

УДК 53(07)531

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІКИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ТА МЕТОДИКА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Лазаренко Д.С., Садовий М.І.

У статті розглядається нове навчальне обладнання з механіки для удосконалення техніки шкільного фізичного експерименту, що спонукає пізнавально-пошукову та самостійну роботу школярів при вивченні фізичних явищ, понять, теорій, та методика його використання у навчальному процесі. Ключові слова: механіка, шкільний курс фізики, комп'ютер, обладнання, інформаційні технології.

В статье рассматривается новое учебное оборудование по механике для усовершенствования техники школьного физического эксперимента, который побуждает познавательную-поисковую и самостоятельную работу школьников при изучении физических явлений, понятий, теорий, и методика его использования в учебном процессе.

Ключевые слова: механика, школьный курс физики, компьютер, оборудование, информационные технологии.

The article describes educational equipment for new generation mechanics that can be used to improve procedures of school experiments in Physics that enhance cognitive-explorative and independent work of students in learning physical phenomena, concepts, theories. The methods of its use in the educational process are elucidated.

Key words: mechanics, school course in Physics, computer, equipment, information technologies.

Постановка проблеми. В наш час вибудовується нова парадигма освіти, яка змінює роль вчителя в школі, за якої він, в першу чергу, є організатором пізнавальної діяльності учнів, забезпечує реалізацію ідеї особистісно орієнтованого навчання. Стрімко розвиваються інформаційні технології навчання, перетворюючись на самостійну методичну систему. Напрямки гуманізації і гуманітаризації, комп'ютерне і модульне навчання спрямовані на створення творчої атмосфери навчальних занять, на ввічливе ставлення до особистості кожного учня, на організацію цікавих занять, посилення для кожного учня, де створюється "ситуація успіху", без перевантажень, стресів, невпевненості.

Все це потребує постійного реформування змісту і методів організації природничо-математичної освіти взагалі і фізичної зокрема, відповідно до концептуальної основи навчання фізики – формування особистості, що живе і працює в світі техніки і складних технологій, а не лише носія певної суми знань.

У вирішенні поставлених перед освітою важливих комплексних завдань навчання і розвитку підростаючого покоління фізика посідає одне з провідних місць. Вона сприяє формуванню у молоді

сучасних наукових уявлень про навколишній світ і наукову картину світу, формує і розвиває науковий стиль мислення, розкриває тісний зв'язок науки з життям, суттєво поліпшує практичну спрямованість навчання.

На підвищення наукового рівня змісту та методики вивчення шкільного курсу фізики впливає значущість експериментального характеру пізнання, що підтверджується історичним розвитком людини, розв'язанням питань спочатку практичною діяльністю і лише згодом діяльністю теоретичного характеру. Домагаються цього виконанням навчального експерименту, проведенням екскурсій або шляхом спостережень. Таким чином навчальний процес з фізики базується на практичній експериментальній основі. Шкільний фізичний експеримент є обов'язковим елементом процесу навчання і одночасно невід'ємною складовою методики навчання фізики як наукової дисципліни.

Для цього фахівцями галузі теорії і методики навчання фізики створено і виведено на визнаний передовий рівень надійний фундамент становлення і розвитку фізичної освіти. Проте ще залишаються актуальними в теоретичному плані методи

діагностики якості сучасних технічних засобів і обладнання. Не повною мірою враховується комплексне впровадження останніх досягнень в галузі приладобудування та вимог педагогічної ергономіки до проектування і виготовлення нових навчальних приладів, призначених для закладів освіти, які за рядом параметрів не відповідають нормам педагогічної ергономіки, дидактичним принципам та нормам групових показників виробничої ергономіки. Визначена оцінка стосується навчального експерименту до вивчення кожного розділу шкільного курсу фізики [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемою дослідження в напрямках, що пов'язані з запровадженням електронних, цифрових засобів вимірювання, мікропроцесорних та комп'ютерних технологій, займалися В.М.Барановський, В.Н.Бережанський, С.Ю.Василівський, Т.П.Гордієнко, О.М.Желюк, А.В.Касперський, М.Лагунов, Н.В.Подопригора, М.І.Шут. Досить ефективно вирішені проблеми впровадження в навчальний процес дослідницьких лабораторних робіт (Є.В.Коршак, В.П.Сергієнко, М.І.Шут, Г.П.Грищенко, В.Ф.Савченко), творчого підходу до організації експериментальних досліджень (Ю.М.Галатюк, А.А.Давиденко, В.М.Двораківський, І.В.Корсун, В.Д.Сиротюк, В.І.Савченко), створення системи навчального фізичного експерименту середнього освітнього закладу (М.І.Садовий, С.П.Величко, Ю.О. Жук, В.Г.Нижник, Д.Я.Костюкевич, В.І.Тищук).

Метою наш статті є показати шляхи підвищення науковості викладання шкільного курсу фізики за рахунок використання обладнання нового покоління з механіки та один із способів використання такого обладнання в навчальному процесі.

Виклад основного матеріалу. Експеримент є складовою частиною навчальних курсів з природничих дисциплін. Впровадження інформаційних технологій в освіту привело до зміни традиційних та появи нових методів і засобів проведення навчального експерименту з фізики. Існують універсальні програмні засоби, які можна використовувати для проведення віртуальних експериментів з різних розділів фізики, а також засоби для проведення одного або декількох однотипних експериментів. Наявність великої кількості засобів розширює можливості викладача, але вибір та опанування необхідного потребує великої кількості часу [4].

Таким чином, обладнання з механіки нового покоління повинно бути пристосованим до ІКТ, використовувати новітні матеріали, розширювати межі моделювання, виходити за межі лабораторії.

Впродовж останніх років створено багато програмних засобів навчального призначення з природничих дисциплін. Огляд сучасної літератури виявляє, що комп'ютер в експериментах з механіки може виконувати різні функції. Експерименти здебільшого здійснюються такими способами: маніпулювання з комп'ютерними віртуальними моделями; маніпулюванням з відеозображеннями реальних процесів; використанням комп'ютера в натурному експерименті для вимірювання та обробки інформації.

Звернемо увагу на такий новий підхід до розробки і створення навчального обладнання, що доцільно використовувати на лабораторних заняттях та дослідженнях, як створення навчальних комплектів, що дає можливість реалізувати інтегрований підхід до навчального експерименту. Причому інтеграція такої системи ШФЕ зводиться до того, що досліди та навчальні експерименти на базі запропонованого комплексу можуть забезпечуватися не лише ефективним використанням одного і того ж обладнання як для здійснення демонстраційних дослідів і досліджень учнями, а й можливістю представлення на такому обладнанні якісних і кількісних експериментів, реальних і віртуальних дослідів, що відповідають і змінюються від змісту та глибини виконуваних досліджень згідно з профільними програмами для ЗНЗ чи вивчення фізики в обсязі вимог Стандарту фізичної освіти [1]. Таким чином, запропонований комплект має забезпечити навчальний фізичний експеримент, призначений для систематичного експериментального дослідження та вивчення основних питань з механіки в загальноосвітніх школах, ліцей, гімназіях, а також у вищих навчальних закладах.

У навчально-виховному процесі середньої та вищої педагогічної школи використовується новий набір приладів з механіки для фронтального експерименту [6, с. 3–5]. До його складу входить обладнання, схоже на обладнання для демонстраційного варіанту зі своєю специфікою, рис. 1. Прилади цього набору дозволяють постановку більшої кількості дослідів порівняно з демонстраційним варіантом та дають можливість для виконання великої кількості творчих, дослідницьких спостережень.



Рис. 1. Набір для фронтального експерименту

В набір для фронтальних демонстрацій входять пристрої для демонстрацій з механіки: прилади для вимірювання довжини: штангенциркуль, мікрометр, рулетка; прилади для вимірювання часу: метроном, цифровий секундомір; мензурка, дві пружини різної жорсткості, набір тягарців на підвісі, блоки різного діаметру, тримач для блоків, універсальний штатив, коромисло важеля, шальки для важільних терезів, шкала для важеля та терезів, муфта, універсальна муфта, динамометри на 1 Н та 2 Н, набір важків для терезів, вісь та стрілка для коромисла.

За допомогою комплекту приладів з механіки є можливість досить легко виконати навчальні досліди, самостійно вивчити будову і принцип роботи приладів, з'ясувати їх фізичні основи.

На прикладі покажемо, як можна визначити масу твердих тіл і рідин за допомогою комплекту з механіки.

Дослід. Визначення маси твердих і рідких тіл

Обладнання: коромисло важеля, шальки для важільних терезів, шкала для важеля та терезів, 2 мензурки, піпетка, важільні терези, набір важків, дерев'яна, алюмінієва і залізна пластинки.

Маса – фізична величина, яка є однією з основних характеристик матерії, що визначає її інерційні, енергетичні та гравітаційні властивості. У досліді потрібно визначити масу твердих тіл і рідин за допомогою комплекту з механіки. Для вимірювання маси використовують еталон маси (рис. 2).

Терези використовуються для визначення маси різних твердих об'єктів (рис. 3).



Рис. 2. Еталон маси

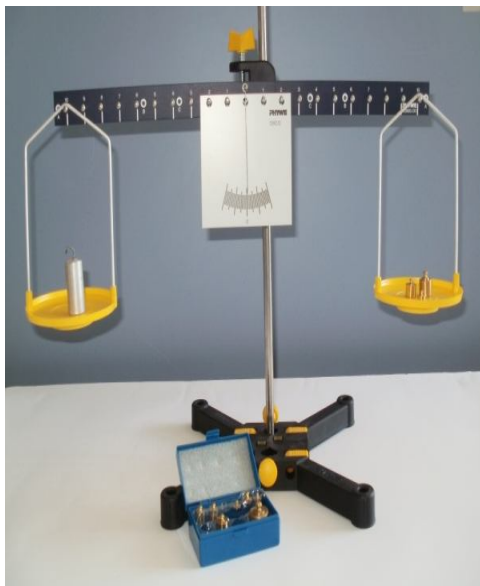


Рис. 3. Важільні ваги

Матеріали, які необхідні для виготовлення терезів та виконання експерименту, показані на рис. 4.

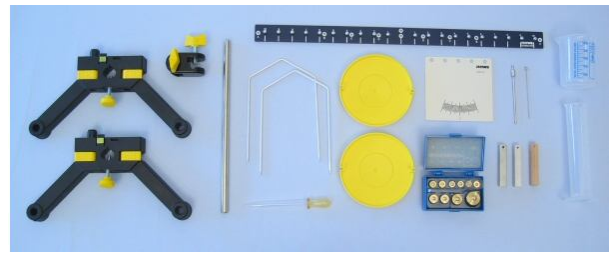


Рис. 4

Зберіть кріплення універсального штативу для основи терезів: складаємо дві підставки, як показано на рис. 5а. Вертикаль кріпимо стержень, як показано на рис. 5б.

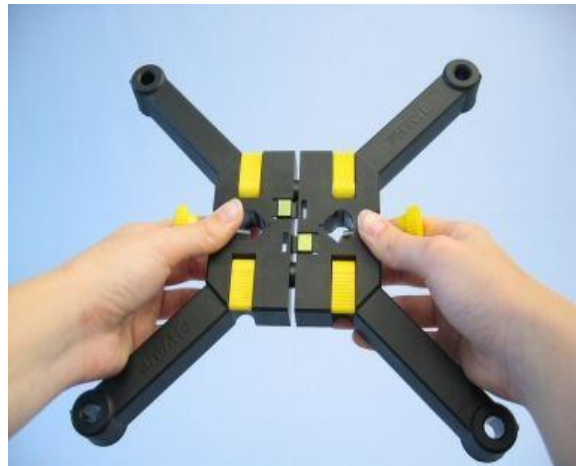


Рис. 5а

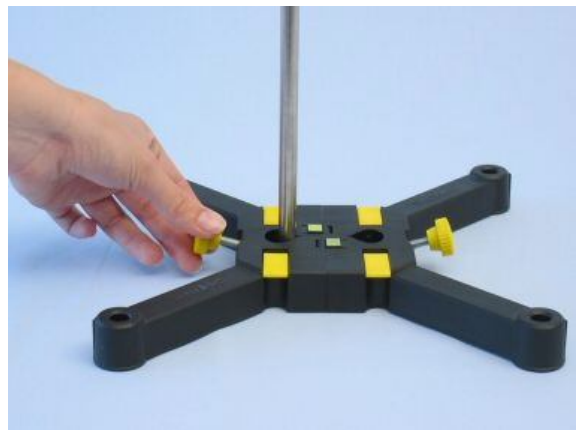


Рис. 5б

Розмістіть масштабну лінійку посередині важеля (рис. 6). Як покажчик на масштабній лінійці закріпіть стрілку. Потім важіль з масштабною лінійкою і покажчиком кріпимо на універсальному штативі за допомогою спеціального кріплення, як показано на рис. 6, 7.

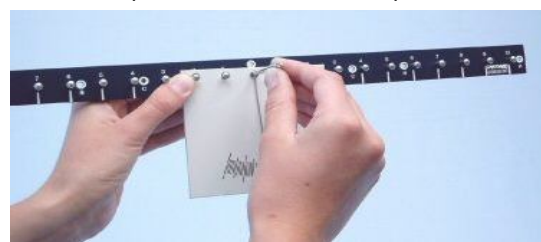


Рис. 6

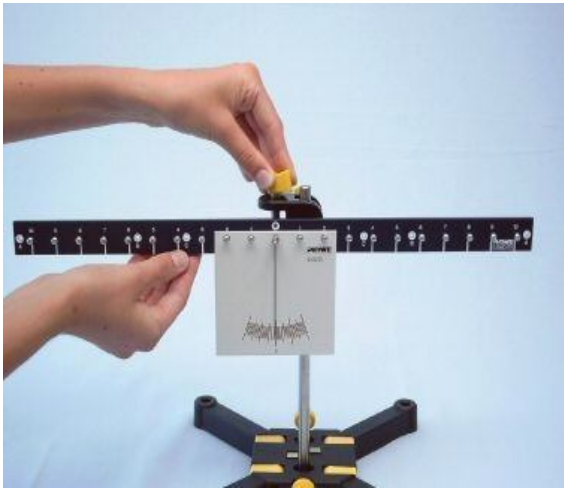


Рис. 7

До кінців важеля приєднують чашки важільних терезів (рис. 8).

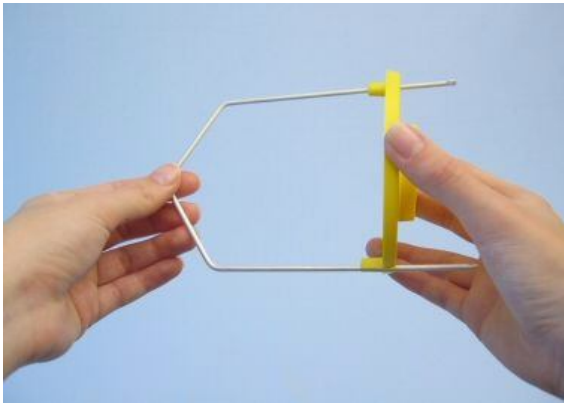


Рис. 8. Збір чашки для важільних терезів

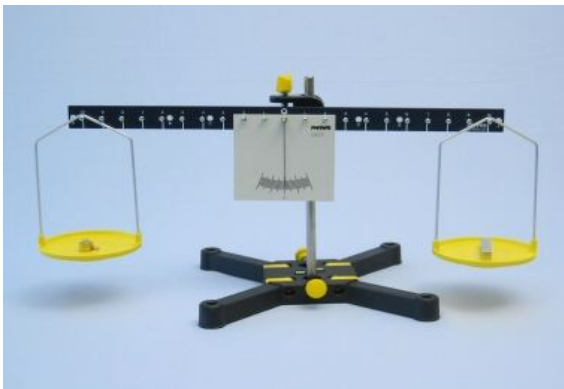


Рис. 9. Важільні терези

Зібрані важільні терези за допомогою комплекту з механіки мають вигляд, як показано на рис. 9.

Перед зважуванням переконайтесь, що терези зрівноважені. За потреби встановлюємо рівновагу. Для цього на більш легку шальку потрібно покласти шматок паперу, картону тощо. Тіло, що зважують, кладуть на ліву шальку, важки – на праву.

Хід виконання експерименту

1. Зрівноважте шальки терезів.
2. Ознайомтесь з комплектом важків. Покладіть на ліву шальку терезів тіло, масу якого треба

виміряти. Зрівноважте терези, поклавши на другу шальку належні важки з комплекту.

3. Визначимо масу дерев'яної, залізної і алюмінієвої пластинок. Результати занесіть до самостійно створеної таблиці.

4. Відповідно до п. 1–3 виміряйте масу порожньої склянки m_1 . Результати занесіть до самостійно створеної таблиці.

5. Не знімаючи склянку з шальки терезів, налейте в неї певну кількість води. Виміряйте масу склянки з водою m_2 . Результати занесіть в таблицю.

6. Обчисліть масу води в склянці

$$\Delta m = m_2 - m_1.$$

Результати занесіть в таблицю.

Контрольні питання

1. Що таке маса тіла?
2. Як за допомогою терезів з важками, склянки з водою, порожньої склянки та піпетки виміряти масу краплі води?
3. Як можна збільшити точність вимірювання на важільних терезах?

Прикладна фізика початку XXI ст. вийшла за межі штучних лабораторій та земних умов. До таких дослідів належать дослідження гравітаційного поля [7, с. 232–235].

Гравітаційне поле викривляє промені світла і радіохвилі, тобто мова йде про вплив гравітаційного поля на просторові координати, з допомогою якого описується траєкторія. У 1917 р. ідею дослідів запропонував А.Ейнштейн. Таке проявляється при проходженні світлового променя поблизу Сонця під час повного сонячного затемнення, коли диск Місяця повністю закриває диск Сонця (рис. 10).



Рис. 10

Якщо сфотографувати цю ж ділянку неба через півроку, то порівняння фотографій приведе до виявлення кутової відстані між сусідніми зірками. Якщо скористатись ньютонівською теорією гравітації: замінити фотон кулькою масою $m = \hbar \omega / c^2$, то кутова відстань дорівнюватиме $0,87''$.

Теоретичні обрахунки згідно з СТВ дали удвічі більший результат.

Згідно з ньютонівською теорією, гравітаційна сила діє на тіло у плоскому просторі-часі. Як результат має місце рух тіла по викривленій траєкторії: гіперболі, параболі, еліпсу тощо.

Згідно з СТВ, у разі слабого поля, коли $\Delta \varphi / \hbar^2 \gg 1$, ця теорія передбачає такий чотиримірний простір-час, що в ньому не лише час протікає по-різному в різних точках тримірного простору, але і сам тримірний простір викривлюється і не є

точно евклідовим. З іншого боку СТВ включає в себе принцип відповідності, згідно з яким у разі дуже слабого гравітаційного поля і швидкостей, набагато менших за швидкість світла, всі передбачення СТВ повинні співпадати з передбаченнями ньютонівської теорії. Це означає, що геодезичні повільні частинки, згідно з СТВ, майже не “відчують” кривизну тримірному простору. Але коли є геодезичні швидкі частинки фотони, врахування просторової кривизни є суттєвим. Тоді викривлення траєкторії фотонів (рис. 11) складається з двох ефектів: один пов'язаний із зміною ходу годинників, а другий – з кривизною простору.

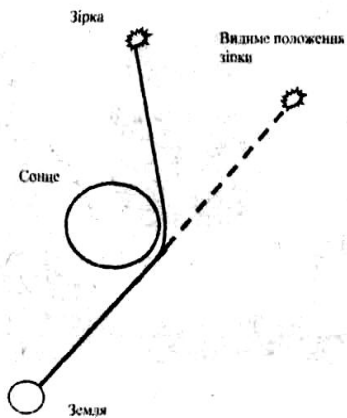


Рис. 11. Викривлення простору

Ці ефекти дають рівні відхилення, які складаються один з одним і приводять до подвоєння кінцевого результату. Отже, різниця у числовому виразі величини ефекту відіграє ключову роль. Кутове зміщення положення зірки θ_{aa} , згідно з обчисленнями А.Ейнштейна, дорівнює $\theta_{aa} = \frac{4G_s M_s R_s}{c^2 R_s} = \frac{1,75''}{\rho}$, де R_s і M_s відповідно радіус і маса Сонця, R – прицільна відстань, $\rho = R / R_s$.

Перевірку ефекту здійснили у 1919 р. Ф.Дайсон, А.Едінгтон і К.Девідсон і одержали результат близький до 1,75", але похибка складала 20%. Цього достатньо, щоб відхилити ньютонівську теорію і недостатньо для надійної перевірки СТВ. Удосконалення телескопів не привели до значного зменшення похибки: вона зменшилась до 10%. Це насамперед пояснюється дифракційними та іншими ефектами оптики.

Іншою проблемою природних лабораторій є дослідження чорних дірок та сильних гравітаційних полів.

Чорною діркою називають ту ділянку простору-часу, із якої жодний сигнал не може вийти назовні. Межі цієї ділянки простору-часу називаються горизонтом подій.

У 1795 р. Лаплас висунув точку зору, що коли діаметр зірки, що світиться, перевищує діаметр Сонця у 250 разів за умови, що густина зірки дорівнює густині Землі, то внаслідок притягання зірки жоден з випущених нею променів не зможе дійти до землі, відповідно не виключено, що найбільше тіло, що світиться, з цієї причини є невидимим.

Чорні діри мають такої сили гравітаційні поля, що навіть світло не може подолати їх гравітаційне тяжіння. За цих умов не можна застосовувати до теорії гравітації Ньютона поправки. Для їх опису використовується СТВ. Проте можливість існування чорних дірок закладена якраз у теорії тяжіння Ньютона. Наприклад, друга космічна швидкість (11,2 км/с) дає можливість пробній масі подолати гравітаційне поле гравітаційної маси M і полетіти за межі цього поля

$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Для порівняння сили гравітаційної

взаємодії, згідно з СТВ та ньютонівською, доцільно порівняти другу космічну швидкість з швидкістю

світла $\frac{v}{c} = \frac{1}{c} \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2GM}{c^2 R}}$. Якщо R близьке

до гравітаційного радіуса $r_g = \frac{2GM}{c^2}$, тоді друга космічна швидкість близька до швидкості світла. Це співвідношення знайшов у 1916 р. німецький вчений К.Шварцшільд.

У слабких гравітаційних полях хід годинника сповільнюється залежно від сили цього поля. При наближенні до гравітаційного радіуса чорної дірки з точки зору далекого спостерігача годинник взагалі зупиняється.

При наближенні світлового променя до чорної дірки він зазнає викривлення (рис. 12).

Коли відстань дорівнює $1,5 r_g$, то промінь може рухатись уже по колу. В цьому разі фотони можуть створювати ореол навколо чорної дірки.

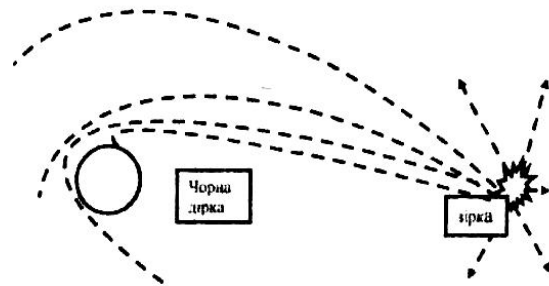


Рис. 12. Викривлення світлових променів у гравітаційному полі чорної дірки

Специфічною є небесна механіка чорних дірок. Найбільш імовірна еліптична орбіта чорної дірки за один оберт може прицесувати на досить великий кут. Тіла, які прилетіли з нескінченності, зокрема комети, можуть здійснити декілька обертів навколо чорної дірки і знову полетіти у нескінченність. Якщо орбіта тіл проходить близько до чорної дірки, вони падають всередину чорної дірки, посилаючи останній спалах. Роль гравітаційного випромінювання зростає пропорційно відношенню маси пробного тіла до маси чорної дірки.

У 1967 р. канадський фізик В.Ізраель показав, що, згідно з СТВ, чорні дірки, що не обертаються, повинні мати сферичну форму з розмірами залежно від маси.

Існують обертаючі чорні дірки, механіка яких відрізняється від тих, які не обертаються. У 1963 р. Р.Керр із Нової Зеландії знайшов розв'язки рівнянь СТВ, які описували чорні дірки, що обертаються. У таких чорних дірках діаметр збільшується по екватору і тим більше, чим більша швидкість її обертання. Із чорної дірки ні енергія, ні речовина не можуть вийти. Проте енергія обертання, яка є поза межами чорної дірки, міститься у вихровому гравітаційному полі і знаходиться поза горизонтом подій. Є різні фантастичні проекти черпання такої енергії.

У 1970 р. Б.Картер показав, що стаціонарна чорна дірка має вісь симетрії, як дзиґа, її розміри і форма будуть залежати лише від її маси і швидкості обертання. Через три роки Д.Робінсон із Лондона підтвердив припущення Б.Картера.

Із теорії зіркової еволюції відомо, що чорні дірки утворюються на пізніх стадіях еволюції зірок. Якщо маса такої зірки $M_{\text{кр}} \sim 2M_{\odot}$ чи більше, то ніяка сила тиску не може зупинити стискування зірки до того моменту, поки радіус зірки не досягне критичного гравітаційного r_g . Тоді ніякі сили не можуть протистояти гравітації. В теорії зірок визначено, що єдина можливість зірок не перетворитись на чорну дірку – “скинути” частину маси, після чого перетворитись на нейтронну зірку чи білий карлик. Таке на практиці з певною ймовірністю має місце. В нашій Галактиці визначено близько 1 млрд чорних дірок, які утворились із зірок, що вмерли.

Виявити чорну дірку важко. Їх розміри малі і відстань до них велика, виявити відхилення світлового променя малоімовірно, бо таке може зробити будь-яка масивна зірка. Все, що можна спостерігати в чорній дірці, – її гравітаційне поле. Таке поле може змінюватись у разі, коли на чорну

дірку падає друга чорна дірка або зірка. Тоді у просторі розповсюджується хвиля кривизни – гравітаційна хвиля. Нині формується гравітаційно-хвильова фізика, яка, можливо, в майбутньому стане джерелом інформації про чорні дірки.

Інший спосіб виявити чорну дірку полягає в тому, що як зонд вибирається міжзірковий газ. Падаючи під дією гравітаційного поля на чорну дірку, він нагрівається і випромінює енергію, ніби “кричить” перед тим, як зникнути у чорній дірці.

Радянський учений В.Ф.Шварцман запропонував шукати чорну дірку, використовуючи той факт, що, коли газ із міжзіркового середовища падає у чорну дірку магнітне поле зростає, виникає турбулентний рух, енергія якого перетворюється на тепло і висвічується назовні. Такі пошуки продовжуються. Останнім часом виникли гіпотези про існування білих дірок.

Висновки. Навчальний фізичний експеримент має важливе значення для активізації пізнавально-пошукової діяльності учнів з фізики і дозволяє при існуючому дефіциті навчального часу суттєво розширити і вплинути на хід і результати навчально-пізнавальної діяльності учнів, посилюючи роль самостійних досліджень і спостережень та використовуючи нове обладнання та комплекти з механіки, які є не менш важливими для формування цілісної системи фізичних знань та практичних умінь і навичок.

Перспективи подальших досліджень. Використання новітнього обладнання сприяє більш глибокому вивченню законів фізики, а також набуттю учнями практичних навичок у фізичному експерименті. Основне завдання вчителя – ефективно його використати для одержання найбільш позитивного результату у навчанні.

Література

1. Величко С. П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у середній школі / С. П. Величко. – Кіровоград, 1998. – 302 с.
2. Величко С. П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту : монографія / С. П. Величко, В. П. Вовкотруб. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 128 с.
3. Костюкевич Д. Я. Методичні засади шкільного фізичного експерименту / Д. Я. Костюкевич // Фізика та астрономія в школі. – 1998. – № 4. – С. 12–13.
4. Костюкевич Д. Я. Підвищення ефективності використання блоку ТЗН на уроках фізики / Д. Я. Костюкевич // Сучасний урок фізики. – К. : Рад. шк., 1985. – С. 142–151.
5. Круглик В. С. Сучасні підходи до використання інформаційно-комунікаційних технологій в навчанні / В. С. Круглик // Інформаційні технології в освіті : збірник наукових праць. – Вип. 2. – Херсон : Видавництво ХДУ, 2008. – 156 с.
6. Садовий М. І. Система фронтальних дослідів з комплектом приладів з механіки : методичні рекомендації (для викладачів, студентів та вчителів) / М. І. Садовий, Д. С. Лазаренко, Д. В. Соменко ; за ред. М. І. Садового. – Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. – 40 с.
7. Садовий М. І. Методика і техніка експерименту з оптики : посіб. для студ. вищ. пед. навч. закл. та вчит. / М. І. Садовий, В. П. Сергієнко, І. В. Попов. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Кіровоград : Сабоніт, 2008. – 253 с.