

## Intro Screen

Play with one or two mass-spring systems and discover which variables (such as mass, gravity, spring constant, spring length) affect the period.

### Введение

Поиграйте с одной или двумя системами пружин и выясните, какие переменные (такие как масса, гравитация, жёсткость пружины, длина пружины) влияют на период колебаний.

**Изменение жёсткости**

**Измерение смещения**

**Грузы для пружин**

**Указатели нач. длины, равновесия и пользовательский указатель**

**Параметры левой пружины**

## Vectors Screen

View the net force or component forces in the system, and explore how the velocity and acceleration change throughout the oscillation.

### Второй экран. Векторы

Посмотрите на равнодействующую силу или составляющие силы в системе и исследуйте, как скорость и ускорение изменяются на протяжении всего колебания.

**Сравните двух пружин**

**Вектора сил и ускорения в реальном времени**

**Установка контрольной линии**

**Стоп**

**Показывать компоненты или равнодействующую**

**Пауза и шаг с интервалом 0.01 сек**

## Energy Screen

Explore the energy in the system in real-time and discover the conservation of mechanical energy.

### Третий экран. Энергия

Исследуйте энергию в системе в режиме реального времени и откройте для себя сохранение механической энергии.

**Изм. массы**

**Изменения энергии в реальном времени**

**Изменение масштаба**

**Демпфирование (сила трения)**

**Смещение от первоначальной длины**

## Lab Screen

Collect data and determine the value of the mystery mass or  $g$  on Planet X.

### Четвёртый экран. Лаборатория

Соберите необходимые данные и определите значение неизвестной массы или  $g$  на Планете X.

**Показывать энергию системы**



**Измерение периода**

**Трассировка периода колебаний**

**Управление гравитацией: задайте тяготение на неизвестной планете**

**Эксперимент с неизвестной массой**

## Complex Controls

- The remove heat button in the Energy Graph will instantaneously remove the thermal energy from the system. If damping is on, the thermal energy will still continue to accumulate. 
- The zero-point of the gravitational potential energy is indicated by the  Height = 0 m dashed line at the bottom of the screen. GPE will be zero when the bottom of the mass is at this line.
- When the energy is off-scale, an arrow will appear above the bar in the Energy Graph. To re-scale the graph, zoom out until the arrows are no longer visible.

### Особенности управления

- \* Кнопка «Тепловая энергия» на графике энергии мгновенно скроет показ графика тепловой энергии системы. Если демпфирование включено, тепловая энергия все равно будет продолжать накапливаться.
- \* Нулевая точка гравитационной потенциальной энергии обозначается пунктирной линией в нижней части экрана. Потенциальная энергия будет равна нулю, когда нижняя часть массы находится на этой линии.
- Когда энергия зашкаливает, над полосой на графике энергии появляется стрелка. Чтобы изменить масштаб графика, уменьшайте масштаб до тех пор, пока стрелки не исчезнут.

### Insights into Student Use

- When setting up an experiment, it may be helpful to first pause the sim.
- Students may notice that the displacement vector is asymmetric about the natural length. You can ask students to find a way to make this displacement equal ( $g = 0$ ) or ask them to instead compare the displacement about the Mass Equilibrium (always symmetric).

### Понимание использования учащимися

- При настройке эксперимента может быть полезно сначала приостановить симулятор.
- \* Учащиеся могут заметить, что вектор смещения асимметричен относительно естественной длины. Вы можете попросить студентов найти способ сделать это смещение равным нулю ( $g = 0$ ) или попросить их вместо этого сравнить смещение относительно точки равновесия массы (всегда симметричное).

### Model Simplifications

- The thickness of the spring is used to indicate the spring constant. A spring with  $n$  coils can be treated as  $n$  identical springs (each with spring constant  $k$ ) connected in series, with an effective spring constant of  $k_{eq} = k/n$ . For springs with an unequal number of coils (unequal natural lengths) to have the same effective spring constant, the shorter spring must have a thinner gauge. Similarly, if these two springs have the same thickness, the shorter spring will have the greater effective spring constant.
- The mystery masses on the Intro and Vectors screens have the same density as the other masses, so their size can be used to (roughly) determine their mass. On the Lab screen, the mystery masses have different densities, so students will need a more sophisticated strategy to determine their value.
- Two equilibrium reference positions can be displayed in this sim: Equilibrium Position (end of spring) and Mass Equilibrium (center of mass). The Equilibrium Position appears on the Intro screen to allow students to discover the displacement. Vectors are drawn with respect to the center of mass, so the Mass Equilibrium is a more useful visual reference on the later screens.
- The damping force is proportional to the velocity ( $c$ ), and the damping slider controls  $c$ . For more information about the damping or the equation of motion, see [Masses and Springs Model](#).

- If a parameter (e.g. gravity, mass) is changed mid-oscillation, the instantaneous displacement, mass, spring constant, gravity, and velocity will be used as the new initial conditions for the equation of motion. Frequent mid-oscillation changes can lead to hard-to-interpret (though technically still accurate) behavior, so we recommend stopping the mass between experiments.

### **Допущения, принятые в модели**

- \* Толщина пружины используется для указания жёсткости пружины. Пружину с витками можно рассматривать как идентичные пружины (каждая жёсткостью пружины  $k$ ), соединенные последовательно, с эффективной жёсткостью пружины  $k_{eq} = k/n$ . Чтобы пружины с неодинаковым числом витков (неодинаковой естественной длины) имели одинаковую эффективную жёсткость пружины, более короткая пружина должна иметь более тонкий калибр. Аналогично, если эти две пружины имеют одинаковую толщину, то более короткая пружина будет иметь большую эффективную жёсткость пружины.
- \* Грузы неизвестной массы имеют ту же плотность, что и другие грузы, поэтому их размер можно использовать (грубо) для определения их массы. В Лаборатории неизвестные грузы имеют разную плотность, поэтому учащимся потребуется более сложная стратегия, чтобы определить их массу.
- В этом симуляторе можно отобразить два опорных положения равновесия: положение равновесия (конец пружины) и равновесие массы (центр массы). Положение равновесия появляется на вводном экране, чтобы учащиеся могли обнаружить смещение. Векторы рисуются относительно центра масс, поэтому равновесие масс является более полезным визуальным ориентиром на более поздних экранах.
- \* Сила трения пропорциональна скорости ( $c$ ), а ползунок демпфирования управляет ею .
- Если параметр (например, сила тяжести, масса) изменяется в середине колебания, то в качестве новых начальных условий для уравнения движения будут использоваться мгновенное смещение, масса, жёсткость пружины, сила тяжести и скорость. Частые изменения средних колебаний могут привести к трудно интерпретируемому (хотя технически все еще точному) поведению, поэтому мы рекомендуем останавливать колебания между экспериментами.

## **Suggestions for Use**

### **Sample Challenge Prompts**

- Describe the Natural Length and Equilibrium Position in your own words.
- Identify all the ways to increase the displacement at equilibrium.
- Determine the relationship between the applied force and displacement.
- Explain what the period represents, and determine a method to measure it.
- Design a controlled experiment to (qualitatively or quantitatively) determine how a variable — such as mass, gravity, spring constant, or displacement — affects the period.
- Determine a way to give a heavier mass a shorter period than a lighter mass.
- Sketch the gravitational and spring forces at several points throughout the oscillation.
- Predict the direction and magnitude of the velocity and acceleration vectors throughout the oscillation.
- Identify where in the oscillation the kinetic energy, gravitational potential energy, and elastic potential energy are increasing/decreasing, and identify the locations where the energies are maximum or zero.
- Estimate the speed of the mass (e.g. max, medium, zero) or its position from the Energy Graph.
- Determine the mass of the mystery masses or the value of  $g$  on Planet X (qualitatively or quantitatively), and explain your method(s).

See all published activities for Masses and Springs [here](#).

For more tips on using PhET sims with your students, see [Tips for Using PhET](#).

### **Рекомендации по применению**

*Примерные задания:*

- \* *Опишите естественную длину и положение равновесия своими словами.*
- \* *Определите все способы увеличения смещения при равновесии.*
- \* *Определите соотношение между приложенной силой и перемещением.*
- \* *Объясните, что представляет собой период, и определите метод его измерения.*
- \* *Разработайте контролируемый эксперимент, чтобы (качественно или количественно) определить, как переменная — такая как масса, сила тяжести, постоянная пружины или смещение — влияет на период.*
- \* *Определите способ дать большей массе груза более короткий период, чем меньшей массе груза.*
- \* *Нарисуйте гравитационные и упругие силы в нескольких точках на протяжении всего колебания.*
- \* *Предскажите направление и величину векторов скорости и ускорения на протяжении всего колебания.*
- \* *Определите, где в колебании кинетическая энергия, гравитационная потенциальная энергия и упругая потенциальная энергия увеличиваются/уменьшаются, и определите места, где энергии максимальны или равны нулю.*
- \* *Оцените скорость груза (например, максимальная, средняя, нулевая) или ее положение на графике энергии.*
  - \* *Определите массу неизвестных грузов или величину  $g$  на Планете X (качественно или количественно) и объясните свой метод(ы).*