**Тема: Вимушені коливання. Автоколивання. Резонанс**

**Мета:** поглибити знання учнів з теорії коливального руху, з’ясувати особливості вимушених коливань, фізичну суть резонансу, дати визначення поняттям «вимушені коливання», «автоколивання», «резонанс»; пояснити різницю між вимушеними коливаннями та автоколиваннями; застосувати отримані знання на практиці; виховувати інтерес до вивчення фізики, науковий кругозір; розвивати критичне мислення.

**Тип уроку:** урок вивчення та засвоєння нових знань.

**Методи та форми:**пояснювально-ілюстративний, частково-пошуковий, «Злови помилку», «Здивуй», «Фішбоун», «Вимірювання температури», «Сенкан», «Рефлексивний екран», «Шкала»

**Очікуванні вміння**:

* знати означення понять «вимушені коливання», «автоколивання», «резонанс»;
* знати умови виникнення резонансу;
* розуміти чим відрізняються вимушені коливання від автоколивань;
* наводити приклади (не менше 5) шкідливої і корисної дії резонансу, використання автоколивань;
* вміти аргументовано давати відповідь на запитання «Корисний чи шкідливий резонанс?»;
* знати будову автоколивальної системи (блок-схему);
* наводити приклади дій для уникнення резонансу.

**Формування ключових компетентностей:**

* основні компетентності у природничих науках і технологіях,
* математична компетентність,
* інформаційно-цифрова компетентність,
* уміння вчитися упродовж життя,
* соціальна та громадянська компетентність.

**Міжпредметні зв’язки:** математика, будова автомобіля, біологія, історія, географія.

**Обладнання:** презентація, відеофрагмент мультфільма «Шрек», відеозаписи дослідів зі спостереження резонансу, відеофрагменти із резонансом мосту, склянки, автомобіля з причепом.

**Хід уроку**

**І. Організаційний етап**

Привітання, перевірка учнів готовності до уроку.

**ІІ. Актуалізація опорних знань та вмінь**

*Прийом «Злови помилку»:*учням пропонується декілька тверджень з попередньої теми, їх завдання знайти помилки або довести, що таких немає *(слайд 1)*

1. Амплітуда **– мінімальне** відхилення від положення рівноваги
2. Період коливань – **максимальний** інтервал часу, через який відбувається повторення руху тіла
3. Математичний маятник - це фізична модель, яка являє собою матеріальну точку, підвішену на тонкій, невагомій і **розтяжній** нитці.
4. Коливання бувають лише **вільними.**
5. Затухаючі коливання – коливання, амплітуда яких з часом **не змінюється**
6. Циклічна частота коливань визначає кількість коливань, що відбуваються за **1** секунду

**ІІІ. Мотивація навчальної діяльності**

*Прийом «Здивуй»:*пропоную вам на декілька секунд поринути у дитинство і переглянути відеофрагмент з мультфільму «Шрек» *(слайд 2)*

- Що сталося з пташкою? Чому?

- Як ви гадаєте це можливо у звичайному житті?

Звичайно, це гіпербола – сильне перебільшення, але ґрунтується ця ситуація на одному з механічних явищ, яке ми сьогодні вивчатимемо.

**ІV. Оголошення теми і мети уроку**

На попередніх уроках ми вивчали вільні коливання, які з часом затухали, якщо не було зовнішньої сили, яка б змушувала систему коливатися. Проте в практичній діяльності більшого поширення набули вимушені коливання.

Тема нашого уроку:Вимушені коливання. Автоколивання. Резонанс. *(Учні записують тему уроку, яка проектується на екран (слайд 3))*

 На уроці ми розглянемо вимушені коливання, автоколивання та цікаве і неймовірно захоплююче механічне явище – резонанс. З’ясуємо що таке вимушені і автоколивання, які їх особливості, умови виникнення, з’ясуємо умови виникнення резонансу, його позитивні та негативні прояви в різних сферах

Критеріями для визначення рівня засвоєння вами знань на сьогоднішньому уроці будуть наступні очікуванні вміння *(слайд 4)*

**V. Первинне засвоєння нових знань**

**Вимушені коливання.** Для того щоб коливання не загасали, енергія коливальної системи має поповнюватися. Наприклад, щоб гойдалка не зупинялась, її необхідно підштовхувати через інтервали часу, кратні періоду коливань гойдалки *(слайд 5).*

Коливання, які здійснюються під дією як внутрішніх, так і зовнішніх періодичних сил, називають вимушеними.

**Резонанс і його практичне використання.** При вивченні явища резонансу скористаємося*прийомом «Фішбоун»:*прошу швиденько намалювати кістяк риби і під час вивчення матеріалу самостійно заповнити «Фішбоун» ( голова –явище, хребет – означення, верхні кістки – позитивна дія, нижні кістки – негативна дія, хвіст – висновок) *(слайд 6)*

Дослідимо деякі особливості вимушених коливань. Для цього переглянемо досліди. *Учні переглядають відеофрагменти дослідів, обговорюють побачене, роблять висновки* *(слайд 7,8)*

* Яка власна частота коливальної системи?
* Що відбувалося із пружиною, коли частота була більшою (меншою), ніж власна частота системи?
* Чому розірвалася пружина?

 Отже, якщо період (частота) коливань діючої сили дорівнює власному періоду (частоті) коливань коливальної системи, амплітуда вимушених коливань системи буде найбільшою. Це явище називають резонансом.

***Резонанс***— явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань, коли частота зовнішньої періодичної сили збігається із частотою власних коливань.

*Прийом формувального оцінювання «Вимірювання температури»:*що ми зараз робимо? (в ході обговорення заповнюємо фішбоун)

Резонанс відіграє важливу роль у природі й техніці, як позитивну, так і негативну. Позитивними виявами є резонатори — підсилювачі звуку, в музичних інструментах, настроювання коливальних контурів у радіозв'язку, в радіотехніці для підсилення коливань. Резонанс дає можливість відокремити сигнали даної радіостанції від інших сигналів.

 Вимушені коливання здійснюють такі частини машин, як диски і лопатки турбін, крила літаків, колінчасті вали двигунів, лопасті гвинтів пароплавів. Такі коливання, якщо не вжити відповідних запобіжних заходів можуть призвести до руйнування машини в цілому, а іноді до небезпечних аварій. За статистикою 80% руйнувань і аварій у машинобудуванні є наслідком резонансних явищ.

Під час обробки металів різанням теж виникає шкідлива дія резонансу, що призводить до неточності виготовлення деталей. При будівництві теж приділяють багато уваги  запобіганню виникнення резонансу.

Відомі випадки, коли руйнувалися мости під час переходу по них колони військових, які крокували «в ногу» і до того ж частота кроків збігалася із власною частотою коливань моста. У 1850 р. зруйнувався Анжерський підвісний міст над Луарою, по якому крокували французькі піхотинці. Тоді загинуло 226 осіб. У 1906 р. зруйнувався ланцюговий Єгипетський міст через річку Фонтанку в Петербурзі. У 1940 р., через кілька місяців після введення в дію, зруйнувався Такомський підвісний міст (США, штат Вашингтон), у якому виникли резонансні коливання під дією вітру (*перегляд відеофрагменту (слайд8)*). Конструюючи заводи, вокзали, мости, літаки та інші споруди, фахівці мають враховувати явище резонансу, не допускаючи, щоб їхній власний період коливань збігався з періодом коливань механізмів, які можуть викликати вимушені коливання цих конструкцій.

Більше цікавих фактів про резонанс можете знайти на сайті в даному уроці.

А ви у своєму повсякденному або професійному житті зустрічалися з явищем резонансу? (при виштовхуванні автомобіля з багнюки його потрібно розгойдувати)

**Автоколивальні системи.** Отже, не загасаючі вимушені коливання можна отримати, діючи на тіло, здатне коливатись, періодичною зовнішньою силою. Проте можна зробити так, щоб коливальна система сама керувала зовнішнім впливом, забезпечуючи узгодженість дії сили зі своїм рухом. Така система називається автоколивальною, а її не загасаючі коливання — автоколиваннями.

**Автоколивання**ь - не загасаючі коливання, спричинені сталим зовнішнім впливом на систему, яка сама регулює їх частоту*.*

На відмінну від вимушених коливань, частота й амплітуда автоколивань визначаються властивостями самої коливальної системи. Від вільних коливань автоколивання відрізняються тим, що вони з часом не загасають, а також тим, що їхня амплітуда не залежить від початкового короткочасного впливу, який збуджує коливання.

У будь-якій автоколивальній системі виокремлюють три основні елементи 1 — джерело енергії, 2 — передавальний пристрій зі зворотним зв'язком 3, який регулює надходження енергії із джерела в коливальну систему 4. *(слайд )*

Прикладом автоколивальної системи є годинник з маятником. Джерелом енергії такої системи є гиря 1, передавальним пристроєм — храпове колесо 2 та анкер 3, коливальною системою — маятник 4. (*слайд* )

Піднята над землею гиря, опускаючись, обертає храпове колесо. Оскільки гиря вільно опускається, то її рух є рівноприскореним. Для рівномірного обертання храпового колеса слугує маятник, який з'єднано із храповим колесом через анкер. За одну секунду маятник здійснює одне повне коливання. Призначення анкера полягає в тому, щоб храпове колесо, до якого кріпляться стрілки, повернулося лише на один зубець.

Маятниковий механізм нині ще використовується в годинниках на вежах або в настінних годинниках. Згодом маятниковий механізм годинників змінили на пружинний, електронний, кварцовий.

У техніці застосовуються електромеханічні автоколивальні системи, в яких коливання здійснює механічна система, а надходження енергії регулюється спеціальним електричним пристроєм.

Прикладами таких систем є: годинникові механізми, двигуни внутрішнього згоряння, парові машини, відбійні молотки, легені і серце, лампові і напівпровідникові генератори електронних коливань.

Ще ми розглянемо одне явище: що відбувається, коли на тіло діє сила, яка змінює свою частоту і амплітуду коливань. Так виникають вимушені коливання тіла, які називають *вібрацією*.

Це явище використовується під час збагачення руди, на комбайнах, у сільському господарстві для очистки насіння. Але це явище теж може бути шкідливим, тоді з ним борються.

**Первинне закріплення:**

1. Що називають механічним резонансом?
2. За яких умов в коливальній системі виникає резонанс?
3. Що роблять у вашій професійній діяльності, для боротьби з вібраціями та коливаннями на транспорті? (використовують різного типу амортизатори, ресори)
4. Як повинні іти солдати по мосту, щоб він не зруйнувався? (не в такт, дається команда «Вільно»)

*Прийом «Сенкан»:*за 1 хв написати сенкан з теми «Резонанс»

Резонанс

Шкідливий, корисний

Руйнує, підсилює, допомагає

Збільшує амплітуду коливань системи

Явище

**Домашнє завдання:** опрацювати §21 , доопрацювати «Фішбоун», творче завдання: підготувати презентацію «Застосування резонансу»

**Підведення підсумків:** мотивоване виставлення оцінок; формувальне оцінювання (самооцінювання) *прийом «Шкала»*: на полях зобразити вертикальну шкалу і позначити від 1 до 12 розуміння матеріалу уроку формувальне оцінювання*прийом «Рефлексивний екран»:*

* **Мене здивувало, було цікаво …**
* **Урок дав мені для життя…**

Використана література:

Вимушені коливання. Автоколивання. Резонанс http://metodportal.com › node

Резонанс – друг і ворог | КПІ ім. Ігоря Сікорського https://kpi.ua › resonance

<https://uk.wikipedia.org › wiki › Резонанс>

[Резонанс: його значення у фізиці, причини і приклади явища](https://www.poznavayka.org/uk/fizika-uk/rezonans-yogo-znachennya-u-fizitsi-prichini-i-prikladi-yavishha/)

[https://www.poznavayka.org › fizika-uk › rezonans-yo...](https://www.poznavayka.org/uk/fizika-uk/rezonans-yogo-znachennya-u-fizitsi-prichini-i-prikladi-yavishha/)

Додаток 1

**Цікаві факти про коливання, резонанс**

У багатьох хмарочосах використовують різні методи боротьби з коливаннями:

* «Тайбей 101» (Тайвань) – 101-поверховий хмарочос висотою 509,2м. Стабілізатором є гігантська сталева куля, яка підвішена на міцних тросах у відкритій сферичній порожнині між 88-им і 92-им поверхами. Цей маятник вагою 728т (за деякими даними – 900т) і є компенсацією коливань будинку при сильних поривах вітру (60м/с) і навіть підземних поштовхів силою до 7 балів.
* «Башта Цзінь Мао» (Шанхай, Китай) – 88-поверхова будівля вистою 421м для захисту від ураганних вітрів (до 200 км/год.) і землетрусу (7 балів) створена високотехнологічна структурна система. У сталевих колонах є рухомі з’єднання, які поглинають силу поштовхів і пом’якшують дію вітру та землетрусів, а плавальний басейн на 57-му поверсі діє як амортизатор. Максимальна амплітуда коливань вершини будівлі 75см.
* Пам’ятник «Батьківщина-мати» (скульптор О. Вучетич) має загальну висоту 85м, висота фігури – 52м, довжина меча - 33м (маса меча 14 т). Загальна маса пам’ятника – 3000т . Скульптура порожниста з напруженого залізобетону з товщиною оболонки до 30см. Меч виготовлений з малолегалізованої сталі з плавним переходом у місця зміни товщини і ширини меча. Завдяки зміні початкової конструкції та розмірів меча вдалося зменшити амплітуду коливань пам’ятника від півметра до кількох мм.
* Цікавим є той факт, що під час потужних землетрусів, єдиними незруйнованими спорудами були пагоди. Справа в тому, що всередині них підвішували зверху вниз дерев’яну балку з вантажем. Частоту коливань цього маятника підбирали такою, щоб під час землетрусів він розкачувався у протифазі з будівлею.

• розливання води з відра при ходьбі з ним. Для припинення розливання води потрібно змінити темп ходи. При цьому зміниться частота зовнішньої сили;

• розгойдування вагонів на стиках рейок. Для зменшення ударного навантаження на вагони стики рейок роблять під кутом 45º до осі рейок, при цьому колеса плавно перекочуються по рейкам;

• деренчання скла в транспорті. Потрібно змінити швидкість руху;

• флатер. Це шкідливі коливання крила літака під час польоту. У швидкісних літаків ці коливання, які мають велику амплітуду, можуть призвести до руйнування крил. Досить довгий час вчені шукали розв’язку цієї проблеми. Один із знайдених способів виявився дуже простим – у переднього краю кожного крила роблять потовщення, яке гасить ці шкідливі коливання. Але якщо б звернулися за допомогою до природи, то вирішення проблеми знайшли б значно швидше. Адже у метелика на кінці крил є тонке хітинове потовщення для регулювання коливань крил. Його видалення призводить до порушення польоту комахи.

• В історії відомі випадки резонансного руйнування мостів, деякі з них призвели навіть до загибелі людей. В кінці 19 ст. був зруйнований підвісний міст через річку Луара у Франції. 20.01.1905 р. по Єгипетському ланцюговому мосту у Санкт-Петербурзі проходив ескадрон гвардійської кавалерії, а назустріч йому рухалися 11 саней з візницями. У цей момент міст звалився на лід Фонтанки. Обійшлося без жертв. 7.11.1940 р. був зруйнований Текомський міст у США.

• Для попередження руйнування мостів на них встановлюють різноманітні укріплення; велика кількість людей повинна переходити міст вільним кроком. Поїзди переїжджають мости з мінімальною або максимальною швидкістю, щоб частота ударів коліс по стиках рейок не співпадала з власною частотою коливань моста.

• Можливість виникнення резонансу під час руху вантажу по льоду враховувалась ще в роки Великої Вітчизняної війни. По Ладозькому озеру до блокадного Ленінграду проходила автомобільна дорога протяжністю в 27км, відома в історії як «Дорога життя». Щоб крижаний покрив під тиском потоку автомашин не прийшов в резонансне коливання і не зруйнувався, вживали спеціальних заходів. Для цього вантаж автомашин підбирали таким чином, щоб частота коливань крижаного покриву відрізнялася від частоти, з якою впливали на нього автомашини, що рухались. При невірних підрахунках лід міг тріснути. Машини повинні були рухатись зі швидкістю, яка не перевищує 35 км/год.

• Серце представляє собою автоколивальну систему, яка працює ритмічно: скорочується і розслаблюється – це становить серцевий цикл. При нормальних умовах тривалість серцевого циклу – 0,8с, тобто 0,4 с – серце відпочиває, 0,4с – серце працює. При заняттях фізичною працею частота серцевих скорочень зростає, а тривалість серцевого циклу скорочується за рахунок періоду відпочинку. Що заставляє серце так регулярно скорочуватись? Невелика ділянка спеціальних клітин в серцевій м’язі діє на м’язу як стимулятор, генеруючи електричні імпульси для підтримання певного ритму серцебиття. Отже, бережіть своє серце, не перевантажуйте його.

Ще одним прикладом коливальної системи в нашому організмі є голосовий апарат. Він складається з легенів, гортані з голосовими зв’язками, гортанної, ротової і носової порожнини. Поперек гортані натягнуті дві голосові зв’язки, що складаються з еластичних пружних волокон. Між голосовими зв’язками є голосова щілина. Голосові зв’язки створюють звук. Під час спокійного дихання вони розслаблені й між ними утворюється широка щілина у вигляді рівнобедреного трикутника для вільного переміщення повітря. Під час розмови голосові зв’язки напружуються та наближаються одна до одної так, що залишається тільки вузький проміжок. Коли повітря, яке видихають легені, проходить крізь цю щілину, голосові зв’язки починають коливатися, причому їх частота може змінюватись в залежності від ступеня напруження зв’язок. Висота голосу людини залежить від довжини голосових зв’язок: чим коротші голосові зв’язки, чим більша частота їхніх коливань, тим вищий голос. У жінок голосові зв’язки коротші, ніж у чоловіків, тому жіночий голос завжди вищий. Звукові хвилі, які виникають у голосовій щілині, досить складні і є результатом накладання великої кількості різних тонів. Ротова й носова порожнини відіграють роль резонаторів. Змінюючи форму цих порожнин шляхом відповідного розташування язика, зубів і губ, можна підсилювати (за бажанням) окремі тони звукової хвилі, яка утворюється голосовими зв’язками, і вимовляти той чи інший звук. Голосові зв’язки найсильніше коливаються під час вимовляння голосних звуків. Для мови людини достатньо 4-6 тонів октави. Коливання голосових зв’язок співаків можуть створювати звуки в діапазоні від 80 до 1400Гц, фіксувалися й рекордно низька (44Гц) та висока (2350Гц) частоти. Отже, голосовий апарат людини належить до духових «музичних» інструментів, звук в яких утворюється за рахунок руху повітря, яке видихається з легень – резонаторів.

БІОРИТМИ ЛЮДИНИ

Найбільш наочним є добовий цикл. Вважається, що доба - ніби маленька модель року, тобто за 24 години людина проживає зиму, весну, літо, осінь. Взимку різко сповільнюються біологічні процеси в природі, багато тварини впадають у сплячку. Цій холодній порі року відповідає ніч, вночі організм відпочиває, знижується частота пульсу, дихання стає рідшим, знижується кров'яний тиск. Весна - ранок життя. Людина пробуджується. І тут же активізується головний мозок, стає частішим дихання, з легенів у кров надходить більше кисню, тканини організму звільняються від накопичених за ніч шлаків. Поступово протягом доби то посилюється, то знижується обмін речовин, це відбивається на стані людини, її настрої, працездатності.

Вчені довели, що існує єдиний внутрішній графік для всіх людей. Так, з 10 год. до 15 год. - період активної діяльності людини, мозок у цей час працює найефективніше. З 13 до 14 год. найбільше виділяється шлункового соку - це час обіду. Година, коли швидше за все росте волосся і нігті, припадає на період з 16 до 17 год. А час почуттів, коли загострюється слух, смак і нюх, триває з 17 до 18 год. З 20 год. багато хто починає згадувати про свої нездійснені плани, засмучуватися про втрачені можливості, гостріше, ніж в інший час, переживають самотність. Це година туги. Але потім, якщо взяти себе в руки, крізь хмари внутрішніх переживань пробивається промінь надії. Настрій вирівнюється, можна подумати про завтрашній день. Це благодатний час триває до 23 год. Однак після 23 год. в організмі активізується робота печінки і жовчного міхура, людина може стати дратівливою, агресивною. Відразу після півночі - це «година сліпоти», коли робота очей вимагає додаткового напруження, а зір перенапружувати не варто.

Навчіться прислухатися до свого біологічного годинника, це може допомогти вам ефективно планувати свій режим дня, і здоров’я буде міцнішим.