



# Республиканская физическая олимпиада 2022 года (3 этап)

Экспериментальный тур

## *Решения задач 10 класс (для жюри)*

Задания экспериментального тура данной олимпиады предоставляют для участников большие возможности для самостоятельного выбора параметров установок, диапазонов исследования, методов измерений. Иными словами – проявить свои творческие способности. Кроме того, результаты измерений сильно зависят от предоставленного оборудования, которое может различаться в разных областях нашей Республики.

Поэтому, относитесь к приведенным ниже результатам, как к ориентировочным. Желательно (или даже обязательно) провести собственные измерения. Поэтому здесь приводятся только основные теоретические положения и результаты некоторых измерений, полученные авторами данных заданий. Методы обработки результатов измерений являются в большинстве своем, стандартными, поэтому подробно не описываются.



### Задание 10-1. Потери энергии.

В данном случае вариаций численных результатов меньше, кроме того, результаты не так очевидны, поэтому приведем результаты наших измерений. Конечно результаты зависят от массы использованного шарика.

1. Коэффициент трения можно измерить с помощью наклонной плоскости, в качестве которой можно использовать линейку, покрытую бумагой. Необходимо измерить угол наклона линейки, при котором начинается скольжение коробка по бумаге. Тогда

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha . \quad (1)$$

По нашим измерениям  $\mu = 0,33$ . Скорее всего этот коэффициент должен лежать в диапазоне 0,3 – 0,4.

2. Отношение масс измеряется методом рычага, в качестве которого опять же используется линейка. У нас  $\frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шар}}} \approx 0,64$ .

3. результаты измерений зависимости длины пути  $x$ , проходимым коробком от начальной высоты шарика для столкновения типа В, когда шарик попадет в коробку, приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

| h  | x    |      |      |      |      | <x>         |
|----|------|------|------|------|------|-------------|
| 30 | 18,5 | 19,5 | 18,5 | 19,0 | 18,5 | <b>18,8</b> |
| 26 | 17,5 | 16,0 | 17,0 | 17,0 | 16,5 | <b>16,8</b> |
| 23 | 14,5 | 14,0 | 14,0 | 14,5 | 14,5 | <b>14,3</b> |
| 21 | 13,0 | 13,0 | 13,5 | 13,0 | 13,0 | <b>13,1</b> |
| 19 | 12,0 | 11,5 | 12,0 | 12,0 | 12,0 | <b>11,9</b> |
| 15 | 9,0  | 9,5  | 10,0 | 9,5  | 10,5 | <b>9,7</b>  |
| 12 | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 7,0  | 7,0  | <b>7,0</b>  |
| 10 | 6,0  | 6,0  | 5,5  | 6,0  | 6,0  | <b>5,9</b>  |
| 8  | 4,5  | 4,5  | 4,5  | 4,7  | 4,4  | <b>4,5</b>  |
| 5  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,5  | <b>2,1</b>  |

Для каждой высоты проведено 5 измерений пройденного пути, рассчитано среднее значение.

График полученной зависимости показан на рисунке.

**Получена практически линейная зависимость.**



Для второго случая, когда шарик ударяет по торцу коробки и отскакивает, получены следующие результаты.

| h   | x    |      |      |      |      | <x>         |
|-----|------|------|------|------|------|-------------|
| 3,5 | 7,0  | 6,5  | 6,0  | 6,5  | 6,0  | <b>6,4</b>  |
| 5   | 10,0 | 10,0 | 9,5  | 10,5 | 10,5 | <b>10,1</b> |
| 8   | 17,5 | 17,3 | 17,0 | 16,5 | 17,5 | <b>17,2</b> |
| 10  | 21,0 | 20,0 | 21,5 | 21,0 | 22,0 | <b>21,1</b> |
| 12  | 25,5 | 25,0 | 26,0 | 25,5 | 26,5 | <b>25,7</b> |
| 15  | 33,0 | 34,0 | 33,5 | 33,5 | 33,0 | <b>33,4</b> |
| 17  | 37,5 | 38,0 | 37,5 | 38,0 | 38,0 | <b>37,8</b> |

График этой зависимости на следующем рисунке. Эта зависимость также линейна.



4. Рассчитаем какая доля механической энергии остается. Начальная энергия шарика

$$E_0 = m_{\text{шар}} g h \quad (1)$$

Энергия после удара расходуется на преодоление трения, поэтому равна (для случая, когда шарик остается в коробке)

$$E_1 = \mu(m_{\text{шар}} + m_{\text{кор}}) g s. \quad (2)$$

В этом случае доля остающейся энергии равна

$$\eta = \mu \left( 1 + \frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шар}}} \right) \frac{s}{h} = 0,36$$

Тогда коэффициент потерь равен

$$k = 1 - \eta = 0,64,$$

С погрешностью порядка 7% (рассчитано по МНК).

Экспериментальный тур.

10 класс. Решения задач. Бланк для жюри.

В случае удара по торцу (шарик не попадает в коробку):

$$\eta = \mu \frac{m_{\text{кор}}}{m_{\text{шарика}}} \frac{s}{h} = 0,49$$

Тогда коэффициент потерь равен

$$k = 1 - \eta = 0,51,$$

**5.** Основные причины потерь: не упругость удара и вращение шарика, на кинетическую энергии которого расходуется часть потенциальной энергии. При попадании шарика в коробку большая часть энергии переходит в тепловую (на деформацию пластилина).

## Задание 10-2. Теплоемкость и скорость остывания.

### Часть 1. Подготовительная.

1.1 Для достижения наибольшего эффекта следует взять цилиндр с максимальной теплоемкостью.

1.2 Время установления показаний термометра составляет величину порядка 1 мин.

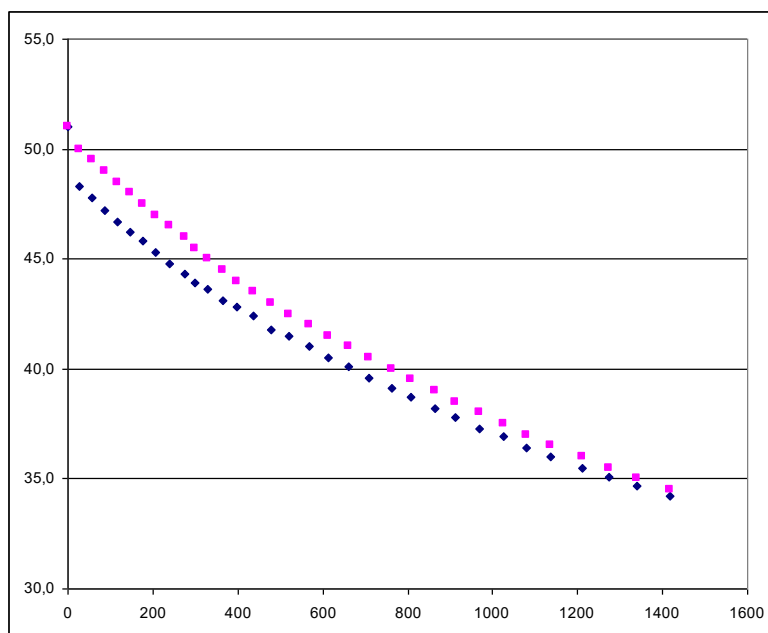
1.3 После опускания горячего цилиндра при начальной температуре  $70^\circ$  в воду при температуре  $20^\circ$  через минуту температура воды достигла максимального значения  $36,1^\circ$ , а потом стала опускаться. Это значит, что за это время температура цилиндра сравнялась с температурой воды.

1.4 Цилиндр остыл на  $34^\circ$ , а вода нагрелась на  $16^\circ$ . Это означает, что теплоемкость цилиндра в  $\frac{34}{16} \approx 2$  Раза меньше теплоемкости воды.

### Часть 2. Остывание

2.1 Результаты измерений зависимости температур воды и воды с цилиндром показаны в таблице и на графиках.

| T1   | T2   | t, с |
|------|------|------|
| 51,0 | 51,0 | 0    |
| 50,5 |      | 5    |
| 50,0 | 48,3 | 28   |
| 49,5 | 47,8 | 56   |
| 49,0 | 47,2 | 86   |
| 48,5 | 46,7 | 118  |
| 48,0 | 46,2 | 146  |
| 47,5 | 45,8 | 175  |
| 47,0 | 45,3 | 205  |
| 46,5 | 44,8 | 238  |
| 46,0 | 44,3 | 274  |
| 45,5 | 43,9 | 298  |
| 45,0 | 43,6 | 330  |
| 44,5 | 43,1 | 365  |
| 44,0 | 42,8 | 399  |
| 43,5 | 42,4 | 438  |
| 43,0 | 41,8 | 479  |
| 42,5 | 41,5 | 521  |
| 42,0 | 41,0 | 568  |
| 41,5 | 40,5 | 614  |
| 41,0 | 40,1 | 662  |



**2.2** По измеренным данным следует определить скорости остывания для двух случаев

$$K_{1,2} = \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right)_{1,2}$$

Тогда отношение теплоемкостей будет равно обратному отношению этих коэффициентов  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{K_2}{K_1}$ .

**2.3** Требуемый график строится в полулогарифмическом масштабе как зависимость  $\ln(T - T_0)$  от времени. Анализ приведенных данных показывает, что необходимые условия выполняются в диапазоне температур 40-30°

Допустимо также построение графика зависимости скорости остывания  $\left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right)$  от разности температур воды и воздуха

**2.4** Расчет показал, что теплоемкость цилиндра составляет 20% от теплоемкости воды и равна примерно  $c = 80 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ .