

Московская предпрофессиональная олимпиада

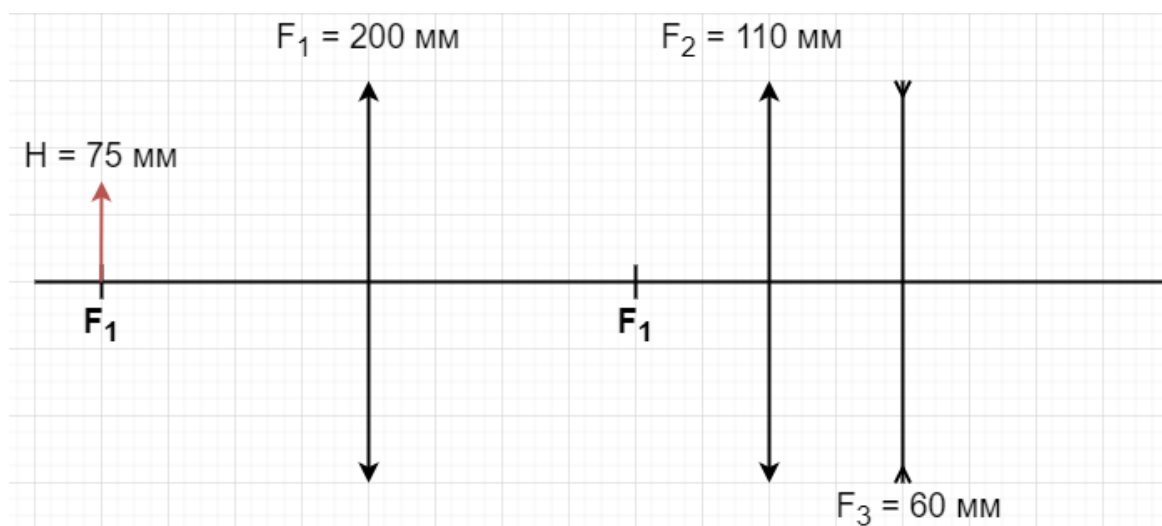
Отборочный тур по физике

9 класс

Вариант 1

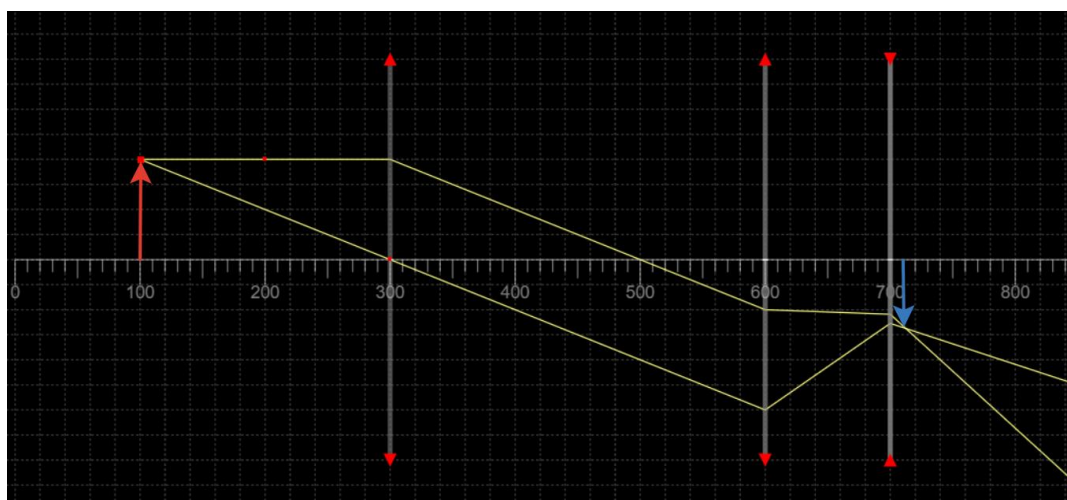
Задача 1.

По рисунку системы линз определите характеристики изображения.



1. Действительное, не перевернутое
2. Мнимое, перевернутое
3. Действительное, перевернутое
4. Мнимое, не перевернутое
5. Изображения не будет

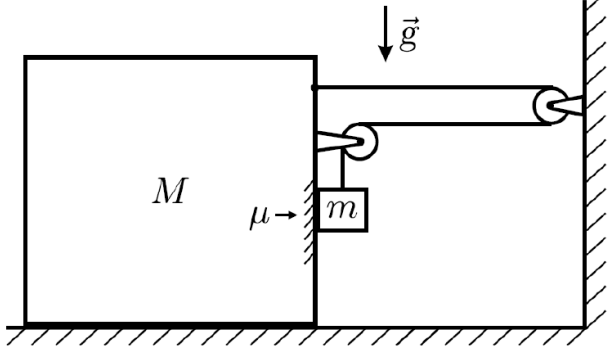
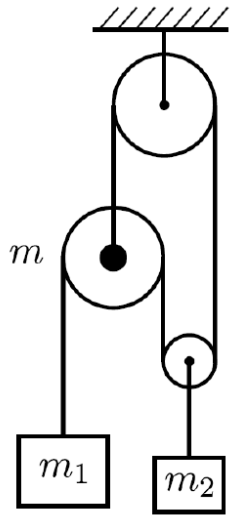
Решение

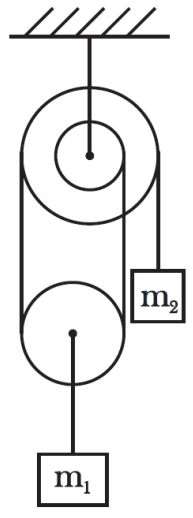
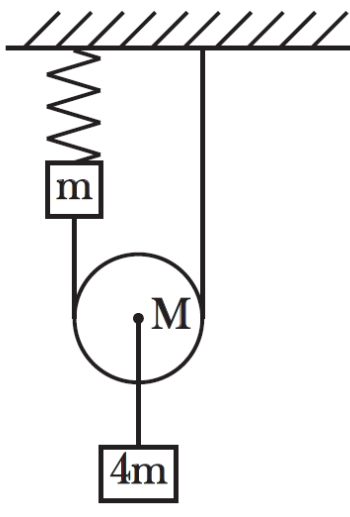
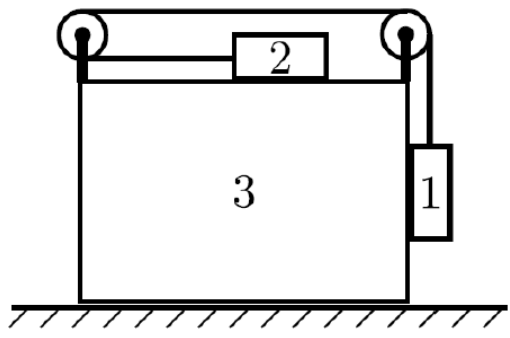


Ответ: 3

Задача 2

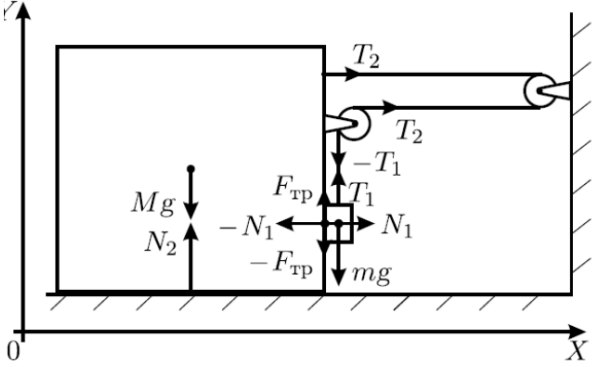
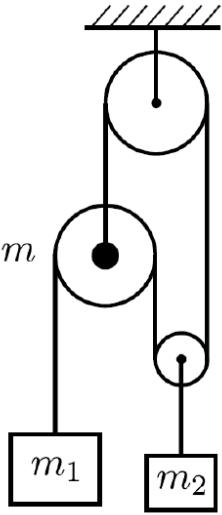
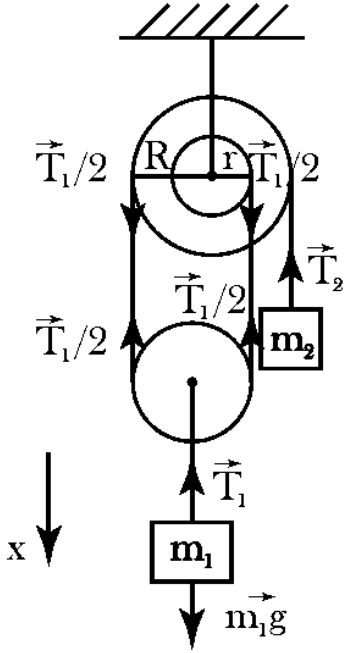
На рисунках приведены сложные механические системы, состоящие из грузов, блоков и пружин. Сопоставьте представленное изображение с записью второго закона Ньютона в проекциях на координатные оси.

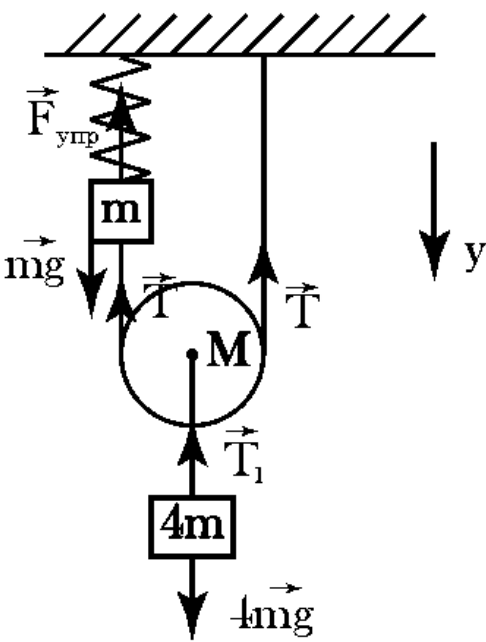
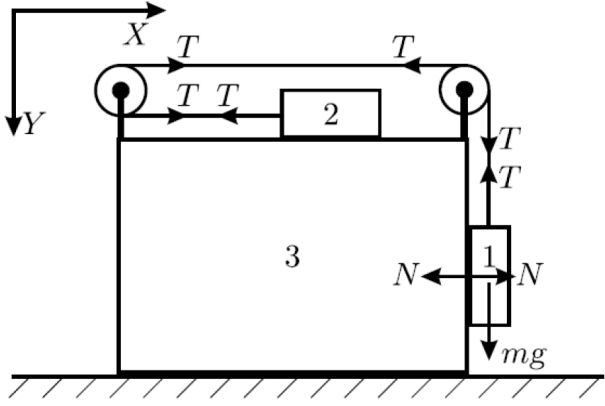
 <p style="text-align: center;">1</p>	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - 2T \\ ma = mg + T \end{cases}$ <p style="text-align: center;">А</p>
 <p style="text-align: center;">2</p>	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T_1 \\ m_2 a_2 = m_2 g - T_2 \end{cases}$ <p style="text-align: center;">Б</p>

 <p style="text-align: center;">3</p>	$\begin{cases} ma_{1x} = N \\ ma_{2x} = -T \\ ma_{2x} = T - N \\ ma_{1y} = mg - T \end{cases}$ <p style="text-align: center;">В</p>
 <p style="text-align: center;">4</p>	$\begin{cases} Ma_{2x} = 2T - N_1 = Ma \\ ma_{1y} = -mg + T + F_{\text{TP}} \\ Ma_{2y} = -Mg + N_2 - T - F_{\text{TP}} \end{cases}$ <p style="text-align: center;">Г</p>
 <p style="text-align: center;">$m_1 = m_2 = m_3 = m$</p> <p style="text-align: center;">5</p>	$\begin{aligned} &4ma + Ma + ma \\ &= 4mg - T_1 - 2T + mg \\ &+ Mg - F_{\text{упр}} \end{aligned}$ <p style="text-align: center;">Д</p>

Решение

Исходя из вероятного направления движения тел построим направления сил в системе, а также координатные оси:

 <p style="text-align: center;">1</p>	$\begin{cases} Ma_{2x} = 2T - N_1 = Ma \\ ma_{1y} = -mg + T + F_{\text{тр}} \\ Ma_{2y} = -Mg + N_2 - T - F_{\text{тр}} \end{cases}$
 <p style="text-align: center;">2</p>	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T \\ m_2 a_2 = m_2 g - 2T \\ ma = mg + T \end{cases}$
	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T_1 \\ m_2 a_2 = m_2 g - T_2 \end{cases}$

<p style="text-align: center;">3</p>  <p style="text-align: center;">4</p>	$4ma + Ma + ma$ $= 4mg - T_1 - 2T + mg$ $+ Mg - F_{\text{упр}}$
 <p style="text-align: center;">$m_1 = m_2 = m_3 = m$</p> <p style="text-align: center;">5</p>	$\begin{cases} ma_{1x} = N \\ ma_{2x} = -T \\ ma_{2x} = T - N \end{cases}$ $ma_{1y} = mg - T$

Ответ: 1Г 2А 3Б 4Д 5В

Задача 3

Для измерения параметров электрической цепи, при решении кейса Научно-технологического профиля, школьник Васечкин получил в качестве оборудования милливольтметр с внутренним сопротивлением $r = 5 \text{ Ом}$ и шкалой с пределом измерения $U_0 = 100 \text{ мВ}$. Рассчитайте, какое добавочное сопротивление необходимо подключить к прибору, чтобы с помощью него измерить силу тока до 5 А . Ответ дать в Ом округлив до сотых.

Решение

Через милливольтметр при предельном напряжении в 100 мВ протекает ток

$$I_0 = \frac{U_0}{r} = 20 \text{ мА}$$

Для измерения тока необходимо к милливольтметру подключить параллельно добавочное сопротивление R_d такое, что

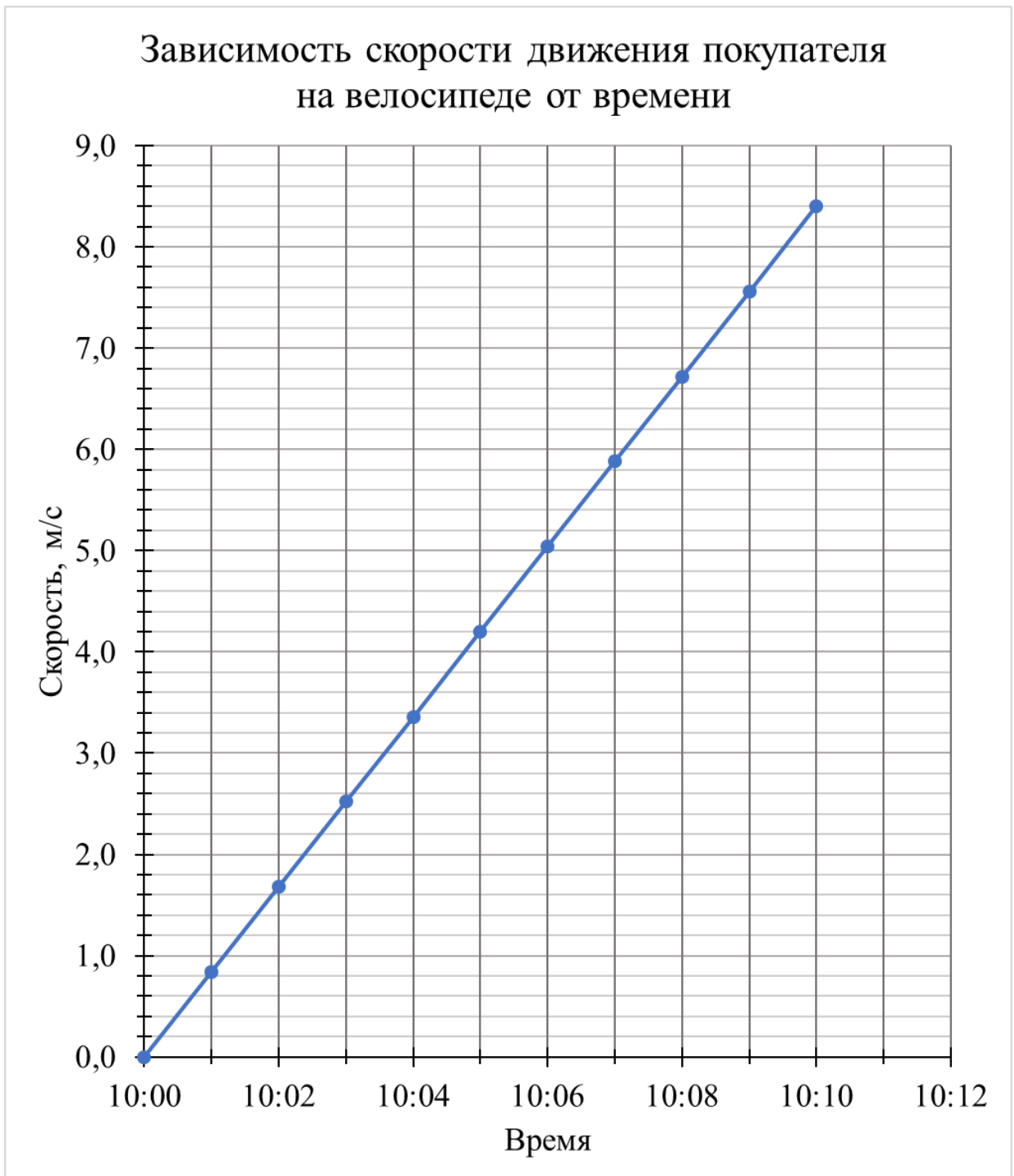
$$(I - I_0) R_d = U_0$$

$$R_d = \frac{U_0}{(I - I_0)} = 0,02 \text{ Ом}$$

Ответ: 0,02 Ом

Задача 4

Неудачливый покупатель выехал из магазина на велосипеде ровно в 10:00, однако забыл свои покупки на кассе. Камеры слежения зафиксировали его скорость в течение некоторого времени (см. рисунок). Через 5 минут после этого из магазина в том же направлении выехал администратор на электросамокате, с его покупками. Определите, какое ускорение должно быть у электросамоката, чтобы догнать неудачливого покупателя на расстоянии 2 км от магазина. Движение в задаче считать равноускоренным. Ответ представить в м/с^2 и округлить до тысячных.



Решение

Определим ускорение покупателя по известному графику скорости. Для этого найдем угловой коэффициент линейной зависимости, взяв наиболее удобные для расчета точки $(0;0)$ и $(600;8,4)$. В результате получим значение ускорения покупателя равное $a_1 = 0,014 \text{ м/с}^2$. Покупатель окажется на расстоянии 2 км от магазина через время $t_1 = \sqrt{2S/a_1} = \sqrt{2 \cdot 2000/0,014} = 534,5 \text{ с}$

Электросамокат должен догнать покупателя на расстоянии 2 км от магазина, таким образом, можем записать уравнения для пути, который у двух объектов будет одинаков:

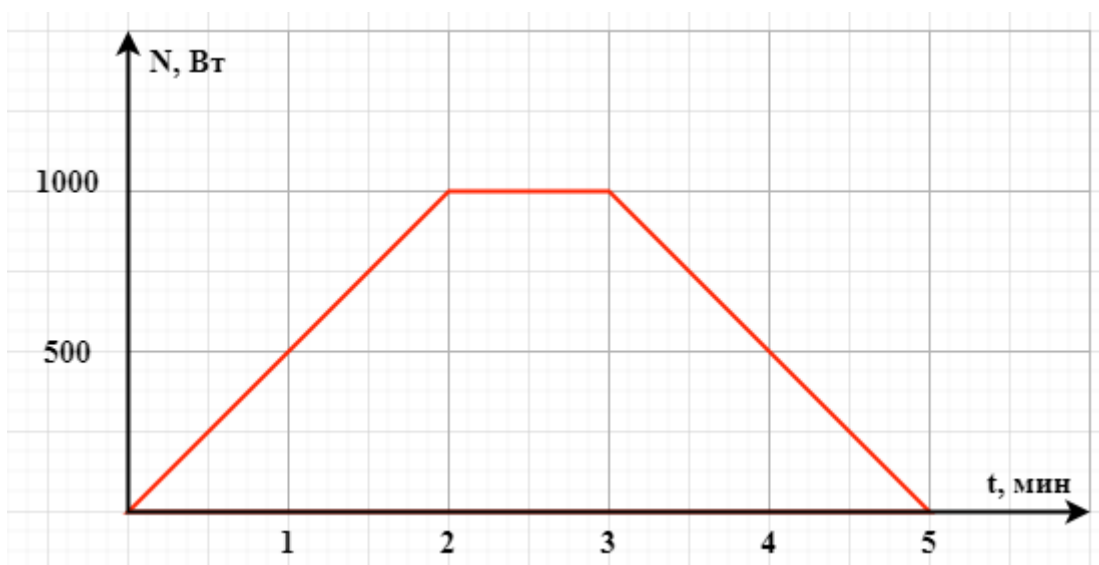
$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_2 (t_1 - t_0)^2}{2}$$

$$a_2 = a_1 \frac{t_1^2}{(t_1 - t_0)^2} = 0,014 \cdot \frac{534,5^2}{(534,5 - 300)^2} = 0,073 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $0,073 \text{ м/с}^2$

Задача 5

Сергей купил на Aliexpress умный чайник, в паспорте которого был приведен график зависимости мощности нагревательного элемента чайника от времени работы. Сергей был в душе – экспериментатор, поэтому при первом включении измерил среднюю скорость возрастания температуры воды, которая составила $0,2^{\circ}\text{C}/\text{с}$ за весь цикл работы чайника (5 минут). При этом «эксперименте» вода в чайнике нагрелась лишь до 80°C . Для упрощения задачи считаем, что процессы теплообмена с окружающей средой отсутствуют, процессы внутреннего теплообмена происходят быстро.



Определите общее количество теплоты, которое выделил нагревательный элемент чайника? Ответ представьте в кДж, округлив до целого.

Определите, воду какой температуры Сергей залил для своего эксперимента. Ответ представьте в $^{\circ}\text{C}$ и округлите до целого.

Какое количество теплоты необходимо для нагрева воды в чайнике до кипения от начального состояния? Ответ представьте в кДж, округлив до целого.

Решение

1) Определим общее количество теплоты, которое выделяет чайник в процессе работы. Для этого воспользуемся графиком мощности от времени. Из уравнения теплового баланса и определения мощности известно, что мощность, умноженная на время будет равна полному количеству теплоты. Таким образом, определив площадь под графиком можно найти искомое значение. Площадь графика составляет 6 полных клеток (три полные и еще 4 по половине клетки), а площадь одной клетки соответствует количеству теплоты, равному 30000 Дж. Таким образом, полное количество теплоты равно 180 кДж

2) Начальная температура определяется из средней скорости нагрева: $t_0 = 80^{\circ}\text{C} - 300 \text{ с} \cdot 0,2^{\circ}\text{C}/\text{с} = 20^{\circ}\text{C}$

3) Так как вода нагрелась на $(t_1 - t_0) = 60^{\circ}\text{C}$, а надо было нагреть на 80°C , применяем пропорцию.

$$Q_1 = 180000 \text{ Дж} \cdot 80/60 = 240000 \text{ Дж} = 240 \text{ кДж}$$

Ответ:

1) 180 кДж

2) 20°C

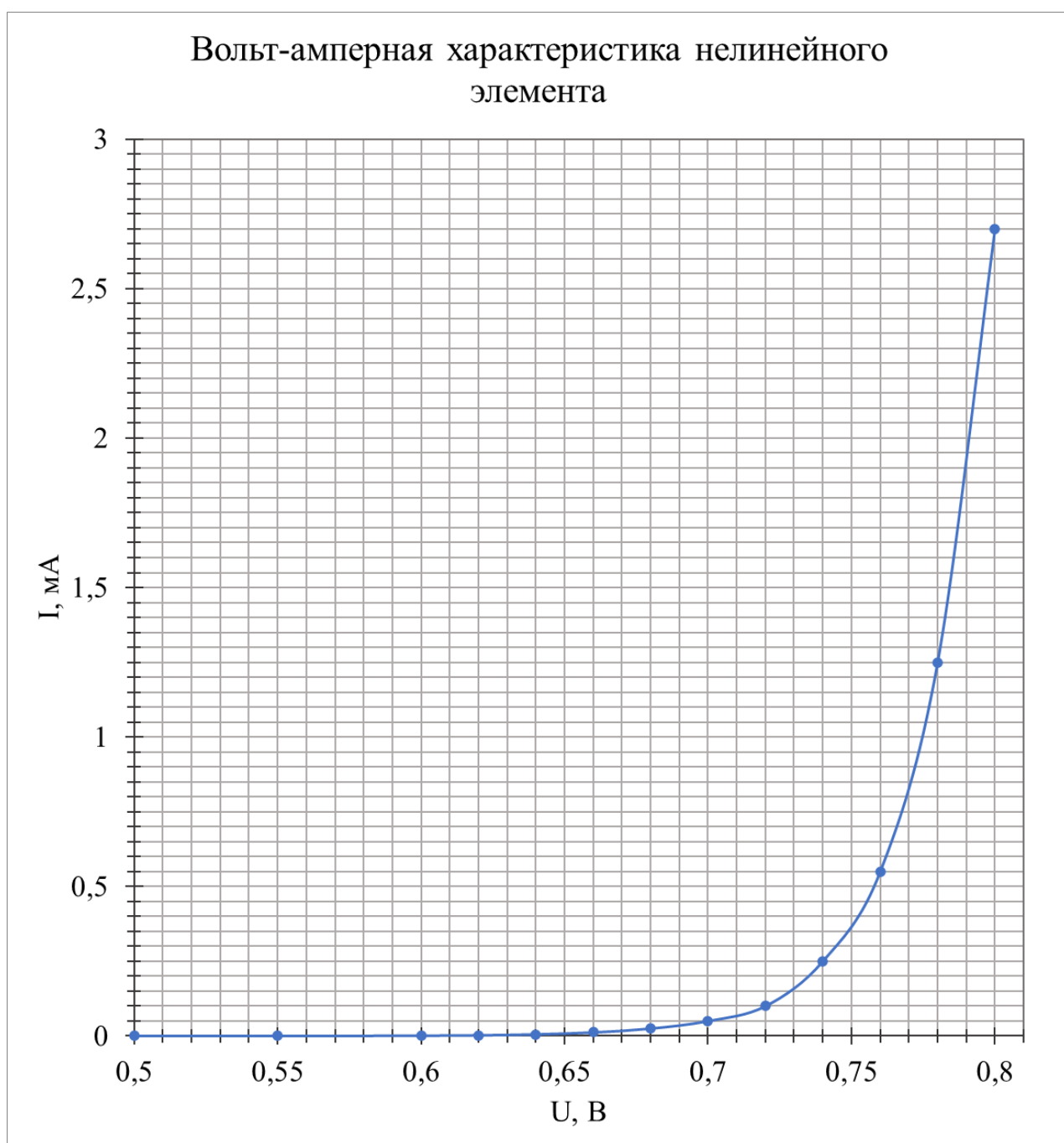
3) 240 кДж

Задача 6

Аспирант Сергеев проводил эксперимент с прибором, электрическая схема которого состоит из параллельно соединенных резистора и некоторого нелинейного элемента (*зависимость силы тока от напряжения носит нелинейный характер*). Снимая вольт-амперную характеристику прибора, он получил следующий набор значений (см. таблицу).

I, мА	0,6012	0,6225	0,6455	0,672	0,705	0,75	0,99	1,31	2,03	3,5
U, В	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78

Постройте график вольтамперной характеристики прибора и определите сопротивление резистора, если вольт-амперная характеристика нелинейного элемента выглядит так:



Резистор плотно залит оболочкой из пластика, и при длительной работе на повышенном напряжении испытывает нагрев. При этом известно, что в минуту резистор выделяет в атмосферу 100 Дж тепла. Определите, через какое время оболочка резистора начнет плавиться, если его начальная температура была равна 28 °С? Температура размягчения пластика составляет 105 °С. Теплоёмкость пластика равна 1,3 кДж/(кг·°С) , масса оболочки 5,25 г. Теплоёмкостью резистора можно пренебречь. Ответ представить в минутах и округлить до десятых.

Номинальный режим работы нелинейного элемента соответствует значению тока в 2 мА. Определите, какая мощность может потребляться на нем в процессе работы в номинальном режиме. Ответ представьте в мВт и округлите до десятых.

Решение

1) В условии указано, что элементы соединены параллельно. Значит, что напряжение на элементах будет одинаковое, а вот ток в цепи будет складываться из тока на резисторе и тока на нелинейном элементе. Напряжение в цепи нам известно из таблицы, а ток на нелинейном элементе можно найти из графика вольт-амперной характеристики. В результате расчетов получим следующую таблицу для напряжений и токов резистора

U, В	I, мА
0,7	0,7
0,72	0,72
0,74	0,74
0,76	0,76

Отсюда делаем вывод, что сопротивление резистора составляет 1 Ом

2) С учетом условий задачи можно считать, что вся тепловая мощность, выделяемая резистором, идет на нагрев пластиковой оболочки. Мощность определяется по условиям задачи и равна 1,7 Вт. Запишем уравнение теплового баланса для системы резистор-воздух-бокс:

$$Nt = c_{abs}m_{abs}(t_{п} - t_{в})$$

Таким образом, получим выражение для времени работы:

$$t = \frac{c_{abs}m_{abs}(t_{п} - t_{в})}{N} = 309,1 \text{ с} \approx 5,2 \text{ мин}$$

3) Потребляемая мощность определяется из параметров номинального режима работы. Так как ток известен, то по ВАХ можно определить напряжение на нелинейном элементе в номинальном режиме работы. Из данных графика получим:

$$P_H = I_H U_H = 0,002 \cdot 0,79 = 0,00158 \text{ Вт} = 1,6 \text{ мВт}$$

Ответ:

1) 1 Ом

2) 5,2 мин

3) 1,6 мВт

Московская предпрофессиональная олимпиада

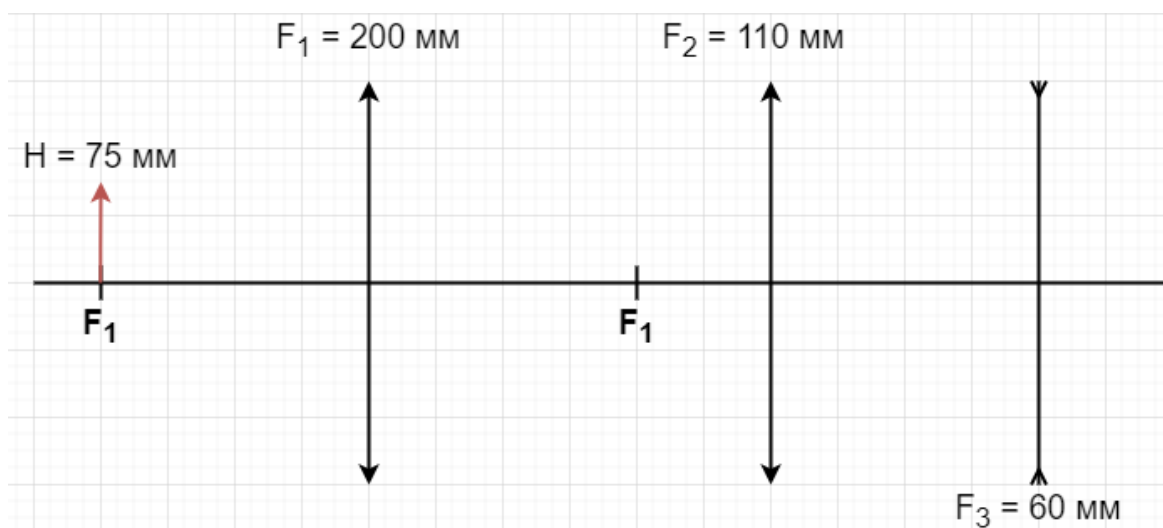
Отборочный тур по физике

9 класс

Вариант 2

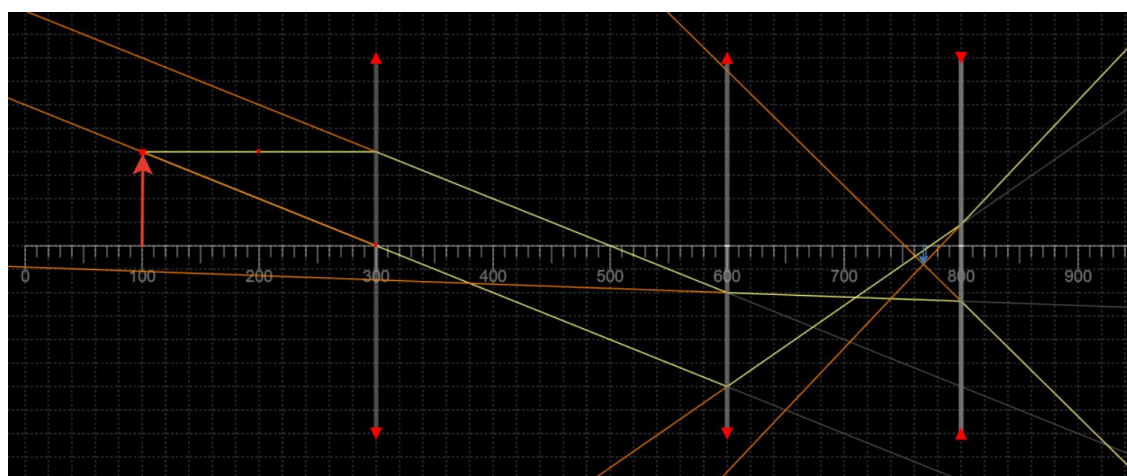
Задача 1.

По рисунку системы линз определите характеристики изображения.



1. Действительное, не перевернутое
2. Мнимое, перевернутое
3. Действительное, перевернутое
4. Мнимое, не перевернутое
5. Изображения не будет

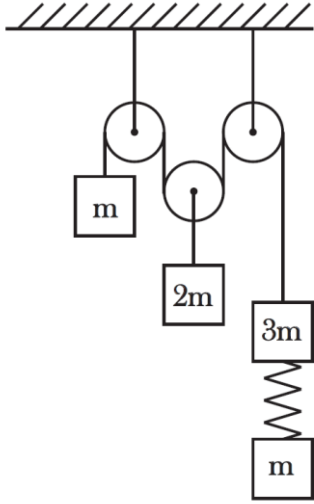
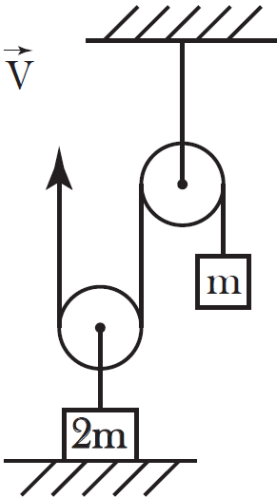
Решение

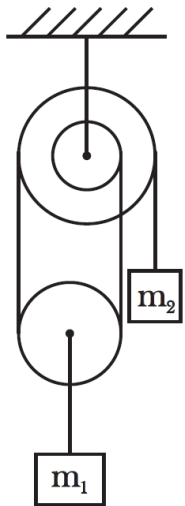
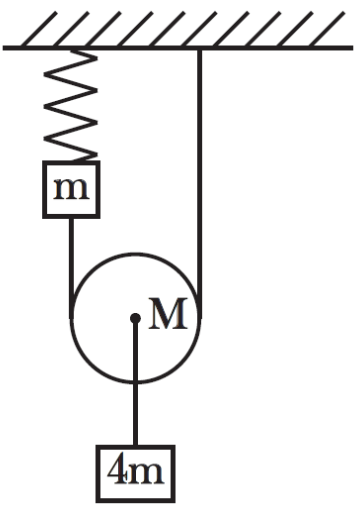
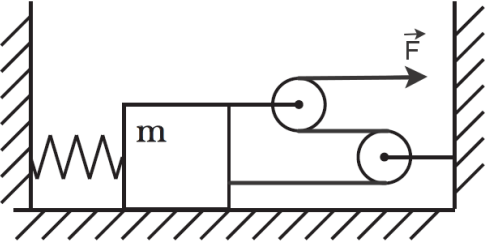


Ответ 2

Задача 2

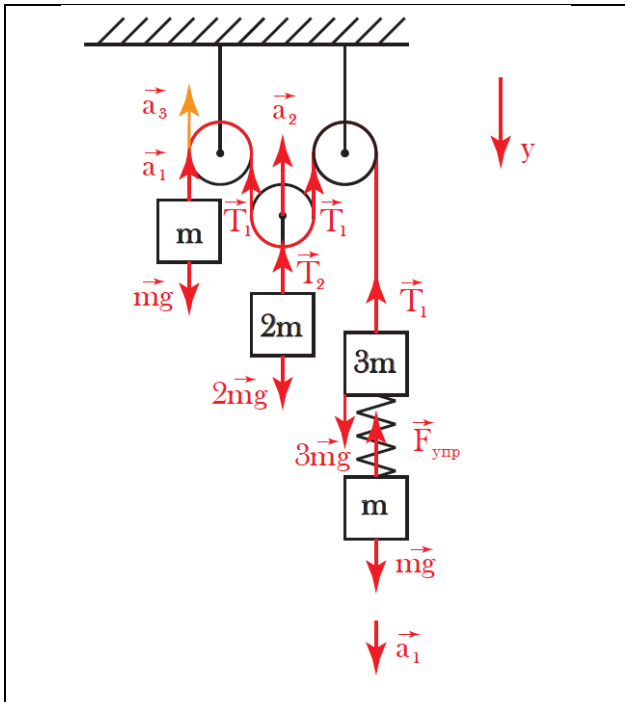
На рисунках приведены сложные механические системы, состоящие из грузов, блоков и пружин. Сопоставьте представленное изображение с записью второго закона Ньютона в проекциях на координатные оси

 <p style="text-align: center;">1</p>	$\begin{cases} T - mg = ma_1 \\ 2T - 2mg = 2ma_1 \end{cases}$ <p style="text-align: center;">А</p>
 <p style="text-align: center;">2</p>	$\begin{aligned} 4ma + Ma + ma \\ = 4mg - T_1 - 2T + mg \\ + Mg - F_{\text{упр}} \end{aligned}$ <p style="text-align: center;">Б</p>

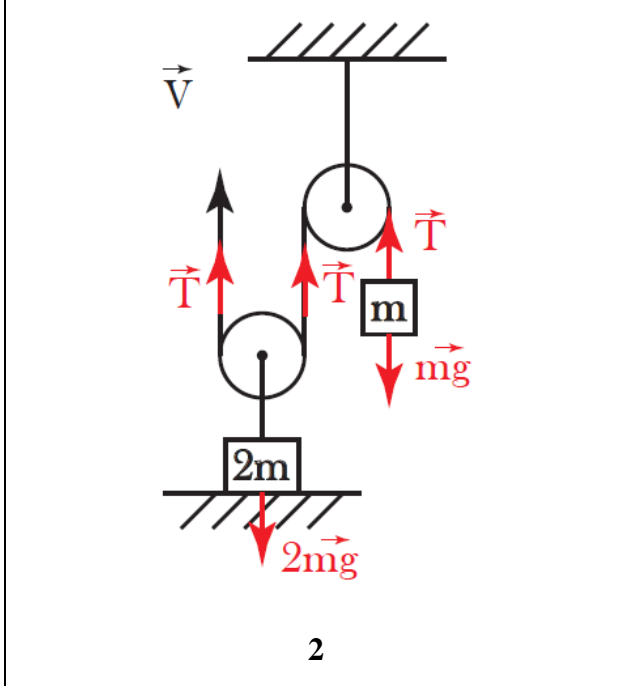
 <p style="text-align: center;">3</p>	$\begin{cases} ma_1 + 3ma_1 = (m + 3m)g - F_{\text{упр}} - T_1 \\ -2ma_2 = 2mg - T_2 - 2T_1 \\ -ma_3 = mg - T_1 \end{cases}$ <p style="text-align: center;">В</p>
 <p style="text-align: center;">4</p>	$\begin{cases} ma = F - F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} \\ 0 = mg - N \end{cases}$ <p style="text-align: center;">Г</p>
 <p style="text-align: center;">5</p>	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T_1 \\ m_2 a_2 = m_2 - T_2 \end{cases}$ <p style="text-align: center;">Д</p>

Решение

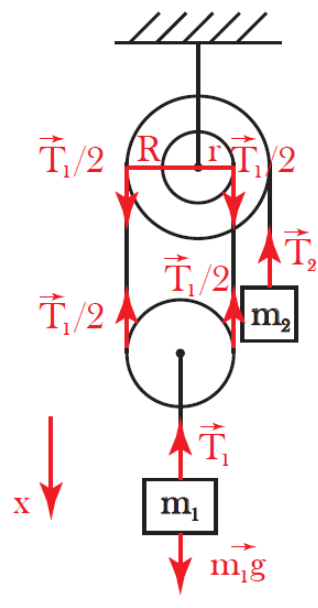
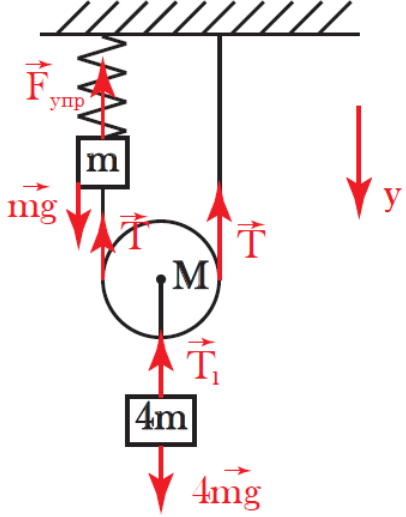
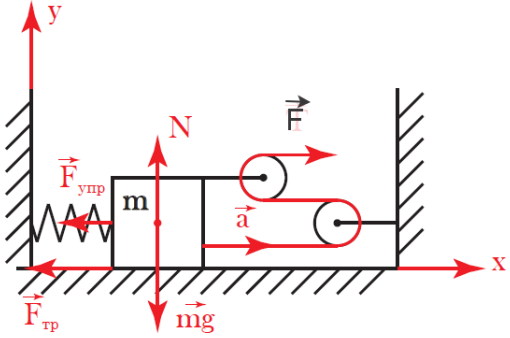
Исходя из вероятного направления движения тел построим направления сил в системе, а также координатные оси:



$$\begin{cases} m\vec{a}_1 + 3m\vec{a}_1 = (m + 3m)g - F_{ynp} - T_1 \\ -2m\vec{a}_2 = 2mg - T_2 - 2T_1 \\ -m\vec{a}_3 = mg - T_1 \end{cases}$$



$$\begin{cases} T - mg = ma_1 \\ 2T - 2mg = 2ma_1 \end{cases}$$

 <p style="text-align: center;">3</p>	$\begin{cases} m_1 a_1 = m_1 g - T_1 \\ m_2 a_2 = m_2 g - T_2 \end{cases}$
 <p style="text-align: center;">4</p>	$\begin{aligned} &4ma + Ma + ma \\ &= 4mg - T_1 - 2T + mg \\ &+ Mg - F_{\text{ynp}} \end{aligned}$
 <p style="text-align: center;">5</p>	$\begin{cases} ma = F - F_{\text{ynp}} - F_{\text{тр}} \\ 0 = mg - N \end{cases}$

Ответ: 1В 2А 3Д 4Б 5Г

Задача 3

Для измерения параметров электрической цепи, при решении кейса Научно-технологического профиля, школьник Васечкин получил в качестве оборудования милливольтметр с внутренним сопротивлением $r = 5 \text{ Ом}$ и шкалой (пределом измерения) на $U_0 = 100 \text{ мВ}$. Рассчитайте, какое необходимо добавочное сопротивление, чтобы измерить напряжение 100 В ? Ответ дать в кОм, округлив до целого.

Решение

Через милливольтметр при предельном напряжении в 100 мВ протекает ток

$$I_0 = \frac{U_0}{r} = 20 \text{ мА}$$

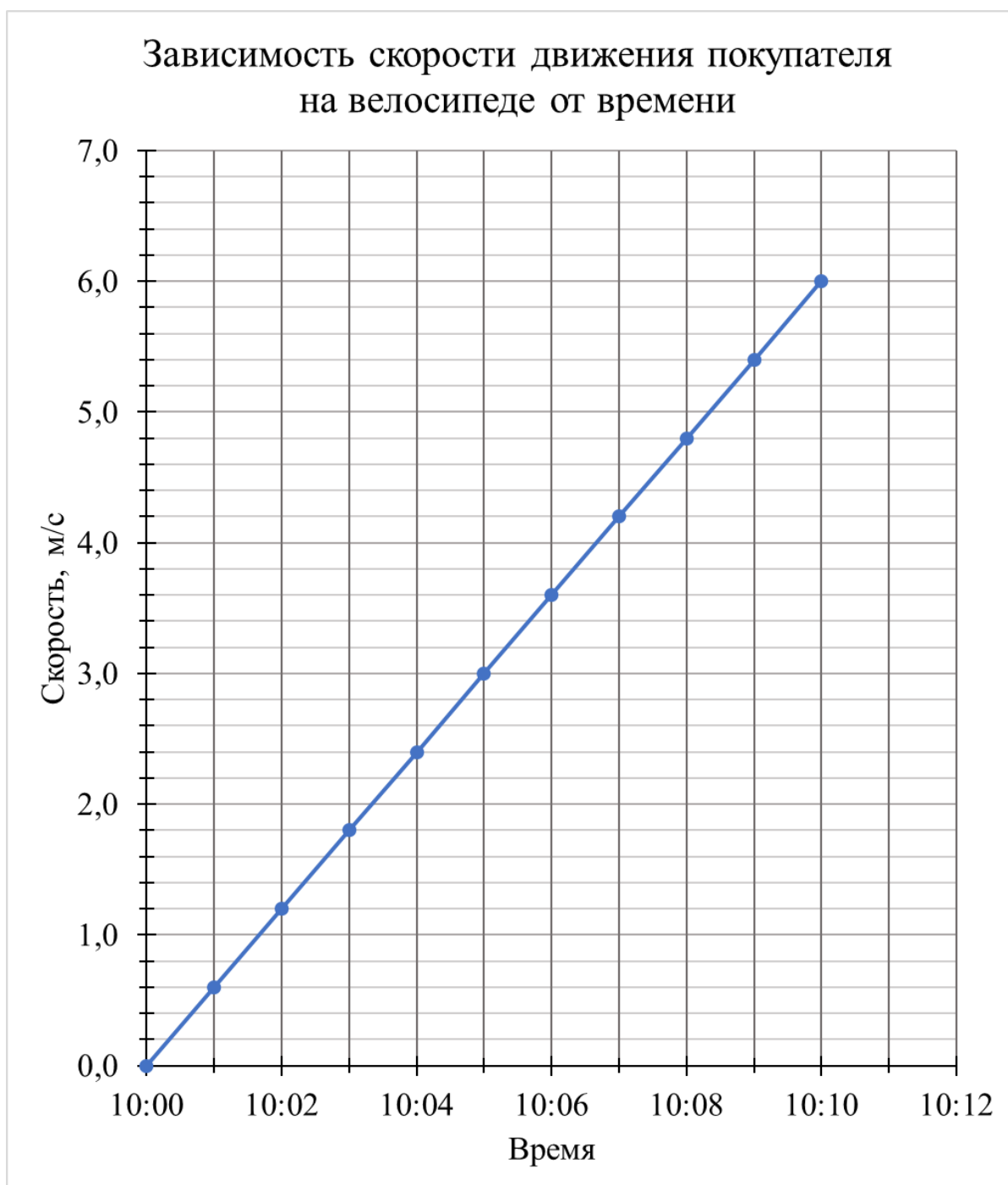
Для измерения напряжения в 100 В нужно включить последовательное шунтовое сопротивление такое, что

$$I_0 R_{\text{ш}} = U - U_0$$
$$R_{\text{ш}} = \frac{U - U_0}{I_0} = 5 \text{ кОм}$$

Ответ: 5 кОм

Задача 4

Неудачливый покупатель выехал из магазина на велосипеде ровно в 10:00, однако забыл свои покупки на кассе. Камеры слежения зафиксировали его скорость в течение некоторого времени (см. рисунок). Через 5 минут после этого из магазина в том же направлении выехал администратор на электросамокате, с его покупками. Определите, какое ускорение должно быть у электросамоката, чтобы догнать неудачливого покупателя на расстоянии 2 км от магазина. Движение в задаче считать равноускоренным. Ответ представить в м/с^2 и округлить до тысячных.



Решение

Определим ускорение покупателя по известному графику скорости. Для этого найдем угловой коэффициент линейной зависимости, взяв наиболее удобные для расчета точки $(0;0)$ и $(600;8,4)$. В результате получим значение ускорения покупателя равное $a_1 = 0,014 \text{ м/с}^2$. Покупатель окажется на расстоянии 2 км от магазина через время $t_1 = \sqrt{2S/a_1} = \sqrt{2 \cdot 2000/0,01} = 632,5 \text{ с}$

Мопед должен догнать покупателя на расстоянии 2 км от магазина, таким образом можем записать уравнения для пути, который у двух объектов будет одинаков:

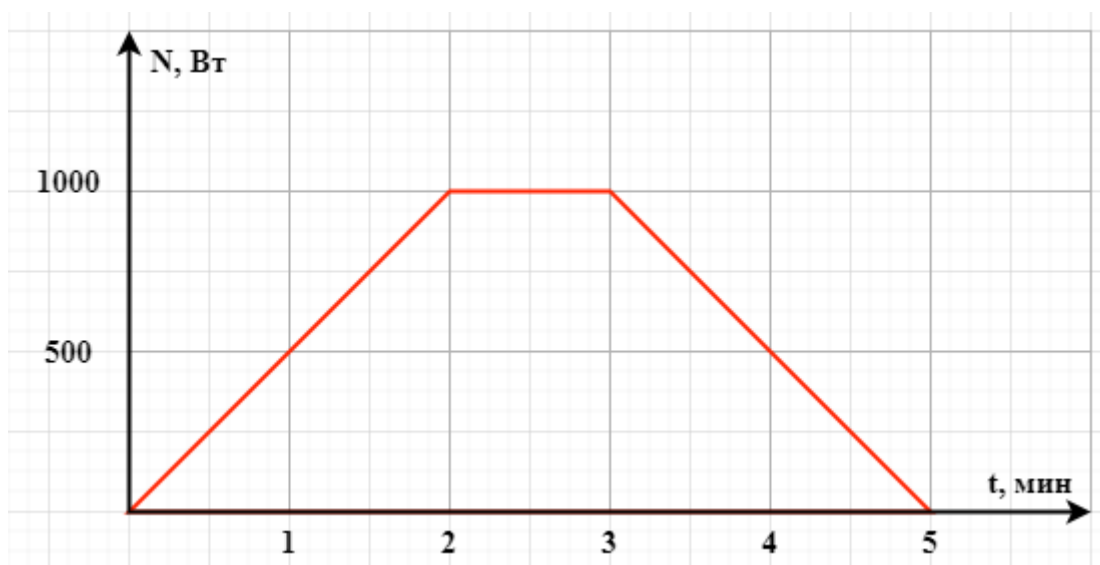
$$\frac{a_1 t_1^2}{2} = \frac{a_2 (t_1 - t_0)^2}{2}$$

$$a_2 = a_1 \frac{t_1^2}{(t_1 - t_0)^2} = 0,01 \cdot \frac{534,5^2}{(534,5 - 300)^2} = 0,036 \text{ м/с}^2$$

Ответ: $0,036 \text{ м/с}^2$

Задача 5

Сергей купил на Aliexpress умный чайник, в паспорте которого был приведен график зависимости мощности нагревательного элемента чайника от времени работы. Сергей был в душе – экспериментатор, поэтому при первом включении измерил среднюю скорость возрастания температуры воды, которая составила $0,15^{\circ}\text{C}/\text{с}$ за весь цикл работы чайника (5 минут). При этом «эксперименте» вода в чайнике нагрелась лишь до 60°C . Для упрощения задачи считаем, что процессы теплообмена с окружающей средой отсутствуют, процессы внутреннего теплообмена происходят быстро.



Определите общее количество теплоты, которое выделил нагревательный элемент чайника? Ответ представьте в кДж, округлив до целого.

Определите, воду какой температуры Сергей залил для своего эксперимента? Ответ представьте в $^{\circ}\text{C}$ и округлите до целого.

Какое количество теплоты необходимо для нагрева воды в чайнике до кипения от начального состояния? Ответ представьте в кДж, округлив до целого.

Решение

1) Определим общее количество теплоты, которое выделяет чайник в процессе работы. Для этого воспользуемся графиком мощности от времени. Из уравнения теплового баланса известно, что мощность, умноженная на время будет равна полному количеству теплоты. Таким образом, определив площадь под графиком можно найти искомое значение. Площадь графика составляет 6 полных клеток (три полные и еще 4 по половине клетки), а площадь одной клетки соответствует количеству теплоты, равному 3000 Дж. Таким образом полное количество теплоты равно 180 кДж

2) Начальная температура определяется из средней скорости нагрева: $t_0 = 60^\circ\text{C} - 300 \text{ с} \cdot 0,15^\circ\text{C}/\text{с} = 15^\circ\text{C}$

3) Так как вода нагрелась на $(t_1 - t_0) = 45^\circ\text{C}$, а надо было нагреть на 85°C , применяем пропорцию.

$$Q_1 = 180000 \text{ Дж} \cdot 85/45 = 340000 \text{ Дж} = 340 \text{ кДж}$$

Ответ:

1) 180 кДж

2) 15°C

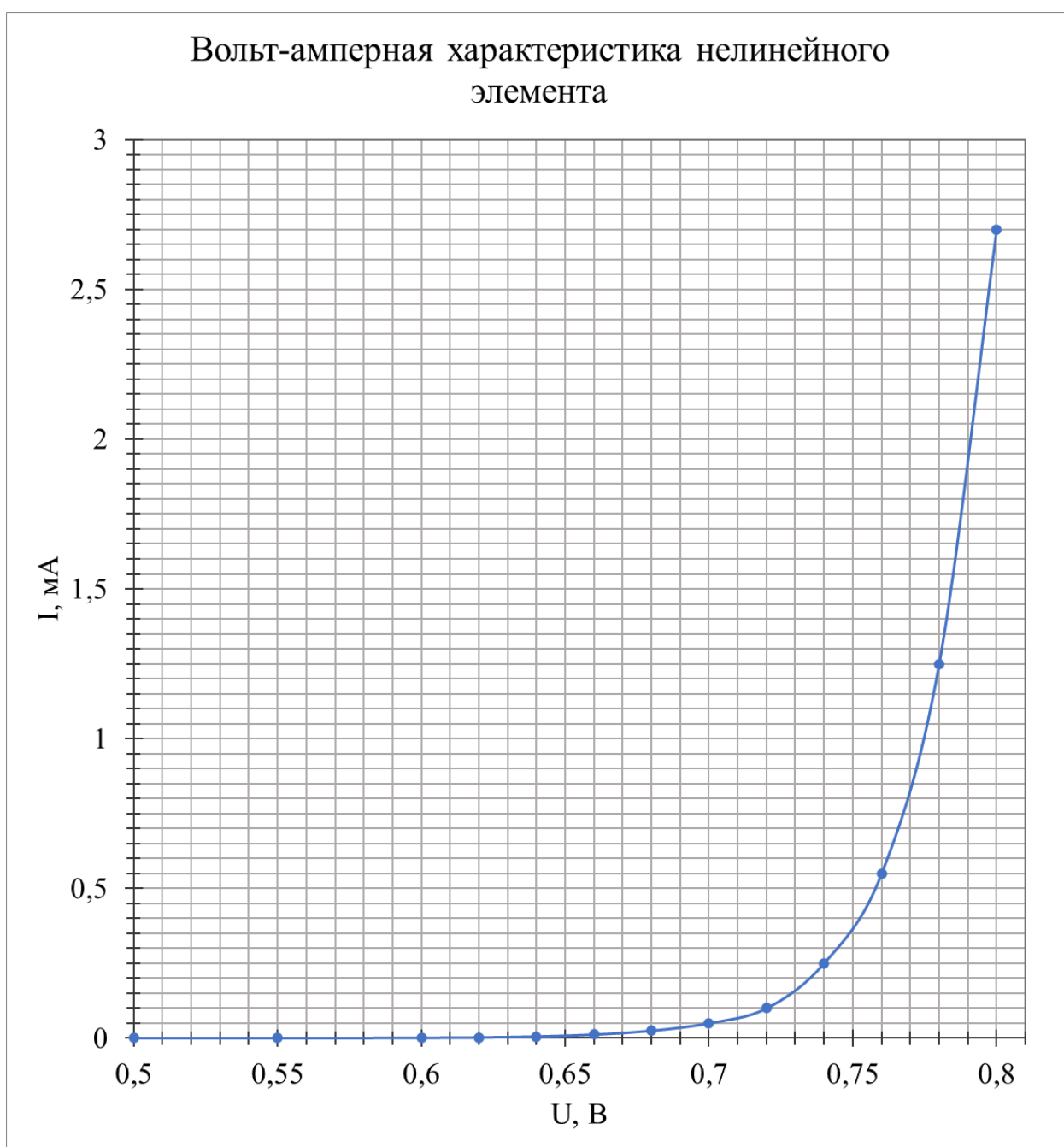
3) 340 кДж

Задача 6

Аспирант Сергеев проводил эксперимент с прибором, электрическая схема которого состоит из параллельно соединенных резистора и некоторого нелинейного элемента. Снимая вольт-амперную характеристику прибора, он получил следующий набор значений (см. таблицу).

I, мА	0,201	0,209	0,219	0,232	0,252	0,283	0,340	0,497	0,803	1,510
U, В	0,6	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,74	0,76	0,78

Постройте график вольт-амперной характеристики прибора и определите сопротивление резистора, если вольтамперная характеристика нелинейного элемента выглядит так:



Резистор плотно залит оболочкой из пластика, и при длительной работе на повышенном напряжении испытывает нагрев. При этом известно, что в минуту резистор выделяет в атмосферу 210 Дж тепла. Определите, через какое время оболочка резистора начнет плавиться, если его начальная температура была равна 18 °С? Температура размягчения пластика составляет 100 °С. Теплоёмкость пластика равна 1,3 кДж/(кг·°С) , масса оболочки 5,25 г. Теплоёмкостью резистора можно пренебречь. Ответ представить в минутах и округлить до десятых.

Номинальный режим работы нелинейного элемента соответствует значению тока в 0,85 мА. Определите, какая мощность может потребляться на нем в процессе работы в номинальном режиме. Ответ представьте в мВт и округлите до десятых.

Решение

1) В условии указано, что элементы соединены параллельно. Значит, что напряжение на элементах будет одинаковое, а вот ток в цепи будет складываться из тока на резисторе и тока на нелинейном элементе. Напряжение в цепи нам известно из таблицы, а ток на нелинейном элементе можно найти из графика вольт-амперной характеристики. В результате расчетов получим следующую таблицу для напряжений и токов резистора

U, В	I, мА
0,7	0,23
0,72	0,24
0,74	0,25
0,76	0,25
0,78	0,26

Отсюда делаем вывод, что сопротивление резистора составляет 3 Ом

2) С учетом условий задачи можно считать, что вся тепловая мощность, выделяемая резистором, идет на нагрев пластиковой оболочки. Мощность определяется по условиям задачи и равна 3,5 Вт. С учетом тепловых потерь запишем уравнение теплового баланса для системы резистор-оболочка:

$$Nt = c_{abs}m_{abs}(t_{п} - t_{в})$$

Таким образом, получим выражение для времени работы:

$$t = \frac{c_{abs}m_{abs}(t_{п} - t_{в})}{N} = 159,9 \text{ с} \approx 2,7 \text{ мин}$$

3) Потребляемая мощность определяется из параметров номинального режима работы. Так как ток известен, то по ВАХ можно определить напряжение на нелинейном элементе в номинальном режиме работы. Из данных графика получим:

$$P_H = I_H U_H = 0,00085 \cdot 0,77 = 0,0006545 \text{ Вт} = 0,7 \text{ мВт}$$

Ответ:

1) 3 Ом

2) 2,7 мин

3) 0,7 мВт