

*Д.А. Чалов,*  
студент физико-математического факультета  
ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический  
университет»  
г. Челябинск, Россия  
chalovdmiriy@gmail.com

## **Демонстрация явления механического резонанса гитарной струны<sup>1</sup>**

*В статье рассматривается способ демонстрации резонанса механических колебаний. Данную демонстрацию предлагается показывать учащимся 9 – 10 классов средних образовательных школ при изучении раздела «Механические колебания и волны». В качестве колебательной системы для демонстрации явления резонанса предлагается использовать акустическую гитару. Источником вынуждающих колебаний выступает электромагнит, создающий переменное магнитное поле, частота которого задается при помощи звукового генератора. При совпадении вынуждающей и собственной частоты колебания струны наблюдается явление резонанса.*

*Резонанс, струна, акустическая гитара, физический эксперимент, обучение физике в средней школе.*

*D.A. Chalov,*  
Student of the Faculty of Physics and Mathematics  
South Ural State Humanitarian Pedagogical University  
Chelyabinsk, Russia  
chalovdmiriy@gmail.com

### **Demonstration of the mechanical resonance of a guitar string**

*The article considers the method of demonstrating the mechanical resonance of a guitar string. This demonstration is offered to show students 9 - 10 classes of secondary schools in studying the section "Mechanical Oscillations and Waves". As an oscillatory system for demonstrating a resonance phenomenon is proposed to use an acoustic guitar. The source of the driving oscillations is an electromagnet that generates an alternating magnetic field whose frequency is set by the sound generator. The phenomenon of resonance is observed when the driving and natural oscillations of the string coincide.*

***Keywords:** resonance, string, acoustic guitar, physical experiment, teaching physics in high school.*

**Введение.** Механические колебания изучаются учащимися в курсе физики 9 – 10 классов [1, 3, 4, 5]. Существует методическая проблема, связанная с демонстрацией резонанса, которая заключается в том, что предлагаемые демонстрации не достаточно ярко представляют физическое явление. Учащиеся не связывают изучаемое на уроке явление резонанса с аналогичными явлениями, встречающимися в обыденной жизни.

Использование в качестве физического прибора музыкального инструмента наглядно демонстрирует учащимся, что физические явления происходят в повседневной жизни непрерывно. Выявление в повседневных действиях физических процессов, понимание и объяснение их, формирует у учащегося интерес к познавательной

---

<sup>1</sup> Автор выражает благодарность старшему научному сотруднику Научно-исследовательского центра «Низкоразмерный углерод» (ЮУрГГПУ, г. Челябинск), к.ф.-м.н. Живулину В.Е за помощь в подготовке эксперимента и обсуждении методики его демонстрации.

деятельности. Увеличение интереса учащегося к познанию мира способствует развитию интеллектуальных способностей и личности в целом.

Целью исследования является описание методики демонстрации явления механического резонанса гитарной струны. В методике школьного физического эксперимента существует немало способов демонстрации явления резонанса [6, 7, 8, 9, 10]. Проблемными школьного учебного эксперимента по физике занимаются зарубежные и отечественные ученые-методисты В.А. Буров, А.И. Глазырин, И.Т. Бовин, В.В. Майер, Е.И. Вараксина [1-16]

**Исследовательская часть.** В учебной литературе явление резонанса определяется как резкое возрастание амплитуды колебаний системы при совпадении частот собственных колебаний системы и колебаний вынуждающей силы [3]. Традиционным способом демонстрации явления акустического резонанса является опыт, описанный в учебной литературе, в котором используются два камертона имеющих одинаковую частоту собственных колебаний [2, 4]. Камертон – физический прибор, представляющий собой металлическую вилку, соединенную с деревянной коробкой (резонатором), усиливающей звуковые колебания вилки. При возбуждении звуковых колебаний на первом камертоне ударом молоточка, на втором камертоне также происходит возбуждение звуковых колебаний. Говорят, что второй камертон резонирует, то есть улавливает энергию звуковых волн от первого камертона, в результате чего увеличивает амплитуду собственных колебаний.

В данной статье предлагается альтернативный метод демонстрации резонанса с использованием акустической гитары. Устройство акустической гитары имеет сходства с механическим камертоном. В качестве колебательной системы у гитары выступает струна. Барабан гитары является резонатором, усиливающим звуковые колебания, создаваемые струной. При демонстрации немаловажным является пояснение устройства гитары и ее основных элементов.

Схема опыта. Оборудование: акустическая гитара с металлическими струнами, звуковой генератор, цифровой двухканальный осциллограф, компьютер, катушка электромагнит, микрофон.

Важной особенностью при проведении такого эксперимента является наличие у гитары металлических струн, которые могут взаимодействовать с магнитным полем электромагнита.

Штатив, с закрепленными на нем катушкой и микрофоном, располагается напротив резонатора так, чтобы микрофон оказался напротив резонаторного отверстия, а сердечник катушки располагался напротив какой-либо из струн гитары, не соприкасаясь с ней.

К одному из каналов осциллографа подключается сигнал, идущий со звукового генератора. На данном канале происходит визуализация гармонических вынуждающих колебаний. Ко второму каналу осциллографа подключен микрофон, который регистрирует звуковые колебания, создаваемые струной.

Гитару для устойчивости располагают горизонтально на демонстрационном столе, оперев гриф на штатив. Все элементы установки следует расположить компактно, убрав соединительные провода для обеспечения наглядности [7, 8].

Ход демонстрации. Вначале с учащимися обсуждается устройство гитары, а так же назначение элементов демонстрируемой установки. Основными конструктивными элементами акустической гитары являются корпус, гриф и 6 струн. Корпус имеет 4 поверхности: переднюю, заднюю и две боковых — левую и правую. Они называются соответственно верхняя дека, нижняя дека и обечайки. Верхняя дека оказывает основное влияние на звучность инструмента. На нижней, более широкой части верхней деки, находится подставка-струнодержатель. В центре подставки есть возвышение с прорезью,

в которую вставлен нижний порожек. Порожек держит струны приподнятыми над декой, закрепляет их нижние концы и передаёт колебания струн корпусу. В нижней части подставки имеется 6 отверстий для закрепления нижних концов струн. На верхнем конце грифа находится головка. Головка продолжает гриф, расширяясь и отклоняясь назад. В головке выпилены 2 продольных отверстия, каждое из которых пересекают три колка с винтовым механизмом для изменения натяжения струн.

Демонстрация начинается с формулировки учителем вопроса: различаются ли частоты колебаний у каждой из струн гитары? Учащиеся высказывают предположения, которые учитель предлагает проверить экспериментально. Для этого учитель поочередно приводит в колебание струны, пользуясь медиатором. Учащиеся слышат, что каждая из шести струн обладает своей частотой звучания. Учитель обращает внимание учащихся на осциллограмму, где можно пронаблюдать, что частоты колебаний струн различны.

Далее учителем формулируется проблемная ситуация: что будет происходить, если частоты собственных колебаний струны и вынуждающих колебаний совпадут? Учащиеся выдвигают предположения, которые следует проверить. Учитель подбирает на звуковом генераторе значения частоты колебаний до тех пор, пока струна не начнет колебаться. Учащиеся слышат звучание гитары. Учитель зажимает колеблющуюся струну для того, чтобы продемонстрировать, что колебания металлической струны вызываются переменным магнитным полем, создаваемым катушкой-электромагнитом. Следует при этом обратить внимание учащихся на идентичность осциллограмм собственных и вынуждающих колебаний. Вследствие этого учащиеся делают вывод о том, что частоты колебаний совпадают, а условие резонанса строго соблюдается.

После этого резонанс нарушается, для этого учитель сначала уменьшает, а потом увеличивает частоту вынуждающих колебаний звукового генератора. Учащиеся слышат, что звучание гитары постепенно пропадает. Это означает, что струна перестает колебаться из-за нарушения условия резонанса. Учащиеся делают вывод о том, что резонанс возникает лишь при точном совпадении частот собственных и вынуждающих колебаний.

Следующим этапом демонстрации является установление зависимости частоты собственных колебаний струны от силы ее натяжения. Учитель формулирует проблемную ситуацию, для этого просит ответить учащихся на вопрос: что будет происходить со звуком, издаваемым гитарой, при изменении натяжения струны гитары? Учащиеся выдвигают предположения, которые экспериментально проверяются. Для этого учитель вновь настраивает установку на резонанс. Далее уменьшает натяжение струны, поворачивая колки гитары. Обращает внимание учащихся на то, что звучание гитары прекращается из-за нарушения условия резонанса. Учитель подбирает на звуковом генераторе то значение частоты вынуждающих колебаний, при котором вновь возникнет резонанс. Учащиеся обращают внимание на то, что звук гитары становится ниже. Делают вывод о том, что начинает колебаться уже другая гитарная струна. Обращает внимание учащихся на то, что при уменьшении натяжения струны частота вынуждающих колебаний уменьшается, поэтому в резонанс вступила та гитарная струна, частота собственных звуковых колебаний которой ниже. Учащиеся делают вывод о том, что частота колебаний прямым образом зависит от натяжения струны.

**Заключение.** Дидактическая цель демонстрации заключается в том, чтобы научить учащихся находить физический смысл в повседневных явлениях и предметах.

Предлагаемая схема эксперимента проста в реализации и не требует создания специальных условий, может быть реализована как учителем для демонстрации резонанса, так и учащимися в рамках проведения ими научно-исследовательской работы. На основе данной установки учащиеся могут проводить исследования по установлению

зависимостей частоты колебаний струны от различных параметров – силы натяжения, массы, длины.

Демонстрация подготовлена для конкурса самодельного оборудования в рамках XIII Всероссийской студенческой олимпиады по теории и методике обучения физике.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Буров, В.А. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Ч. I : пособие для учителей / В. А. Буров, Б.С. Зворыкин, А.П. Кузьмин. – М. : Просвещение, 1978. – 351 с.
2. Глазырин, А.И. Самодельные демонстрационные приборы по физике и опыты с ними : пособие для учителей / А.И. Глазырин. – М. : Учпедгиз, 1960. – 488 с.
3. Касьянов, В.А. Физика. 10 класс : учебник для общеобразоват. учеб. заведений / В.А. Касьянов. – М. : Дрофа, 2000. – 416 с.
4. Гендельштейн, Л.Э. Физика. 9 класс : учебник для общеобразоват. учреждений / Л.Э. Гендельштейн, А.Б. Кайдалов, Б.В. Кожевников ; под ред. В.А. Орлова, И.И. Ройзена. – М. : Мнемозина, 2012. – 272 с.
5. Методика преподавания физики в 7-8 классах средней школы : пособие для учителя / А.В. Усова [и др.] ; под ред. А.В. Усовой. – М. : Просвещение, 1990. – 319 с.
6. Никифоров, Г.Г. Учебный физический эксперимент. Современные технологии. 7-11 классы : метод. пособие / Г.Г. Никифоров, В.В. Майер, О.А. Поваляев. – М. : Вентана-Граф, 2015. – 112 с.
7. Бовин, И.Т. Повышение эффективности школьного физического эксперимента : учеб. пособие / И.Т. Бовин. – Воронеж : ВГПИ, 1980. – 74 с.
8. Майер, В.В. Электричество: учебные экспериментальные доказательства / В.В. Майер, Р.В. Майер. – М. : Физматлит, 2006. – 232 с.
9. Майер, В.В. Учебные проекты по школьному физическому эксперименту. 7 класс. Дидактические ресурсы проектной деятельности / В.В. Майер, Е.И. Вараксина. – М. : Флинта, 2017. – 172 с.
10. Майер, В.В. Звук и ультразвук в учебных исследованиях : учеб. пособие / В.В. Майер, Е.И. Вараксина. – 2-е изд. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – 336 с.
11. Гребенев, И.В. Методическая эффективность школьного физического эксперимента / И.В. Гребенев, С.В. Полушкина // Школа будущего. – 2012. – № 3. – С. 14-19.
12. Майер, В.В. Образовательные ресурсы проектной деятельности школьников по физике : монография / В.В. Майер, Е.И. Вараксина. – М. : Флинта ; Наука, 2015. – 228 с.
13. Салтыков, И.В. Учебный эксперимент с колебательными системами как основа внеурочной деятельности по физике / И.В. Салтыков // Познание процессов обучения физике : сб. ст. / под ред. Ю.А. Саурова. – Киров : Тип. «Старая Вятка», 2015. – Вып. 16. – С. 27-30.
14. Разумовский, В.Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В.Г. Разумовский, В.В. Майер. – М. : ВЛАДОС, 2007. – 463 с.
15. Варламов, С.Д. Экспериментальная физика в школе / С.Д. Варламов // Съезд российских физиков-преподавателей «Физическое образование в XXI веке» : тез. докл. – М. : Физический факультет МГУ, 2000.
16. Wenning, C.J. Experimental inquiry in introductory physics courses / C.J. Wenning // Phys. Tchr. Educ. Online / Illinois State University Physics Dept. – 2011. – 6 (2), Summer.

#### REFERENCES

1. Burov V.A., Zvorykin B.S., Kuzmin A.P. Demonstracionnyj eksperiment po fizike v starshih klassah srednej shkoly: posobie dlya uchitelej [Demonstration experiment on physics in the senior classes of high school. Ch. I]. Moscow : Prosveschenie, 1978, 351 p.
2. Glazyrin A.I. Samodelnye demonstracionnye pribory po fizike i opyty s nimi: posobie dlya uchitelej [Homemade Demonstration Devices in Physics and Experiments with them]. Moscow: Uchpedgiz, 1960. 488 p.
3. Kasyanov V.A. Fizika. 10 klass: uchebnik dlya obscheobrazovat. учеб. zavedenij [Physics. 10 class]. Moscow: Drofa, 2000. 416 p.

4. Gendelshtejn L.E., Kajdalov A.B., Kozhevnikov B.V. Fizika. 9 klass: uchebnik dlya obsheobrazovat. uchrezhdenij [Physics. 9 class]. Orlova V.A. (eds.). Moscow: Mnemozina, 2012. 272 p.
5. Usova A.V. [et al.] Metodika prepodavaniya fiziki v 7-8 klassah srednej shkoly: posobie dlya uchitelya [Methods of teaching physics in 7-8 grades of secondary school]. Usova A.V. (ed.). Moscow: Prosveschenie, 1990. 319 p.
6. Nikiforov G.G., Majer V.V., Povalyaev O.A. Uchebnyj fizicheskij eksperiment. Sovremennye tekhnologii. 7-11 klassy: metod. posobie [Educational physical experiment. Modern technologies. 7-11 grades]. Moscow: Ventana-Graf, 2015. 112 p.
7. Bovin I.T. Povyshenie effektivnosti shkol'nogo fizicheskogo eksperimenta: ucheb. posobie [Increase the effectiveness of school physical experiment]. Voronezh: Publ. VGPI, 1980. 74 p.
8. Majer V.V., Majer R.V. Elektrichestvo: uchebnye eksperimentalnye dokazatel'stva [Electricity]. Moscow: Fizmatlit, 2006. 232 p.
9. Majer V.V., Varaksina E.I. Uchebnye proekty po shkolnomu fizicheskomu eksperimentu. 7 klass. Didakticheskie resursy proektnoj deyatel'nosti [Educational projects on the school physical experiment. 7th grade. Didactic resources of project activity]. Moscow: Flinta, 2017. 172 p.
10. Majer V.V., Varaksina E.I. Zvuk i ultrazvuk v uchebnyh issledovaniyah: ucheb. posobie [Sound and ultrasound in educational studies]. 2-e izd. Dolgoprudnyj: Intellekt, 2012. 336 p.
11. Grebenev I.V., Polushkina S.V. Metodicheskaya effektivnost shkol'nogo fizicheskogo eksperimenta [Methodical efficiency of school physical experiment]. *SHkola buduschego [School of the Future]*, 2012, no. 3, pp. 14-19.
12. Majer V.V., Varaksina E.I. Obrazovatelnye resursy proektnoj deyatel'nosti shkolnikov po fizike: monografiya [Educational resources of project activity of schoolchildren in physics]. Moscow: Flinta; Nauka, 2015. 228 p.
13. Saltykov I.V. Uchebnyj eksperiment s kolebatelnymi sistemami kak osnova vneurochnoj deyatel'nosti po fizike [Educational experiment with oscillatory systems as a basis for extracurricular activities in physics]. In Saurova YU.A. (ed.). *Poznanie processov obucheniya fizike: sb. st. [Cognition of the processes of teaching physics]*. Kirov: Tip. «Staraya Vyatka», 2015, vol. 16, pp. 27-30.
14. Razumovskij V.G., Majer V.V. Fizika v shkole. Nauchnyj metod poznaniya i obuchenie [Physics in school. Scientific method of cognition and training]. Moscow: VLADOS, 2007. 463 p.
15. Varlamov S.D. Eksperimentalnaya fizika v shkole [Experimental physics in school]. *Sezd rossijskih fizikov-prepodavatelej «Fizicheskoe obrazovanie v XXI veke»: tez. dokl [Congress of Russian Physics Teachers «Physical Education in the 21st Century»]*. Moscow: Fizicheskij fakultet MGU, 2000.
16. Wenning C.J. Experimental inquiry in introductory physics courses. *Phys. Tchr. Educ. Online*. Illinois State University Physics Dept (ed.). 2011, Summer, no. 6 (2).