Tips for controls:

- The word "resonator" means a particular mass-spring system.
- If there is more than one resonator, a pull-down menu of preset combinations appears in the control panel on the right.
- The Resonator panel displays information about a particular "selected" resonator. To select a resonator, either click on the blue mass or enter the resonator number in the text box next to the word "Resonator".
- You can change the mass and spring constant of the selected resonator with the sliders in the Resonator panel. If you change any of the masses or springs, the pull-down menu box changes to "Select Preset". The "mixed m and k" choice is the default combination.
- There are two different frequencies displayed on the screen at any time. The frequency in the Resonator panel is the natural frequency of the selected resonator. The frequency on rotary control on the gray driver box is the driving frequency.
- The frequency dial can be turned through more than 360°. The reason for this is to allow the user more precision in setting the exact frequency.
- You can **Pause** the sim and then use **Step** to incrementally see the motion.
- The Ruler, which is grabbable, comes with horizontal reference lines which are also grabbable.
- To see the effects of varying the frequency and amplitude of the driver, it may be more instructive to use several resonators.
- To view in full screen, "F11" works on most Windows browsers. Check out FAQ's for more ideas: http://phet.colorado.edu/en/troubleshooting
- If you are doing a lecture demonstration, set your screen resolution to 1024x768 so the simulation will fill the screen and be seen easily.

Особенности управления:

* Слово "резонатор" означает определенную систему груз-пружина.

• При наличии нескольких резонаторов на панели управления справа появляется выпадающее меню предустановленных комбинаций.

* На панели "резонатор" отображается информация о конкретном выбранном резонаторе. Чтобы выбрать резонатор, либо нажмите на один из синих грузов, либо введите номер резонатора в текстовое поле рядом со словом "резонатор".

* Вы можете изменить массу груза и жёсткость пружины выбранного резонатора с помощью ползунков на панели резонатора. Если вы измените любую из масс или пружин, выпадающее меню изменится на "Выбрать предустановку". Выбор "смешанные т и k" является комбинацией по умолчанию.

• В любое время на экране отображаются две различные частоты. Частота в панели резонатора - это собственная частота выбранного резонатора. Частота на ручке управления на серой коробке Драйвера - это частота вынужденная.

* Ручка частоты может быть повернута более чем на 360°. Причина этого заключается в том, чтобы позволить пользователю более точно установить частоту.

• Вы можете приостановить симулятор, а затем использовать пошаговый режим, чтобы увидеть движение в замедленном режиме.

* Линейка, которую можно захватить мышкой, включает горизонтальные опорные



Number of Resonators

mixed m and k



PhET Tips for Teachers

Resonance sim for advanced harmonic motion concepts

линии, которые также можно перетаскивать.

• Чтобы увидеть эффекты изменения частоты и амплитуды Драйвера, может быть более поучительно использовать несколько резонаторов.

• Для просмотра в полноэкранном режиме кнопка "F11" работает в большинстве браузеров Windows. Проверьте часто задаваемые вопросы для получения дополнительных идей: http://phet.colorado.edu/en/troubleshooting

• Если вы проводите демонстрацию на лекции, установите разрешение экрана на 1024x768, чтобы симулятор заполнила весь экран и был легко виден.

Important modeling notes / simplifications:

- The frequency shown is real-time, if the Sim Speed slider is set to "normal".
- The natural frequency of a resonator shown in the Resonator panel is given by the $\int_{-\infty}^{-\infty}$

formula√ .-- -

• This sim assumes a frictional force of the form, where v is the velocity, and b is the "damping constant" displayed in the control panel. All resonators use the same damping constant that is selected.

Важные примечания к модели/ допущения:

* Частота отображается в режиме реального времени, если ползунок скорости симулятора установлен в положение "нормальный".

* Собственная частота резонатора, показанная на панели резонатора, задается формулой √.

* Эта модель предполагает силу трения вида bv², где v-скорость, a b - "постоянная демпфирования", отображаемая на панели управления. Все резонаторы используют одну и ту же выбранную константу демпфирования.

Student difficulties:

- Some students wonder why the masses can pass through the driver platform, rather than collide with it. The reason for this is that this sim is designed to demonstrate driven, damped simple harmonic motion. Collisions with the platform would break the model.
- Some students have difficulty understanding the term "Damping" in this complex sim. It might be useful to have them explore Waves on a String or Masses & Springs (but damping is called "friction" in this sim because the audience is lower lever).
- If the damping constant is very low, and the amplitude is high, it takes a long time for the transient behavior to settle out and the steady-state behavior to become evident. This correct behavior is designed to teach higher-level learning goals.
- For the first three presets (same k, same m, mixed m&k), the parameters are such that the resonant frequencies are 1.0 Hz, 1.5 Hz, 2.0 Hz, 2.5 Hz etc. Some students are puzzled that the frequencies don't change when the preset is changed.
- Students turned the frequency dial so fast that they didn't really see the resonance move down the line of resonators. The lesson might include a prompt to use the frequency dial slowly.

Некоторые трудности в работе учеников:

* Некоторые ученики задаются вопросом, почему грузы могут проходить через платформу Драйвера, а не сталкиваться с ней. Причина этого в том, что этот симулятор предназначен для демонстрации управляемого, затухающего простого

PhET Tips for Teachers Resonance sim for advanced harmonic motion concepts

гармонического движения. Столкновение с платформой разрушило бы модель.

* Некоторые ученики испытывают трудности с пониманием термина "демпфирование" в этом симуляторе. Возможно, было бы полезно, чтобы они исследовали волны на струне или грузов и пружинах (но демпфирование в этом симуляторе называется "трением").
• Если постоянная затухания очень мала, а амплитуда высока, требуется много времени, чтобы переходный процесс успокоился и установившееся поведение стало очевидным.
Это правильное поведение предназначено для обучения обучения более высокого уровня.
• Для первых трех установок (тот же k, тот же m, смешанный m&k) параметры таковы, что резонансные частоты составляют 1,0 Гц, 1,5 Гц, 2,0 Гц, 2,5 Гц и m. д. Некоторые ученики озадачены тем, что частоты не меняются при изменении установок. Ученики поворачивали ручку частоты так быстро, что не видели, как меняет поведение резонаторов. Учитель может предложить вращать ручку медленно.

Suggestions for sim use:

- This sim would be very useful for demonstration.
- For other examples of damping, use <u>Waves on a String</u> (damping slider) or <u>Masses and</u> <u>Springs</u> (friction slider)
- For tips on using PhET sims with your students see: <u>Guidelines for Inquiry</u> <u>Contributions</u> and <u>Using PhET Sims</u>
- The simulations have been used successfully with homework, lectures, in-class activities, or lab activities. Use them for introduction to concepts, learning new concepts, reinforcement of concepts, as visual aids for interactive demonstrations, or with in-class clicker questions. To read more, see <u>Teaching Physics using PhET Simulations</u>
- For activities and lesson plans written by the PhET team and other teachers, see: <u>Teacher</u> <u>Ideas & Activities</u>

Предложения по использованию симулятора:

* Этот симулятор был бы очень полезен для демонстрации.

• Для других примеров демпфирования используйте волны на струне (демпфирующий ползунок) или грузы и пружины (фрикционный ползунок)

* Советы по использованию PhET sims с вашими студентами см. В разделе: Руководство по внесению запросов и использованию PhET Sims

* Моделирование успешно использовалось при выполнении домашних заданий, лекций, занятий в классе или лабораторных работ. Используйте их для ознакомления с идеями, изучения новых знаний, задкрепления знаний, в качестве наглядных пособий для интерактивных демонстраций или с помощью вопросов в классе. Дополнительные сведения см. В разделе Обучение физике с использованием моделирования PhET

• О мероприятиях и планах уроков, написанных командой PhET и другими учителями, см.: идеи и мероприятия учителей