

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

В работе сравнивается изменение потенциальной энергии растянутой пружины с изменением кинетической энергии тела

Оборудование: два штатива с лапками, динамометр на 4 Н, шар, нитки, листы белой и копировальной бумаги, линейка, весы с набором гирь.

З а д а н и е

Сравните уменьшение потенциальной энергии растянутой пружины с увеличением кинетической энергии тела, связанного с пружиной.

Метод выполнения работы

На основании закона сохранения и превращения энергии при взаимодействии тел силами упругости изменение потенциальной энергии растянутой пружины должно быть равно изменению кинетической энергии связанного с ней тела, взятому с противоположным знаком:

$$\Delta E_p = -\Delta E_k.$$

Для экспериментальной проверки этого утверждения можно воспользоваться установкой, изображенной на рисунке 1. В лапке штатива закрепляют динамометр. К его крючку привязывают шар на нити длиной 60—80 см. На другом штативе на одинаковой высоте с динамометром укрепляют в лапке желоб. Установив шар на краю желоба и удерживая его, отодвигают второй штатив от первого на длину нити. Если отодвинуть шар от края желоба на x , то в результате деформации пружина приобретет запас потенциальной энергии

$$\Delta E_p = \frac{kx^2}{2},$$

где k — жесткость пружины.

Затем шар отпускают. Под действием силы упругости шар приобретает скорость v . Пренебрегая потерями, вызванными действием силы трения, можно считать, что потенциальная энергия растянутой пружины полностью превратится в кинетическую энергию шара:

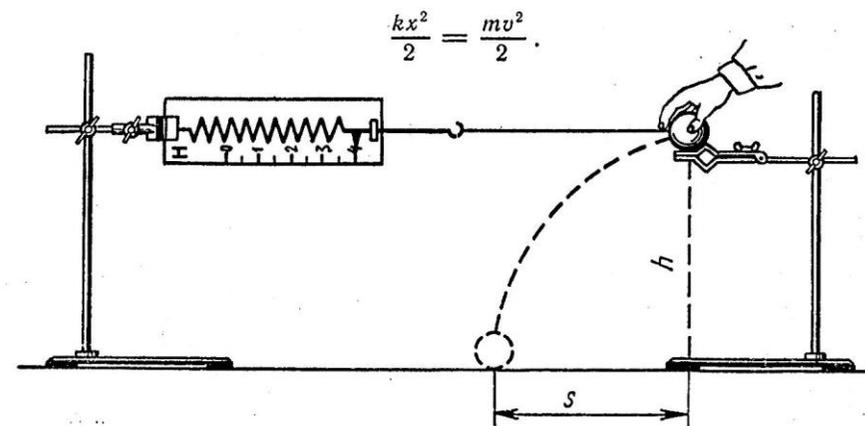


Рис. 1

Скорость шара можно определить, измерив дальность его полета s при свободном падении с высоты h . Из выражений $v = \frac{s}{t}$ и $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ следует, что $v = s\sqrt{\frac{g}{2h}}$. Тогда

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{ms^2g}{4h}.$$

Целью работы является проверка равенства:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{ms^2g}{4h}.$$

С учетом равенства $F_y = kx$ получим:

$$\frac{F_y x}{2} = \frac{ms^2g}{4h}.$$

Порядок выполнения работы

1. Укрепите на штативах динамометр и желоб на одинаковой высоте $h = 40$ см от поверхности стола. Зацепите за крючок динамометра нить, привязанную другим концом к шару. На предполагаемое место падения шара положите лист белой бумаги и сверху него лист копировальной бумаги.

Расстояние между штативами должно быть таким, чтобы шар находился на краю желоба при натянутой нити и отсутствии деформации пружины динамометра.

2. Отодвигайте шар от края желоба до тех пор, пока показания динамометра не станут равными $F_y = 2$ Н. Отпустите шар и заметьте место его падения на стол по отметке на листе бумаги.

Опыт повторите не менее 10 раз. Определите среднее значение дальности полета s_{cp} .

3. Измерьте деформацию x пружины динамометра при силе упругости $F_y = 2$ Н. Вычислите потенциальную энергию растянутой пружины.

4. Измерьте массу шара с помощью весов и вычислите увеличение его кинетической энергии.

5. Результаты измерений и расчетов занесите в отчетную таблицу.

Отчетная таблица

№ опыта	F_y , Н	x , м	E_p , Дж	ΔE_p , Дж	m , кг	h , м	s , м	E_k , Дж	ΔE_k , Дж

6. Оцените границы погрешностей измерения потенциальной энергии растянутой пружины

Так как $E_p = \frac{F_y x}{2}$, то граница относительной погрешности равна:

$$\varepsilon_{E_p} = \varepsilon_{F_y} + \varepsilon_x = \frac{\Delta F_y}{F_y} + \frac{\Delta x}{x}.$$

Граница абсолютной погрешности равна:

$$\Delta E_p = E_p \varepsilon_{E_p}.$$

7. Оцените границы погрешностей измерения кинетической энергии шара.

Так как $E_k = \frac{ms_{cp}^2g}{4h}$, то граница относительной погрешности равна:

$$\varepsilon_{E_k} = \varepsilon_m + 2\varepsilon_{s_{cp}} + \varepsilon_g + \varepsilon_h.$$

Погрешностями ε_m , ε_g и ε_h по сравнению с погрешностью ε_s можно пренебречь.

$$\text{В этом случае } \varepsilon_{E_k} \approx 2\varepsilon_{s_{cp}} = 2 \frac{\Delta s_{cp}}{s_{cp}}.$$

Условия эксперимента по измерению дальности полета таковы, что отклонения результатов отдельных измерений от среднего значительно выше границы систематической погрешности ($\Delta s_{случ} \gg \Delta s_{сист}$), поэтому можно принять, что $\Delta s_{cp} \approx \Delta s_{случ}$.

Граница случайной погрешности среднего арифметического при небольшом числе измерений N находится по формуле:

$$\Delta s_{cp} = \frac{3\Delta s_{кв}}{\sqrt{N}},$$

где $\Delta s_{кв}$ рассчитывается по формуле, приведенной на странице 16.

$$\text{Таким образом, } \varepsilon_{E_k} = 6 \frac{\Delta s_{кв}}{\sqrt{N}} \frac{1}{s_{cp}}.$$

Граница абсолютной погрешности измерения кинетической энергии шара равна:

$$\Delta E_k = E_k \varepsilon_{E_k}.$$

8. Сделайте вывод о выполнении закона сохранения энергии, проверив, имеют ли общие точки интервалы

$$[E_p \pm \Delta E_p] \text{ и } [E_k \pm \Delta E_k].$$

Контрольные вопросы

1. В каких случаях выполняется закон сохранения механической энергии?

2. Чем можно объяснить неточное равенство изменений потенциальной энергии пружины и кинетической энергии шара?