## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

**Задание 1. Вариант 1.** В тропиках Южной Америки растёт крупное вечнозелёное дерево хура, которое также называют «динамитное дерево». Плод хуры при созревании резко раскрывается с треском, похожим на выстрел, и разбрасывает семена. Будем считать, что каждое семя вылетает из плода независимо от остальных, начальная скорость семян одинакова и равна $v_0 = 40$ м/с, а вылетать они могут в самых разных направлениях. Рассматриваемый плод находится на высоте 21.25 м. Масса семени 0.2 г, длина участка разгона 1 см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с$^2$. Сопротивлением воздуха в расчётах пренебрегите. Считайте, что в полёте семенам не мешают листья и ветви растения.



**а)** Через какое время упало на землю семя, вылетевшее вертикально вниз? Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**б)** На какой максимальной высоте над землёй окажется семя, вылетевшее вверх под углом 42° к горизонту? Ответ выразите в метрах, округлите до десятых.

**Ответ:** 57.1

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**в)** Сравните модули скоростей непосредственно перед ударом о землю семян, вылетевших вертикально вверх ($|\vec{v}_1|$), вертикально вниз ($|\vec{v}_2|$) и под углом 54° к горизонту ($|\vec{v}_3|$).

$|\vec{v}_1|$ ___ $|\vec{v}_2|$

**Ответ:**

- $>$
- $<$
- ✓ $=$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 0.5 балла

**г)** $|\vec{v}_2|$ ___ $|\vec{v}_3|$

**Ответ:**

- $>$
- $<$
- ✓ $=$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 0.5 балла

**д)** На расстоянии 80 м по горизонтали от дерева находится отвесная вертикальная узкая скала высотой 40 м. Перелетит ли её семя, вылетевшее вверх под углом 30° к горизонту?

Если да, то на сколько сантиметров выше пролетит семя? Ответ округлите до целых.

Если нет, то на каком расстоянии от вершины скалы семя ударится о скалу? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** да, 77

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**е)** В районе произрастания дерева установилась ветреная погода. Боковой ветер создаёт постоянное горизонтальное ускорение 0.8 м/с$^2$, перпендикулярное направлению его начальной скорости. Насколько отклонится в сторону семя, вылетевшее горизонтально, за время своего полёта? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

**Ответ:** 170

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**ж)** Определите среднюю мощность механизма выброса одного семени. Считайте, что разгон происходит равноускоренно, а потерь энергии нет. Ответ выразите в ваттах, округлите до целых.

**Ответ:** 320

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

**а)** Плод находится на высоте $h = 21.25$ м.

Тогда для вертикального движения вниз:

$$h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}.$$

Найдём время $t$:

$$21.25 = 40 \cdot t + \frac{10 \cdot t^2}{2} \implies t = \frac{-40 \pm \sqrt{40^2 + 4 \cdot 5 \cdot 21.25}}{10} = 0.5 \text{ с}.$$

Отрицательный корень не имеет физического смысла.

**б)** Вертикальная составляющая начальной скорости:

$$v_{0y} = v_0 \cdot \sin(42^\circ) = 40 \cdot \sin(42^\circ) \approx 26.765 \text{ м/с}.$$

Дополнительная высота подъёма:

$$\Delta h = \frac{v_{0y}^2}{2g} = \frac{26.765^2}{20} \approx 35.82 \text{ м}.$$

Максимальная высота над землёй:

$$H_{\max} = h + \Delta h = 21.25 + 35.82 = 57.07 \text{ м} \approx 57.1 \text{ м}.$$

**в-г)** Во всех случаях семена начинают движение с одной высоты и имеют одинаковый модуль начальной скорости. По закону сохранения механической энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + mgh.$$

Поэтому не имеет значения, в каком направлении вылетает семя – направление начальной скорости влияет на время полёта и его траекторию, но не влияет на модель скорости у Земли.

**д)** Уравнение траектории:

$$y(x) = h + x \cdot \tan 30^\circ - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 30^\circ}.$$

При $x = 80$ м:

$$y = 21.25 + \frac{80}{\sqrt{3}} - \frac{10 \cdot 80^2}{2 \cdot 40^2 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)} \approx 40.77 \text{ м}.$$

Высота семени на уровне скалы больше 40 м примерно на 0.77 м = 77 см.

**Ответ:** да, перелетит на 77 см.

**е)** Начальная вертикальная и боковая скорости равны нулю, поэтому

$$h = \frac{gt^2}{2} \text{ и } z = \frac{a_6 t^2}{2}.$$

Тогда $\frac{z}{h} = \frac{a_6}{g}$, т. е.

$$z = \frac{a_6 h}{g} = \frac{0.8 \cdot 21.25}{10} = 1.7 \text{ м} = 170 \text{ см}.$$

**ж)** Работа механизма равна приращению кинетической энергии семени:

$$A = E_k = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{0.0002 \cdot 40^2}{2} = 0.16 \text{ Дж}.$$

Время разгона определим из формулы: $l = \frac{v_0 t}{2}$, где $l = 1$ см – длина участка разгона. Тогда $t = \frac{2 \cdot 0.01}{40} = 0.0005$ с.

Средняя мощность механизма выброса:

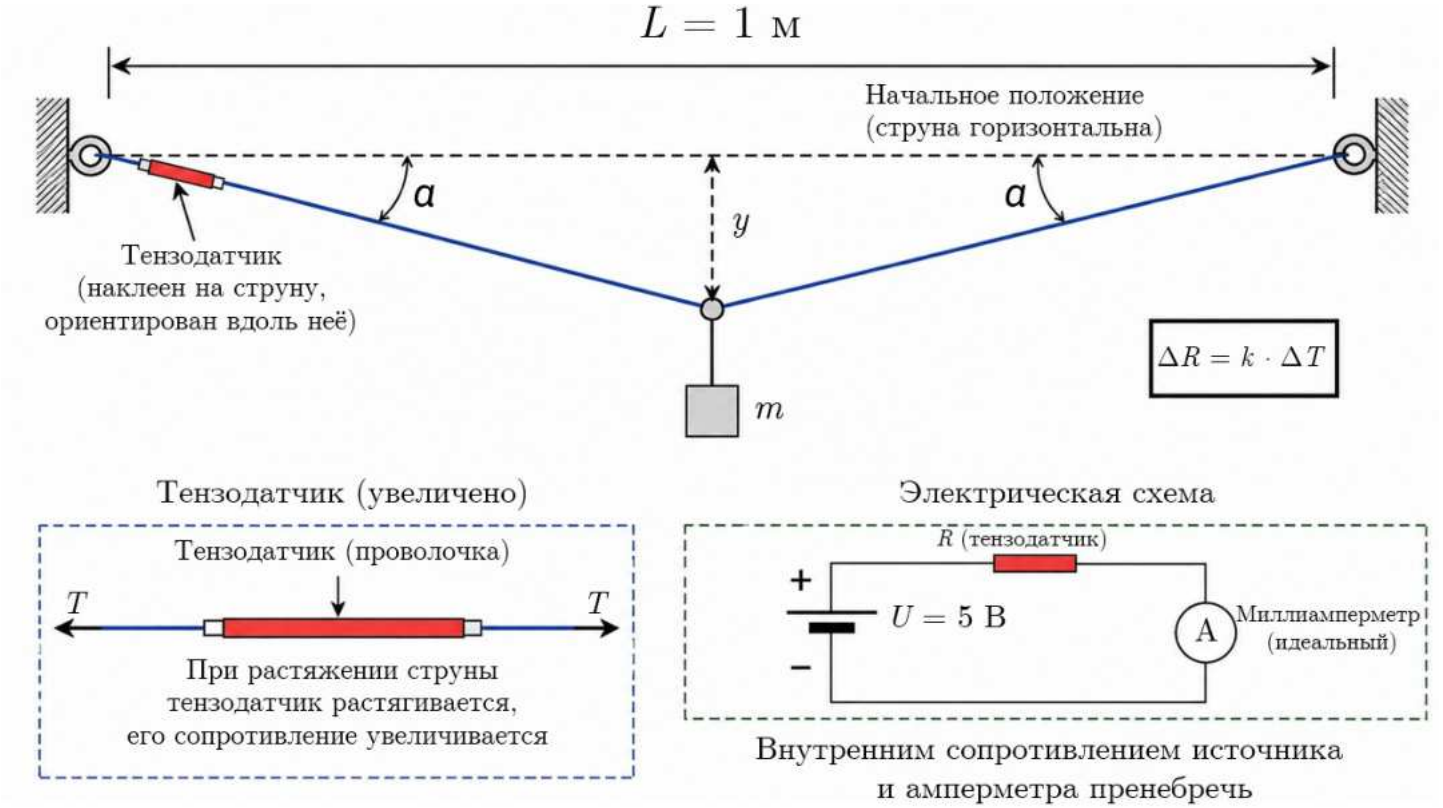
$$P_{\text{ср}} = \frac{A}{t} = \frac{0.16}{0.0005} = 320 \text{ Вт}.$$

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 1. Пункты а-б, г-е)**

| № варианта | $v_0$, м/с | $h$, м | $m$, г | $l$, см | Угол, ° (пункт б) | Угол, ° (пункт в) | $x$, м | Высота скалы, м | Угол, ° (пункт г) | $a_б$, м/с$^2$ | Ответ (пункт а) | Ответ (пункт б) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 40 | 21.25 | 0.2 | 1 | 42 | 54 | 80 | 40 | 30 | 0.8 | 0.5 | 57.1 |
| 2 | 36 | 15.2 | 0.18 | 0.8 | 38 | 50 | 60 | 30 | 30 | 0.5 | 0.4 | 39.8 |
| 3 | 38 | 16 | 0.2 | 0.9 | 40 | 52 | 65 | 37 | 32 | 0.6 | 0.4 | 45.8 |
| 4 | 40 | 16.8 | 0.22 | 1 | 44 | 56 | 70 | 40 | 34 | 0.7 | 0.4 | 55.4 |
| 5 | 42 | 17.6 | 0.24 | 1.1 | 46 | 58 | 75 | 49 | 36 | 0.8 | 0.4 | 63.2 |
| 6 | 44 | 18.4 | 0.26 | 1.2 | 48 | 60 | 80 | 53 | 38 | 0.9 | 0.4 | 71.9 |
| 7 | 35 | 18.75 | 0.17 | 0.8 | 37 | 49 | 65 | 32 | 28 | 0.6 | 0.5 | 40.9 |
| 8 | 37 | 19.75 | 0.19 | 0.9 | 39 | 51 | 70 | 35 | 30 | 0.7 | 0.5 | 46.9 |
| 9 | 39 | 20.75 | 0.21 | 1 | 41 | 53 | 75 | 43 | 32 | 0.8 | 0.5 | 53.5 |
| 10 | 41 | 21.75 | 0.23 | 1.1 | 43 | 55 | 80 | 47 | 34 | 0.9 | 0.5 | 60.8 |
| 11 | 43 | 22.75 | 0.25 | 1.2 | 45 | 57 | 85 | 56 | 36 | 1.0 | 0.5 | 69.0 |
| 12 | 36 | 23.4 | 0.16 | 0.9 | 36 | 48 | 70 | 35 | 28 | 0.5 | 0.6 | 45.8 |
| 13 | 38 | 24.6 | 0.18 | 1 | 38 | 50 | 75 | 43 | 30 | 0.6 | 0.6 | 52.0 |
| 14 | 40 | 25.8 | 0.2 | 1.1 | 40 | 52 | 80 | 46 | 32 | 0.7 | 0.6 | 58.9 |
| 15 | 42 | 27 | 0.22 | 1.2 | 42 | 54 | 85 | 56 | 34 | 0.8 | 0.6 | 66.5 |
| 16 | 44 | 28.2 | 0.24 | 1.3 | 44 | 56 | 90 | 60 | 36 | 0.9 | 0.6 | 74.9 |
| 17 | 35 | 26.95 | 0.15 | 1 | 35 | 47 | 75 | 37 | 27 | 0.6 | 0.7 | 47.1 |
| 18 | 37 | 28.35 | 0.17 | 1.1 | 37 | 49 | 80 | 41 | 29 | 0.7 | 0.7 | 53.1 |
| 19 | 39 | 29.75 | 0.19 | 1.2 | 39 | 51 | 85 | 50 | 31 | 0.8 | 0.7 | 59.9 |
| 20 | 41 | 31.15 | 0.21 | 1.3 | 41 | 53 | 90 | 54 | 33 | 0.9 | 0.7 | 67.3 |

| № вар. | $v_0$, м/с | $h$, м | $m$, г | $l$, см | Угол, ° (пункт б) | Угол, ° (пункт в) | $x$, м | Высота скалы, м | Угол, ° (пункт г) | $a_б$ м/с$^2$ | Ответ (пункт г) | Ответ (пункт д) | Ответ (пункт е) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 40 | 21.25 | 0.2 | 1 | 42 | 54 | 80 | 40 | 30 | 0.8 | 77 | 170 | 320 |
| 2 | 36 | 15.2 | 0.18 | 0.8 | 38 | 50 | 60 | 30 | 30 | 0.5 | 132 | 76 | 262 |
| 3 | 38 | 16 | 0.2 | 0.9 | 40 | 52 | 65 | 37 | 32 | 0.6 | 73 | 96 | 305 |
| 4 | 40 | 16.8 | 0.22 | 1 | 44 | 56 | 70 | 40 | 34 | 0.7 | 174 | 118 | 352 |
| 5 | 42 | 17.6 | 0.24 | 1.1 | 46 | 58 | 75 | 49 | 36 | 0.8 | 127 | 141 | 404 |
| 6 | 44 | 18.4 | 0.26 | 1.2 | 48 | 60 | 80 | 53 | 38 | 0.9 | 128 | 166 | 461 |
| 7 | 35 | 18.75 | 0.17 | 0.8 | 37 | 49 | 65 | 32 | 28 | 0.6 | 81 | 113 | 228 |
| 8 | 37 | 19.75 | 0.19 | 0.9 | 39 | 51 | 70 | 35 | 30 | 0.7 | 130 | 138 | 267 |
| 9 | 39 | 20.75 | 0.21 | 1 | 41 | 53 | 75 | 43 | 32 | 0.8 | 110 | 166 | 311 |
| 10 | 41 | 21.75 | 0.23 | 1.1 | 43 | 55 | 80 | 47 | 34 | 0.9 | 101 | 196 | 360 |
| 11 | 43 | 22.75 | 0.25 | 1.2 | 45 | 57 | 85 | 56 | 36 | 1.0 | 134 | 228 | 414 |
| 12 | 36 | 23.4 | 0.16 | 0.9 | 36 | 48 | 70 | 35 | 28 | 0.5 | 137 | 117 | 207 |
| 13 | 38 | 24.6 | 0.18 | 1 | 38 | 50 | 75 | 43 | 30 | 0.6 | 107 | 148 | 247 |
| 14 | 40 | 25.8 | 0.2 | 1.1 | 40 | 52 | 80 | 46 | 32 | 0.7 | 198 | 181 | 291 |
| 15 | 42 | 27 | 0.22 | 1.2 | 42 | 54 | 85 | 56 | 34 | 0.8 | 146 | 216 | 340 |
| 16 | 44 | 28.2 | 0.24 | 1.3 | 44 | 56 | 90 | 60 | 36 | 0.9 | 163 | 254 | 393 |
| 17 | 35 | 26.95 | 0.15 | 1 | 35 | 47 | 75 | 37 | 27 | 0.6 | 76 | 162 | 161 |
| 18 | 37 | 28.35 | 0.17 | 1.1 | 37 | 49 | 80 | 41 | 29 | 0.7 | 114 | 198 | 196 |
| 19 | 39 | 29.75 | 0.19 | 1.2 | 39 | 51 | 85 | 50 | 31 | 0.8 | 150 | 238 | 235 |
| 20 | 41 | 31.15 | 0.21 | 1.3 | 41 | 53 | 90 | 54 | 33 | 0.9 | 134 | 280 | 278 |

**Задание 2. Вариант 1.** Дана схема конструкции, которую старшеклассник Тимур собрал из стальной струны и тензодатчика (тонкая проволочка, ориентированная вдоль струны). Начальная сила натяжения струны $T_0 = 10$ Н. Струна невесома, подчиняется закону Гука, её жёсткость на растяжение постоянна. В ненагруженном состоянии ($T = T_0$) сопротивление тензодатчика $R_0 = 300$ Ом.




К середине струны на лёгкой нити подвешивают груз. Экспериментально установлено, что при массе груза $m = 500$ г провисание середины струны составило $y = 10$ см, а сопротивление тензодатчика оказалось равным 301.3 Ом. Тензодатчик включён в цепь, как показано на рисунке. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с$^2$.

**а)** Чему равен ток в цепи при подвешивании груза массой 500 г? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

**Ответ:** 16.6

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**б)** Пусть масса подвешенного груза равна $m$. Под действием веса груза струна провисает, образуя угол $\alpha$, как на рисунке. Силу натяжения половины струны обозначим $T$. Какое уравнение выражает условие равновесия точки подвеса?

**Ответ:**

- $2T = mg$
- ✓ $2T \cdot sin(\alpha) = mg$
- $2T \cdot cos(\alpha) = mg$
- $T(sin(\alpha) + cos(\alpha)) = mg$
- $T \cdot tg(\alpha) = mg$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**в)** Определите силу натяжения струны $T$ при массе груза 500 г. При решении считайте, что угол $\alpha$ мал. Здесь и при дальнейших расчётах используйте приближение $sin(\alpha) \approx tg(\alpha)$. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

**Ответ:** 12.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**г)** Считая, что зависимость изменения сопротивления от изменения силы натяжения имеет приведённый на схеме вид, и исходя из ответов на предыдущие вопросы, определите коэффициент пропорциональности $k$ в этом соотношении. Ответ выразите в Ом/Н, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**д)** После подвешивания неизвестного груза середина струны провисла на 12.5 см, а ток в цепи стал равен 16.5 мА. Определите массу груза. Используйте приближение $sin(\alpha) \approx tg(\alpha)$. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 791

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

**а)** По закону Ома: $I = \dfrac{U}{R} = \dfrac{5}{301.3} \approx 0.01659$ А $\approx 16.6$ мА.

**б)** Каждая половина струны действует на точку подвеса с силой $T$ под углом $\alpha$ к горизонтали. Вертикальная проекция силы от одной половины равна $T \cdot \sin(\alpha)$. Сумма этих проекций уравновешивает силу тяжести $mg$. Поэтому верный вариант $2T \cdot \sin(\alpha) = mg$.

**в)** По условию провисание струны $y = 0.1$ м, длина струны $L = 1$ м. Тогда $\tan(\alpha) = \dfrac{2y}{L} = 0.2$.

Используя приближение малых углов, получим $\sin(\alpha) = 0.2$.

$$T = \frac{mg}{2 \cdot \sin(\alpha)} = \frac{5}{0.4} = 12.5 \text{ Н}.$$

**г)** В условии $R_0 = 300$ Ом, $R = 301.3$ Ом, поэтому $\Delta R = 1.3$ Ом.

Используем условие и результат из предыдущего вопроса: $\Delta T = T - T_0 = 12.5 - 10 = 2.5$ Н.

Тогда $k = \dfrac{\Delta R}{\Delta T} = \dfrac{1.3}{2.5} = 0.52 \approx 0.5$ Ом/Н.

**д)** Сопротивление датчика: $R = \dfrac{U}{I} = \dfrac{5}{0.0165} \approx 303.03$ Ом.

$$T = T_0 + \frac{R - R_0}{k} = 10 + \frac{303.03 - 300}{0.52} \approx 15.827 \text{ Н}.$$

При этом $\sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) = \dfrac{2y}{L} = 0.25$.

Из условия равновесия:

$$m = \frac{2T \sin(\alpha)}{g} = \frac{2 \cdot 15.827 \cdot 0.25}{10} \approx 0.791 \text{ кг} = 791 \text{ г}.$$

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 2. Пункты а, в-д)**

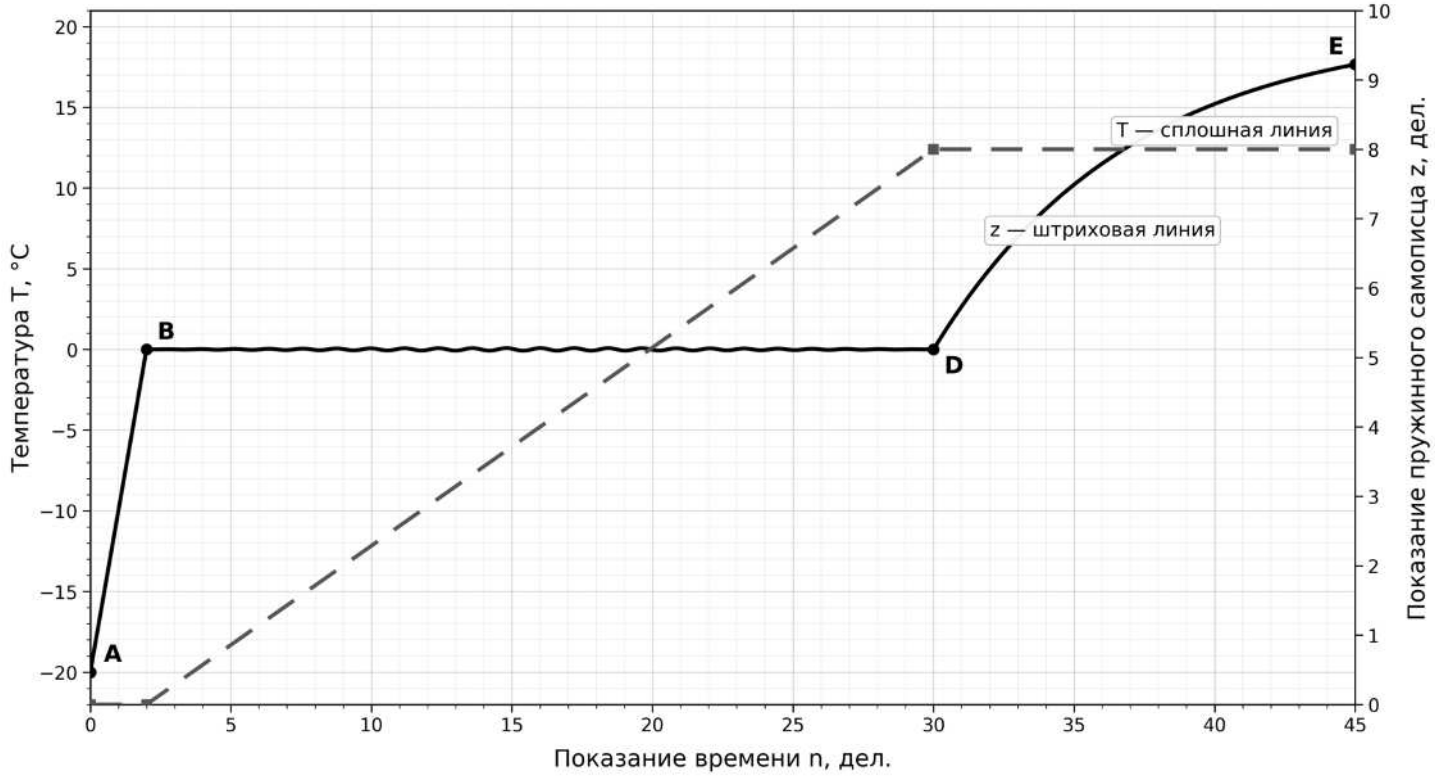
| № варианта | $T_0$, Н | $R_0$, Ом | $m$, г | $y$, см | $R$, Ом | $L$, см | $I$, мА | Ответ (пункт а) | Ответ (пункт в) | Ответ (пункт г) | Ответ (пункт д) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 300 | 500 | 10 | 301.3 | 12.5 | 16.5 | 16.6 | 12.5 | 0.5 | 791 |
| 2 | 9 | 280 | 400 | 8 | 281.4 | 10.5 | 17.7 | 17.8 | 12.5 | 0.4 | 639 |
| 3 | 9.5 | 290 | 450 | 9 | 291.5 | 11 | 17 | 17.2 | 12.5 | 0.5 | 780 |
| 4 | 11 | 310 | 480 | 8 | 311.6 | 11.5 | 16 | 16.0 | 15.0 | 0.4 | 793 |
| 5 | 10 | 320 | 500 | 10 | 321.5 | 12 | 15.4 | 15.6 | 12.5 | 0.6 | 854 |
| 6 | 7.5 | 260 | 520 | 13 | 261.5 | 15 | 19.1 | 19.1 | 10.0 | 0.6 | 628 |
| 7 | 12 | 340 | 540 | 9 | 341.8 | 13 | 14.6 | 14.6 | 15.0 | 0.6 | 838 |
| 8 | 8 | 270 | 560 | 14 | 271.2 | 15.5 | 18.4 | 18.4 | 10.0 | 0.6 | 676 |
| 9 | 11.5 | 300 | 600 | 10 | 301.4 | 14 | 16.6 | 16.6 | 15.0 | 0.4 | 813 |
| 10 | 9.5 | 330 | 600 | 12 | 331.5 | 14.5 | 15 | 15.1 | 12.5 | 0.5 | 938 |
| 11 | 12.5 | 350 | 630 | 10.5 | 351.3 | 15 | 14.2 | 14.2 | 15.0 | 0.5 | 994 |
| 12 | 7 | 250 | 600 | 15 | 251.5 | 15.5 | 19.8 | 19.9 | 10.0 | 0.5 | 747 |
| 13 | 10 | 285 | 650 | 13 | 286.5 | 14 | 17.4 | 17.5 | 12.5 | 0.6 | 780 |
| 14 | 12 | 295 | 660 | 11 | 296.8 | 12 | 16.8 | 16.8 | 15.0 | 0.6 | 786 |
| 15 | 14 | 305 | 700 | 10 | 307.1 | 11.5 | 16.1 | 16.3 | 17.5 | 0.6 | 1070 |
| 16 | 11.5 | 315 | 720 | 12 | 316.4 | 13.5 | 15.8 | 15.8 | 15.0 | 0.4 | 818 |
| 17 | 9.5 | 325 | 750 | 15 | 327 | 15.5 | 15.2 | 15.3 | 12.5 | 0.7 | 956 |
| 18 | 9 | 275 | 700 | 14 | 276.4 | 16 | 18.1 | 18.1 | 12.5 | 0.4 | 775 |
| 19 | 12 | 335 | 840 | 14 | 336.5 | 14.5 | 14.8 | 14.9 | 15.0 | 0.5 | 1025 |
| 20 | 13.5 | 345 | 900 | 15 | 346.2 | 16.5 | 14.4 | 14.4 | 15.0 | 0.8 | 1074 |

**Задание 3. Вариант 1.** В сетчатой чашке находится лёд. Под чашкой расположен лёгкий ковш, подвешенный к вертикальной пружине. Талая вода сразу стекает в ковш. Перед опытом показание пружинного самописца установили на ноль, поэтому собственный вес ковша не учитывается.

Систему поместили в помещение с постоянной температурой $T_{\text{возд}} = 20$ °C. Самописец одновременно регистрировал температуру вещества $T$ (сначала в чашке, а после окончания плавления льда – в ковше), время и удлинение пружины. На графике температура дана непосредственно в градусах Цельсия, а время и удлинение выражены через число делений ($n$ и $z$ соответственно).




Время и удлинение пружины вычисляются по формулам $t = qn$ и $x = az$ соответственно. Контрольный момент $C$ соответствует показанию времени $n = n_C$ и на общем графике не отмечен.




Начиная с момента $B$, мощность теплопередачи между чашкой и окружающей средой подчиняется закону Ньютона-Рихмана:

$$P = \beta \cdot |T_{\text{возд}} - T|.$$

Первоначально ковш был обёрнут лёгким теплоизолирующим материалом так, что теплообменом с окружающей средой можно было пренебречь. В момент окончания плавления льда материал убирают, и далее мощность теплопередачи между ковшом и окружающей средой также описывается законом Ньютона-Рихмана.

Теплоёмкостью чашки и ковша, испарением и потерями талой воды пренебрегите. Во время плавления вся полученная теплота расходуется на фазовый переход. Считайте, что талая вода стекает в ковш без изменения температуры.

Известны следующие величины:

- цена деления времени $q = 1$ мин/дел;
- цена деления пружинного самописца $a = 1$ см/дел;
- жёсткость пружины $k = 15$ Н/м;
- положение контрольного момента $n_C = 16$ делений;
- коэффициент теплопередачи $\beta = 1.2$ Вт/°C;
- ускорение свободного падения $g = 10$ м/с$^2$;
- удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг;
- удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг· °C).

**а)** Через сколько минут после начала опыта закончилось плавление льда? Ответ округлите до целых.

**Ответ:** 30

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**б)** Определите массу талой воды, находившейся в ковше в контрольный момент $C$. Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

**Ответ:** 60.0

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**в)** Определите количество теплоты, полученное льдом за всё время плавления. Ответ выразите в килоджоулях, округлите до десятых.

**Ответ:** 40.3

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**г)** Оцените среднюю мощность теплопередачи на участке $DE$. Ответ выразите в ваттах, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне $[9.9; 10]$

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

**а)** В точке D температура начинает возрастать, а показание пружины перестаёт увеличиваться. Следовательно, весь лёд расплавился. По графику $n_D = 30$ дел.

$$t_D = q \cdot n_D = 1.00 \cdot 30 = 30 \text{ мин.}$$

**б)** Контрольный момент задан параметром варианта: $n_C = 16$ дел. На участке BD график растяжения пружины является прямой: при изменении $n$ от 2 до 30 показание $z$ возрастает от 0 до 8 дел.

$$z_C = 8 \cdot \frac{n_C - 2}{30 - 2} = 8 \cdot \frac{14}{28} = 4 \text{ дел.}$$

Удлинение пружины:

$$x_C = a \cdot z_C = 1.00 \cdot 4 = 4.0 \text{ см} = 0.040 \text{ м.}$$

Ковш покоится, поэтому сила упругости равна весу воды: $kx_C = m_C g$.

$$m_C = \frac{kx_C}{g} = \frac{15 \cdot 0.040}{10} = 0.060 \text{ кг} = 60 \text{ г.}$$

**в)** Продолжительность плавления:

$$\Delta t_{BD} = q(n_D - n_B) = 1.00 \cdot (30 - 2) = 28 \text{ мин} = 1680 \text{ с.}$$

Мощность теплопередачи на этом участке постоянна (т. к. температура льда не меняется), поэтому:

$$Q_{BD} = P\Delta t_{BD} = \beta(T_{\text{возд}} - T) \cdot \Delta t_{BD} = 1.20 \cdot (20 - 0) \cdot 1680 = 24 \cdot 1680 = 40\,320 \text{ Дж} = 40.32 \text{ кДж}$$

$$Q_{BD} \approx 40.3 \text{ кДж.}$$

**г)** По левой шкале в момент E температура воды приблизительно равна 17.7 °C.

$$\Delta t_{DE} = q(n_E - n_D) = 1.00 \cdot (45 - 30) = 15 \text{ мин} = 900 \text{ с.}$$

В момент D весь лёд превратился в воду. По правой шкале $z_D = 8$ дел.

$$x_D = a \cdot z_D = 1.00 \cdot 8 = 8.0 \text{ см} = 0.080 \text{ м.}$$

$$m_0 = \frac{kx_D}{g} = \frac{15 \cdot 0.080}{10} = 0.120 \text{ кг} = 120 \text{ г}.$$

Начальная масса льда $m_0 = 120$ г.

Тогда:

$$Q_{DE} = m_0 c(T_E - T_D) = 0.120 \cdot 4200 \cdot (17.7 - 0) = 8920.8 \text{ Дж}.$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q_{DE}}{\Delta t_{DE}} = \frac{8920.8}{900} \approx 9.9 \text{ Вт}.$$

Из-за погрешности снятия значения температуры воды в момент E значение мощности может колебаться. В качестве правильного также засчитывается ответ 10.0 Вт.

**Матрица параметров и ответов к вариантам задания 3.**

| № варианта | $n_C$, дел | $q$, мин/дел | $a$, см/дел | $k$, Н/м | $\beta$, Вт/°C | Ответ (пункт а) | Ответ (пункт б) | Ответ (пункт в) | Ответ в диапазоне (пункт г) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 1 | 1 | 15 | 1.2 | 30 | 60.0 | 40.3 | 9.9 | 10.0 |
| 2 | 9 | 0.5 | 0.5 | 20 | 1.6 | 15 | 20.0 | 26.9 | 13.1 | 13.4 |
| 3 | 12.5 | 0.5 | 0.75 | 18 | 2.16 | 15 | 40.5 | 36.3 | 17.7 | 18.0 |
| 4 | 16 | 0.5 | 0.75 | 20 | 2.4 | 15 | 60.0 | 40.3 | 19.7 | 20.0 |
| 5 | 19.5 | 0.75 | 0.75 | 15 | 1.2 | 23 | 56.3 | 30.2 | 9.9 | 10.0 |
| 6 | 23 | 0.75 | 0.75 | 18 | 1.44 | 23 | 81.0 | 36.3 | 11.8 | 12.0 |
| 7 | 26.5 | 0.75 | 1.25 | 15 | 2 | 23 | 131.3 | 50.4 | 16.4 | 16.7 |
| 8 | 9 | 0.75 | 1.25 | 18 | 2.4 | 23 | 45.0 | 60.5 | 19.7 | 20.0 |
| 9 | 12.5 | 1 | 0.5 | 24 | 0.96 | 30 | 36.0 | 32.3 | 7.9 | 8.0 |
| 10 | 16 | 1 | 0.75 | 20 | 1.2 | 30 | 60.0 | 40.3 | 9.9 | 10.0 |
| 11 | 19.5 | 1 | 1 | 18 | 1.44 | 30 | 90.0 | 48.4 | 11.8 | 12.0 |
| 12 | 23 | 1 | 1.25 | 16 | 1.6 | 30 | 120.0 | 53.8 | 13.1 | 13.4 |
| 13 | 26.5 | 1 | 1.25 | 20 | 2 | 30 | 175.0 | 67.2 | 16.4 | 16.7 |
| 14 | 9 | 1.25 | 0.5 | 20 | 0.64 | 38 | 20.0 | 26.9 | 5.3 | 5.3 |
| 15 | 12.5 | 1.25 | 0.75 | 15 | 0.72 | 38 | 33.8 | 30.2 | 5.9 | 6.0 |
| 16 | 16 | 1.25 | 1 | 15 | 0.96 | 38 | 60.0 | 40.3 | 7.9 | 8.0 |
| 17 | 19.5 | 1.25 | 1.25 | 18 | 1.44 | 38 | 112.5 | 60.5 | 11.8 | 12.0 |
| 18 | 23 | 1.5 | 0.5 | 24 | 0.64 | 45 | 72.0 | 32.3 | 5.3 | 5.3 |
| 19 | 26.5 | 1.5 | 0.75 | 18 | 0.72 | 45 | 94.5 | 36.3 | 5.9 | 6.0 |
| 20 | 9 | 1.5 | 1 | 15 | 0.8 | 45 | 30.0 | 40.3 | 6.6 | 6.7 |

**Список использованных источников изображений**

**Задание 1.**

1. https://i.pinimg.com/originals/db/2b/8b/db2b8b304741a355057ed8355ffaad32.jpg

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!

