювати. Ви зможете протестувати багато різних схем і побачити, як вони працюють. Крім того, ви зрозумієте, як пов'язані напруга, опір і струм відповідно до закону Ома. Використавши набуті відомості та наявну батарейку, ви зможете вирішити, які

резистори вам знадобляться. Чи полегшить це налагодження зв'язку з вашими колегами-науковцями в Антарктиді?

Тестові запитання

1. Як зміниться величина опору, якщо довжина резистора і площа його поперечного перерізу подвояться:

- а) опір не зміниться;
- б) опір збільшиться;
- в) опір зменшиться;
- г) опір не залежить від довжини та площі поперечного перерізу?

2. Чому питомий опір графітового стержня одного олівця може бути більшим, ніж опір іншого олівця:

- а) різний матеріал;
- б) різна ширина;
- в) різна довжина;
- г) різна сила струму?

3. Охолодження деяких матеріалів робить їх надпровідниками із нульовим опором струму. Чому це відбувається:

- а) електрони в резисторі не відскакують, що полегшує протікання струму;
- б) електрони струму не рухаються;
- в) провідність електричного струму в холодну погоду збільшується;
- г) електрони з більшою силою взаємодіють один з одним, що зменшує опір?

4. Відповідно до закону Ома, яким буде опір одного резистора в ланцюзі, якщо загальна напруга в ланцюзі становить 9 В, а сила струму – 100 мА:

- а) 90 Ом;
- б) 90 мОм;
- в) 40 МОм;
- г) 90 мкОм?

5. Відповідно до закону Ома, яким буде значення опору резистора в ланцюзі, якщо напруга, яка проходить через нього, дорівнює 3 В, а сила струму – 100 мА:

- а) 30 Ом;
- б) 30 мОм;
- в) 30 мкОм;
- г) 40 Ом?

6. Відповідно до закону збереження енергії, скільки вольт буде використовуватися в другому резисторі, якщо батарея забезпечує 9 В, а в першому резисторі використовується 2 В:

- а) 7 В;
- б) 11 В;
- в) 2 В;
- г) 5 В?

7. Якою буде величина загального опору резисторів якщо опір резистора (1) становить 20 Ом, а резистора (2) – 70 Ом:

- а) 90 Ом;
- б) 50 Ом;
- в) 70 Ом;
- г) 20 Ом?

8. Беручи до уваги, що резистори (1) і (2) з'єднані послідовно, яким буде еквівалентний опір цих двох резисторів, якщо опір резистора (1) становить 20 Ом, а резистора (2) – 10 Ом:

- а) 30 Ом;
- б) 10 Ом;
- в) 20 Ом;
- г) 90 Ом?

9. Як зміняться напруга і струм на різних резисторах у колі з послідовно з'єднаними резисторами:

а) сила струму залишиться незмінною, а напруга розподілиться між усіма послідовно з'єднаними резисторами;

б) напруга буде однаковою, а струм розподілиться між усіма послідовно з'єднаними резисторами;

в) напруга і струм будуть однаковими;

г) напруга і сила струму розподіляться між усіма послідовно з'єднаними резисторами?

10. Відповідно до закону Ома, чи буде струм розподілятися порівну між резисторами (1) і (2):

а) ні, тому що їхні опори різні;

б) так, тому що вони з'єднані паралельно;

в) ні, тому що один з них ближче до батареї;

г) так, тому що є тільки два шляхи для проходження електричного струму?

11. Який опір для резисторів (1) і (2), з'єднаних паралельно, буде еквівалентним, якщо опір резистора (1) становить 20 Ом, а резистора (2) – 10 Ом:

а) 6,66 Ом;

б) 30 Ом;

в) 10 Ом;

г) 0,03 Ом?

12. Який опір для резисторів (1) і (2) буде еквівалентним, якщо опір резистора (1) становить 20 Ом, а резистора (2) – 10 Ом:

а) 6,66 Ом;

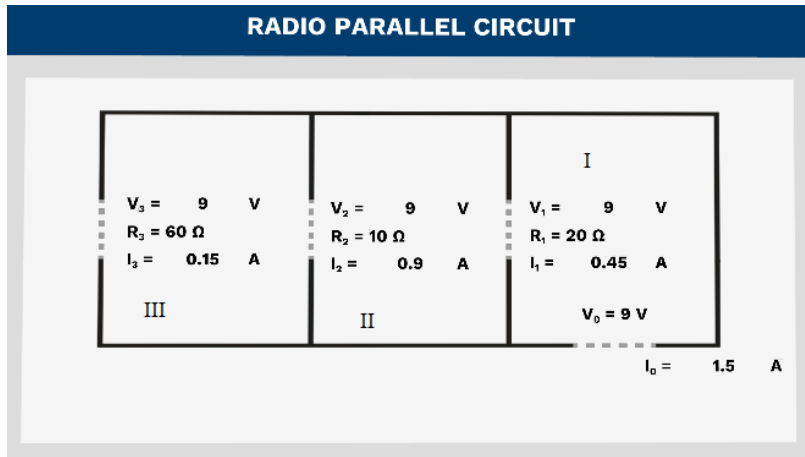
б) 30 Ом;

в) 10 Ом;

г) 0,03 Ом?

13. Відомо, що резистори можуть з'єднуватися послідовно і паралельно. Щоб зменшити напругу, що надходить на контур, зображений на рисунку як резистор (3), який тип з'єднання необхідно обрати:

RADIO PARALLEL CIRCUIT



- а) послідовне;
- б) паралельне;
- в) комбіноване паралельне і послідовне;
- г) резистори можуть зменшити лише струм, напруга не зміниться?

14. Як зміниться опір графітового стрижня, якщо його розрізати навпіл:

- а) зменшиться вдвічі;
- б) збільшиться вдвічі;
- в) нічого не зміниться;
- г) зменшиться, але не відомо наскільки?

Лабораторна робота № 4 Магнітні поля

Мета: навчитися визначати силові лінії магнітного поля, що діють навколо стрижневого магніту; дослідити, як змінюються силові лінії магнітного поля під час взаємодії двох магнітів; пояснити, як вирівнювання магнітних доменів впливає на магнітні поля індукованих і постійних магнітів.

Теоретичні відомості

Магніти присутні у вашому холодильнику, всередині вашого комп'ютера і, можливо, навіть у вашому гаманці! У цій симуляції ви дізнаєтеся про магнітні поля, які вони створюють, як вони впливають один на одного і як утворюються з мікроскопічних магнітних доменів.

Перелік дій:

1. Використовуйте свої знання про магнетизм, щоб спіймати пустотливий марсохід Леві, перш ніж він встигне накоїти лиха в лабораторії магнетизму. Розставте магніти та проаналізуйте створені магнітні поля, а також розв'яжіть головоломки, які характеризують різні зони лабораторії. Дослідіть усі зони лабораторії, щоб стати експертом з магнетизму!

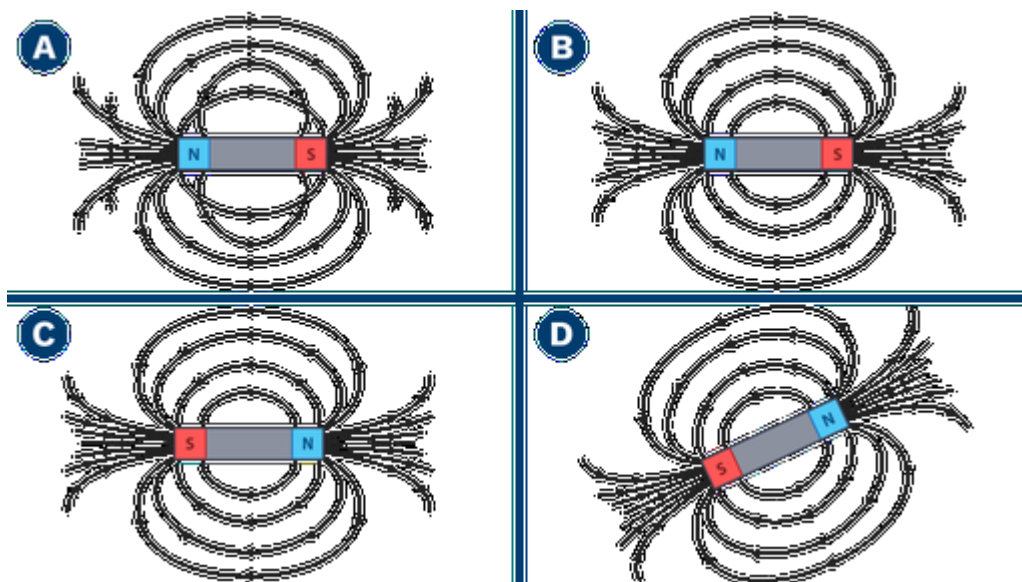
2. Відчиняйте кімнати лабораторії за допомогою магнітів. Кожна зона лабораторії магнетизму відчиняється за допомогою головоломки, яка базується на відомостях щодо певного аспекту магнетизму. Тут можна перевірити свої знання щодо магнітних полів та взаємодії декількох магнітів, щоб відкрити різні замки та знайти марсохода-порушника. У нагоді стануть незвичайні візуалізації, зокрема інтерактивна 3D-анімація магнітного поля, а також захоплюючі мініігри та головоломки, які допоможуть засвоїти нові відомості, виявити та виправити поширені помилки.

3. Доступ за VIP-карткою. Ви дізнаєтеся про походження магнетизму, магнітні домени та постійні магніти і зможете пояснити принцип дії одного зі способів магнетизму, який використовується в повсякденному житті, – магнітні картки. За допомогою магнітооптичного мікроскопа ви дослідите

мікроскопічну структуру різних намагнічених карток і знайдете постійний магніт. Чи зможете ви покласти край витівкам Леві?

Теоретичні запитання

1. Одне з поданих магнітних полів зображено неправильно. Визначте, яке саме:



- а) В;
- б) А;
- в) С;
- г) D?

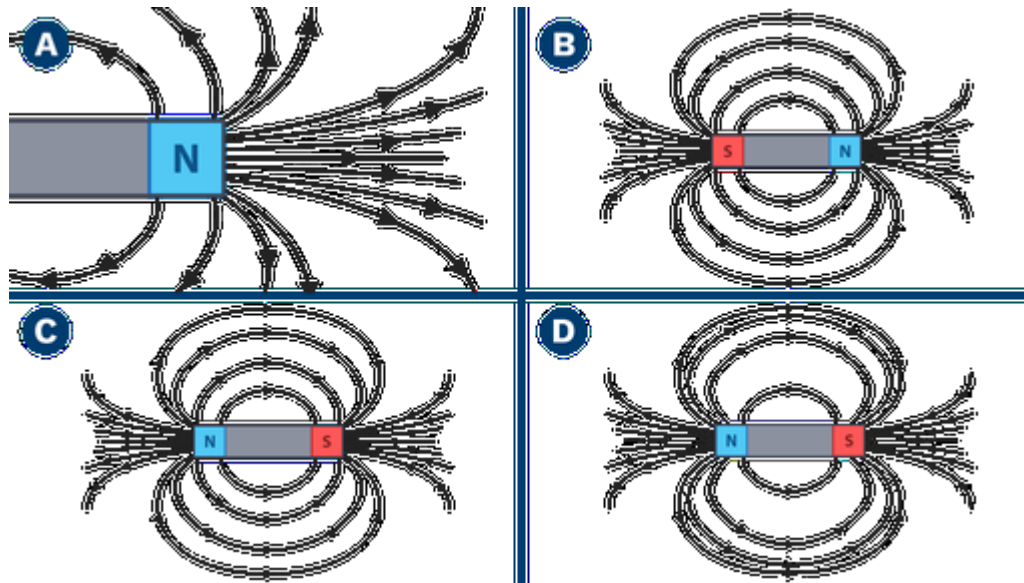
2. Як зміниться загальне магнітне поле, якщо магніти зближаться:

- а) загальне поле – це комбінація двох менших полів;
- б) вони не взаємодіють;
- в) загальне поле сильніше;
- г) загальне поле слабше?

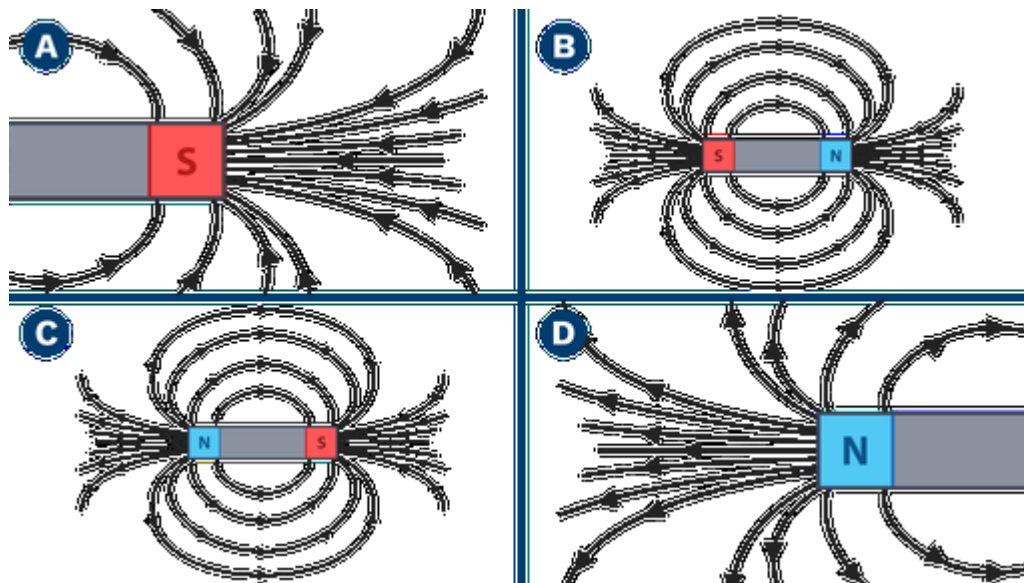
3. На одному з цих рисунків щільність ліній поля зображена неправильно.

На якому саме:

- а) А;
- б) D;
- в) В;
- г) С?



4. На якому рисунку магнітне поле зображене спотворено:



- а) А;
- б) В;
- в) С;
- г) D?

5. Який з перелічених елементів не належить до магнітних:

- а) залізо;
- б) кобальт;
- в) нікель;
- г) цинк?

ПРАКТИКУМ З ОПТИКИ

Лабораторна робота № 1 Що таке хвилі?

Мета: навчитися класифікувати хвилі на поздовжні та поперечні, а також на стоячі та поступальні; концептуально пов'язувати хвилі та енергію; визначати параметри хвиль, зокрема амплітуду, довжину, період, частоту та швидкість хвиль.

Теоретичні відомості

Віртуальний помічник доктор Оне створив для вас абсолютно нову іграшку – хвильовий бластер! У цій симуляції ви дізнаєтесь про хвилі, їхні властивості, типи та те, як вони виникають. Тільки будьте обережні і під час проведення гри не підірвіть лабораторію.

Ви розпочнете вивчення хвиль із того, як вони переносять енергію. Віртуальний помічник доктор Оне залишив для вас трохи попкорну на столі. Тож беріть новенький хвилевий бластер, готуйте попкорн і визначайте, як пов'язані хвилі та енергія. Усе йде добре, аж поки... БУМ!

Віртуальний помічник доктор Оне увімкнув хвилевий бластер на повну потужність, що призвело до катастрофічних наслідків. У лабораторії зникло світло і не працює звук. Ви повинні допомогти віртуальному помічнику доктору Оне відновити роботу лабораторії. Сподіваємося, вам вдасться зробити це до того, як хтось помітить, що сталося.

Перелік дій:

1. Світло. Ви підходите до першого дисплея, на якому показано, що світлові хвилі поведуться незвичайно. Дізнайтеся про амплітуду і довжину хвилі, вручну регулюючи колір і яскравість світла в лабораторії. Після цієї міні-гри ви перейдете до наступної секції, щоб полагодити звук.

2. Звуки. За допомогою детальної анімації коливання частинок повітря віртуальний помічник доктор Оне пояснить вам, як звукові хвилі подорожують

повітрям у лабораторії. Ви повинні створити низькочастотні, високочастотні та стоячі хвилі, щоб допомогти полагодити звук. Зіграйте в мінігру, де ви повинні будете вибрати потрібну частоту і час, щоб створити звукову хвилю. Чи зможете ви повернути все на свої місця?

3. Швидкість хвилі. На завершення за допомогою короткої анімації поперечної хвилі ви побачите, як виглядають хвилі, коли вони рухаються. Ви дізнаєтесь про швидкість хвиль і про те, чому деякі хвилі рухаються швидше за інші. Тепер це матиме сенс, оскільки ви станете сертифікованим експертом з хвильових явищ. За допомогою мінівікторини ви повторите все, про що дізналися і зможете залишити лабораторію. І ніхто не дізнається, що щось пішло не так!

Тестові запитання

1. Частинки в середовищі хвилі коливаються перпендикулярно до напрямку поширення. Який це тип хвиль:

- а) поперечні;
- б) поздовжні?

2. Прикладом якого типу хвиль є звукові хвилі:

- а) поздовжні;
- б) поперечні?

2. Як називається відстань, виміряна від найвищої до найнижчої точок хвилі:

- а) довжина хвилі;
- б) амплітуда;
- в) ширина хвилі;
- г) хвилевий цикл?

3. Як називається зміщення від точки рівноваги хвилі до її найвищої точки:

- а) амплітуда;
- б) довжина хвилі;

в) висота;

г) хвилевий максимум?

4. Як називається кількість коливань за секунду:

а) частота;

б) період;

в) швидкість коливань;

г) швидкість циклу?

5. Назвіть одиниці вимірювання частоти:

а) герци;

б) секунди;

в) метри за секунду;

г) метри?

6. Як називається час, необхідний для одного повного циклу:

а) період;

б) частота;

в) час циклу;

г) час коливань?

7. Як називаються хвилі, які не поширюються в просторі:

а) стоячі;

б) поступальні;

в) подорожуючі;

г) статичні?

8. Як називаються хвилі, які поширюються в просторі:

а) поступальні;

б) стаціонарні;

в) стоячі;

г) динамічні?

9. Як називаються особливі стаціонарні точки на стоячій хвилі:

а) вузли;

б) видуги;

в) піки;

г) западини?

10. Що переносять хвилі:

а) енергію;

б) речовину;

в) масу;

г) частинки?

11. Як називається рух хвилі у просторі:

а) поширення;

б) коливання;

в) вібрація;

г) перенесення?

12. У чому рухаються хвилі:

а) у середовищі;

б) у речовині;

в) у матеріалі;

г) у вакуумі?

13. Оскільки стояча хвиля не поширюється, чи має вона нульову швидкість:

а) ні;

б) так?

14. Які хвилі рухаються швидше:

а) світлові;

б) звукові?

Лабораторна робота № 2 Поширення звуку: допоможи рок-зірці налаштувати гітару

Мета: усвідомити, що звук – це хвиля, і пов’язати його генерування, поширення та детектування з коливаннями та зміною тиску; прослідкувати, як швидкість звукової хвилі залежить від середовища, через яке вона проходить, і навчитися використовувати формули для прогнозування змінювання довжини хвилі при переході з одного середовища в інше; пов’язати висоту і гучність звуку з частотою та амплітудою, використовуючи графічне зображення звукової хвилі.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтеся, що звук – це хвиля! Ви дослідите, як вібруючі предмети створюють звук, як він поширюється через різні середовища і як сприймається нашими вухами. Експериментуючи з частотою та амплітудою звукової хвилі, ви дізнаєтесь, що впливає на висоту та гучність звуку, який ми чуємо. Використовуючи цю інформацію, ви зможете допомогти музиканту налаштувати гітару безпосередньо перед початком концерту.

Перелік дій:

1. Що таке звук? Поспостерігайте, як вібруюча гітарна струна створює звукову хвилю в частинках повітря, що її оточує; прослідкуйте, як вона проходить крізь тверде середовище, і поспостерігайте за змінюванням її швидкості та довжини, а потім дізнайтеся, як вона взаємодіє з навколишнім середовищем і сприймається вашим вухом. Віртуальний помічник доктор Опе буде пояснювати кожен крок і перевірятиме, як ви розумієте те, що відбувається, поки ви насолоджуватиметесь шоу.

2. Властивості звукової хвилі. Поекспериментуйте з частотою та амплітудою звукової хвилі і встановіть, як це впливає на висоту та гучність звуку в режимі реального часу. Ви усвідомите, що звук завжди супроводжується шумом!

3. Налаштуйте гітару! Уявіть, що ваша улюблена рок-зірка загубила свій цифровий тюнер і потребує вашої допомоги, щоб налаштувати гітару для концерту! На щастя, ви можете використати свої нові знання про звукові хвилі для роботи на універсальній платформі *Labster*. Прослухайте і порівняйте висоту, гучність і форму хвилі звуку, що видається, з бажаною еталонною нотою, а потім відрегулюйте частоту і амплітуду, щоб повернути її до потрібної тональності.

Тестові запитання

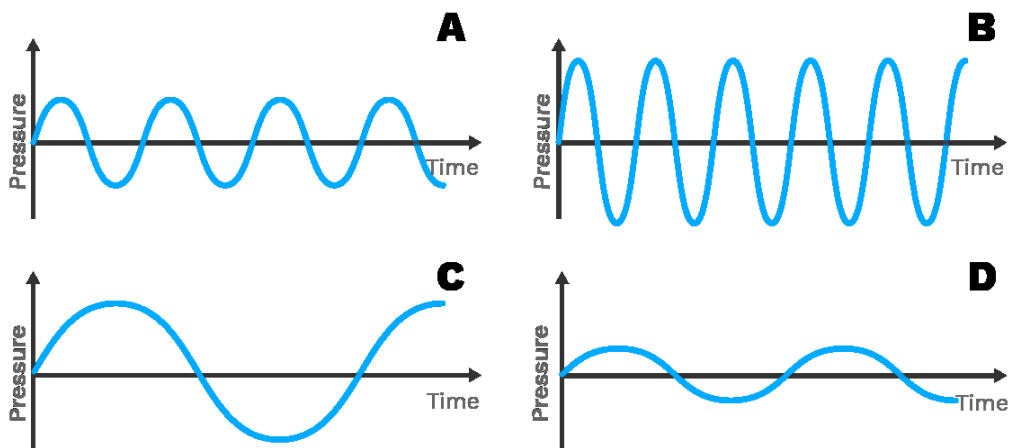
1. Коли хтось торкається гітарної струни, ви чуєте звук. Що сприймає ваше вухо:

- а) коливання повітря;
- б) вібрацію гітарної струни;
- в) присутність звукових частинок;
- г) коливання електричного поля біля барабанної перетинки?

2. Звукова хвиля змушує вібрувати частини середнього вуха і спричиняє створення нервових сигналів. У якому порядку коливання проходять через частини вуха:

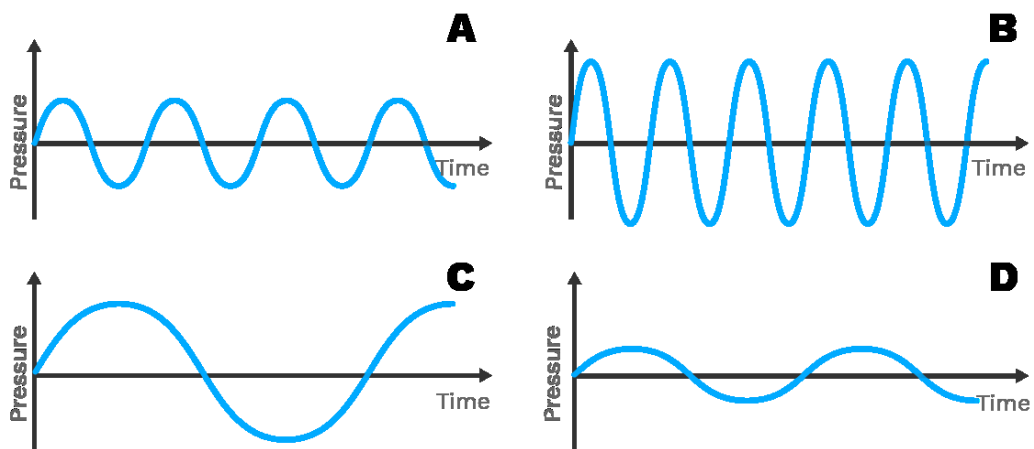
- а) барабанна перетинка, слухові кісточки, равлик;
- б) барабанна перетинка, равлик, слухові кісточки;
- в) равлик, барабанна перетинка, слухові кісточки;
- г) кісточки, равлик, барабанна перетинка?

3. Яка із зазначених звукових хвиль утворює звук найвищої висоти? Оберіть відповідну літеру під рисунком:



- a) B;
- б) A;
- в) C;
- г) D.

4. Яка із зазначених звукових хвиль створить найтихіший звук? Оберіть відповідну літеру під рисунком:



- a) D;
- б) A;
- в) B;
- г) C.

5. Який із зазначених факторів не впливає на швидкість звуку в певному середовищі:

- a) об'єм;

- б) густина;
- в) жорсткість;
- г) температура?

6. Якщо звукова хвиля має швидкість 343 м/с, довжину хвилі 20 см і рухається в повітрі, то якою буде довжина хвилі в середовищі, у якому вона переміщується вдвічі швидше:

- а) 40 см;
- б) 10 см;
- в) 20 см;
- г) 80 см?

7. Космонавт, що вільно переміщається в космосі, спостерігає, як невеликий метеорит вдаряється по корпусу Міжнародної космічної станції (МКС). Чому він не чує звуку удару:

- а) звук не може поширюватися у вакуумі;
- б) частинки за межами МКС не вібрують;
- в) тиск повітря в шоломі космонавта занадто високий;
- г) звук не може пройти крізь шолом космонавта?

Лабораторна робота № 3 Електромагнітний спектр (принципи): використання та небезпечність електромагнітних хвиль

Мета: навчитися використовувати електромагнітний спектр для класифікації хвиль на підставі їхньої довжини та частоти; дослідити взаємозв'язок між частотою, довжиною та швидкістю хвиль; оцінити шкоду електромагнітного випромінювання для живих клітин.

Теоретичні відомості

Нас оточує електромагнітне випромінювання. У цій симуляції ви дізнаєтесь про електромагнітний спектр. Приєднуйтеся до свого віртуального помічника доктора Опе у фізичній лабораторії, де будете випробовувати різні типи електромагнітного випромінювання, щоб з'ясувати їхнє призначення в повсякденному житті та потенційну небезпеку для живих істот. Не хвилюйтеся: у віртуальній лабораторії ви будете в цілковитій безпеці!

Електромагнітний спектр. Приєднуйтеся до фізичної лабораторії і дізнайтеся, що спільного між ультрафіолетовим випромінюванням і мікрохвильовою піччю на вашій кухні! Ви навчитеся визначати спектр електромагнітних хвиль та два хвилеві складники, використовуючи для цього діаграми та вікторини.

Перелік дій:

1. Довжина хвилі та частота. Об'єкти, які нас оточують, випромінюють хвилі різної частоти та довжини певного електромагнітного спектру. Ми дізнаємося, як пов'язані швидкість, довжина хвилі та частота. Деякі хвилі можна побачити, інші ні. Але не хвилюйтеся: навіть якщо ви не можете побачити їх у реальному житті, у віртуальній симуляції ви зможете це зробити!

2. Користь і небезпечність електромагнітного випромінювання. Взаємодійте з різними об'єктами, щоб дізнатися, як електромагнітне випромінювання використовується за межами лабораторії. Приготування їжі,

спілкування, лікування раку, медична візуалізація і навіть спостереження за навколишнім світом – усе це пов'язано з використанням електромагнітного випромінювання. Деякі види випромінювання можуть спричиняти пошкодження живих клітин, тому їх потрібно використовувати обережно!

Тестові запитання

1. Яка область електромагнітного спектру має найвищу частоту:

- а) гамма-випромінювання;
- б) область видимого світла;
- в) рентгенівське випромінювання;
- г) область радіохвиль?

2. Яке речення найточніше описує взаємозв'язок між довжиною хвилі, частотою, енергією і швидкістю:

- а) коротші хвилі мають вищі частоти;
- б) короткі та довгі хвилі мають однакову частоту;
- в) довші хвилі мають вищу частоту;
- г) коротші хвилі поширюються у вакуумі з більшою швидкістю?

3. Які з перелічених нижче тверджень відображають унікальну властивість видимого світла:

- а) видиме світло може бути виявлене людським оком;
- б) хвилі видимого світла мають найкоротшу довжину;
- в) хвилі видимого світла мають найбільшу частоту;
- г) з найбільшою швидкістю видиме світло поширюється у вакуумі?

4. Однією з причин небезпечності рентгенівського та гамма-випромінювання є те, що воно може спричинити виникнення пухлин. Що провокує появу ракових клітин:

- а) пошкодження ДНК;
- б) стимуляція поділу клітин;
- в) пригнічення захисних можливостей організму;

г) іонізуюче випромінювання не може спричинити ракове захворювання?

5. Рентгенівське та гамма-випромінювання можуть бути як небезпечними, так і корисними. Оберіть два приклади корисних застосувань гамма-випромінювання:

- а) сканування в лікарні та лікування раку;
- б) лікування раку;
- в) стерилізація медичного обладнання та підігрівання їжі;
- г) сканування в лікарні.

6. Іонізуюче випромінювання – це вид електромагнітного випромінювання, що здатне видаляти з атома:

- а) електрони;
- б) протони;
- в) нейтрони;
- г) ядро.

Лабораторна робота № 4 Світло та поляризація: вчимося у Айнштейна визначати властивості світла

Мета: усвідомити природу дуалізму світла – хвиля / частинка; навчитися використовувати електромагнітний спектр для класифікації хвиль на підставі їх довжини та частоти; застосовувати закони відбивання та заломлення для прогнозування взаємодії світла з поверхнями розподілу фаз; пояснити принципи лінійної поляризації; навчитися використовувати поляризаційні фільтри для регулювання інтенсивності світла.

Теоретичні відомості

У повсякденному житті нас оточує світло. Воно не лише допомагає нам бачити, але й відіграє ключову роль у створенні фотографій. У симуляції «Світло і поляризація» ви зустрінетеся з Айнштейном, який ознайомить вас із фізикою світла. Ви дізнаєтесь, що таке світло, як воно поширюється і як можна змінювати його поляризацію за допомогою фільтрів. Ви станете чарівником і вдосконалите свої фотографічні навички, отримавши змогу знімати красу дикої природи навіть у несприятливих умовах Антарктиди.

Перелік дій:

1. Визначте джерело електромагнітних хвиль. Приєднайтеся до Айнштейна в лабораторії «Світло і поляризація» і спостерігайте, яким чином повсякденні об'єкти випромінюють хвилі різних частот і довжин, які визначають електромагнітний спектр. Деякі з них можна побачити, інші ні. Але не хвилюйтеся: навіть якщо ви не можете побачити їх у реальному житті, у віртуальній симуляції ви зможете це зробити!

2. Відбивання та заломлення. Дізнайтеся, як світло відбивається і заломлюється при переході з одного середовища в інше: що відбувається зі світлом, коли воно потрапляє в озеро або на лід. Ви створите власний оптичний стіл з лазером, дзеркалами та окулярами і станете експертом у галузі відбивання та заломлення світла.

3. Поляризація світла. Від сонцезахисних окулярів до рідкокристалічних дисплеїв – способи застосування поляризації світла в нашому повсякденному житті не мають меж! Ви розглянете поляризаційні фільтри і вивчите принципи поляризації світла, а також навчитеся використовувати їх для поліпшення результатів фотографування.

Тестові запитання

1. Які явища описуються за допомогою корпускулярної теорії світла і поняття такої фізичної величини, як фотон:

- а) фотоефект;
- б) інтерференція світла;
- в) ефект Доплера;
- г) відбивання світла?

4. Яка область електромагнітного спектру має найбільшу частоту:

- а) область гамма-випромінювання;
- б) область видимого світла;
- в) область рентгенівського випромінювання;
- г) область радіохвиль?

2. Яким способом можна збільшили інтенсивність світла, відбитого від льодовика:

- а) збільшивши кут падіння світла на льодовик;
- б) інтенсивність відбитого світла не зміниться;
- в) зменшивши кут падіння світла на льодовик;
- г) шляхом переміщення льодовика ближче до джерела світла?

3. Межа льодовика розміщується під кутом, більшим за критичний. Чому перший лазерний промінь, що падає на нього, продовжує заломлюватися:

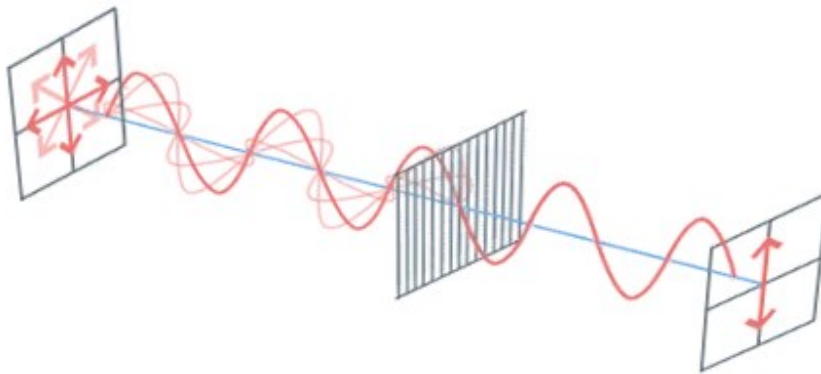
а) повне внутрішнє відбиття може відбуватися тільки тоді, коли світло переходить з більш щільного середовища в менш щільне (наприклад, із льоду в повітря);

б) повне внутрішнє відбиття може відбуватися тільки тоді, коли світло переходить з менш щільного середовища в більш щільне (наприклад, із повітря в лід);

в) зразок льодовика поглинає частину світла лазерного променя;

г) кут падіння лазерного променя менший за критичний кут льодовика?

4. Світловий промінь, що падає зліва від зображення, може рухатися у всіх площинах. Як називається такий тип світла:



а) неполяризована хвиля;

б) поляризована хвиля;

в) поперечна хвиля;

г) поздовжня хвиля?

5. Яким має бути кут між першим і другим поляризаційними фільтрами, щоб інтенсивність поляризованого світла зменшилася вдвічі (для проведення розрахунків використовуйте закон Малюса):

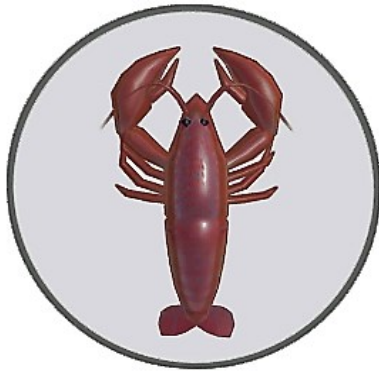
а) 45° ;

б) 0° ;

в) 90° ;

г) 180° ?

10. Що відбудеться, якщо розмістити другу поляризаційну лінзу під кутом 90° відносно тієї, яку ви бачите на цьому рисунку:



- а) значно зменшиться або повністю заблокується світло;
- б) нічого не станеться;
- в) червоний колір стане яскравішим, ніж чорний;
- г) зображення стане чіткішим?

11. Як потрібно використовувати поляризаційні лінзи при фотографуванні пінгвіна:

- а) повертати об'єктив доти, доки віддзеркалення не будуть мінімізовані або усунуті;
- б) результат поліпшить використання декількох поляризаційних лінз;
- в) лінзу потрібно використовувати тоді, коли світло буде тьмяним або слабким;
- г) застосування лінзи не буде ефективним через холод?

Лабораторна робота № 5 Хвильова модель світла (принципи): використання відбиття та заломлення хвиль під час фотографування

Мета: усвідомити дуалістичну природу хвиль / частинок світла і те, як вона пояснює різні особливості електромагнітного випромінювання; навчитися застосовувати закон відбивання та заломлення для прогнозування взаємодії світла з поверхнями розподілу фаз.

Теоретичні відомості

Приєднайтеся до фотографа Ніколаса під час його подорожі до Антарктиди, щоб отримати можливість фотографувати дику природу. У цій симуляції ви дізнаєтесь про хвилеподібну природу світла. Коли світло переходить з одного середовища в інше, промені можуть відбиватися від поверхні. Залежно від кута та середовища світло також може заломлюватися. Кут заломлення описується законом Снелла. Ви поекспериментуєте з різними середовищами і кутами за оптичним столом, щоб зрозуміти, як діє закон Снелла.

Перелік дій:

1. Подорож до Антарктики. Фотограф Ніколас, перебуваючи в Антарктиці, збирається зробити ідеальну фотографію пінгвіна. Чи можливо це? В Антарктиці багато снігу та льоду, які відбивають світло. Це обов'язково вплине на кількість світла на готових фотографіях Ніколаса. Чи можете ви допомогти йому оптимізувати налаштування камери?

2. Зустріч у лабораторії з Айнштайном. Щоб дізнатися більше про світлові хвилі, приєднуйтеся до Альберта Айнштейна у фізичній лабораторії. Ви зможете дослідити спектр електромагнітного випромінювання і виявити подібності та відмінності між його різними типами. Крім того, ви зможете вивчити характеристики видимого світла. Поекспериментуйте із дзеркалами та льодовиками і дізнайтеся, як відбувається відбивання і заломлення світла при переході з одного середовища в інше. Що відбувається зі світлом, коли воно

потрапляє на дзеркало? А як щодо антарктичного льодовика? Разом з Альбертом Айнштайном ви створите власний оптичний стіл із лазером, дзеркалами та зразками льодовиків і дізнаєтеся, що відбувається з лазерним променем, коли він потрапляє в ці середовища.

3. Оптимізація налаштувань камери. Тепер, коли ви стали експертом у сфері відбиття та заломлення, ви розумієте, як буде виглядати фотографія Ніколаса. Допоможіть йому отримати оптимальну кількість світла в камері і зробити ідеальний знімок!

Тестові запитання

1. Якщо кут падіння становить 40° , яким буде кут відбиття:

- а) 40° ;
- б) менше 40° ;
- в) більше 40° ;
- г) залежить від показника заломлення?

2. Кут заломлення обчислюється за формулою $n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r$. Якщо n_r більше, ніж n_i , яке твердження є правильним:

- а) θ_r менше, ніж θ_i ;
- б) заломлений промінь відхиляється від нормального;
- в) відбитий промінь заломлюється до нормального;
- г) θ_r більша за θ_i ?

3. Перш ніж фотографувати пінгвіна, визначте, як можна компенсувати значну інтенсивність світла, що властиво краєвидам засніженої крижаної Антарктиди:

- а) зменшити час експозиції та розмір діафрагми;
- б) збільшити витримку і діафрагму;
- в) використати дзеркало, щоб збільшити кількість світла, яке потрапляє в камеру;
- г) перемістити камеру, щоб збільшити кут падіння світла?

ПРАКТИКУМ З АТОМНОЇ ФІЗИКИ

Лабораторна робота № 1 Розсіювання нейтронів: дослідження закону Брегга

Мета: розглянути явище розсіювання нейтронів та перевірити закон Брегга, який описує умови дифракції нейтронів при взаємодії з кристалічною структурою.

Теоретичні відомості

Чи знали ви, що ваш телефон швидше розряджається, коли на вулиці холодно? Чи можете ви дослідити, що відбувається всередині батареї, не розбивши її? У цій симуляції ви дізнаєтесь про засади теорії нейтронів і про те, що їх можна використовувати, як зонди. Ви також зможете провести експерименти з дифракції нейтронів за допомогою сучасної великомасштабної дослідницької установки.

Допоможіть науковцям використовувати нейтронне зондування. Уявіть, що обладнання, яке використовується для екологічних досліджень у Гренландії, не працює належним чином. Дослідите причину цієї несправності, а також дізнайтеся, що відбувається всередині батареї при низьких температурах, використавши дифракцію нейтронів.

Перелік дій:

1. Нейтрони – це субатомні частинки, що містяться в ядрі більшості атомів. За допомогою застосування високоенергетичного процесу нейтрони можуть бути вилучені з атомів. Вони утворюють пучок вільних нейтронів, який може проникати майже крізь усі матеріали. У цій симуляції ви застосуєте закон Брегга і зрозумієте, як змінювання довжини хвилі нейтронів і відстані між атомними шарами впливають на розсіювання нейтронів вашого зразка.

2. Проведіть експеримент з дифракції нейтронів. Отримані відомості щодо дифракції нейтронів допоможуть вам під час роботи з дифракційними

приладами. Підготуйте зразок у кріостаті та поспостерігайте, як змінюється дифракція нейтронів при розрядженні батареї за різних температур. Проаналізуйте результати та допоможіть вченим, які перебувають у Гренландії, продовжити роботу.

Тестові запитання

1. Для чого використовується нейтронна дослідницька установка:

- а) це науково-дослідна установка, у якій матеріали досліджуються за допомогою нейтронних методів;
- б) це дослідницька установка, у якій за допомогою різних методів досліджуються нейтрони;
- в) це установка, де за допомогою різних методів створюються нові матеріали;
- г) це установка, де нейтрони створюються і розподіляються між іншими установками?

2. Що спільного між довжиною хвилі та швидкістю нейтронів:

- а) довжина хвилі та швидкість нейтрона обернено пропорційні;
- б) довжина хвилі та швидкість нейтрона пропорційні;
- в) існує лише зв'язок між енергією та довжиною хвилі;
- г) довжина хвилі і швидкість – це дві різні назви однієї фізичної властивості?

3. Що спільного між довжиною хвилі нейтрона і часом його польоту на певну відстань L :

- а) вони пропорційні;
- б) вони обернено пропорційні;
- в) немає ніякого зв'язку;
- г) вони пропорційні квадратично?

4. Які властивості нейтронів реєструються на детекторі:

- а) положення та час польоту;
- б) довжина хвилі та енергія;

- в) заряд і магнітний момент;
- г) положення та енергія?

5. Уявіть, що полімерний пластиковий блок невизначеної форми запечатаний у свинцевій коробці. Вам потрібно визначити його форму. Який метод візуалізації ви повинні використати і чому (полімерний пластик містить багато водню):

- а) нейтронна томографія, оскільки нейтрони легко проходять крізь свинець і розсіюються пластиком;
- б) зображення передачі нейтронів, оскільки вони легко проходять через пластик і розсіюються свинцем;
- в) рентгенівське випромінювання, оскільки воно легко проходить крізь свинець і розсіюється пластиком;
- г) рентгенівське випромінювання, оскільки воно легко проходить крізь пластик і розсіюється свинцем?

6. Чому передача нейтронів через шар алюмінію найбільша:

- а) алюмінієвий шар має малий загальний переріз нейтронів, що створює низький коефіцієнт ослаблення;
- б) алюмінієвий шар має великий загальний переріз нейтронів, що створює низький коефіцієнт ослаблення;
- в) алюмінієвий шар має великий повний переріз нейтронів, що створює великий коефіцієнт ослаблення;
- г) алюмінієвий шар має малий повний переріз нейтронів, що створює великий коефіцієнт ослаблення?

7. Через полімерний сепаратор, який містить багато водню, проходить найменше нейтронів. Чому це відбувається:

- а) водень має великий переріз некогерентних нейтронів і, відповідно, низький коефіцієнт пропускання;
- б) водень має великий переріз когерентних нейтронів, а отже, низький коефіцієнт пропускання;

в) водень має великий переріз поглинання нейтронів і, отже, низький коефіцієнт пропускання;

г) полімерний сепаратор чорний, тому нейтрони не можуть пройти крізь нього?

8. У яких шарах відбувається змінювання пропускання нейтронів при розрядці акумулятора:

а) у шарах графіту і солі літію;

б) у мідному, алюмінієвому і полімерному шарах сепаратора;

в) під час розряду змін не відбувається;

г) зміни відбуваються у всіх шарах?

9. Чому під час розряду збільшується коефіцієнт пропускання в аноді (використовуйте покази настінного дисплея позаду *LabPad*):

а) оскільки літій має великий загальний переріз, він виходить з анода;

б) оскільки літій має малий загальний переріз, він виходить з анода;

в) оскільки вуглець має малий загальний переріз, він виходить з анода;

г) оскільки вуглець має великий загальний переріз, він переміщається в анод?

10. Як відстань (d) між шарами *Li-ion-Litium* в аноді батареї пов'язана з кутом розсіювання нейтрона з певною довжиною хвилі λ :

а) $d = \lambda / (2 \cdot \sin(\theta))$: відстань дорівнює довжині хвилі, поділеній на подвоєний синус кута розсіювання;

б) $d = \sin(\theta) / (2 \cdot \lambda)$: відстань дорівнює синусу кута розсіювання, поділеному на подвоєну довжину хвилі;

в) $d = \lambda / (\sin(2 \cdot \theta))$: відстань дорівнює довжині хвилі, поділеній на синус подвоєного кута розсіювання;

г) відстань між шарами літію не пов'язана з кутом розсіювання?

11. Для чого потрібно розміщувати зразок в кріостаті:

а) щоб мати можливість контролювати процес охолодження зразка;

б) щоб захистити зразок від магнітних полів, які можуть заважати експерименту;

- в) щоб спрямувати нейтрони до зразка;
- г) щоб мати можливість розрядити зразок?

12. Про що свідчать результати процесу розрядження в акумуляторі при низьких температурах:

а) дифракційні піки від літєвого LiC_6 і LiC_{12} залишаються, процес розряду не завершується;

б) залишилися тільки дифракційні піки від графіту, процес розряду завершився;

в) на холоді з'являються дифракційні піки від LiC_6 і LiC_{12} , процес розпаду зворотний;

г) оскільки дифракційних піків стає більше, іони літію переміщуються в інші шари акумулятора, коли він стає холодним?

Лабораторна робота № 2 Розщеплення: потужне джерело енергії

Мета: продемонструвати, що додавання нейтронів до великих ядер створює нестабільність, індукуючи поділ і подальшу ланцюгову ядерну реакцію; продемонструвати, що загальна кількість нейтронів і протонів однакова до і після ядерного процесу (поділу), а продукти поділу нестабільні і зазнають радіоактивного розпаду.

Теоретичні відомості

Ядерне розщеплення – це процес поділу ядерних атомів, що супроводжується вивільненням енергії у вигляді тепла та радіації. Цей процес є основою роботи атомних реакторів та ядерних бомб. У симуляції ми розглянемо основні аспекти ядерного розщеплення та його значення як потужного джерела енергії.

Ядро атома складається з протонів та нейтронів. Якщо атом стає нестійким, його ядро може розщепитися. Для того щоб почати розщеплення атома, необхідно довести його ядро до певного ступеня нестійкості, що зазвичай досягається збиттям нейтрона в атомне ядро, під час цього процесу утворюються два або більше менших ядер, додаткові частинки та виділяється велика кількість енергії.

Розщеплення атомів є одним із найпотужніших джерел енергії, що використовується для вироблення електроенергії у ядерних реакторах.

Виконання цієї симуляції дозволить нам краще зрозуміти принципи та наслідки ядерного розщеплення, його значення як джерела енергії та наслідки використання цієї технології.

Тестові запитання

1. Який елемент вивільняється під час альфа-розпаду:
 - а) ядро гелію;
 - б) електрон;

- в) випромінювання;
- г) фотон?

2. Що відбувається з ядром урану при його зіткненні з нейтронами:

- а) ядро розщеплюється надвоє і виділяє нейтрони та енергію;
- б) вони об'єднуються, утворюючи більш стабільне ядро;
- в) випускає три електрони і трохи енергії;
- г) розривається на багато маленьких уламків?

3. Коли процес поділу радіактивний:

- а) відразу після початку поділу;
- б) коли відбувається поділ початкового ядра;
- в) під час усього ланцюга розпаду;
- г) після утворення продуктів розпаду?

4. Що можна помітити, вивчаючи зображення нукліда на теоретичній станції, у загальному атомному номері до і після поділу:

- а) атомний номер не змінився;
- б) атомний номер збільшився;
- в) атомний номер зменшився?

5. Що можна помітити, вивчаючи зображення нукліда на теоретичній станції, вивчаючи загальне масове число до і після поділу:

- а) масове число залишилося незмінним;
- б) масове число збільшилося;
- в) масове число зменшилося?

Лабораторна робота № 3 Радіоактивний розпад

Мета: порівняти різні типи радіоактивного розпаду та збалансувати відповідні рівняння розпаду, використовуючи нуклідну нотацію; навчитися обчислювати період напіврозпаду радіоізоотопу; дослідити поняття серії радіоактивного розпаду.

Теоретичні відомості

Явище радіації має величезне значення в сучасному світі. Вона використовується в медицині, енергетиці та військовій справі, її вплив на суспільство та майбутнє науки неможливо переоцінити. Зібравши радіоактивний зразок з падаючого метеорита, ви почнете з основ і дізнаєтеся про атом, стабільність і походження радіоактивного розпаду. Ви будете працювати у футуристичній лабораторії під керівництвом піонера в галузі радіоактивності – Марії Кюрі. Розглянете також більш складні поняття, зокрема «серія розпаду» та «період напіврозпаду». Потім ви застосуєте вивчене і побудуєте графік для визначення періоду напіврозпаду та ідентифікації вашого зразка радіоактивної породи.

Перелік дій:

1. Уявимо, що відбувся вибух метеорита, і він упав на Землю. Повернувшись у лабораторію, спробуємо під керівництвом Марії Кюрі дослідити його і створити ядро, використавши для цього інтерактивний футуристичний голографічний стіл.

2. У віртуальному середовищі ви можете заглибитися в атомний світ і в безпечних умовах побачити, як відбувається радіоактивний розпад. Анімація та мініігри допоможуть вивчити альфа-, бета- та гамма-розпад у розважальній формі. Ідентифікуючи зразок метеорита, ви розглянете складну нотацію розпаду та рівняння рівноваги.

3. Перше завдання – відстежити розпад ізотопу нептунію, який створює радіоактивне випромінювання. Розігруючи мінігру, ви дізнаєтесь, що

відбувається з радіоактивними нуклідами під час розпаду і, таким чином, розширите своє уявлення про типи розпаду. Успішно впоравшись із цим непростим завданням, ви перейдете до другого і розглянете період напіврозпаду – останній крок до ідентифікації зразка.

4. Уявивши радіоактивні атоми у вигляді монет на столі, ви полегшите вивчення цього складного і абстрактного теоретичного матеріалу. Після перенесення результатів експерименту на графік ви отримаєте останнє завдання – визначити період напіврозпаду зразка, а отже, ідентифікувати його, про що ви зможете з гордістю повідомити мадам Кюрі!

Тестові запитання

1. Що таке нуклід:

- а) ядро, що містить певну кількість протонів і нейтронів;
- б) сума протонів і нейтронів у ядрі;
- в) радіоактивна речовина;
- г) маленьке ядро?

2. Яке твердження найточніше характеризує стабільні нукліди:

- а) швидше за все вони не зазнають радіоактивного розпаду;
- б) їх важко переслати;
- в) вони поєднані слабо;
- г) вони легко руйнуються?

3. Масове число електрона:

- а) 0;
- б) 1;
- в) 2;
- г) -1.

4. Атомний номер протона:

- а) 1;
- б) 0;
- в) 2;

г) -2.

5. Чому дорівнює сума масового числа протона і масового числа нейтрона:

а) 2;

б) 0;

в) 1;

г) -2?

6. Чи змінюється масове число при гамма-розпаді:

а) ні;

б) так?

7 Який тип розпаду вивільняє найбільше маси:

а) альфа-розпад;

б) бета-розпад;

в) гамма-розпад;

г) дельта-розпад?.

8. Що вивільняється при бета-розпаді:

а) високошвидкісний електрон;

б) електрон, що рухається повільно;

в) нейтрон;

г) протон?

9. Що відбувається з нуклідами після їхнього розпаду:

а) вони стають дочірніми нуклідами, які можуть бути або стабільними, або ні;

б) вони зникають;

в) завжди стають нестабільними дочірніми нуклідами;

г) вони завжди стають стабільними дочірніми нуклідами?

10. Як довго тривають серії розпаду:

а) доки не утвориться стабільний нуклід;

б) нескінченно довго;

в) один тиждень;

г) поки нічого не залишиться?

11. Дочірні нукліди легші і менш енергійні, ніж їхні материнські нукліди.

Чи правильне це твердження:

а) так;

б) ні?

12. Що позначає термін «період напіврозпаду»:

а) час, необхідний для розпаду половини нуклідів у радіоактивному зразку;

б) проміжок часу, необхідний для зникнення половини нуклідів у радіоактивному зразку;

в) час, необхідний для розпаду;

г) час, необхідний для того, щоб нуклід розпався на частини?

13. Скільки нуклідів залишиться від початкового зразка після двох періодів напіврозпаду:

а) 25 %;

б) 100 %;

в) 50 %;

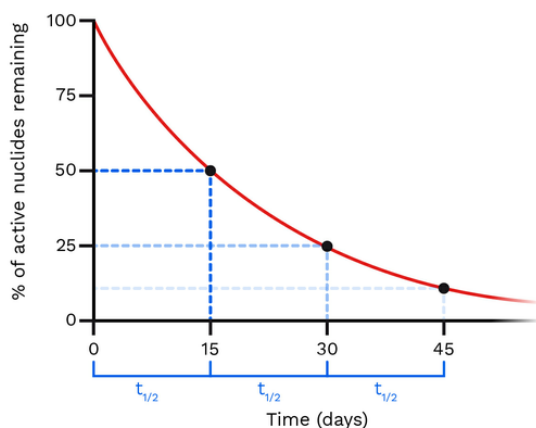
г) 0 %?

14. Яке твердження найточніше описує період напіврозпаду:

а) період напіврозпаду завжди однаковий незалежно від того, скільки активних нуклідів залишається;

б) період напіврозпаду стає коротшим, коли розпадається більше нуклідів?

15. Визначити період напіврозпаду зразка за графіком:



- а) 15 днів;
- б) 30 днів;
- в) тиждень;
- г) 10 днів.

Лабораторна робота № 4 Фотоефект: генерування відновлюваної енергії сонячними панелями

Мета: продемонструвати принципи фотоефекту експериментально; визначити, як модель частинок може пояснити фотоефект там, де хвильова модель цього зробити не може; пояснити, як сонячні панелі використовують фотоефект для вироблення електроенергії.

Теоретичні відомості

У цій симуляції ви дізнаєтеся про фотоефект і про те, як він використовується в сонячних панелях для генерації відновлюваної енергії. Разом з Айнштайном ви проведете експеримент і встановите, що хвильова модель світла не може пояснити цей ефект. Ви дізнаєтесь, що промінь світла складається з частинок, які називаються фотонами. Використавши отримані відомості про фотоефект, ви створите ефективну сонячну електростанцію, яка живитиме машину часу, і відправите Айнштайна назад у минуле!

Перелік дій:

1. Експеримент з фотоефектом. Освітть металеву пластину і поспостерігайте, як металева пластинка випромінює фотоелектрони. Спробуйте змінити частоту та інтенсивність світла або замініть метал пластинки і подивіться, що станеться. Айнштайн допоможе вам провести експеримент з фотоефектом, спонукаючи до важливих спостережень. Під час дослідження ви отримаєте багато доказів того, що фотоефект суперечить хвильовій моделі світла. Чому виникає порогова частота? Чи має вмикатися світло під час зупинки? На всі ці питання відповідь фотонна модель.

2. Чи є світло хвилею? Фотоефект не можна пояснити за допомогою хвильової моделі світла, але його можна пояснити, якщо світло поводить себе, як частинка! Під час проведення спостережень Айнштайн пояснить кожен суперечність і ознайомить вас з ідеями, які привели його до теорії, що отримала Нобелівську премію – фотонної моделі світла! Потім ви повернетесь до

експерименту, цього разу щоб побачити, як фотони та електрони взаємодіють один з одним і використати це для пояснення того, що ви бачите!

3. Сила Сонця! Батарея машини часу розрядилася! Ви опинилися в диспетчерській старій сонячної електростанції. Дізнавшись, як сонячні панелі використовують фотоелектричний ефект для виробництва відновлюваної електроенергії, ви зможете відновити електростанцію. Застосувавши набуті відомості щодо фотонної моделі, ви зрозумієте, чому необхідно максимізувати відкриту площу поверхні сонячних панелей, щоб генерувати якомога більше струму. Чи зможете ви використати енергію Сонця, щоб зарядити машину часу і відправити Айнштейна додому?

Тестові запитання

1. Джерело світла освітлює металеву пластину. Частота світла більша за порогову частоту металу, тому ми бачимо випромінювання фотоелектронів. Що ми побачимо, якщо інтенсивність світла зменшиться:

- а) швидкість фотоemisії зменшиться;
- б) швидкість фотоemisії зросте;
- в) швидкість фотоелектронів і інтенсивність фотоemisії зменшиться;
- г) швидкість фотоелектронів зменшиться?

2. Якщо освітити металеву поверхню монохроматичним світлом, виникне порогова частота, нижче якої фотоелектрони не випромінюються. Що з наведеного нижче не є причиною цього порогу:

- а) світло більшої інтенсивності за одиницю часу випромінює більше фотонів;
- б) енергія фотонів залежить від частоти;
- в) у монохроматичному світлі всі фотони мають однакову енергію;
- г) електрони поглинають всю енергію одного фотона?

3. Освітлення металеві поверхні супроводжується появою фотоefекту. Що відбудеться при зміні частоти світла відповідно до хвилевої моделі:

- а) нічого;

- б) зміниться швидкість фотоелектронів;
- в) зміниться швидкість фотоемісії;
- г) активація світла та фотоемісія відбудуться із затримкою?

4. Яка із зазначених дій не спричинить помітного збільшення поточної потужності сонячної електростанції:

- а) підняття панелей вище над землею;
- б) збільшення площі поверхні сонячних панелей;
- в) додавання більшої кількості сонячних панелей;
- г) орієнтування панелей на Сонце?

5. Що таке фотоефект:

- а) емісія електронів з поверхні при її освітленні;
- б) випромінювання електромагнітних хвиль з поверхні;
- в) випромінювання світла поверхнею при потраплянні на неї електрона;
- г) поглинання електронів поверхнею.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Growing Catalog of Virtual Labs [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://www.labster.com/simulations>, free (date of the application: 20.12.2023). – Header from the screen.
2. Платформа *Labster* для віртуальних лабораторій та інтерактивної науки «Physics» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://my.labster.com/course/63a2a66028c64063df8030d3/assignments>, вільний (дата звернення: 20.12.2023). – Назва з екрана.
3. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : навч. посіб. : у 3 т. Т.1 Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик. – 2-ге вид., випр. – Київ : Техніка, 2006. – 532 с.
4. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : навч. посіб. : у 3 т. Т. 2. Електрика і магнетизм / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик. – 2-ге вид., випр. – Київ : Техніка, 2006. – 452 с.
5. Кучерук І. М. Загальний курс фізики : навч. посіб. : у 3 т. Т.3. Оптика. Квантова фізика / І. М. Кучерук, І. Т. Горбачук, П. П. Луцик. – 2-ге вид., випр.. – Київ : Техніка, 2006. – 518 с.
3. Лінчевський І. В. Фізика : навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за технічними спеціальностями / І. В. Лінчевський, В. В. Хіст. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 141 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/01b79106-663b-4f2b-8f11-ca4efbbc0837/content>, вільний (дата звернення: 20.12.2023)). – Назва з екрана.
4. Дідух Л. Д. Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. – Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. – 464 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/31412/1/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%20%D1%82%D0%B0%20%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B>

8%D0%B7%D0%BC_%D0%94%D1%96%D0%B4%D1%83%D1%85.pdf, вільний (дата звернення: 20.12.2023). – Назва з екрана.

6. Збірник задач із загальної фізики : навч. посіб. для студентів інженерно-технічних спеціальностей / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : В. П. Бригінець, І. М. Репалов, Л. П. Пономаренко, Н. О. Якуніна. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 230 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51252>, вільний (дата звернення: 20.12.2023)). – Назва з екрана.

7. Raspanti Matthew. PHYSICS FOR BEGINNERS A Novices Guide to the Mysteries of the Universe : textbook / Matthew Raspanti. Self-published. – 2008. – 162 p.

8. Feynman Richard P. The Feynman Lectures on Physics: boxed set / Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands. – 2011. – 1552 p. – There is an electronic version. (Regime of access: <https://www.feynmanlectures.caltech.edu/>, free (date of the application: 20.12.2023)). – Header from the screen.

Шановний читачу!

Ми ознайомили тебе з роботами віртуальних практикумів із фізики. Це механічний практикум, практикум із молекулярної фізики і термодинаміки, практикум з електромагнетизму, оптичний практикум, практикум з атомної фізики, побудовані на *LMS* платформі *Labster*.

Ця платформа не тільки уможлиблює виконання поданих лабораторних робіт, але є й базою для створення власної лабораторії наукових досліджень! Наш славетний філософ Григорій Сковорода говорив: «Хто думає про науку, той любить її, а хто її любить, той ніколи не перестав вчитися».

Бажаємо тобі нових досягнень і відкриттів!

Електронне навчальне видання

БЛЕЦЬКИЙ Ігор Васильович
ДУЛЬФАН Ганна Яківна
ШИШКО Наталія Сергіївна
СЕМЕНОВ Олександр Володимирович

**ВІРТУАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ
НА ПЛАТФОРМІ *LABSTER***

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *Г. Я. Дульфан*
Редактор *О. А. Норик*
Комп'ютерне верстання *Є. Г. Панова*

Підп. до друку 27.02. 2024. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 7,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.