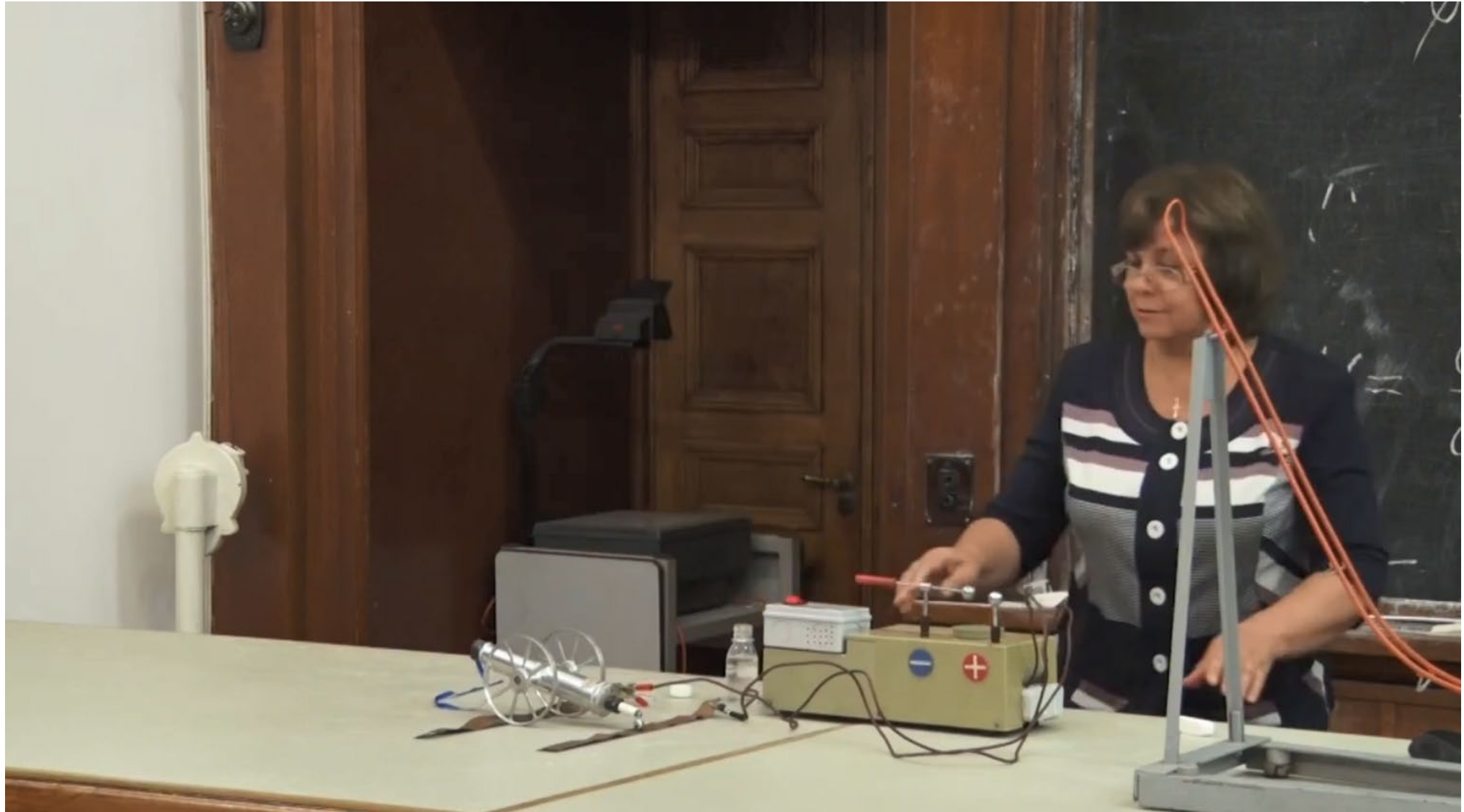


Механика

Лекция 4



Выстрел из пушки



План лекции

- Работа силы. Консервативные силы.
- Кинетическая и потенциальная энергия системы материальных точек.
- Связь консервативных сил с потенциальной энергией.
- Закон сохранения механической энергии.
- Соударения тел. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Законы сохранения при соударениях тел.

Работа силы

Работа силы \vec{F} при бесконечно малом перемещении $d\vec{r}$ материальной точки, на которую действует сила (точки приложения силы), равна скалярному произведению силы на это перемещение.

$$\delta A = \vec{F} d\vec{r} = F dr \cos \alpha$$

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r}$$

Аддитивная величина

Измеряется в $\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}$

Мощность

Мощность силы – физическая величина, численно равная работе, совершаемой силой за единицу времени.

$$N = \frac{\delta A}{dt} = \vec{F} \vec{v}$$

$$A = \int_t^{t+\Delta t} N dt$$

Измеряется в $\text{Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}}$

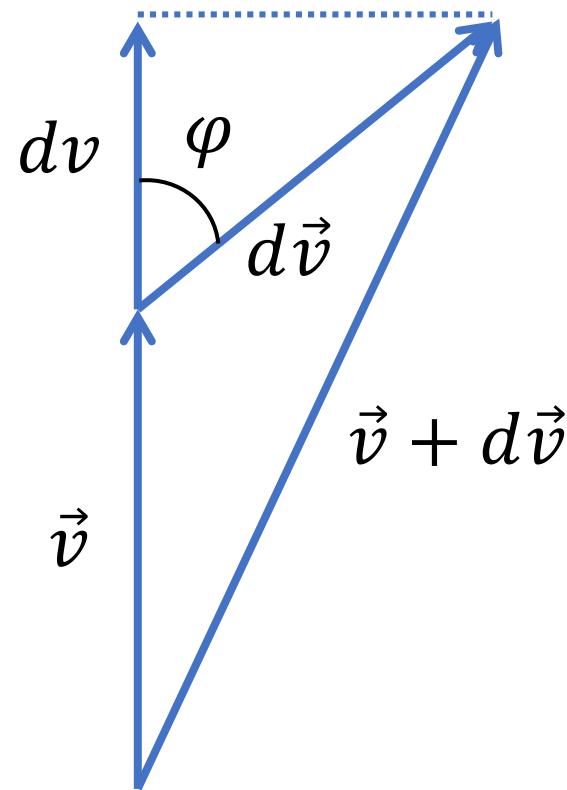
Кинетическая энергия

Энергия – величина, измеряемая той работой, которую эта система тел может совершить.

$$\delta A = \vec{F} d\vec{r} = d\left(\frac{mv^2}{2}\right)$$

$$\vec{v} d\vec{v} = |\vec{v}| |d\vec{v}| \cos \varphi = v dv$$

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F} d\vec{r} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = T_2 - T_1$$



Теорема о кинетической энергии системы

$$A_{12} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = T_2 - T_1$$

Приращение кинетической энергии материальной точки при некотором перемещении равно суммарной работе всех сил, действующих на неё при перемещении.

Теорема Кёнига

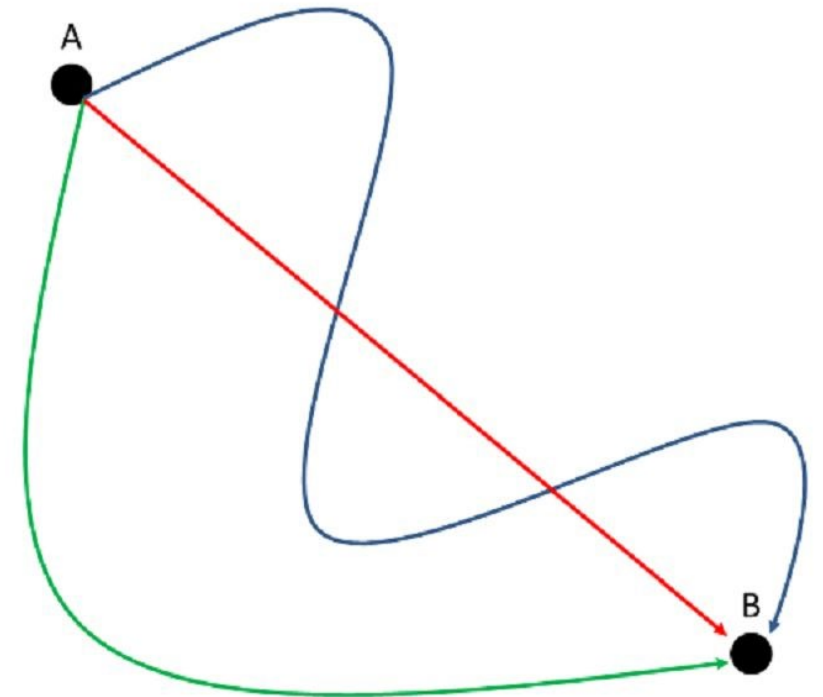
Кинетическая энергия системы материальных точек равна сумме кинетической энергии всей массы системы, мысленно сосредоточенной в её центре масс и движущейся вместе с ним, и кинетической энергии той же системы в её относительном движении по отношению к поступательно движущейся системе координат с началом в центре масс.

В системе центра масс $v_{\text{ц}} = 0$ и кинетическая энергия – минимальна.

Неконсервативные силы

Неконсервативные силы (непотенциальные силы) – силы, работа которых зависит не только от начального и конечного положений точки приложения силы, но и от вида ее траектории.

Примеры: сила тяги ракеты, сила трения



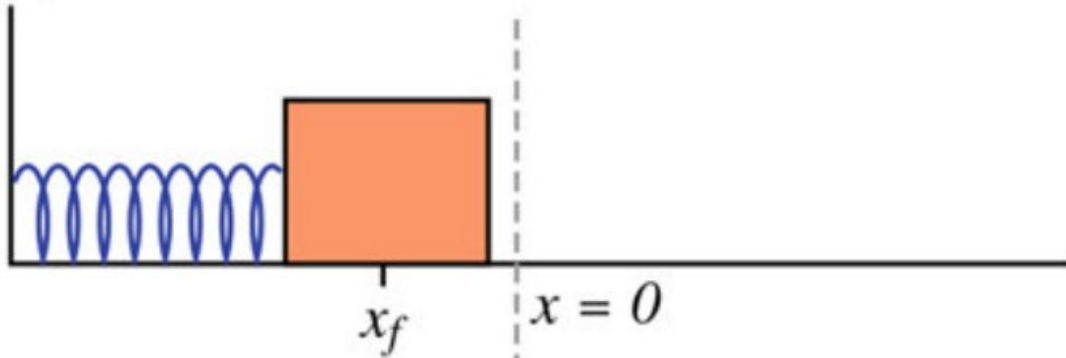
Консервативные силы

Консервативные сила (потенциальная сила) – сила, работа которой не зависит от вида траектории, а только от начального и конечного положений точки приложения силы.

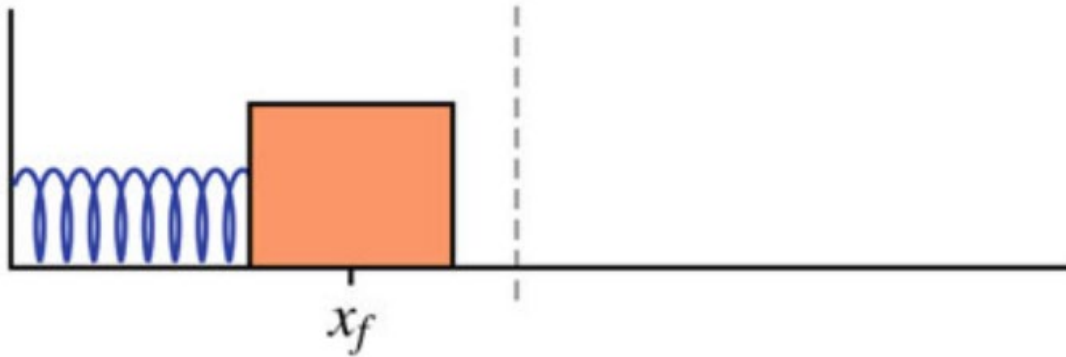
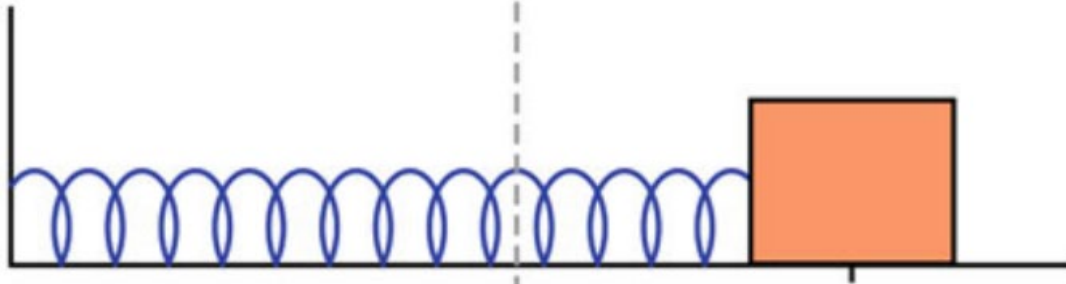
Работа потенциальной силы по замкнутой траектории равна нулю.

$$\oint dA = 0$$

Работа упругой силы

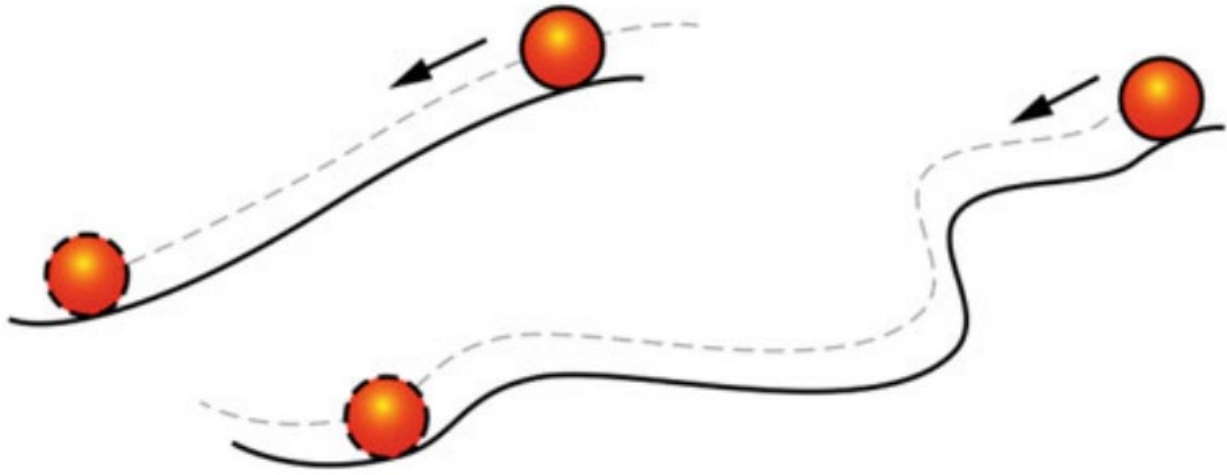


Закон Гука $F = -kx$



$$A_{12} = \int_1^2 (-kx) dx = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

Работа гравитационной силы



$$\vec{F}(\vec{r}) = -G \frac{Mm \vec{r}}{r^2 r}$$

На небольшой высоте h над
поверхностью Земли:

$$A_{12} \approx GMm \frac{h}{R_3} \rightarrow mgh$$

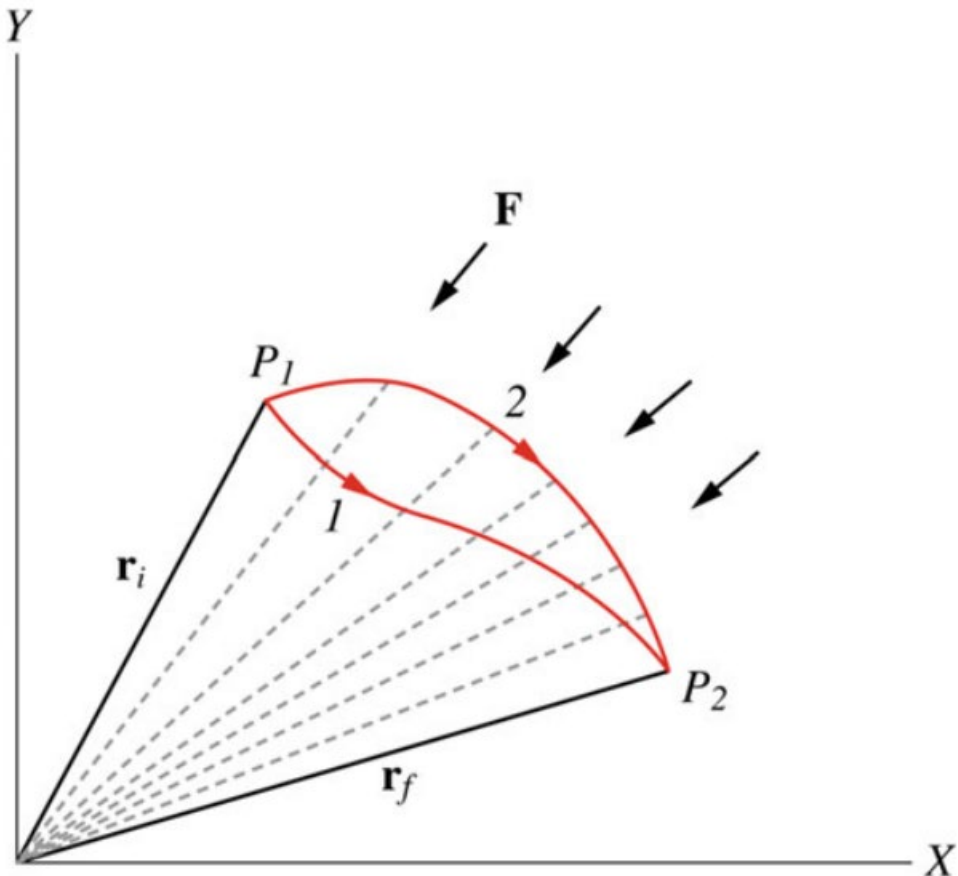
Поле сил

Поле сил – область пространства, где на частицу действуют силы.

Поле центральных сил – поле, где сила зависит лишь от расстояния между частицей и силовым центром.

$$\vec{F}(\vec{r}) = F(r) \frac{\vec{r}}{r}$$

Центральные силы консервативны, если стационарны.



Потенциальная энергия

- **Потенциальная энергия механической системы** – физическая величина, равная сумме работ потенциальных сил, действующих на тела системы, при изменении положения тел системы в пространстве из данного (состояние 1) в любое наперед заданное (состояние 0), называемое нулем отсчета потенциальной энергии
- **Изменение потенциальной энергии материальной точки** равно взятой с обратным знаком работе консервативных (потенциальных) сил при перемещении из одной точки в другую
- **Нормировка потенциальной энергии** – задание величины $U(r)$ в какой-либо точке

Связь консервативных сил с потенциальной энергией

$$\vec{F} = - \left(\frac{\partial U}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{k} \right)$$

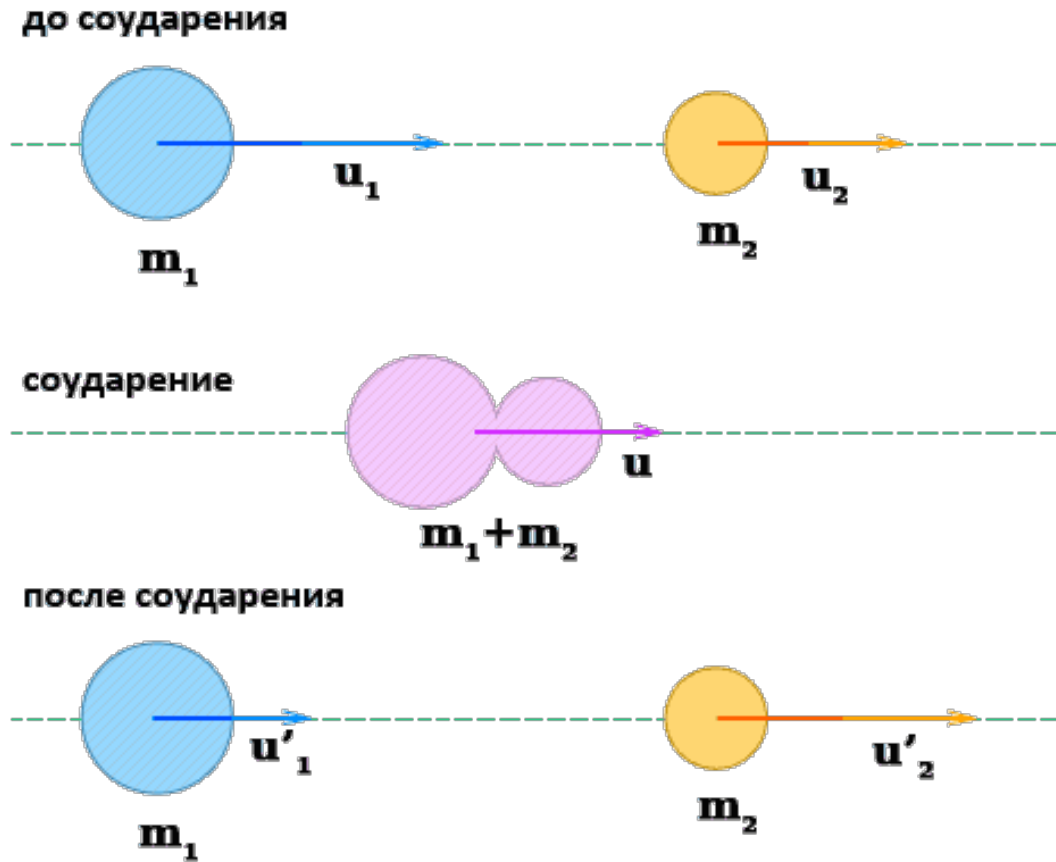
$$\vec{F} = -\text{grad } U = -\vec{\nabla} U$$

Механическое равновесие — состояние системы, при котором её положение находится в точке с нулевым градиентом потенциальной энергии.

Механическая энергия

- **Механическая энергия системы** – сумма кинетической и потенциальной энергий механической системы.
- **Закон изменения механической энергии системы** – изменение механической энергии системы равно работе внешних и внутренних непотенциальных сил.
- **Закон сохранения механической энергии системы** – если работа всех внешних и внутренних непотенциальных сил равна нулю, то механическая энергия системы относительно инерциальной системы отсчета сохраняется.

Соударения тел



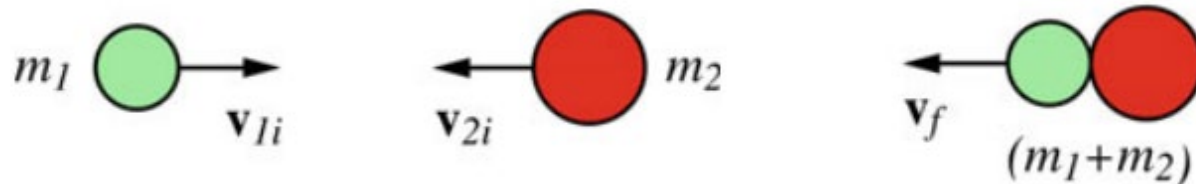
- **Удар (соударение)** – кратковременное взаимодействие тел при непосредственном соприкосновении, при котором изменением положения этих тел в пространстве за время их соударения можно пренебречь.

Энергетическая классификация ударов

- **Абсолютно упругий удар** – удар, при котором кинетическая энергия тел до соударения равна кинетической энергии тел после соударения.



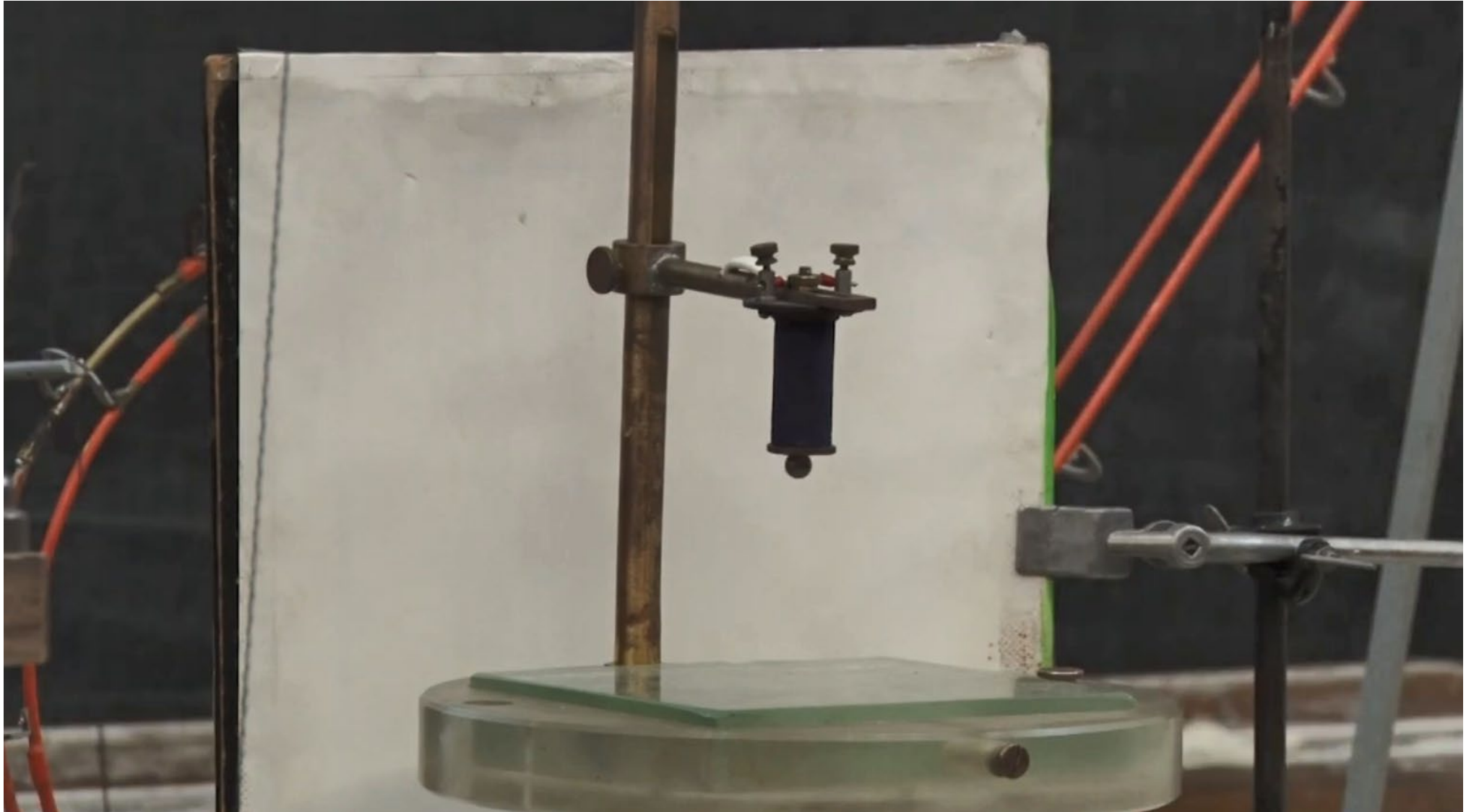
- **Абсолютно неупругий удар** – удар, при котором соударяющиеся тела приобретают одинаковую скорость после соударения.



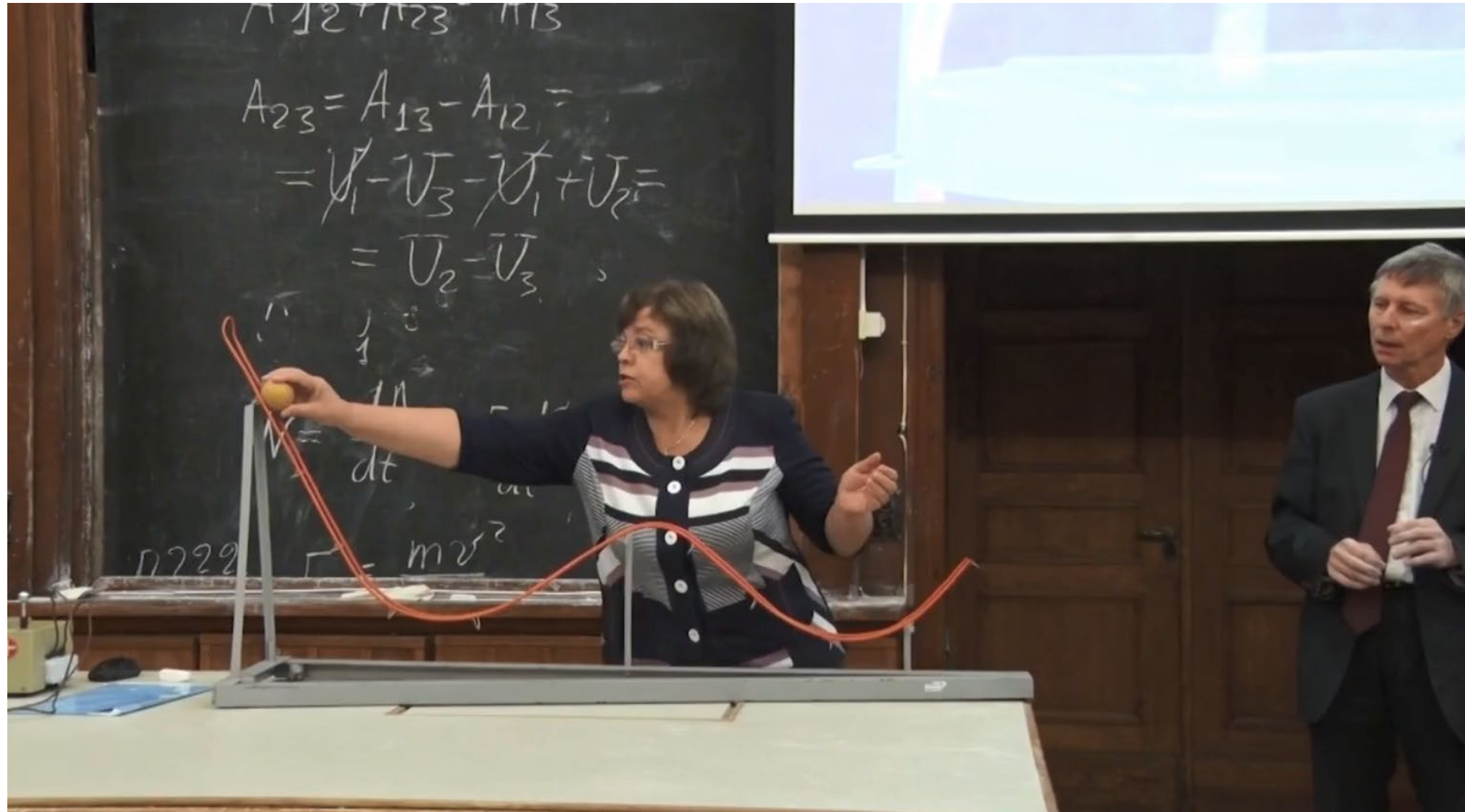
Геометрическая классификация ударов

- **Центральный удар** – удар, при котором силы упругости, действующие между соударяющимися телами, направлены вдоль прямой, соединяющей центры масс тела.
- **Лобовой удар** – удар, при котором скорости соударяющихся тел лежат на прямой, соединяющей центры масс тела.

«Прыгающий шарик»



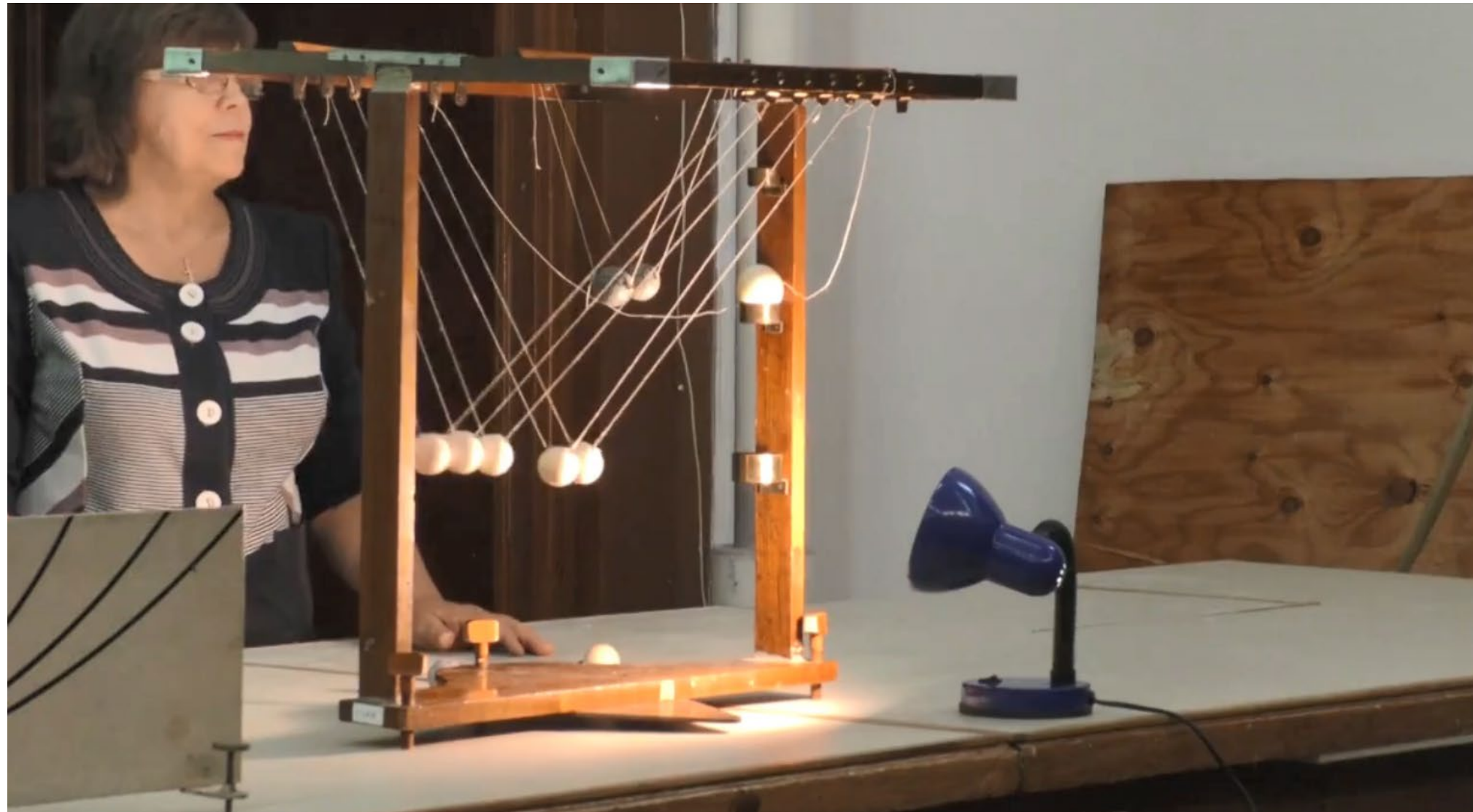
Горки сложного профиля



Опыт Тимирязева



Упругое/неупругое соударение шаров



Маятник Галилея

