

Non-obvious controls:

- You can grab the lines of the excited states in the energy level diagram and move them up and down.
- Be sure to try all the different tabs at the top of the simulation.
- You can **Pause** the sim and then use **Step** to incrementally analyze.
- If you are doing a lecture demonstration, set your screen resolution to 1024x768 so the simulation will fill the screen and be seen easily.

Important modeling notes / simplifications:

- The purpose of the first tab is simply to help students learn about absorption and emission. To explore lasing, it works much better to use the second tab.
- To get lasing, the lamp frequency should match the excitation frequency of the 2nd excited state, the lifetime of the 2nd excited state should be small, the lifetime of the 1st excited state should be large, and the mirror reflectivity should be high.
- We use the convention of labeling the ground state as “1,” the first excited state as “2,” etc. Another common convention is labeling the ground state as “G,” the first excited state as “1,” etc. If your textbook and/or course materials use the latter convention, point out the discrepancy to your students. (Note that old versions of this simulation used the latter convention. It was changed in May 2008.)
- When the atom transitions from the second excited state to the first excited state, it emits an infrared photon. These photons are not shown unless you select **Display photons emitted from upper energy state**.
- If you turn up the light intensity very high, you can excite an atom with one photon and then create stimulated emission with the next photon before the atom can decay spontaneously. In real life this process is very rare unless the system is lasing.
- In order to make lasing possible in such a small system, the likelihood of absorption and stimulated emission are higher than in real life. They are set to make lasing as easy as possible while showing that not every photon causes absorption or stimulated emission. You can change the stimulation likelihood in the **Options** menu.
- For simplicity, the mirrors have the same reflectivity for all colors of light.

Insights into student use / thinking:

- We recommend starting with the first tab to help students learn the basic ideas with a single atom. The second tab can be overwhelming if it is the first thing students see.
- Students sometimes have trouble relating what they see in the simulation to the parts of a real laser. **View Picture of Actual Laser** should help with this.
- In interviews, we found that even students with no science background were able to figure out the basics of how a laser works by playing with this simulation.

Suggestions for sim use:

- For tips on using PhET sims with your students see: [Guidelines for Inquiry Contributions](#) and [Using PhET Sims](#)
- 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 [Teaching Physics using PhET Simulations](#)

- For activities and lesson plans written by the PhET team and other teachers, see: [Teacher Ideas & Activities](#)
- Use lasers as a context for helping students understand atomic transitions, absorption, and spontaneous and stimulated emission.
- Challenge your students to make a working laser. (They will need to maximize the lifetime of the 1st excited state and minimize the lifetime of the 2nd excited state.)
- Challenge your students to make a laser so powerful that it explodes!
- Challenge your students to figure out ways they could fix a broken laser.
- Ask your students to explain the reasons for each of the conditions for lasing.
- Ask your students to explain why three levels, and not just two, are required to make a laser.

PhET Советы для учителей. Лазеры

Автор: Сэм Маккаган, последнее обновление 20 июня 2008 г.

Элементы управления:

Вы можете захватить мышкой линии возбужденных состояний на диаграмме энергетических уровней и перемещать их вверх и вниз.

Обязательно попробуйте все различные вкладки в верхней части симуляции.

Вы можете приостановить симулятор, а затем использовать Step для пошагового анализа.

Если вы проводите лекционную демонстрацию, установите разрешение экрана на 1024x768, чтобы симуляция заполнила весь экран и была легко видна.

Важные замечания по моделированию / допущения:

Цель первой вкладки - просто помочь ученикам узнать о поглощении и излучении. Для изучения генерации гораздо лучше использовать вторую вкладку.

Чтобы получить генерацию, частота лампы должна соответствовать частоте возбуждения 2-го возбужденного состояния, время жизни 2-го возбужденного состояния должно быть небольшим, время жизни 1-го возбужденного состояния должно быть большим, а отражательная способность зеркала - высокой.

Мы используем условные обозначения основного состояния как "1", первого возбужденного состояния как "2" и т. д. Другой распространенной условностью является маркировка основного состояния как "G", первое возбужденное состояние как "1" и т. д. Если ваш учебник и/или учебные материалы используют данное обозначение, укажите на несоответствие своим ученикам. (Обратите внимание, что старые версии этого моделирования использовали последнее обозначение. Оно было изменено в мае 2008 года.)

Когда атом переходит из второго возбужденного состояния в первое, он испускает инфракрасный фотон. Эти фотоны не отображаются, если вы не выберете опцию Отображать фотоны, испускаемые из верхнего энергетического состояния.

Если вы увеличите интенсивность света очень сильно, вы можете возбудить атом одним фотоном, а затем создать стимулированное излучение со следующим фотоном, прежде чем атом сможет спонтанно распасться. В реальной жизни этот процесс очень редок, если только система не генерирует энергию.

Чтобы сделать генерацию возможной в такой маленькой системе, вероятность

поглощения и стимулированного излучения выше, чем в реальной жизни. Они настроены на то, чтобы сделать генерацию как можно проще, показывая при этом, что не каждый фотон вызывает поглощение или стимулированное излучение. Вы можете изменить вероятность стимуляции в меню Опций. Для простоты зеркала имеют одинаковую отражательную способность для всех цветов света.

Трудности понимания и использования учеников:

Мы рекомендуем начать с первой вкладки, чтобы помочь ученикам изучить основные идеи с помощью одного атома. Вторая вкладка может ошеломить, если это первое, что видят ученики.

Ученики иногда испытывают затруднения, связывая то, что они видят в симуляции, с частями реального лазера. Просмотр изображения реального лазера должен помочь в этом.

В ходе интервью мы обнаружили, что даже ученики, не имеющие научного опыта, смогли понять основы работы лазера, играя с этой симуляцией.

Предложения по использованию симулятора:

Моделирование успешно использовалось в домашних заданиях, лекциях, занятиях в классе или лабораторных занятиях. Используйте их для в ознакомительном плане, изучения новых знаний, закрепления знаний, в качестве наглядных пособий для интерактивных демонстраций или с помощью вопросов в классе. Дополнительные сведения см. в разделе Преподавание физики с использованием моделирования PhET

PhET Советы для учителей Лазеры

Автор: Сэм Маккаган, последнее обновление 20 июня 2008 г.

Используйте симулятор как контекст для того, чтобы помочь ученикам понять атомные переходы, поглощение и спонтанное и стимулированное излучение.

Дайте задание своим ученикам, чтобы сделать работающий лазер. (Им нужно будет максимизировать время жизни 1-го возбужденного состояния и минимизировать время жизни 2 - го возбужденного состояния.)

Дайте задание своим ученикам, чтобы сделать лазер настолько мощным, чтобы он взорвется!

Дайте задание своим ученикам, чтобы выяснить, как они смогли бы починить сломанный лазер.

Попросите учеников объяснить причины каждого из условий генерации.

Попросите учеников объяснить, почему для создания лазера требуется три уровня, а не только два.