

# Сучасні технології навчання

## Технологія модульного навчання

### Тема: Механічні коливання і хвилі (11 клас)

Ірина Іванівна Задніпрянець,  
методист НМЦ природничо-математичної освіти  
ІІПО Київського університету імені Б.Грінченка,  
Тетяна Костянтинівна Забєла,  
учитель фізики СШ № 202 м. Києва

#### Модуль 4. Вимушені коливання. Резонанс. Автоколивання. Самостійна робота (90 хв)

УЕ	Навчальний матеріал, мета, завдання	Коментарі для учнів						
УЕ0	<b>Мета:</b> сформулювати поняття вимушених коливань, автоколивань, явища резонансу; показати прояви резонансу в природі та техніці; перевірити вміння застосовувати набуті знання для визначення характеристик механічних коливань.							
УЕ1	<b>Повторення матеріалу попереднього уроку</b> 1. Що таке енергія? 2. Яку енергію називають кінетичною? 3. У яких точках траєкторії тіло, що коливається, має тільки кінетичну енергію? 4. Яку енергію називають потенціальною? 5. У які моменти руху тіло, що коливається, має тільки потенціальну енергію? 6. З якої причини згасають коливання? 7. Записати рівняння гармонічних коливань. 8. Сформулювати закон збереження енергії для коливальних процесів.							
УЕ2	<b>Вимушені коливання</b> Тіло або систему тіл можна змусити здійснювати коливання, прикладаючи зовнішню періодичну силу (приклад: гойдалку можна розгойдувати, періодично її підштовхуючи). <i>Коливання, що відбуваються під дією зовнішньої періодичної сили, називають <b>вимушеними</b>.</i> <u>Відмінності між вільними та вимушеними коливаннями:</u> <b>А) Частота вільних коливань</b> визначається характеристиками самої системи – власною частотою коливань; зазвичай позначається $\nu_0$ ; <table border="1" data-bbox="323 1556 1305 1787"> <thead> <tr> <th data-bbox="323 1556 802 1597">Математичний маятник</th> <th data-bbox="802 1556 1305 1597">Пружинний маятник</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="323 1597 802 1675"><math display="block">\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}</math></td> <td data-bbox="802 1597 1305 1675"><math display="block">\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}</math></td> </tr> <tr> <td data-bbox="323 1675 802 1787">Власна частота визначається прискоренням вільного падіння та довжиною маятника</td> <td data-bbox="802 1675 1305 1787">Власна частота визначається жорсткістю пружини і масою тягарця</td> </tr> </tbody> </table> <u>Частота вимушених коливань</u> , як правило, дорівнює частоті періодичної зовнішньої сили. <b>Б) Амплітуда</b> вимушених коливань не зменшується з часом, навіть якщо в системі присутнє тертя, оскільки втрати механічної енергії, зумовлені тертям, відновлюються за рахунок роботи зовнішніх сил.	Математичний маятник	Пружинний маятник	$\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$	Власна частота визначається прискоренням вільного падіння та довжиною маятника	Власна частота визначається жорсткістю пружини і масою тягарця	Записати в зошит.
Математичний маятник	Пружинний маятник							
$\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$	$\nu_0 = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$							
Власна частота визначається прискоренням вільного падіння та довжиною маятника	Власна частота визначається жорсткістю пружини і масою тягарця							
УЕ3	<b>Резонанс</b> Розгойдуючи гойдалку, бажано штовхати її у такт із її власною частотою коливань: у такому разі розгойдування буде найбільш ефективним. → Амплітуда вимушених коливань істотно залежить від							

	<p>частоти зовнішньої сили.</p> <p>Досліди: амплітуда вимушених коливань тим більша, чим ближчою є частота зовнішньої сили до власної частоти системи.</p> <p><i>Явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань у випадку, коли частота зовнішньої сили збігається з власною частотою системи, називається <b>резонансом</b>.</i></p>	Записати в зошит.
УЕ4	<p>Під час резонансу напрям зовнішньої сили збігається з напрямом руху, тому протягом кожного коливання зовнішня сила здійснює додатну роботу. Саме ця узгодженість і зумовлює резонанс. Якщо ж частота зовнішньої сили відрізняється від власної частоти системи, то зовнішня сила буде спрямована іноді в напрямі руху, іноді – протилежно йому. У результаті дія зовнішньої сили буде значно менш ефективною.</p>	
УЕ5	<p><b>Застосування резонансу й боротьба з ним</b></p> <p>Явище резонансу використовується в музичних інструментах для посилення звуку, в багатьох приладах, у тому числі й вимірювальних. Його часто застосовують також коли треба зрушити з місця що-небудь важке, наприклад, автомобіль, який застряг. У такому випадку підбирають частоту поштовхів так, щоб вона збігалась з власною частотою системи. У результаті амплітуда коливань зростає і, нарешті, стає такою великою, що тіло вже не повертається в попереднє положення.</p> <p>Буває, що резонанс призводить навіть до руйнування будинків і мостів. Небезпечним є резонанс і під час роботи будь-яких машин, які мають обертові частини, або такі, що періодично рухаються (а такі частини мають практично всі машини). Наприклад, розбалансування вала верстата або двигуна виявляється в тому, що під час обертання вала виникає періодична сила, яка діє на основу механізму, а через неї – на будівлю. Якщо частота цієї сили виявиться близькою до власної частоти коливань будівлі, її амплітуда коливань може зрости настільки, що це призведе до руйнування будівлі. Щоб уникнути небажаних проявів резонансу, діють двома способами.</p> <p>А) Роблять неузгодженими частоти, збіг яких може призвести до резонансу. Для цього змінюють або частоту зовнішньої сили, або власну частоту системи.</p> <p>Б) Збільшують затухання коливань. Наприклад, ставлять двигун на гумову підкладку або на пружини.</p>	За бажанням можна підготувати реферати або повідомлення про явище резонансу
УЕ6	<p><b>Автоколивання.</b> Умови виникнення автоколивань:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. потрібна система, в якій можливі вільні коливання;</li> <li>2. для доповнення втрат енергії у системі необхідне зовнішнє джерело енергії;</li> <li>3. має бути пристрій, який передає енергію від зовнішнього джерела до коливальної системи;</li> <li>4. треба узгоджувати роботу передавального пристрою з коливаннями системи – здійснення зворотного зв'язку.</li> </ol> <p>Автоколивання будь-якої природи можуть існувати лише у разі дотримання всіх зазначених умов (годинникові механізми).</p>	
УЕ7	<p><b>Закріплення матеріалу</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наведіть приклади вимушених коливань.</li> <li>2. Чи залежить амплітуда вимушених коливань від частоти зовнішньої сили?</li> <li>3. Наведіть приклади корисного застосування або прояву резонансу.</li> <li>4. В яких випадках необхідно уникати резонансу?</li> </ol>	
УЕ8	<p><b>Розв'язування задач</b> (за наявності часу і рівня підготовленості класу)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. У скільки разів потрібно збільшити амплітуду коливань, щоб</li> </ol>	

	<p>енергія коливальної системи збільшилась в 9 разів?</p> <p>2. На яку відстань треба відвести від положення рівноваги тягарець масою 640 г, закріплений на пружині жорсткістю 0,4 кН/м, відпустивши його, щоб він проходив положення рівноваги зі швидкістю 1 м/с?</p> <p>3. Пружинний маятник виконує гармонічні коливання з амплітудою 0,04 м. У разі зміщення його на 0,03 м від положення рівноваги сила пружності дорівнює <math>9 \cdot 10^{-5}</math> Н. Визначити потенціальну і кінетичну енергії, які відповідають даному зміщенню, та повну енергію маятника.</p>							
УЕ8	<p><b>Самостійна робота</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Варіант 1</i></th> <th><i>Варіант 2</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>1. За 5 с маятник здійснив 10 коливань. Визначити частоту коливань маятника. А) <math>2 \text{ с}^{-1}</math>.      Б) <math>2\pi \text{ с}^{-1}</math>. В) <math>2\pi \text{ рад/с}</math>.    Г) <math>\pi \text{ с}^{-1}</math>.</p> <p>2. Як зміниться період коливань математичного маятника із зменшенням його довжини в 4 рази? А) Зменшиться в 2 рази. Б) Зменшиться в 4 рази. В) Зменшиться в 16 разів. Г) Зросте в 2 рази.</p> <p>3. Під час гармонічних коливань пружинного маятника координата тіла визначається рівнянням <math>x = 10 \sin(100t + \pi)</math> (м). Визначити період коливань.</p> </td> <td> <p>1. Період коливань вантажу на пружині рівний 0,8 с. Визначити частоту коливань. А) 0,08 Гц.      Б) 0,8 Гц. В) 1,25 Гц.      Г) 12,5 Гц.</p> <p>2. Як зміниться частота коливань маятника, якщо його пружину вкоротити в 4 рази? А) Не зміниться. Б) Зросте в 2 рази. В) Зросте в 4 рази. Г) Зросте в 0,5 разів.</p> <p>3. Рівняння гармонічного коливання має вигляд <math>x = 0,02 \cos \pi t</math> (м). Побудувати графік залежності <math>x(t)</math>. Знайти зміщення через 0,25 с.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> <p>4. Коливальний рух тіла описується рівнянням <math>x = 0,8 \sin 2\pi t</math> (м). Чому дорівнює максимальне значення прискорення тіла?</p> </td> </tr> </tbody> </table>	<i>Варіант 1</i>	<i>Варіант 2</i>	<p>1. За 5 с маятник здійснив 10 коливань. Визначити частоту коливань маятника. А) <math>2 \text{ с}^{-1}</math>.      Б) <math>2\pi \text{ с}^{-1}</math>. В) <math>2\pi \text{ рад/с}</math>.    Г) <math>\pi \text{ с}^{-1}</math>.</p> <p>2. Як зміниться період коливань математичного маятника із зменшенням його довжини в 4 рази? А) Зменшиться в 2 рази. Б) Зменшиться в 4 рази. В) Зменшиться в 16 разів. Г) Зросте в 2 рази.</p> <p>3. Під час гармонічних коливань пружинного маятника координата тіла визначається рівнянням <math>x = 10 \sin(100t + \pi)</math> (м). Визначити період коливань.</p>	<p>1. Період коливань вантажу на пружині рівний 0,8 с. Визначити частоту коливань. А) 0,08 Гц.      Б) 0,8 Гц. В) 1,25 Гц.      Г) 12,5 Гц.</p> <p>2. Як зміниться частота коливань маятника, якщо його пружину вкоротити в 4 рази? А) Не зміниться. Б) Зросте в 2 рази. В) Зросте в 4 рази. Г) Зросте в 0,5 разів.</p> <p>3. Рівняння гармонічного коливання має вигляд <math>x = 0,02 \cos \pi t</math> (м). Побудувати графік залежності <math>x(t)</math>. Знайти зміщення через 0,25 с.</p>	<p>4. Коливальний рух тіла описується рівнянням <math>x = 0,8 \sin 2\pi t</math> (м). Чому дорівнює максимальне значення прискорення тіла?</p>		Виконати письмово
<i>Варіант 1</i>	<i>Варіант 2</i>							
<p>1. За 5 с маятник здійснив 10 коливань. Визначити частоту коливань маятника. А) <math>2 \text{ с}^{-1}</math>.      Б) <math>2\pi \text{ с}^{-1}</math>. В) <math>2\pi \text{ рад/с}</math>.    Г) <math>\pi \text{ с}^{-1}</math>.</p> <p>2. Як зміниться період коливань математичного маятника із зменшенням його довжини в 4 рази? А) Зменшиться в 2 рази. Б) Зменшиться в 4 рази. В) Зменшиться в 16 разів. Г) Зросте в 2 рази.</p> <p>3. Під час гармонічних коливань пружинного маятника координата тіла визначається рівнянням <math>x = 10 \sin(100t + \pi)</math> (м). Визначити період коливань.</p>	<p>1. Період коливань вантажу на пружині рівний 0,8 с. Визначити частоту коливань. А) 0,08 Гц.      Б) 0,8 Гц. В) 1,25 Гц.      Г) 12,5 Гц.</p> <p>2. Як зміниться частота коливань маятника, якщо його пружину вкоротити в 4 рази? А) Не зміниться. Б) Зросте в 2 рази. В) Зросте в 4 рази. Г) Зросте в 0,5 разів.</p> <p>3. Рівняння гармонічного коливання має вигляд <math>x = 0,02 \cos \pi t</math> (м). Побудувати графік залежності <math>x(t)</math>. Знайти зміщення через 0,25 с.</p>							
<p>4. Коливальний рух тіла описується рівнянням <math>x = 0,8 \sin 2\pi t</math> (м). Чому дорівнює максимальне значення прискорення тіла?</p>								
УЕ9	<p><b>Домашнє завдання</b> <b>Розв'язати задачі</b></p> <p>1. Коли в цеху встановили новий верстат, почала відчуватися сильна вібрація підлоги. Як можна усунути чи значно зменшити вібрацію?</p> <p>2. У вагоні потяга підвішено маятник завдовжки 1 м. Під час руху потяга маятник розгойдується від поштовхів на стиках рейок. За якої швидкості потяга маятник розгойдується особливо сильно, якщо довжина рейок 25 м? (Відповідь: 12,5 м)</p>	Виконати письмово в зошиті.						

### Картка вчителя

УЕ	Зміст	Методичні зауваження
УЕ0	<p><b>Мета:</b> 1) сформувати поняття вимушених коливань, автоколивань, явища резонансу; 2) показати аналогії між коливаннями пружинного та математичного маятників; 3) перевірити ступінь засвоєння знань про механічні коливання.</p> <p><b>Тип уроку:</b> комбінований: отримання нових знань, закріплення вивченого; поточний контроль знань.</p> <p><b>План уроку.</b> 1. Повторення матеріалу попереднього уроку – відповіді на питання.</p>	

	<p>2. Введення поняття вимушених коливань, автоколивань, явища резонансу.</p> <p>3. Закріплення одержаних знань під час розв'язування задач.</p> <p>4. Виконання самостійної роботи.</p> <p><b>Демонстрації:</b> явище резонансу.</p>	
УЕ8	<p><b>Розв'язування задач</b></p> <p><b>1. Дано:</b>  <math>E_2 = 9E_1</math>  <hr/> <math>\frac{x_{\max 2}}{x_{\max 1}} - ?</math></p> $E = \frac{kx_{\max}^2}{2}; x_{\max} = \sqrt{\frac{2E}{k}}; k_1 = k_2$ $\frac{x_{\max 2}}{x_{\max 1}} = \sqrt{\frac{2E_2 k_1}{2E_1 k_2}} = \sqrt{\frac{E_2}{E_1}} = \sqrt{9} = 3$ $x_{\max 2} = 3x_{\max 1}$ <p>Відповідь: амплітуду треба збільшити в 3 рази.</p> <p><b>2. Дано:</b>  <math>m = 0,64</math> кг  <math>k = 400</math> Н/м  <math>v = 1</math> м/с  <hr/></p> $\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{mv_{\max}^2}{2};$ $x_{\max} = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot v_{\max};$ $x_{\max} = \sqrt{\frac{0,64}{400}} = 0,04 \text{ (м)}.$ <p><b>3. Дано:</b>  <math>x_{\max} = 4 \cdot 10^{-2}</math> м  <math>F_{np.} = 9 \cdot 10^{-5}</math> Н  <hr/> <math>x = 0,03</math> м  <math>E_{\kappa} - ?</math> <math>E_n - ?</math>  <math>E - ?</math></p> $k = \frac{F_{np.}}{x};$ $E_n = \frac{kx^2}{2}; E_n = \frac{F_{np.}}{x} \cdot \frac{x^2}{2} = \frac{F_{np.}x}{2};$ $E = \frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{F_{np.} \cdot x_{\max}^2}{2x}$ $E_{\kappa} = E - E_n;$ $E_n = \frac{9 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^{-2}}{2} = 13,5 \cdot 10^{-7} \text{ (Дж)}$ $E = \frac{9 \cdot 10^{-5} (4 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 24 \cdot 10^{-7} \text{ (Дж)}$ $E_{\kappa} = 24 \cdot 10^{-7} - 13,5 \cdot 10^{-7} = 10,5 \cdot 10^{-7} \text{ (Дж)}$	
УЕ9	<b>Домашнє завдання</b>	