

Глава 1: Звук

• Что такое звук?

Когда объект вибрирует, он вызывает колебания воздуха вокруг себя, сжимая и разжимая его. Это вызывает распространение волн в воздухе. Созданные изменением давления воздуха волны воспринимаются человеческим ухом, если изменение давления является значительным. Мы называем их звуковыми волнами, они могут распространяться в жидкостях, твёрдых телах и газах.

Как и все волны, они описываются частотой и длиной волны. Расстояние между соседними областями высокого давления известно как длина волны, количество волн, проходящих за секунду, называется частотой. Умножив эти значения, мы получим расстояние, пройденное за секунду – скорость волны.



Наши уши воспринимают звуки, улавливая вибрации в воздухе

• Рекомендуемые фильмы

- Что такое звук?
- Эхолокация: Дельфины
- Эффект Доплера

Дополнительные вопросы

В1. Что такое эхо?

Звуковая волна, достигая поверхности, ударяется о неё и отражается, при этом отражённая волна возвращается, и её можно услышать. Звуковая волна может отражаться не только от твёрдой поверхности. Волна отражается, даже если свойства материала резко изменяются. Данное явление может происходить на границе двух жидкостей или на границе между воздухом и водой.

Эхо используется в сонарах, к примеру, для измерения расстояния до объектов и глубины воды. Так как скорость звука известна, расстояние рассчитывается по времени, которое требуется для возвращения эха.

В2. Что такое эффект Доплера?

Неподвижному наблюдателю будет казаться, что частота звука движущегося объекта меняется.

К примеру, если поезд движется в сторону неподвижного наблюдателя, то звук от него имеет более высокую частоту, чем если бы поезд не двигался. Когда поезд движется в противоположную сторону от наблюдателя, будет казаться, что частота звука снизилась.

Это происходит потому, что когда движущийся поезд издаёт звук, он либо догоняет, либо отдаляется от уже созданных волн, что уменьшает или увеличивает расстояние между волнами. Это означает, что время между волнами либо сокращается, либо увеличивается.

Скорость объекта в данном случае рассчитывается путём измерения изменения частоты.

ДИАГРАММА 01:



Дополнительные вопросы

В3. Может ли звук распространяться в космосе?

В научной фантастике можно услышать взрывы и шум двигателя в космосе, однако это делается только для драматического эффекта. В космическом пространстве очень мало молекул, это почти идеальный вакуум. Следовательно, нет ничего, через что звуковые волны могли бы распространяться, и поэтому звук не слышен.

В4. Как звуковые волны используются для исследования строения Земли?

Землетрясения вызывают волны, распространяющиеся по Земле. Эти сейсмические волны распространяются со скоростью звука и дают нам информацию о строении Земли. Путём измерения времени, которое затрачивается различными волнами на прохождение сквозь Землю, мы можем узнать о положении и плотности пластов Земли.

• Что такое скорость звука?

Скорость звука различна в зависимости от среды. Скорость звука в воздухе увеличивается при незначительном повышении температуры, при комнатной температуре составляет около 340 м/с. Это особенно заметно на больших расстояниях. На расстоянии 100 м будет задержка чуть меньше трети секунды между тем, как мы видим явление и улавливаем звук, связанный с ним.

Эта скорость составляет около 1200 км/ч или 770 миль в час, и впервые была официально достигнута самолётом в 1947 году. Хотя имеются сведения о том, что некоторые немецкие самолёты летали быстрее скорости звука во время Второй мировой войны, они являются спорными и неподтвержденными.

В 1997 году Thrust SSC стал первым наземным транспортным средством, передвигающимся быстрее скорости звука.

Дополнительный вопрос

В5. Что определяет скорость звука в среде?

Скорость звука определяется природой среды, через которую он проходит. На скорость звука влияет температура: скорость колебаний увеличивается при повышении температуры среды.

Упругость и плотность среды также влияют на скорость звука. В плотных материалах, где частицы тяжелее, звук проходит медленнее. Упругость характеризует изменение среды в ответ на давление. В материале, который легко растягивается при приложении силы, например, в резине, скорость звука низкая.

• Рекомендуемый фильм

- Скорость звука

• Что такое ударная волна?

Когда свойства среды претерпевают сильные изменения, например, при движении объекта сквозь среду на высокой скорости или в результате взрыва, скорость, с которой помеха распространяется через среду, может быть больше скорости звука в среде. Это приводит к возникновению ударной волны.

Например, в результате взрыва в воздухе образуется горячий газ, вырывающийся наружу со скоростью гораздо большей, чем скорость звука. Это выталкивает окружающий воздух наружу, а так как воздух не может уступить дорогу, он выдавливается. Образуется поток сжатого воздуха с высоким давлением, который выталкивается наружу. Если на пути ему встречаются объекты, то резкое изменение давления может стать причиной разрушения или вызвать громкий шум.



Скоростные истребители могут создавать ударные волны в воздухе

• Рекомендуемый фильм

- Ударные волны

Дополнительный вопрос

В6. Что вызывает звуковой удар?

Когда объект движется быстрее скорости звука, звуковые волны не успевают удалиться от объекта прежде, чем он пройдёт сквозь них. Поскольку звуковые волны накладываются, создаётся повышение давления. Это приводит к образованию ударной волны, при прохождении которой слышится "звуковой удар". При этом ударная волна производится непрерывно, а не только в тот момент, когда объект впервые превышает скорость звука.

Такие объекты, как сверхзвуковой самолёт или пули, образуют подобные ударные волны, и это является причиной громкого шума.

Глава 2: Слух

• Как функционирует ухо?

В ухе имеется мембрана, называемая барабанной перепонкой. Колебания, возникающие при прохождении звуковых волн через воздух, заставляют барабанные перепонки вибрировать. Это приводит в движение слуховые косточки, которые проводят вибрации к внутреннему уху. Внутреннее ухо заполнено жидкостью и содержит тысячи крошечных волосков. При вибрировании волосков стимулируются нервы, которые посылают сигналы в мозг. Так создаётся ощущение восприятия звука.

• Рекомендуемый фильм

- Что такое звук?

ДИАГРАММА 02:

Ухо человека в разрезе

ФИЗИКА • ВОЛНЫ • ЗВУК



• Каков диапазон слуха человека?



Животные, например, дельфины, могут слышать различные частоты звука

Люди могут слышать звуки с частотой от 20 герц (Гц) до 20 000 Гц. По мере старения способность слышать высокочастотные звуки снижается. Собаки и кошки могут улавливать гораздо более высокие частоты. Собаки могут слышать звуки более 40 000 Гц, поэтому можно сделать свистки, слышимые для собак, но не воспринимаемые человеком.

• Рекомендуемый фильм

- За пределами восприятия человеческого слуха

Дополнительные вопросы

В7. Что такое инфразвук?

Звук, частота которого низка для восприятия человеком (менее 20 Гц), известен как инфразвук. Хотя обычно люди не могут услышать инфразвук при достаточной интенсивности волн, они могут его воспринять. Считается, что инфразвук может вызывать чувство тревоги и страха у людей.

Инфразвук может распространяться на очень большие расстояния, и считается, что животные, такие как слоны, используют инфразвук для общения.

В8. Что такое ультразвук?

Если частота звука составляет более 20 000 Гц и находится за пределами человеческого слуха, он называется ультразвуком.

Ультразвук используется для получения изображения плода в утробе матери во время беременности, а также внутренних органов. Изображение получается, когда ультразвук отражается от приграничных районов между различными тканями. Отмечая время, за которое звуковой сигнал возвращается, можно вычислить толщину материи и получить ее изображение.

Летучие мыши, дельфины и некоторые киты используют ультразвук в поисках добычи, издавая ультразвук и воспринимая эхо.

• Как измеряется громкость?

Громкость – это величина, характеризующая насколько громко воспринимается звук, она может зависеть от многих факторов, таких как частота звука. Громкость тесно связана с уровнем звукового давления (увеличение давления воздуха, вызванного звуковой волной), которое измеряется в децибелах (дБ). По этой причине для обозначения громкости звука обычно используются децибелы.

Децибел имеет логарифмическую шкалу. Каждое увеличение на 10 дБ (1 бел) означает увеличение громкости звука в 10 раз. Это означает, что 20 дБ в 10 раз громче, чем 10 дБ, а 30 дБ в 100 раз громче, чем 10 дБ.

Эти, казалось бы, небольшие изменения в уровне децибел могут привести к большой разнице в громкости. Например, увеличение всего на 3 дБ приводит к увеличению громкости примерно в два раза.

• Рекомендуемый фильм

- Что такое звук?

Глава 3: Музыка

• Как музыкальные инструменты производят звук?

Музыкальные инструменты обычно классифицируются по способу извлечения звука: духовые, струнные и ударные инструменты извлекают звук посредством резонанса. Все объекты вибрируют с определённой резонансной частотой.

Струнные инструменты производят звук при вибрации струны; духовые инструменты используют вибрирующий столб воздуха; а ударные инструменты для получения звука используют вибрирующие блоки, тарелки или мембраны.

• Рекомендуемые фильмы

- Музыкальные инструменты
- Резонанс



Музыкальные инструменты издают звук, образуя вибрации воздуха вокруг себя

Дополнительный вопрос

В9. Что такое биты?

Если два звука обладают одинаковой частотой, они объединяются и образуют удары, или биты. Объем совокупного звука воспринимается как пульс, увеличиваясь и уменьшаясь. Частота битов равна разности частот двух звуков.

По мере приближения частот разница становится все меньше, а биты – менее частыми. Это явление может использоваться для настройки инструментов. Камертон – это инструмент, который используется для звуковой настройки нот, он корректируется до тех пор, пока не будут слышны биты. Когда инструмент настроен, время между битами будет увеличиваться по мере приближения частот двух нот.

• Что такое гармоничность?

При звучании ноты маловероятно, что звук будет идти на одной частоте. Вместо этого, как правило, имеется смесь частот.

Для примера, если струна зажимается на концах, она вибрирует на основной частоте, которая имеет максимум в центре струны, и длину волны, в два раза превышающую длину струны.

Наряду с этой частотой, струна может также поддерживать другие вибрации. Однако, когда струна зажимается на обоих концах, единственные колебания, которые могут возникнуть в данном случае – это те, которые не нуждаются в перемещении струны вверх и вниз на обоих концах. Эти колебания имеют частоты, кратные основной частоте. Так, если основная частота 20 Гц, струна будет также вибрировать при частоте 40 Гц, 60 Гц, 80 Гц, 100 Гц и так далее. Эти частоты являются гармоничными. Основная частота – первая гармоника, далее следует вторая гармоника, иногда называемая первым обертоном.

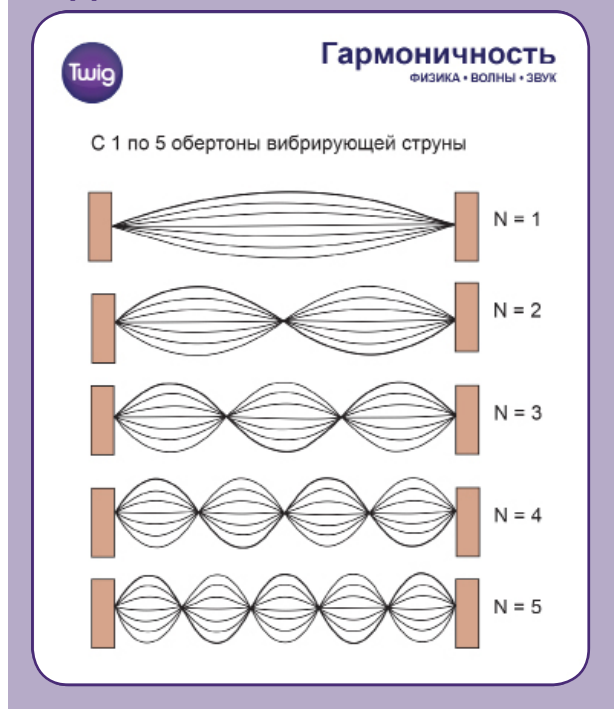
Разница в относительной силе гармоник означает, что одна и та же нота будет звучать по-разному на разных инструментах.

Основная частота струны определяется длиной струны, её плотностью, натянутостью. Вот почему струны натягиваются, или ослабляются, когда их настраивают на определённую ноту. Музыканты, играющие в оркестрах, вынуждены настраивать инструменты перед каждым выступлением, потому что небольшие изменения температуры и влажности могут повлиять на инструменты, заставляя древесину расширяться и сжиматься и изменяя натяжение струн.

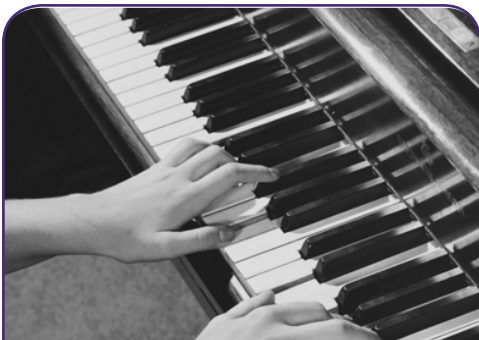
• **Рекомендуемый фильм**

- Музыкальные инструменты

ДИАГРАММА 03:



• **Что такое октавы?**



Каждые двенадцать нот пианино разделены октавой

Когда частота звука удваивается, мы говорим, что нота одна и та же, но октавы разные. Люди воспринимают ноты похожими при увеличении или уменьшении их частот вдвое, а если мы слышим эти ноты вместе, звук приятен.

Диапазон человеческого слуха охватывает примерно десять октав. Например, если 20 Гц – самая низкая частота, которую может услышать человек, частоты её октавы этой ноты были бы 40 Гц, 80 Гц, 160 Гц, 320 Гц, 640 Гц, 1280 Гц, 2560 Гц, 5120 Гц, 10240 Гц и 20480 Гц. Так как 20480 Гц находится вне пределов человеческого слуха, нам остаётся десять слышимых октав.

Большинство музыкальных инструментов не охватывает весь этот диапазон. Например, диапазон фортепиано, как правило, охватывает всего семь октав.

Дополнительный вопрос

В10. Что такое нота?

Каждая октава делится на 12 интервалов, так называемых полутонов. Это даёт 12 нот каждой октавы. Тем не менее, мы пользуемся лишь семью буквами, чтобы обозначить эти ноты: С, D, E, F, G, А и В, а также пять других, так называемых диез или бемолей, в зависимости от того, являются ли они выше или ниже соседних рассматриваемых нами нот. Мы говорим, что октава содержит восемь нот, так как включаем также первую ноту следующей октавы.

Частоты нот могут меняться даже без влияния на отношение между нотами в разных октавах. Например, мы можем сказать, что С была 256 Гц в одной октаве, 512 Гц в другой, и 1024 в следующей, или же вместо того, чтобы говорить, что С была 250 Гц, давая 500 и 1000 Гц ближайшим двум октавам. Структура октавы работала бы так же, но это привело бы к путанице, если бы музыканты использовали разные частоты для одной и той же ноты октавы. Поэтому считается, что октава должна быть установлена на 440 Гц в среднем. Это определяет другие ноты и устанавливает среднюю С на 261,6 Гц.

• **Рекомендуемый фильм**

- Музыкальные инструменты

• Тест

Скорость звука

Основной

• Что происходит со скоростью звука при повышении температуры?

- A – скорость звука снижается
- B – не имеет влияния
- C – скорость звука увеличивается
- D – скорость звука увеличивается, но только в жидкостях

• Как упругость влияет на скорость звука?

- A – скорость звука в упругих материалах ниже
- B – упругость не влияет на скорость звука в твёрдых телах
- C – упругость не влияет на скорость звука в жидкостях
- D – скорость звука в упругих материалах выше

• Почему звук в гелии перемещается быстрее, чем в воздухе?

- A – молекулы гелия расположены ближе друг к другу
- B – молекулы гелия движутся быстрее молекул воздуха
- C – молекулы гелия расположены далеко друг от друга
- D – молекулы гелия тяжелее молекул воздуха

Углубленный

• Какие материалы, как правило, быстрее всего проводят звук?

- A – твёрдые тела, затем газы, затем жидкости
- B – газы, затем жидкости, затем твёрдые тела
- C – твёрдые тела, затем жидкости, затем газы
- D – газы, затем твёрдые тела, затем жидкости

• Какова обычная скорость звука в воздухе?

- A – 1500 м/с
- B – 200 000 000 м/с
- C – 340 м/с
- D – 300 000 000 м/с

• Насколько скорость звука в воде выше, чем в воздухе?

- A – в 4 раза
- B – в 2 раза
- C – в 10 раз
- D – в 100 раз

• Какова скорость звука в воде?

- A – 1500 м/с
- B – 200 000 000 м/с
- C – 340 м/с
- D – 300 000 000 м/с

Скорость звука

Основной

• Как упругость материала влияет на скорость звука?

А – скорость звука увеличивается в плотных материалах

В – плотность влияет только на скорость звука в жидкостях

С – плотность не влияет на скорость звука

Д – скорость звука снижается в плотных материалах

Что такое звук?

Основной

• Что такое амплитуда волны?

- A – скорость волны
- B – высота волны
- C – расстояние между двумя волнами
- D – количество волн, проходящих через точку за одну секунду

• Какой тип волн называется звуковыми волнами?

- A – радиоволны
- B – механические волны
- C – поперечные волны
- D – электромагнитные волны

• Обязательно ли наличие среды для распространения звука?

- A – нет, звук может проходить через вакуум
- B – да, но звук не может проходить сквозь твёрдые тела
- C – да, но звук может проходить через твёрдые тела, жидкости или газы
- D – да, но звук не может проходить через жидкости

Углубленный

• Что такое частота?

- A – количество волн, проходящих через точку за одну секунду
- B – расстояние между двумя волнами
- C – высота волны
- D – скорость волны

• Что такое продольная волна?

- A – волна, распространяющаяся медленнее звука
- B – волна, колеблющаяся под прямым углом к направлению её распространения
- C – волна, распространяющаяся со скоростью света
- D – волна, колеблющаяся в направлении своего распространения

• Каким образом высота звука связана с частотой?

- A – высота звука не связана с частотой
- B – чем выше частота, тем выше звук
- C – высота звука зависит от частоты, а также от амплитуды
- D – чем ниже частота, тем выше звук

Что такое звук?

Основной

• Каким образом амплитуда волны связана с громкостью?

A – чем меньше амплитуда, тем громче волна

B – громкость зависит только от частоты

C – чем больше амплитуда, тем громче волна

D – громкость зависит только от длины волны

Углубленный

• В чём измеряется частота?

A – в децибелах

B – в метрах

C – в герцах

D – в метрах в секунду

• Ответы

Скорость звука

Основной

• Что происходит со скоростью звука при повышении температуры?

A – скорость звука снижается

B – не имеет влияния

C – скорость звука увеличивается

D – скорость звука увеличивается, но только в жидкостях

• Как упругость влияет на скорость звука?

A – скорость звука в упругих материалах ниже

B – упругость не влияет на скорость звука в твёрдых телах

C – упругость не влияет на скорость звука в жидкостях

D – скорость звука в упругих материалах выше

• Почему звук в гелии перемещается быстрее, чем в воздухе?

A – молекулы гелия расположены ближе друг к другу

B – молекулы гелия движутся быстрее молекул воздуха

C – молекулы гелия расположены далеко друг от друга

D – молекулы гелия тяжелее молекул воздуха

Углубленный

• Какие материалы, как правило, быстрее всего проводят звук?

A – твёрдые тела, затем газы, затем жидкости

B – газы, затем жидкости, затем твёрдые тела

C – твёрдые тела, затем жидкости, затем газы

D – газы, затем твёрдые тела, затем жидкости

• Какова обычная скорость звука в воздухе?

A – 1500 м/с

B – 200 000 000 м/с

C – 340 м/с

D – 300 000 000 м/с

• Насколько скорость звука в воде выше, чем в воздухе?

A – в 4 раза

B – в 2 раза

C – в 10 раз

D – в 100 раз

• Какова скорость звука в воде?

A – 1500 м/с

B – 200 000 000 м/с

C – 340 м/с

D – 300 000 000 м/с

Скорость звука

Основной

• Как упругость материала влияет на скорость звука?

А – скорость звука увеличивается в плотных материалах

В – плотность влияет только на скорость звука в жидкостях

С – плотность не влияет на скорость звука

Д – скорость звука снижается в плотных материалах

Что такое звук?

Основной

• Что такое амплитуда волны?

A – скорость волны

C – расстояние между двумя волнами

D – количество волн, проходящих через точку за одну секунду

• Какой тип волн называется звуковыми волнами?

A – радиоволны

C – поперечные волны

D – электромагнитные волны

• Обязательно ли наличие среды для распространения звука?

A – нет, звук может проходить через вакуум

B – да, но звук не может проходить сквозь твёрдые тела

D – да, но звук не может проходить через жидкости

Углубленный

• Что такое частота?

B – расстояние между двумя волнами

C – высота волны

D – скорость волны

• Что такое продольная волна?

A – волна, распространяющаяся медленнее звука

B – волна, колеблющаяся под прямым углом к направлению её распространения

C – волна, распространяющаяся со скоростью света

• Каким образом высота звука связана с частотой?

A – высота звука не связана с частотой

C – высота звука зависит от частоты, а также от амплитуды

D – чем ниже частота, тем выше звук

Что такое звук?

Основной

• Каким образом амплитуда волны связана с громкостью?

A – чем меньше амплитуда, тем громче волна

B – громкость зависит только от частоты

C – чем больше амплитуда, тем громче волна

D – громкость зависит только от длины волны

Углубленный

• В чём измеряется частота?

A – в децибелах

B – в метрах

C – в герцах

D – в метрах в секунду