УДК 53:378.147 (045)

О.М. Горіна, *канд. пед. наук*
(Національний університет "Львівська політехніка")

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ ЯК БАЗИС ЕФЕКТИВНОЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Розглядається питання про формування якісно структурованих методичних вказівок до розв'язування задач із курсу загальної фізики. Доведено на практиці, що основою методичних вказівок мають бути загальні алгоритми розв'язку задач з конкретних фізичних тем. Як приклад представлено основу методичних вказівок до розв'язування задач із розділу "Механічні коливання і хвилі". Зроблено висновок, що методичні вказівки до розв'язування задач при якісному їх формуванні можуть стати базисом ефективної самостійної роботи студентів при вивченні курсу загальної фізики.

Ключові слова: самостійна робота, студент, фізична задача, методичні вказівки.

Якість, глибина засвоєння теоретичних знань студентами, розвиток їхньої активності, самостійності, творчості залежать не тільки від того, як організований навчальний процес, які методи навчальної роботи використовують викладачі, а й від того, як організовують самостійну навчальну роботу самі студенти.

Практика викладацької діяльності в НУ "Львівська політехніка" та наукові дослідження [1, 2] дають змогу стверджувати, що рівень навиків самостійного навчання студентів-першокурсників цього вузу недостатньо високий. Підтвердженням цього є аналіз результатів анкетування студентів. Зокрема, за результатами анкетування до 42% студентів, які навчаються на будівельних спеціальностях, не вміють планувати та організовувати свою самостійну роботу. До основних причин, які негативно впливають на самостійне навчання, студенти відносять нестачу посильних методичних вказівок (31%), відсутність власного доброго конспекту (23%), відсутність особистих підручників (10%).

Аналіз отриманих результатів анкетування привернув нашу увагу до потреби вирішення ряду питань, пов'язаних із формуванням посильних для студентів, якісно структурованих методичних вказівок.

Методичні вказівки – це навчальне або виробничо-практичне видання роз'яснень з певної теми, розділу або питання навчальної дисципліни, роду практичної діяльності, з методикою виконання окремих завдань, певного виду робіт, а також заходів [3, с. 7].

В найкращому випадку, методичні вказівки до розв'язування задач з курсу фізики містять інструкції щодо виконання індивідуальних і самостійних завдань; питання, тести для самоконтролю; довідково-інформаційні дані для розв'язання задач (таблиці, схеми тощо); список рекомендованої літератури. Однак, ні в методичній літературі, ні в матеріалах електронного дидактичного комплексу не знайти вичерпної відповіді на питання чи методичні вказівки такого роду сприяють ефективній самостійній навчальній роботі студентів.

Враховуючи, що основне завдання методичних вказівок полягає в допомозі студентам у формуванні та вдосконаленні вмінь розв'язувати фізичні задачі, в їх основі, на нашу думку, повинні бути закладені загальні алгоритми розв'язку задач з конкретної фізичної теми.

Робота в цьому напрямку привела до створення методичних вказівок з низки фізичних тем. З урахуванням того, що методичні вказівки мають допомагати студентам засвоювати загальні принципи та схеми розв'язування фізичних задач, в основу кожної з них лягли алгоритми розв'язку задач із даної фізичної теми. Як приклад, нижче представлено алгоритми розв'язку задач із розділу "Механічні коливання і хвилі", які лежать в основі однойменних методичних вказівок.

1. Задачі з кінематики коливного руху розв'язуються в основному порівнянням даних, заданих в умові задачі, із загальними формулами. Зокрема, нехай відповідно до умови задачі зміщення x матеріальної точки, що здійснює гармонічні коливання вздовж осі OX відносно початку координат, змінюється з часом за законом: $x = 0{,}02 \cos (100t)$ *м*. Порівнюючи цей вираз із виразом $s = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, що описує вільні гармонічні коливання коливної величини s, робимо висновок: а) амплітуда коливань $A = 0{,}02$ *м*; б) циклічна частота коливань $\omega_0 = 100\ c^{-1}$; в) початкова фаза коливань $\varphi_0 = 0$. Отримані параметри коливного руху дозволяють знайти інші невідомі величини.

2. Для визначення швидкості, а надалі і кінетичної енергії коливної системи, необхідно знайти першу похідну за часом від коливної величини s. Якщо $s = A\cos(\omega_0 t + \varphi_0)$, то $\upsilon = \frac{ds}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$. Щодо згасаючих гармонічних коливань, то залежність s від часу є більш складною: $s = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$. При знаходженні першої похідної за часом від s, у випадку малих згасань, множник $e^{-\delta t}$ можна розглядати як сталу, оскільки він змінюється з часом значно повільніше ніж множник $\sin(\omega t + \varphi_0)$. Саме тому, для таких коливань швидкість коливної системи: $\upsilon = \frac{dx}{dt} = -A_0\omega\, e^{-\delta t} \sin(\omega t + \varphi_0)$.

3. Для розв'язування ряду задач на механічні коливання необхідне знання основних тригонометричних формул та значень тригонометричних функцій для певних кутів. При виникненні такої необхідності рекомендується користуватися математичним довідником.

4. Вільні коливання механічної системи можуть здійснюватися під дією повертаючої пружної (квазіпружної) сили або повертаючого моменту пружної (квазіпружної) сили.

4.1. Для деяких задач на вільні коливання механічної системи доцільно знаходити їх розв'язок виходячи з розгляду повертаючої пружної (квазіпружної) сили, що пропорційна зміщенню x і напрямлена до положення рівноваги. До таких сил можна віднести:

Силу пружності, що виникає після того, як систему додатково змістити на величину x від положення рівноваги: $F = -kx$, де k – коефіцієнт пропорційності між пружною силою і зміщенням x (коефіцієнт жорсткості). Сила пружності, як пружна сила, розглядається при розв'язуванні задач на коливання пружинного маятника.

Силу Архімеда, що виникає після додаткового занурення тіла в рідину на глибину x: $F_A = -\rho_{рід} gSx$, де $k = \rho_{рід} gS$ – коефіцієнт пропорційності між квазіпружною силою і зміщенням x, а S – площа поперечного перерізу тіла. Архімедова сила, як квазіпружна сила, розглядається при розв'язуванні задач на коливання тіла у рідині.

Силу тиску стовпчика рідини висотою $h = 2x$, що виникає після того, як рідину в $\bigcup$ – подібній посудині вивести з положення рівноваги (одну з вільних поверхонь рідини змістити на відстань x вище від рівня нерухомої рідини, а другу – на відстань x нижче рівня нерухомої рідини): $F = -2\rho_{рід} gSx$, де $k = 2\rho_{рід} gS$ – коефіцієнт пропорційності між квазіпружною силою і зміщенням x, а S – площа поперечного перерізу кожного із колін посудини. Сила тиску, як квазіпружна сила, розглядається при розв'язуванні задач на коливання рідин в сполучених посудинах.

4.2. Щодо розв'язування задач на коливання механічної системи під дією повертаючого моменту пружної (квазіупружної) сили пропорційного до кута закручування (відхилення) φ, то потрібно пам'ятати таке:

- Повертаючий момент, що створений силою пружності, яка виникає при деформації кручення підвіски маятника: $M = -f\varphi$, де f – коефіцієнт пропорційності між моментом пружної сили і кутом закручування маятника φ (модуль кручення дротини). Розглядається при розв'язуванні задач на коливання крутильного маятника.

- Повертаючий момент, що створений тангенціальною складовою сили тяжіння, яка виникає при відхиленні маятника від положення рівноваги: $M = -F_\tau l = -mgl\sin\varphi = -mgl\varphi$ (якщо кут відхилення φ малий, тоді $\sin\varphi \approx \varphi$), де $f = mgl$ – коефіцієнт пропорційності між моментом квазіпружної сили і кутом відхилення маятника φ. Розглядається при розв'язуванні задач на коливання фізичного маятника (l – відстань між центром підвісу і центром маси маятника) та математичного маятника (l – довжина маятника).

4.3. Рекомендований загальний алгоритм розв'язування задач на вільні коливання механічної системи, що здійснюються під дією повертаючої сили або повертаючого моменту сили:

- Розглянути мале зміщення x чи малий кут закручування (відхилення) φ механічної системи від положення рівноваги і визначити пружну (квазіпружну) силу або момент пружної (квазіупружної) сили, що прагнуть повернути систему в положення рівноваги. Ця сила або момент сили будуть прямо пропорційні зміщенню x або куту закручування (відхилення) φ.

- Знайдений коефіцієнт пропорційності між силою і зміщенням ототожнити з k, а у випадку повертаючого моменту сили – з f.

- Коефіцієнти пропорційності надалі використати для визначення циклічної частоти ω_0, або періоду T, відповідно до таких співвідношень:

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ – циклічна частота гармонічних коливань під дією пружної (квазіпружної) сили, де m – маса тіла, k – коефіцієнт пропорційності між силою і зміщенням механічної системи;

$\omega_0 = \sqrt{\frac{f}{J}}$ – циклічна частота гармонічних коливань під дією повертаючого моменту, створеного пружною (квазіпружною) силою, де J – момент інерції механічної системи відносно осі коливань, f – коефіцієнт пропорційності між моментом сили і кутом закручування (відхилення) маятника φ:

$\omega_0 = \sqrt{\frac{f}{J}} = \sqrt{\frac{mgl}{J}}$ – циклічна частота гармонічних коливань фізичного маятника, де l – відстань між центрами підвісу і центром маси маятника, J – момент інерції маятника відносно горизонтальної осі, що проходить через центр його підвісу, m – маса маятника;

$\omega_0 = \sqrt{\frac{f}{J}} = \sqrt{\frac{mgl}{ml^2}} = \sqrt{\frac{g}{l}}$ – циклічна частота гармонічних коливань математичного маятника, де $J = ml^2$ – момент інерції маятника відносно горизонтальної осі, що проходить через центр його підвісу, l – довжина маятника, g – прискорення вільного падіння;

$T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ – період коливань.

5. Задачі на вільні та згасаючі механічні коливання є частковим випадком основних задач механіки, тому їх можна також розв'язувати динамічним методом.

Суть динамічного методу полягає в такому:

5.1. Якщо система здійснює вільні гармонічні коливання то, розглянувши сили, що діють на механічну систему, необхідно до опису її руху застосувати другий закон Ньютона і отримати частковий вигляд диференціального рівняння вільних гармонічних коливань. Співставляючи це рівняння із загальним диференціальним рівнянням вільних гармонічних коливань $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0,$ ототожнити вираз, що знаходиться біля зміщення x у частковому диференціальному рівнянні із ω_0^2. Визначивши циклічну частоту вільних гармонічних коливань ω_0, знайти, залежно від завдання, амплітуду швидкості ($\upsilon_{\max} = A\omega_0$), амплітуду прискорення ($a_{\max} = A\omega_0^2$), повну енергію коливної системи ($E = \frac{1}{2} m\omega_0^2 A^2$) і т. д.

5.2. Якщо система здійснює згасаючі гармонічні коливання то, розглянувши сили, що діють на механічну систему, потрібно як і в 5.1 для опису її руху записати другий закон Ньютона в диференціальній формі. Використовуючи його, отримати частковий вигляд диференціального рівняння згасаючих гармонічних коливань. Співставляючи отримане рівняння із загальним диференціальним рівнянням згасаючих гармонічних коливань $\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$ ототожнити вираз, що знаходиться біля зміщення x у частковому диференціальному рівнянні із ω_0^2. Визначивши циклічну частоту вільних гармонічних коливань ω_0, знайти, залежно від завдання, циклічну частоту згасаючих коливань ($\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$, де $\delta = \frac{r}{2m}$ – коефіцієнт згасання, r – коефіцієнт опору середовища), період згасаючих коливань ($T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$), декремент згасання ($D = \frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\delta T}$, де $A(t)$ і $A(t+T)$ – амплітуди двох послідовних коливань), логарифмічний декремент згасання ($\lambda = \ln D = \delta T$) і т. д.

5.3. Рекомендований загальний алгоритм розв'язування задач на вільні і згасаючі коливання механічної системи динамічним методом.

- Розглянути сили, що діють на механічну систему та записати другий закон Ньютона в диференціальній формі для коливної системи.

- Використовуючи другий закон Ньютона, одержати частковий вигляд диференціального рівняння вільних (згасаючих) гармонічних коливань.

- Співставити частковий вигляд диференціального рівняння із загальним диференціальним рівнянням вільних (згасаючих) гармонічних коливань та ототожнити величину, що стоїть біля зміщення x в частковому диференціальному рівнянні із ω_0^2.

- Визначити циклічну частоту вільних гармонічних коливань ω_0.

- Знайти інші шукані фізичні величини.

6. При розв'язуванні задач на вимушені коливання механічної системи, найчастіше використовують такі типові співвідношення:

$A = \dfrac{F_0}{m\sqrt{\left(\omega_0^2 - \Omega^2\right)^2 + 4\delta^2\Omega^2}}$ – амплітуда усталених вимушених коливань, де Ω – частота змушувальної сили, δ – коефіцієнт згасання, F_0 – амплітуда змушувальної сили, m – маса механічної системи;

$tg\varphi = \dfrac{2\delta\,\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$ – зсув фаз між зміщенням і змушувальною силою;

$A_p = \dfrac{F_0}{2\delta m\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$ – резонансна амплітуда коливань;

$\Omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}$ – резонансна частота.

Для визначення циклічної частоти ω_0, необхідно використовувати формули, що наведені в 4. 3, залежно від умови задачі.

7. Розв'язування деяких задач можна звести до знаходження періоду коливань математичного маятника:

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{lR^2}{GM}}$ – період коливань математичного маятника довжиною l біля поверхні планети масою M, радіусом R ($g = G\dfrac{M}{R^2}$ – прискорення вільного падіння біля поверхні планети, G – гравітаційна стала);

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g_h}} = 2\pi\sqrt{\dfrac{l(R+h)^2}{GM}}$ – період коливань математичного маятника на висоті h від поверхні планети ($g_h = G\dfrac{M}{(R+h)^2}$ – прискорення вільного падіння на висоті h від поверхні планети);

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g \pm a}}$ – період коливань математичного маятника в системі координат, що рухається з прискоренням a вгору (+) та вниз (-);

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$ – період коливань математичного маятника в системі координат, що рухається горизонтально з прискоренням a;

$T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g \pm \dfrac{qE}{m}}}$ – період коливань математичного маятника в електричному полі напруженістю E, що спрямоване вертикально вниз (+) та вгору (-), де m – маса тіла, q – додатний заряд тіла.

8. При розв'язуванні багатьох задач на коливання пружинного маятника необхідно вміти визначати результуючу жорсткість пружин, що з'єднані паралельно (послідовно):

$k_{пар.} = \sum_{i=1}^{N} k_i$ – жорсткість N сполучених паралельно між собою пружин;

$\dfrac{1}{k_{пос.}} = \sum_{i=1}^{N}\dfrac{1}{k_i}$ – жорсткість N сполучених послідовно між собою пружин.

9. Рівняння плоскої хвилі, що поширюється у додатному напрямку осі OX, має вигляд

$\xi(x,t) = A\sin(\omega t - kx + \varphi_0)$ або $\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0 + \dfrac{\pi}{2}) = A\cos(\omega t - kx + \phi_0)$, де $\omega = \dfrac{2\pi}{T}$ – циклічна частота; $k = \dfrac{2\pi}{\lambda} = \dfrac{2\pi}{\upsilon T}$ – хвильове число; λ – довжина хвилі; υ – фазова швидкість поширення хвилі. Залежно від умови задачі, рівняння плоскої хвилі можна записати також у такому вигляді: $\xi(x,t) = A\sin\left[\omega\,(t - \dfrac{x}{\upsilon}) + \varphi_0\right]$.

10. При розв'язуванні задач на поширення механічної (пружної) хвилі в середовищі важливим є те, що при переході з одного середовища в інше змінюється довжина хвилі λ, однак частота хвилі ν залишається сталою:

$\nu = \dfrac{\upsilon_1}{\lambda_1} = \dfrac{\upsilon_2}{\lambda_2} = const$, де υ_1 і υ_2 – швидкості поширення хвиль в середовищі; λ_1 та λ_2 – відповідні довжини хвиль;

11. Швидкість поширення поздовжньої (у твердих, рідких, газоподібних середовищах) і поперечної (у твердих середовищах) механічних хвиль визначається за формулами:

$\upsilon = \sqrt{\dfrac{E}{\rho}}$ – швидкість поширення поздовжньої хвилі, де E – модуль Юнга; ρ – густина середовища;

$\upsilon = \sqrt{\dfrac{G}{\rho}}$ – швидкість поширення поперечної хвилі, де G – модуль зсуву, ρ – густина середовища.

12. При розв'язуванні задач на стоячу хвилю необхідно враховувати, що довжина стоячої хвилі λ:

- чисельно дорівнює відстані між двома сусідніми пучностями (вузлами) стоячої хвилі або
- чисельно дорівнює половині довжини тих хвиль, в результаті інтерференції яких утворилася стояча хвиля.

13. Важливим параметром при розв'язуванні задач на поширення звукових хвиль у середовищі є швидкість їх поширення υ. Найчастіше, значення швидкості звуку в середовищі, при заданих умовах, вказано в умові задачі або подано в довідковій літературі. В інших випадках, для розв'язування задач швидкість поширення звукової хвилі доцільно визначати за формулами:

$\upsilon = \sqrt{\dfrac{\gamma RT}{\mu}}$ – швидкість поширення звукової хвилі у газі, де γ – показник адіабати (коефіцієнт Пуассона), μ – молярна маса газу, T – абсолютна температура, R – універсальна газова стала;

$\upsilon = \sqrt{\dfrac{E}{\rho}}$ – швидкість поширення звукової хвилі в середовищі, де E – модуль Юнга, ρ – густина середовища.

14. Якщо джерело звуку або його приймач (або обидва одночасно) рухаються, то частота звукових хвиль, що реєструє приймач, змінюється згідно ефекту Допплера: $\nu = \dfrac{\upsilon + \upsilon_{прий.}}{\upsilon - \upsilon_{джер.}}\nu_0$, де ν_0 – частота звукових хвиль, що відповідає нерухомим джерелу і приймачу, υ – швидкість поширення звуку в середовищі, $\upsilon_{прий.}$, $\upsilon_{джер.}$ – складові швидкості руху приймача і джерела вздовж напрямку розповсюдження звукової хвилі. Складові швидкостей, що перпендикулярні до напрямку поширення хвиль, брати до уваги не потрібно. При розв'язуванні задач на ефект Допплера слід користуватися правилами знаків: швидкість

$\upsilon_{прий.}$ вважається додатною, якщо приймач рухається назустріч джерелу, величина $\upsilon_{джер.}$ буде додатною, якщо джерело рухається до приймача. У протилежному разі обидві величини слід вважати від'ємними.

Методичні вказівки до розв'язування фізичних задач із розділу "Механічні коливання і хвилі" отримали позитивні відгуки від викладачів і студентів, що підтвердило правильність нашого підходу до формування якісних методичних вказівок.

Однак, зрозуміло, що для ефективної самостійна робота студентів необхідно в повній мірі використовувати не тільки традиційне науково-методичне забезпечення навчального процесу у вигляді підручників, конспектів лекцій, навчальних посібників, методичних вказівок, але й сформувати систему електронних засобів забезпечення навчального процесу.

Висновки. Значні резерви вищої освіти пов'язані з ефективним використанням студентами часу на самостійну навчальну роботу. Одним із дієвих засобів розвитку у студентів здібностей до самостійної навчальної роботи є забезпечення студентів якісною методичною літературою. Зокрема, методичні вказівки до розв'язування задач при їх доступності та якісному структуруванні можуть стати базисом ефективної самостійної навчальної роботи студентів при вивченні курсу загальної фізики.

Список літератури:

1. Горіна О. М. Психолого-педагогічні проблеми підвищення ефективності самостійної роботи студентів / Петро Сікорський, Олена Горіна // Вісник Львівського університету. Серія педагогічна. – Львів, 2008. – Вип. 23. – С. 46–54.

2. Горіна О. М. Дидактичні умови організації самостійної навчальної роботи студентів вищих навчальних закладів / Горіна О. М. // Проблеми сучасної педагогічної освіти. Сер.: Педагогіка і психологія. – Зб. статей: – Ялта: РВВ КГУ, 2009. – Вип. 22. – Ч. 2. – С. 218–222.

3. Методичні рекомендації щодо структури, змісту та обсягів наукових та навчальних видань викладачів і студентів УДПУ / [уклад. О. О.Ярошинська]. – Умань: ПП Жовтий, 2010. – 112 с.

Е. М. Горина

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КАК БАЗИС ЭФФЕКТИВНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Рассматривается вопрос о формировании качественно структурированных методических указаний к решению задач по курсу общей физики. Доказано на практике, что в основе методических указаний должны быть заложены общие алгоритмы решения задач из конкретных физических тем. Как пример, представлено основу методических указаний к решению задач из раздела "Механические колебания и волны". Сделан вывод, что методические указания к решению задач при качественном их формировании могут стать базисом эффективной самостоятельной работы студентов при изучении курса общей физики.

Ключевые слова: самостоятельная работа, студент, физическая задача, методические указания.

O.M. Gorina

GUIDANCE FOR SOLVING PHYSICAL PROBLEMS AS THE BASIS EFFECTIVE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS

The question of the formation of high quality structured guidance to the solution of problems of general physics course. It is proved in practice that the basis of guidelines should be laid general problem solving algorithms with specific physical themes. As an example, presents the basis for guidelines for solving problems with the "Mechanical oscillations and waves." The conclusion that the guidelines for solving problems involving the quality of their formation could be basis of effective independent work of students in the study of general physics course.

Key words: independent work, student, physical task guidance.

❖ ❖ ❖