

**ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРИ ВИВЧЕННІ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ**

У статті розглядається проблема впровадження елементів комп'ютерного моделювання у процес вивчення механічних коливань у школі з метою розвитку інтелектуальних здібностей учнів.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, інтелектуальні здібності, механічні коливання.

Соціально-економічні й політичні зміни в суспільстві, зміцнення державності України, входження її у світове співтовариство неможливі без структурної реформи національної системи освіти. Наша держава чітко визначила орієнтир на входження в освітній простір Європи, здійснює модернізацію освітньої діяльності в контексті європейських вимог, дедалі наполегливіше працює над практичним приєднанням до Болонського процесу, визначальними завданнями якого є якість у підготовці фахівців, зміцнення довіри між суб'єктами освіти, відповідність європейському ринку праці, мобільність, сумісність кваліфікації на вузівському та післявузівському етапах підготовки, посилення конкурентоспроможності Європейської системи освіти. Однак забезпечити потрібну якість підготовки випускників можливо лише маючи підготовленого вступника [1].

Сьогодні в Україні у навчальних закладах різного рівня навчається багато здібної молоді. На жаль, в системі неперервної освіти практично не вироблені науково-методичні концепції наступності «школа (гімназія, лицей) → університет» та «обдарований учень → студент → аспірант → науковець». На цьому тлі дуже важливо не дати загубитися у масовому загальні таким особистостям, розвинути їхні здібності [2]. Тому основною метою державної політики в галузі освіти є створення умов для розвитку особистості і творчої самореалізації кожного громадянина України, оновлення змісту освіти та організації навчально-виховного процесу відповідно до сучасних науково-технічних досягнень.

На сучасному етапі у роботі школи дуже важливо забезпечити розвиток учня з урахуванням його індивідуальних особливостей; виробити вміння глибоко аналізувати явища; прищепити навички самостійної роботи та прагнення здобувати нові знання, навчити використовувати сучасні інформаційні технології. Розвиток особистості школяра, його мислення та інтелектуальних здібностей розглядається як передумова для творчої праці в період самостійної роботи і повинен здійснюватися засобами всіх навчальних предметів, зокрема фізики. Досягнення цієї мети дозволяє забезпечити міцні й усвідомлені знання виучуваного матеріалу; підготувати школярів до активної участі у виробничій діяльності; сформувати вміння самостійно поповнювати знання; втілювати в життя науково-технічні рішення; дати вищим навчальним закладам країни добре підготовлених абітурієнтів, здатних творчо опанувати обрану спеціальність. Проблеми здійснення розвиваючого навчання шляхом застосування інформаційних технологій при вивченні фізики приділяли увагу О.І.Бугайов, Ю.О.Жук, О.С.Зеленський, В.С.Коваль, А.М.Сільвейстр, І.О.Теплицький.

Проілюструємо шляхи використання сучасних інформаційних технологій при вивченні одного з розділів фізики – механічних коливань – з метою розвитку інтелектуальних здібностей учнів.

Усі здібності людини розвиваються в процесі діяльності. Це твердження – провідний принцип сучасної психології. Немає іншого шляху розвитку здібностей учнів, окрім організації їх активної діяльності. Вдале застосування прийомів і методів, що забезпечують високу активність школярів у навчанні, їхню самостійність у навчальному пізнанні, є засобом розвитку інтелектуальних здібностей школярів. Піклуючись

про розвиток учнів, потрібно враховувати і те, чи є використані прийоми і методи оптимальними, такими, що відповідають наявному розвитку учнів і задачі подальшого удосконалення їх пізнавальних умінь.

Застосовуючи ті чи інші методи і прийоми активізації, необхідно завжди враховувати наявний рівень розвитку пізнавальних здібностей учнів. Складні пізнавальні задачі можна пропонувати лише учням, які мають високий рівень розвитку пізнавальних здібностей. Задачі, не співвіднесені з рівнем розвитку пізнавальних сил учня, що перевищують його можливості, які висувають до нього вимоги, що значно випереджають рівень наявного в нього розвитку, не можуть відіграти позитивну роль у навчанні. Вони підривають в учнів віру в свої сили та здібності [3].

У навчальному процесі до творчих доцільно відносити всі ті завдання, принцип виконання яких не вказаний, а часто і не відомий учням явно. Він має бути сформульований ними самостійно, в ході аналізу завдання, на основі знань і досвіду, накопиченого при розв'язанні нестандартних задач [4]. Саме до таких пізнавальних задач відносяться комп'ютерні математичні моделі. Особливості методики застосування творчих завдань є наслідком психологічних та педагогічних особливостей протікання творчої діяльності учнів.

Перша особливість – це необхідність нової ідеї для розв'язання поставленої задачі. Новизна ідеї суб'єктивна, тобто ідея є новою тільки для учнів. Разом з тим вчитель, оскільки він знає можливий варіант розв'язку, завжди може й повинен вміти прийти на допомогу тим, для кого задача є неподоланною. Оскільки головне – це відшукати ідею, то повинні бути створені умови для індивідуальної самостійної роботи учнів. Друга особливість – це інтерес до поставленої задачі. Вчитель повинен зацікавити учнів, оскільки для інтуїтивного знаходження ідеї велике значення мають емоції. Для цього важливо правильно обрати творчу задачу та вміло провести заняття. Велике значення має активний інтерес до поставлених задач самого вчителя, його здатність відчувати радість творчості та передавати це відчуття учням. Інтерес та емоційна активність тісно пов'язані з успішністю творчої діяльності учнів. Це третя особливість творчих вправ. Це значить, що задача повинна бути складною, але посильною. Потрібно розпалити віру у свої здібності навіть у найслабших учнів. До цього є ряд умов [5]:

- слід перш за все впевнитись у тому, що всі попередні ступені оволодіння знаннями учнем успішно подолані, тобто учні засвоїли пройдений матеріал, розуміють зміст, пам'ятають формулювання означень і законів, формули та графіки, а також вміють усім цим користуватися для розв'язання найпростіших тренувальних задач;
- необхідно у кожному окремому випадку знайти спосіб непомітно допомогти тим, для кого задача виявилась неподоланною. Невелика підказка тут може мати вирішальне значення. Вдало наведений приклад, демонстрація досліду, вміло поставлене питання або думка, висловлена вголос, – все це може бути засобом допомоги учневі;
- обов'язково слід давати завдання у порядку зростання складності, починаючи з простих завдань або запитань. Цим вдається привабити увагу та викликати активність всієї групи;

- використовувати тільки ті завдання, для яких вчителю відомий хоча б один варіант правильного та цікавого розв'язання.

Для найбільш ефективної організації наукової творчості учнів необхідно враховувати особливості процесу наукової творчості, який, за В.Г.Разумовським, має циклічний характер та складається з наступних фаз: вихідні факти → гіпотеза → модель → наслідки → експериментальна перевірка → корекція гіпотези [4].

В системі шкільної освіти домінантою навчального предмету фізики є інтелектуальний розвиток учнів. На уроках фізики можна успішно розвивати такі компоненти мислення, як логічність, доказовість, цілісність сприйняття, гнучкість та самостійність, здатність до оцінювальних дій. Фізичний матеріал дозволяє формувати вміння, порівнювати явища і факти, узагальнювати й систематизувати їх, виділяти головне з усієї сукупності явищ або характерних рис. Розвиток учня забезпечують і методичні прийоми. Особливої уваги заслуговують ті з них, які перетворюють знання у вміння й одночасно направлені на розвиток творчої діяльності.

Процес отримання знань, а також умінь учнями на уроці повинен бути напрямлений на оволодіння методами і засобами, характерними для фізичної науки. Це одна з вимог програми з фізики, сформульована у пояснювальній записці до неї. Реалізації цих вимог сприяє широке використання теоретичних висновків та міркувань, збільшення об'єму самостійного експерименту учнів, комплексне використання сучасних інформаційних технологій. Все це виступає для вчителя як засоби, за допомогою яких він добивається запланованого результату. Разом з тим варто відмітити, що використані на уроці фізики методи пізнання дозволяють учневі вникнути у «лабораторію» вивчення оточуючого світу засобами даного предмету і, відповідно, вони направляють розвиток пізнавальної діяльності учнів.

Залучення учнів до творчого пошуку, їх активність йде від усвідомлення необхідності набуття тих знань й умінь, якими вони оволодівають. Одним із шляхів вирішення цього питання на уроках фізики є зв'язок вивчаного матеріалу з життям через показ використання отриманих ними знань в науці, техніці, виробництві та створення ситуацій, зрозумілих та близьких учням у відповідності до їх вікових особливостей.

Таким чином, для успішного розв'язання задач навчання, розвитку й виховання учнів на уроці фізики необхідно враховувати особливості його вивчення та можливості формування з його допомогою світогляду учнів, а також можливості розвитку мислення та інтелектуальних здібностей. Для вивчаного матеріалу вчитель проводить вибір методів пізнання, які використовуються у фізиці, або застосовує загальний цикл пізнання, а для забезпечення активної самостійної роботи учнів виявляє зв'язок теоретичних знань та практичних умінь з життям і розкриває значення діяльності учня на уроці [6].

Моделювання є одним з загальних методів наукового пізнання, який, поряд з абстрагуванням, аналізом, синтезом, індукцією, дедукцією використовують як на емпіричному, так і на теоретичному рівнях дослідження. Метод моделювання має ґрунтовні традиції у розвитку природознавства і, зокрема, фізики. Сьогодні поряд із відомими з часів Ньютона основними його гілками – техніко-експериментальною та теоретичною – набув широкого застосування порівняно новий метод дослідження, породжений сполученням обчислювальних машин і моделей. Він відомий як комп'ютерне моделювання.

Комп'ютерне моделювання знаходить застосування практично для будь-яких об'єктів (процесів, явищ), що можуть бути описані кількісно і подані у вигляді математичних співвідношень. Розглядаючи у найбільш загальних рисах структуру процесу моделювання, визначають такі її складові:

- актуалізація знань про об'єкт-оригінал;
- вибір інформаційної моделі з числа існуючих або створення такої моделі;
- дослідження моделі;
- перенесення даних, що їх було одержано при дослідженні моделі, на оригінал;
- перевірка істинності даних, одержаних за допомогою моделі і включення їх до системи знань про оригінал [7].

Можна помітити, що цей процес є віддзеркаленням об'єктивно існуючої закономірності, пов'язаної з циклічним характером наукової творчості.

Фізика – наука, в якій комп'ютерне моделювання є надзвичайно важливим методом дослідження. На сучасному етапі, вивчаючи фізику, вже мало використовувати комп'ютер лише для демонстрування надзвичайно швидких або повільних процесів, небезпечних для життя і здоров'я дослідів, дуже складних і дорогих установок. Складніше, але значно важливіше «навчитись вчити» комп'ютер моделювати фізичні процеси. Адже моделювання складає невід'ємну частину сучасної фундаментальної і прикладної науки. По важливості в останні роки воно наближається до традиційних експериментальних і теоретичних методів.

Комп'ютерне моделювання є методологічною основою роботи вчителя з розвитку інтелектуальних здібностей учнів. Використання його елементів на уроці дає змогу забезпечити індивідуальне навчання «у масовому порядку», включити в активну навчальну діяльність кожного школяра, дає великі можливості в реалізації проблемного навчання та формування творчого мислення школярів, готовності їх до творчої праці в умовах науково-технічного прогресу (та інформатизації суспільства) [8].

Вчення про коливальні процеси має велике значення в сучасній фізиці й техніці. Можна без перебільшення сказати, що майже немає такої галузі, де коливання не відігравали б ту чи іншу роль, не кажучи вже про оптику, радіотехніку і прикладну акустику. Важливою галуззю промисловості є техніка вібраційних механізмів і машин, що ґрунтується на теорії механічних коливань і хвиль. Все це зумовило потребу глибокого вивчення в шкільному курсі коливальних процесів.

Поняття про коливальний рух створюється на підставі узагальнення багатьох реально існуючих різноманітних видів цього руху. У житті учні досить часто зустрічаються з коливальними рухами в цілому їх комплексі, а в процесі вивчення фізики ці рухи розглядаються у розчленованому, доступному для вивчення вигляді. Тому для правильного формування поняття про коливальний рух треба поступово розглядати окремі випадки цього руху і пояснювати його характерні ознаки [9].

Найпростішим з коливальних рухів є гармонічний коливальний рух, тому саме з нього і розпочинають вивчення механічних коливань. При розгляді гармонічного коливального руху можна найбільш просто ввести основні поняття й величини, що характеризують коливальні рухи. Варто тільки підкреслити, що гармонічні коливання є певною ідеалізацією реальних коливань. Теорія гармонічних коливань використовується в усіх розділах фізики: в теорії пружності, в кінетичній теорії будови матерії, в акустиці й оптиці, у вченні про електрику, в теорії атома.

Діючою програмою вивчення теми «Механічні коливання і хвилі» передбачено, зокрема, у дев'ятих класах із профільним вивченням фізики. При вивченні цієї теми вчитель ставить задачу: розкрити учням одну із світоглядних ідей, а саме співвідношення теорії й практики у процесі пізнання. Розв'язання цієї задачі дозволяє формувати в учнів впевненість в об'єктивності наших знань про оточуючий світ. На кожному занятті вчитель реалізує один з аспектів даної задачі. При знайомстві з коливальним процесом підкреслюють, що фізична теорія, теорія коливань, отримує від

експериментатора реально спостережувані властивості та пояснює їх. При вивченні математичного й пружинного маятників вказують на єдність фізичної картини світу. Цьому сприяє показ різних процесів коливань та їх опис за допомогою однакових рівнянь. Розгляд геометричної моделі пов'язують зі значенням знакової моделі як засобу пізнання явищ. Далі звертають увагу на те, що властивості отриманих функцій відповідають відомим експериментальним даним, тобто розкривають співвідношення основних положень теорії та експериментальних даних. Під час розв'язування задач можна показати, як використовується апарат теорії для опису додаткових фактів, тобто вказати границі поширення основних положень теорії на експериментальні факти. В сукупності розв'язання кожної з виділених задач формує в учня переконання у доказовості й об'єктивності наших знань про світ [6].

На нашу думку, вивчення даної теми доцільно здійснювати з використанням комп'ютерного моделювання. Такий підхід дозволяє збагатити методи навчання, забезпечити можливості всебічного пізнання учнями об'єктивної істини, виховувати у школярів фізичне мислення, формувати вміння і навички самостійно висувати завдання і творчо їх розв'язувати. Комп'ютерне моделювання, яке легко вписується у традиційний урок, дає вчителю можливість «глибше розкрити на уроці зміст фізичних понять, ознайомити учнів із сучасною експериментальною базою фізики, розкрити важливе значення методів дослідження фізичних явищ і процесів, озброїти школярів системою фізичних знань у тісному зв'язку з методами наукових досліджень» [7, с.8].

Учителям добре відомо, які труднощі становить для учнів засвоєння величин, які характеризують коливальний рух, особливо, коли користуватись лише математичним апаратом та аналогіями, які не унаочнені певними експериментами. Певною мірою це можна пояснити тим, що учні на цей час ще не мають достатнього досвіду написання рівнянь та побудови графіків тригонометричних функцій. Вирішити цю проблему можна, створюючи найпростіші комп'ютерні моделі механічних коливань за допомогою педагогічного програмного засобу GRAN1, одним з основних призначень якого є аналіз функціональних залежностей. При цьому створення моделей потребує мінімальних зусиль й прийнятних витрат часу.

Тіло може брати участь у декількох коливальних рухах одночасно. Наприклад, пружинний маятник, який знаходиться на кораблі, здійснює, окрім власних, ще й коливання разом з кораблем на морських хвилях. Відносно нерухомої системи координат маятник здійснює складний, але знов-таки коливальний рух.

Нехай тіло бере участь одночасно у двох гармонічних коливальних рухах, які відбуваються в одному напрямі з однаковою частотою, але з різними початковими фазами й амплітудами:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= a_1 \cos(\omega t + \varphi_{01}) \\ x_2 &= a_2 \cos(\omega t + \varphi_{02}) \end{aligned} \right\}$$

Очевидно, рівняння результуючого коливання буде мати вигляд:

$$x = x_1 + x_2 = a \cos(\omega t + \varphi_0),$$

$$\text{де } a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2\cos(\varphi_{02} - \varphi_{01}),$$

а початкова фаза φ_0 визначається співвідношенням:

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{a_1 \sin \varphi_{01} + a_2 \sin \varphi_{02}}{a_1 \cos \varphi_{01} + a_2 \cos \varphi_{02}}$$

Таким чином, тіло, беручи участь у двох гармонічних коливаннях, які відбуваються в одному напрямі з однаковою частотою, здійснює гармонічне коливання у тому ж напрямку й з тією ж частотою, що і складові коливання.

При цьому величина амплітуди результуючого коливання залежить від зсуву фаз $\varphi_{02} - \varphi_{01}$ складових коливань. Якщо зсув фаз між складовими коливаннями дорівнює нулю або $2n\pi$, де n — ціле число, то

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1a_2 = (a_1 + a_2)^2,$$

звідки $a = a_1 + a_2$, тобто при зсуві фаз $\varphi_{02} - \varphi_{01} = 2n\pi$, де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, амплітуда результуючого коливання дорівнює сумі амплітуд складових коливань. Якщо $a_1 = a_2$, то амплітуда результуючого коливання $a = 2a_1 = 2a_2$, тобто амплітуда у результаті додавання коливань подвоюється.

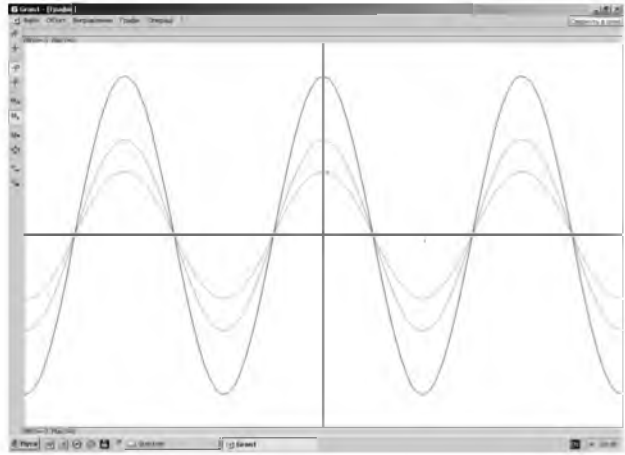


Рис. 1. Графік додавання двох коливань одного напрямку та однакової частоти, якщо $\Delta\varphi = 0$

Якщо зсув фаз дорівнює непарному числу π , то $\varphi_{02} - \varphi_{01} = (2n + 1)\pi$, де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, то

$$a^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2 = (a_1 - a_2)^2,$$

або $a = |a_2 - a_1|$, оскільки за змістом $a > 0$.

При різниці фаз $\varphi_{02} - \varphi_{01} = (2n + 1)\pi$, де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, амплітуда результуючого коливання дорівнює абсолютному значенню різниці амплітуд складових коливань. Коливання послаблюють одне одне.

Якщо $a_1 = a_2$, то амплітуда результуючого коливання $a = 0$. У цьому випадку тіло залишається у спокої, коливання гасять одне одне.

Оскільки

$$\begin{aligned} -1 &\leq \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \leq 1, \text{ то} \\ |a_2 - a_1| &\leq a \leq a_2 + a_1. \end{aligned}$$

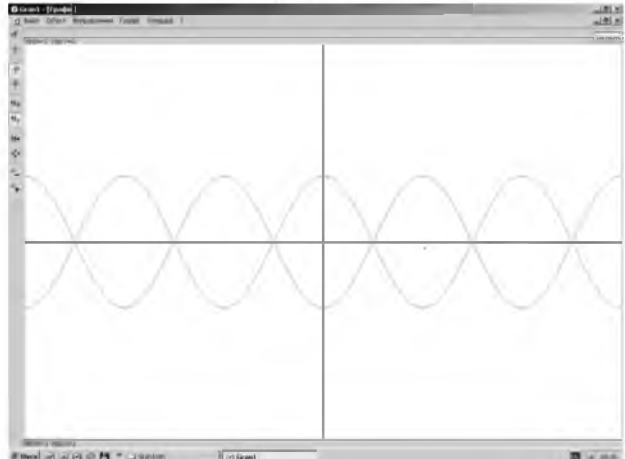


Рис. 2. Графік додавання двох коливань одного напрямку та однакової частоти, якщо $\Delta\varphi = \pi$

Якщо зсув фаз дорівнює непарному числу $\frac{\pi}{2}$,

тобто $\varphi_{02} - \varphi_{01} = \frac{2n+1}{2}\pi$, де $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, $a^2 = a_1^2 + a_2^2$ та $a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$.

На рисунках 1-3 зображені графіки складових та результуючого (темніша лінія) коливань для випадків додавання двох коливань одного напрямку та однакової частоти з різними зсувами фаз $\Delta\varphi$. Графіки результуючих коливань отримані шляхом алгебраїчного до-

давання зміщень у відповідних коливаннях, що відповідають одному моменту часу.

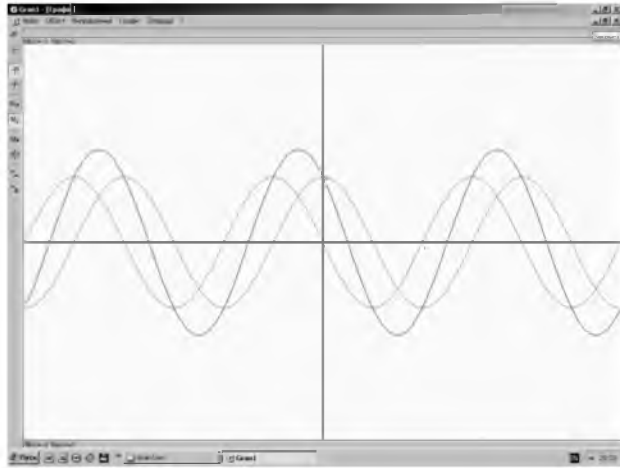


Рис. 3. Графік додавання двох коливань одного напрямку та однакової частоти, якщо $\Delta\varphi = \pi/2$

Якщо складові гармонічні коливання мають однакові напрямки, але різні періоди, то результуюче коливання негармонічне. Розглянемо випадок додавання двох гармонічних коливань, які здійснюються в одному напрямку. У випадку, коли частота ω_1 мало відрізняється від ω_2 , виникає явище, яке носить назву биття. Щоб уявити собі процес виникнення биття, покладемо, що два коливання однакової амплітуди та майже однакової частоти у початковий момент співпадають по фазі. В цей момент коливання відбуваються з подвоєною амплітудою. Потім фази коливань повільно розходяться і через деякий час зсув фаз між коливаннями досягає величини π . У цей момент коливання гасять одне одне і амплітуда результуючого коливання дорівнює нулю. Продовжуючи зростати, зсув фаз досягає 2π і амплітуда результуючого коливання знову виявляється рівною подвоєній амплітуді складових коливань. На *рисунку 4* зображено виникнення биття, тобто періодичної зміни амплітуди при додаванні двох коливань близької частоти.

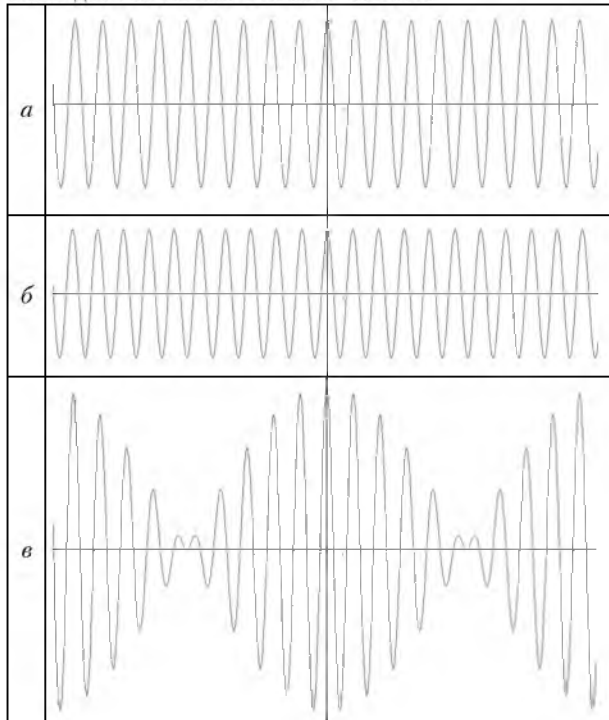


Рис. 4. Додавання двох коливань з близькими частотами. Нижня крива зображує результуюче коливання (биття)

Якщо додаються декілька коливань одного напрямку, частоти яких кратні частоті найбільш повільного з

них, то очевидно, періоди всіх коливань вкладаються ціле число разів у період найбільш повільного коливання. Результуюче коливання має той період, що й найбільш повільне, але форма його більш складна (*рис. 5*).

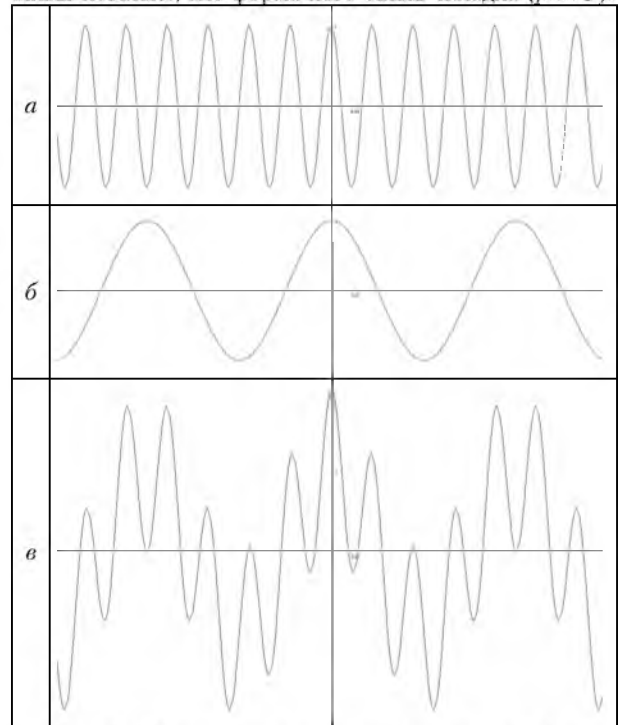


Рис. 5. Додавання двох коливань з кратними періодами

Розглянемо випадки додавання взаємно перпендикулярних коливань. Нехай два гармонічні коливання з однаковими частотами (періодами), початковими фазами, але з різними амплітудами здійснюються вздовж осей x та y . Перше коливання здійснюється за законом $x = a_1 \cos \omega t$, а друге — $y = a_2 \cos \omega t$. Якщо перше рівняння поділити на друге

$$\frac{x}{y} = \frac{a_1}{a_2},$$

то знайдемо зв'язок між зміщеннями y та x :

$$y = \frac{a_2}{a_1} x.$$

Це рівняння прямої, що проходить через початок координат. Можна зробити висновок: у розглядуваному випадку результуюче коливання здійснюється вздовж прямої, що проходить через початок координат і нахилена до осі x під кутом α , який можна знайти із

співвідношення $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_2}{a_1}$. Результуюче коливання є

також гармонічним. Його зміщення у будь-який момент часу можна знайти за теоремою Піфагора: $s = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \cos \omega t$.

Досить простий випадок має місце, коли фази подаваних коливань відрізняються на $\frac{\pi}{2}$ (частоти, як і

раніше, є однаковими). У такому разі рух точки здійснюється по еліпсу з півосями a_1 і a_2 . Коли амплітуди додаваних коливань однакові ($a_1 = a_2 = a$), то рух точки здійснюється по колу радіусом a . Коли частоти додаваних коливань різні, то рух точки здійснюється вздовж різних траєкторій складної конфігурації [10]. Ці траєкторії називають фігурами Лісажу.

На *рисунку 6* зображені фігури Лісажу для різного співвідношення частот та різних зсувів фаз.

Використання на уроці фізики методу комп'ютерного моделювання у сукупності з іншими методами навчання дозволяє дотриматись основних дидактичних принципів: науковості — через відображення у змісті

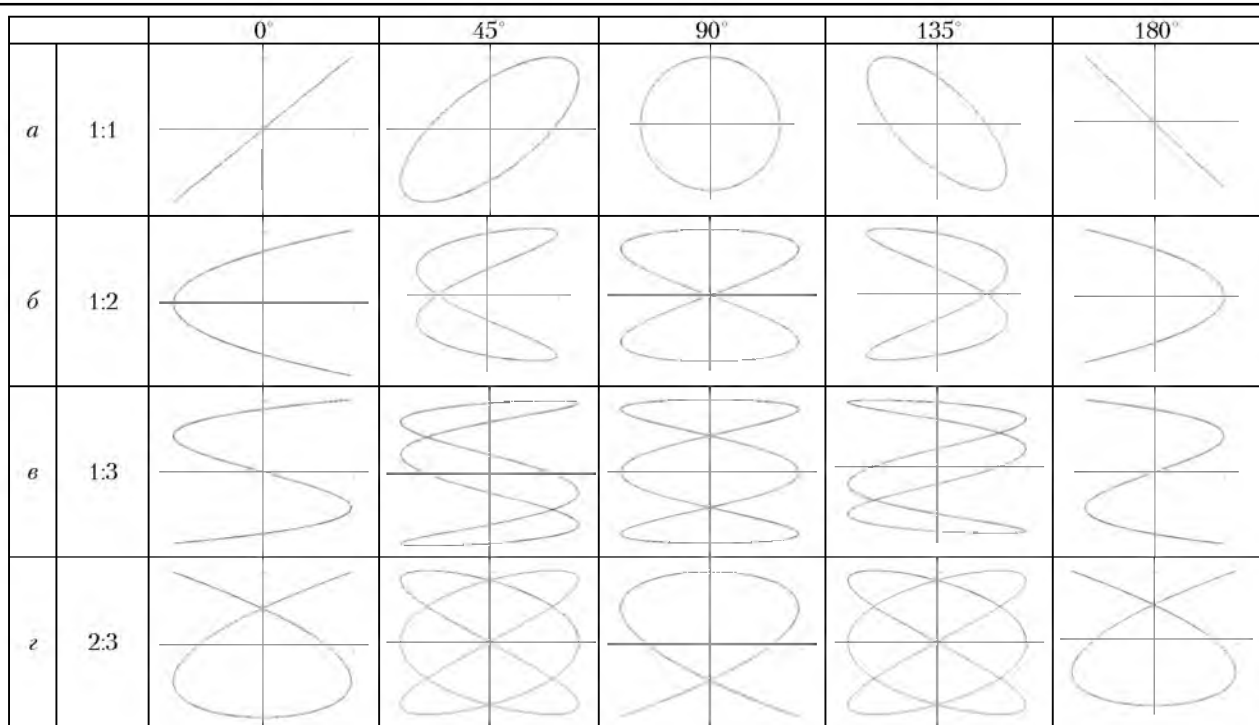


Рис. 6. Фігури Лісажу при співвідношенні частот 1:1, 1:2, 1:3, 2:3, зображені через 45° зсуву фаз

освіти сучасних науково достовірних знань, знайомство з основами науково-дослідницької роботи; доступності — через поєднання наукового та емпіричного; наочності — шляхом використання комп'ютера як засобу наочності; самостійності й активності — через створення умов для прояву пізнавальної самостійності й творчої активності під час навчання. При використанні у навчальному процесі елементів комп'ютерного моделювання може бути посилена ефективність таких значущих факторів розвитку інтелектуальних здібностей учнів, як розвиток мотивації, посилення інтересу, в тому числі до способів отримання знань; розвиток мислення, розумових здібностей учнів; індивідуалізація і диференціація навчання; перевага активних методів навчання; оволодіння сучасними методами наукового пізнання, пов'язаними з використанням комп'ютерів. Це зумовлює великі перспективи даного методу у процесі навчання фізики в школі. Тому видається доцільним подальше дослідження в цьому напрямку.

Список використаних джерел:

1. *Основні засади розвитку вищої освіти України в контексті Болонського процесу (документи і матеріали 2003-2004 рр.)* / За редакцією В.Г. Кременя. Авторський колектив: М.Ф.Степко, Я.Я.Болубаш, В.Д.Шинкарук, В.В.Грубінко, І.І.Бабин. — Тернопіль: Вид-во ТДПУ імені В.Гнатюка, 2004. — 147 с.
2. *Єчкало Ю.В., Теплицький І.О.* Комп'ютерна підтримка курсу фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 3: В 3-х томах. — Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2003. — Т.2: Теорія та методика навчання фізики. — С.94-100.
3. *Іванова Л.А.* Активізація пізнавальної діяльності учасників при вивченні фізики. Посібник для учителів. — М.: Просвещение, 1983. — 160 с.: ил.
4. *Разумовский В.Г.* Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. Посobie для учителей. — М.: Просвещение, 1975. — 324 с.
5. *Методика факультативных занятий по физике: Посobie для учителей / О.Ф.Кабардин, С.И.Кабардина, В.А.Орлов и др.; Под ред О.Ф.Кабардина.* — М.: Просвещение, 1980. — 191 с., ил.
6. *Ершова Л.И.* Урок физики и его структура при комплексном решении задач обучения: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1988. — 160 с.: ил.
7. *Теплицький І.О.* Елементи комп'ютерного моделювання: Навчальний посібник. — Кривий Ріг: КДПУ, 2005. — 208 с.
8. *Єчкало Ю.В.* Комп'ютерне моделювання як засіб реалізації міжпредметних зв'язків курсу фізики // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: Збірник наукових праць. Випуск 4: В 3-х томах. Т. 2: Теорія та методика навчання фізики. — Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2005. — С.125-128.
9. *Гончаренко С.У., Розенберг М.Й.* Методика навчання фізики в середній школі. Коливання і хвилі. Оптика. Теорія відносності. Фізика атомного ядра. — К.: Рад. школа, 1974. — 230 с.
10. *Коршак Є.В.* та ін. Фізика, 9 кл.: Підруч. для серед. загальноосвіт. шк. / Є.В.Коршак, О.І.Ляшенко, В.Ф.Савченко. — Київ; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002. — 232 с.: ил.

In this article is examined f problem of inculcation of elements of computer modeling in a process of learning mechanical vibration for development of intellectual abilities of pupils.

Key words: computer modeling, intellectual abilities, mechanical vibration.

Отримано: 19.05.2005.