

Московская предпрофессиональная олимпиада

Отборочный тур по физике

10 класс

Вариант 1

**Задача 1.**

Определите, сколько молекул содержится в объеме этилового спирта, равном 2 л, если молярная масса этилового спирта равна 46 г/моль, а плотность 0,7905 г/см<sup>3</sup>.

1.  $207 \cdot 10^{23}$
2.  $210 \cdot 10^{23}$
3.  $207 \cdot 10^{25}$
4.  $262 \cdot 10^{23}$
5.  $131 \cdot 10^{23}$

**Решение**

Чтобы определить число молекул  $N$ , нужно количество вещества  $\nu$  (число моль) умножить на число Авогадро:

$$N = \nu N_A$$

Число Авогадро  $N_A$  – это физическая постоянная, равная  $6,022 \cdot 10^{23}$  1/моль. Количество вещества  $\nu$  можно найти, разделив массу  $m$  на молярную массу вещества  $M = 0,046$  кг/моль.

$$\nu = m/M$$

Массу  $m$  можно найти как произведение плотности  $\rho = 790,5$  кг/м<sup>3</sup> на объем  $V = 0,002$  м<sup>3</sup>:

$$m = \rho V$$

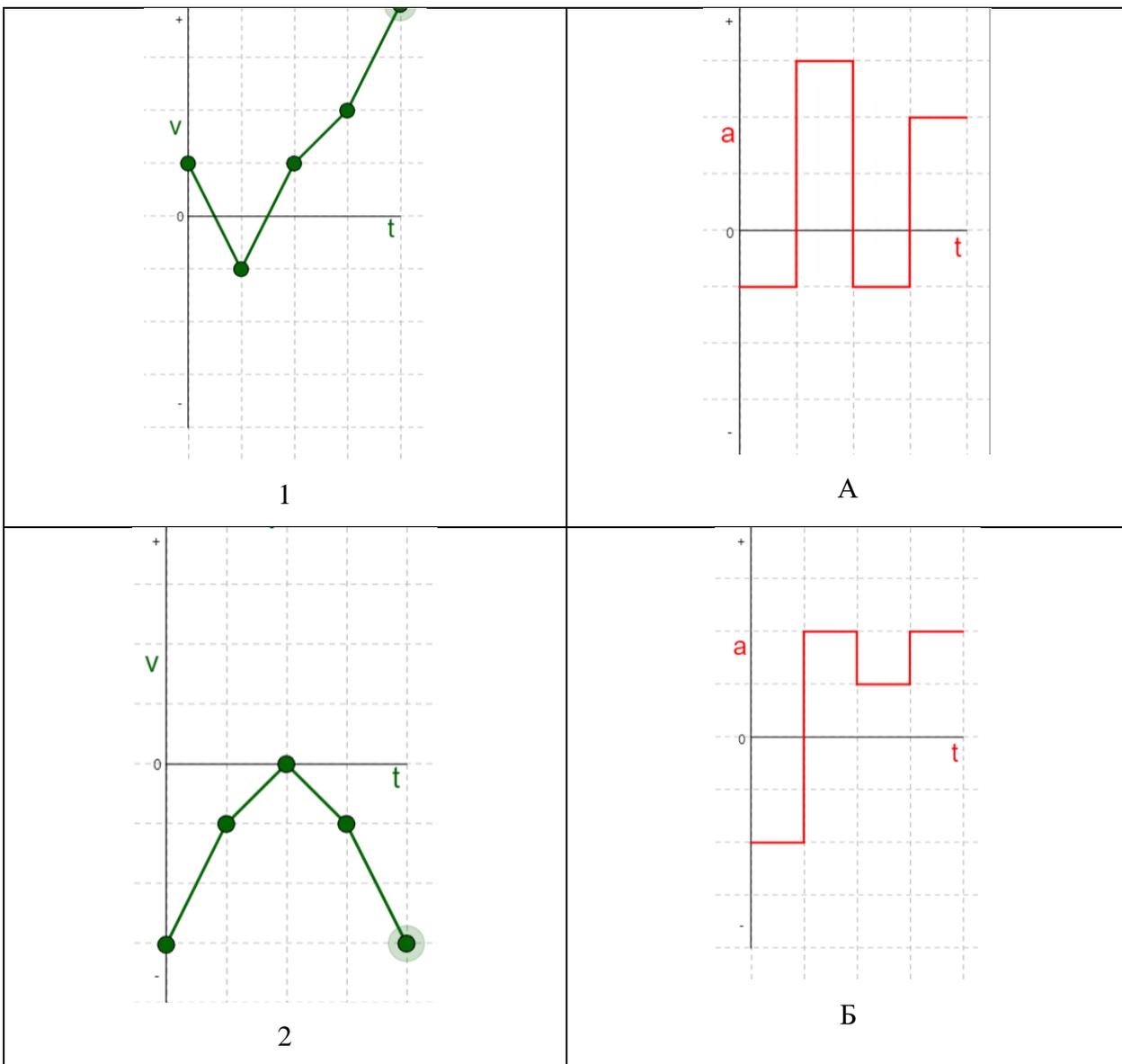
В итоге получаем такую формулу:

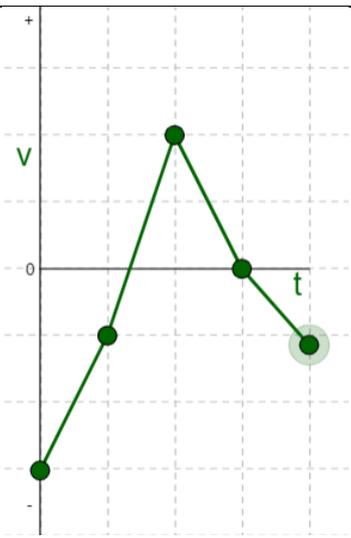
$$N = \frac{\rho V N_A}{M} = \frac{790,5 \cdot 0,002 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{0,046} = 207 \cdot 10^{23}$$

**Ответ:** 1

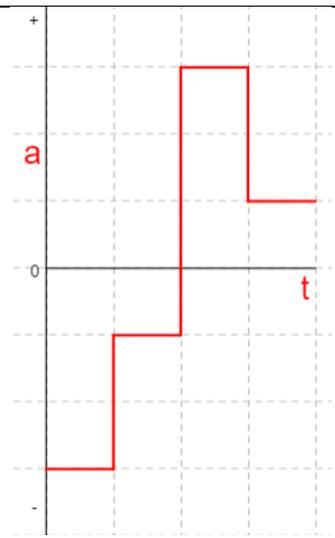
## Задача 2

На рисунках приведены графики зависимости скорости тела от времени (зеленый график), а также ускорения тела от времени (красный график). Соотнесите между собой графики ускорения и соответствующие графики скорости, если масштабы графиков по времени одинаковы.

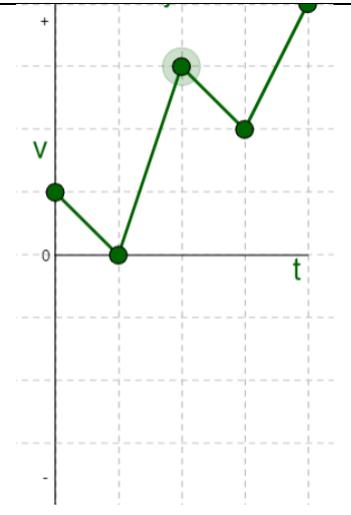




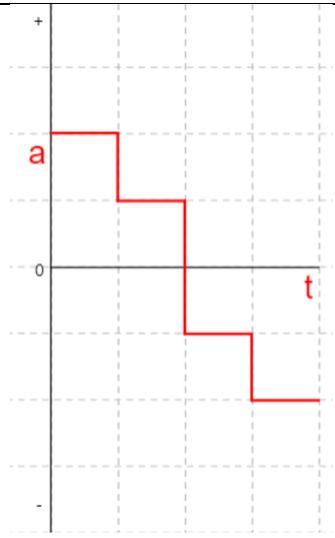
3



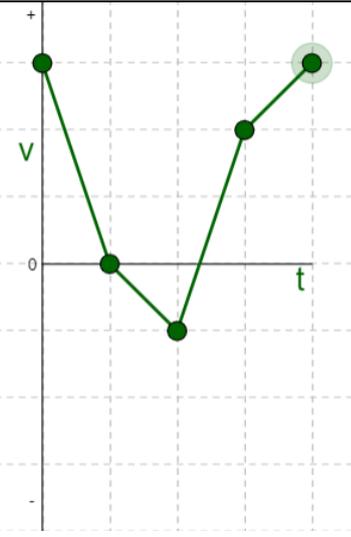
В



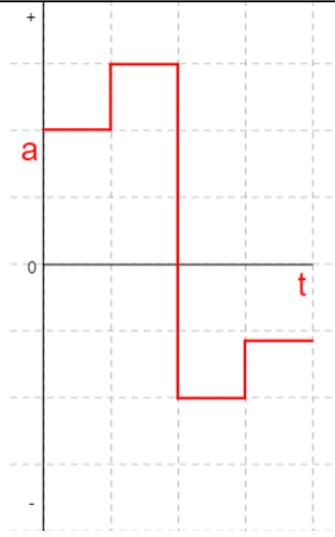
4



Г



5



Д

Решение

На каждом из графиков скорости можно увидеть единичный отрезок (диагональ квадрата, уравнение  $y = x$ ). Этой величине скорости соответствует ускорение, равное одному квадрату на графике. Так как масштабы по времени совпадают, то по углу наклона графика скорости определяем величину ускорения.

**Ответ** 1-Б 2-Г 3-Д 4-А 5-В

### Задача 3

Реактор ЭГП-6 Билибинской АЭС имеет мощность 12 МВт и КПД 40%. Известно, что при распаде одного ядра  ${}^{235}_{92}\text{U}$  выделяется энергия  $W_0 = 200\text{МэВ}$ . Сколько урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$  расходуется в сутки на этой станции? Ответ выразите в кг и округлите до тысячных.

### Решение

За сутки электростанция вырабатывает полезной энергии  $W_{\text{п}} = P \cdot t$ , где  $t = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ . Затраченная энергия  $W_3$  это энергия, выделившаяся в результате управляемой цепной реакции, при которой происходит распад ядер урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$ . Пусть за сутки расходуется масса  $m$  урана. В ней содержится  $N = \frac{m}{\mu} N_A$  атомов. Здесь  $\mu = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  – молярная масса. Следовательно, за сутки выделяется энергия

$$W_3 = NW_0 = \frac{m}{\mu} N_A W_0$$
$$\eta = \frac{W_{\text{п}}}{W_3} = \frac{P \cdot t}{\frac{m}{\mu} N_A W_0}$$

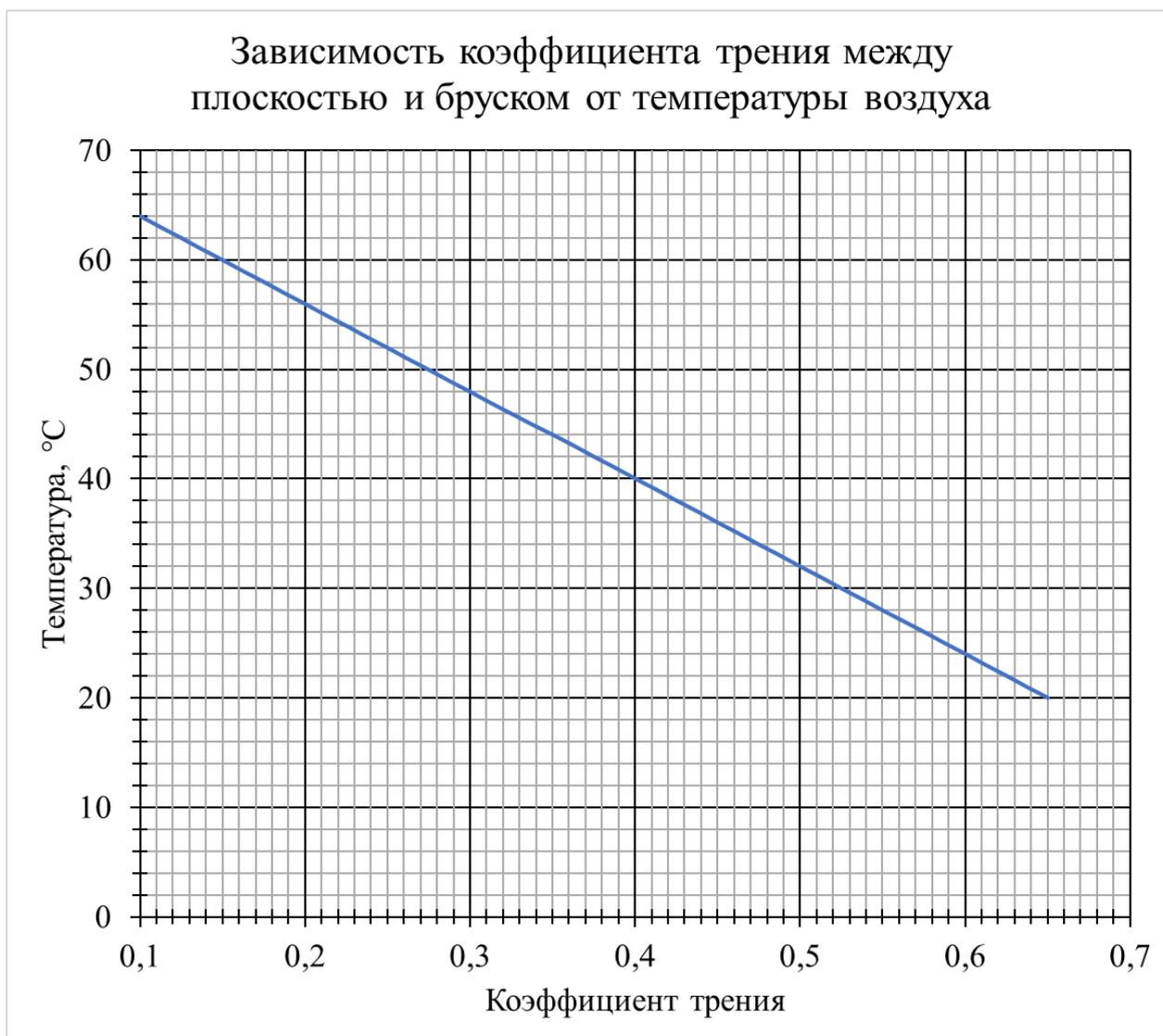
Отсюда масса топлива:

$$m = \frac{P \cdot t \cdot \mu}{\eta N_A W_0} = \frac{12 \cdot 10^6 \cdot 86400 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{0,4 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} = 0,032 \text{ кг}$$

**Ответ:** 0,032 кг

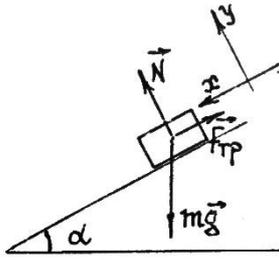
#### Задача 4

Некоторая система безопасности в помещении с переменным климатом построена на бруске, скатывающемся по наклонной плоскости и замыкающим контактную площадку. Плоскость установлена так, что при нормальном режиме эксплуатации брусок покоится, однако при превышении температуры коэффициент трения поверхности может изменяться и брусок скатываясь, замыкает контакт, останавливая процесс. График зависимости коэффициента трения от температуры воздуха представлен на рисунке.



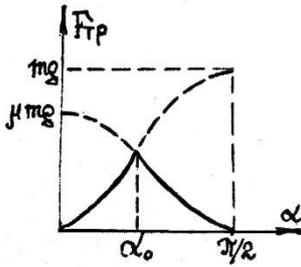
Постройте график зависимости силы трения тела о плоскость от угла наклона плоскости к горизонту и определите, при какой температуре срабатывает система безопасности, если плоскость установлена под углом 10 градусов к горизонту. Масса бруска равна 100 г. Ответ дать в градусах Цельсия и округлить до целого.

## Решение



Направим ось  $Oy$  перпендикулярно плоскости, а ось  $Ox$  по направлению движения бруска. В системе действует несколько сил, показанных на рисунке. Тело будет покоиться на плоскости до тех пор, пока

$$mgsin\alpha \leq \mu mg\cos\alpha$$



Таким образом, коэффициент трения, при котором брусок начнет скользить, равен тангенсу угла наклона плоскости.  $\mu = \operatorname{tg}(10^\circ) = 0.18$ . По графику зависимости величины коэффициента трения от температуры находим искомую величину  $T=58^\circ\text{C}$ . Построение графика не требуется для

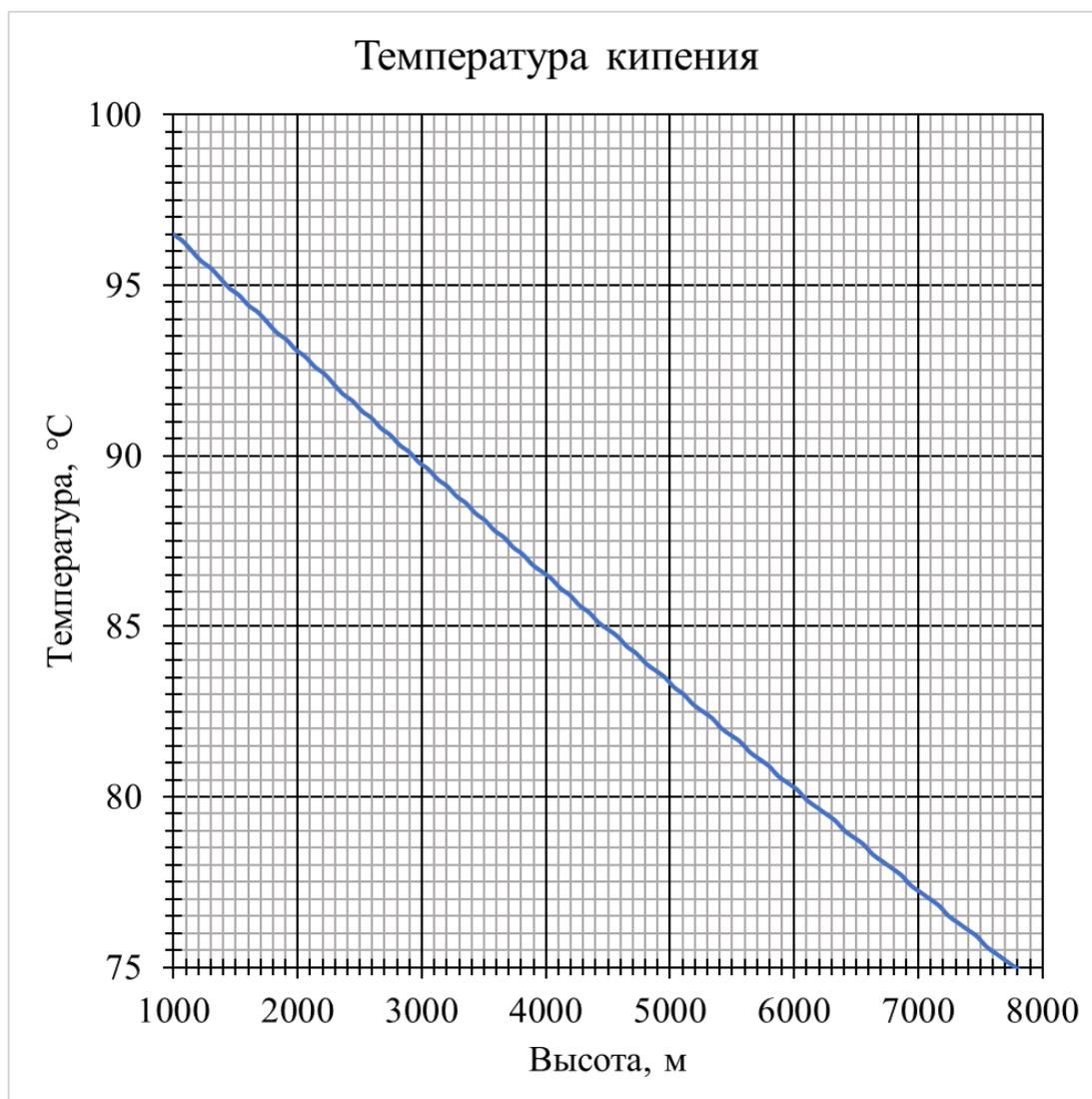
решения задачи, однако его вид представлен на рисунке.

**Ответ**  $58^\circ\text{C}$

### Задача 5

Альпинист, поднявшись на вершину горы Эльбрус понял, что забыл в базовом лагере сделать в термосе чай и решил вскипятить себе воды. Для этого у него в запасе была с собой горелка с алюминиевой кастрюлей на 1 л массой 250 г и баллон с 60 г газа. Известно, что при проверке горелки в г. Москва с водой комнатной температуры ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на кипячение 1 л воды было потрачено 5 граммов газа при расходе 100 г в час. Горелку какой мощности использовал альпинист? Ответ укажите в кВт и округлите до десятых.

За сколько времени альпинист сможет вскипятить 1 л воды из фляги для чая чуть ниже восточной вершины Эльбруса (5600 м), если за время восхождения она остыла до  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Потери энергии за счет климатических условий считать равными 10%, зависимость температуры кипения воды от высоты приведена на графике. Ответ представьте в минутах и округлите до десятых.



Находясь в базовом лагере в Терсколе (высота около 2000 м), альпинист на каждый прием пищи готовит себе столько же чая, сколько и на вершине. Температура воды в горной реке, откуда альпинист берет воду, равна 5°C. Сколько полных раз альпинист сможет приготовить себе чай на оставшемся газу? Потери энергии за счет климатических условий считать равными 4%

### Решение

1) Определим мощность горелки. Исходя из входных данных о проверке горелки в Москве определим, что время кипячения воды составило 3 минуты, или 180 секунд. Составим уравнение теплового баланса для системы «горелка-кастрюля-вода»:

$$Nt = c_B m_B (t_K - t_B) + c_{al} m_{al} (t_K - t_B)$$
$$N = \frac{c_B m_B (t_K - t_B) + c_{al} m_{al} (t_K - t_B)}{t} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (100 - 25) + 920 \cdot 0,25 \cdot (100 - 25)}{180}$$
$$= 1845 \approx 1,8 \text{ кВт}$$

2) Определим время кипячения на высоте 5600 м. Температура кипения на данной высоте отличается от температуры на уровне моря. Определим температуру кипения воды по графику. В результате получится значение 81,5 °C. Составим уравнение теплового баланса, с учетом того, что только 90% мощности горелки идет на нагрев посуды с водой.

$$\eta N t = c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})$$

Отсюда определяем время:

$$t = \frac{c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})}{\eta N} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (81,5 - 5) + 920 \cdot 0,25 \cdot (81,5 - 5)}{0,96 \cdot 1845}$$
$$= 204 \text{ с} = 3,4 \text{ мин}$$

3) Сколько раз альпинист сможет приготовить себе чай на оставшемся газу. Для этого определим, сколько газа было потрачено на кипячение одного литра чая на высоте 5600 м и, соответственно, сколько газа осталось в баллоне. В результате расчетов получим, что в баллоне осталось примерно 54,3 г. Время кипячения воды в Терсколе определяем по аналогичной формуле, найдя температуру кипения воды на графике.

$$t = \frac{c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})}{\eta N} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (93 - 5) + 920 \cdot 0,25 \cdot (93 - 5)}{0,96 \cdot 1845}$$
$$= 222,3 \text{ с} = 3,7 \text{ мин}$$

За такое время будет потрачено 6,2 г газа. Соответственно, остатка газа в баллоне точно хватит на приготовление 8 порций (каждая по 1 л) чая.

**Ответ**

1) 1,8 кВт

2) 3,4 мин

3) 8

## Задача 6

Чаще всего орбитальные маневры, выполняемые космическими аппаратами, состоят из изменения скорости вдоль направления полета, а именно ускорения, для достижения более высоких орбит или торможения, выполняемого для повторного входа в атмосферу. Например, спутники связи имеют специальный «двигатель апогея», который обеспечивает тангенциальное ускорение, необходимое для выхода на конечную орбиту. Радиус Земли  $R = 6,37 \cdot 10^6$  м. Для расчетов принять  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Определите скорость  $v_0$  геостационарного спутника связи массой  $m = 100$  кг. Ответ представьте в км/с и округлите до десятых.

Чему равна величина полной механической энергии  $E_0$  спутника, если на бесконечном расстоянии от Земли его потенциальная энергия равна нулю? Ответ представьте в ГДж и округлите до десятых.

Определите значение момента импульса  $L_0$ , ответ представьте в  $10^{14} \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}}$  и округлите до десятых.

## Решение

1) Определим скорость спутника. Для этого нужно определить радиус орбиты, по которой он движется. Так как спутник движется под действием силы тяготения и центростремительного ускорения, то можно записать уравнение движения. Кроме того, скорость можно выразить через период обращения спутника по орбите. В результате получим систему уравнений:

$$\begin{cases} G \frac{M_3 m}{r_0^2} = m \frac{v_0^2}{r_0} \\ v_0 = \frac{2\pi r_0}{T_0} \\ g = G \frac{M_3}{R^2} \end{cases}$$

Выразим радиус орбиты через известные нам переменные:

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{g R^2 T_0^2}{4\pi^2}} = 4,22 \cdot 10^7 \text{ м}$$

$$v_0 = R \sqrt{\frac{g}{T_0^2}} = 6,37 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\frac{9,8}{86400}} = 3,07 \text{ км/с} \approx 3,1 \text{ км/с}$$

2) Определим величину механической энергии спутника. Она определяется суммой кинетической энергии движения спутника и потенциальной энергией, определяемой силой всемирного тяготения. В таком случае получим выражение:

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{1}{2}mv_0^2 - G\frac{M_3m}{r_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{gR^2m}{r_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 - mv_0^2 = -\frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 3,07 \cdot 10^3 \\ &= -471 \text{ МДж} = -0,5 \text{ ГДж} \end{aligned}$$

3) Определим момент импульса спутника.

$$L_0 = r_0mv_0 = \frac{gR^2}{v_0^2}mv_0 = \frac{mgR^2}{v_0} = \frac{100 \cdot 9,8 \cdot (4,22 \cdot 10^7)^2}{3,07 \cdot 10^3} = 5,7 \cdot 10^{14} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

**Ответ**

1) 3,07 км/с

2) -0,5 ГДж

3)  $5,7 \cdot 10^{14} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$

Московская предпрофессиональная олимпиада

Отборочный тур по физике

10 класс

Вариант 2

**Задача 1.**

Определите, сколько молекул содержится в объеме глицерина, равном 2 л, если молярная масса глицерина равна 92 г/моль, а плотность 1,261 г/см<sup>3</sup>.

1.  $207 \cdot 10^{23}$
2.  $210 \cdot 10^{23}$
3.  $165 \cdot 10^{25}$
4.  $83 \cdot 10^{23}$
5.  $165 \cdot 10^{23}$

**Решение**

Чтобы определить число молекул  $N$ , нужно количество вещества  $\nu$  (число моль) умножить на число Авогадро:

$$N = \nu N_A$$

Число Авогадро  $N_A$  – это физическая постоянная, равная  $6,022 \cdot 10^{23}$  1/моль. Количество вещества  $\nu$  можно найти, разделив массу  $m$  на молярную массу вещества  $M = 0,092$  кг/моль.

$$\nu = m/M$$

Массу  $m$  можно найти как произведение плотности  $\rho = 1261$  кг/м<sup>3</sup> на объем  $V = 0,002$  м<sup>3</sup>:

$$m = \rho V$$

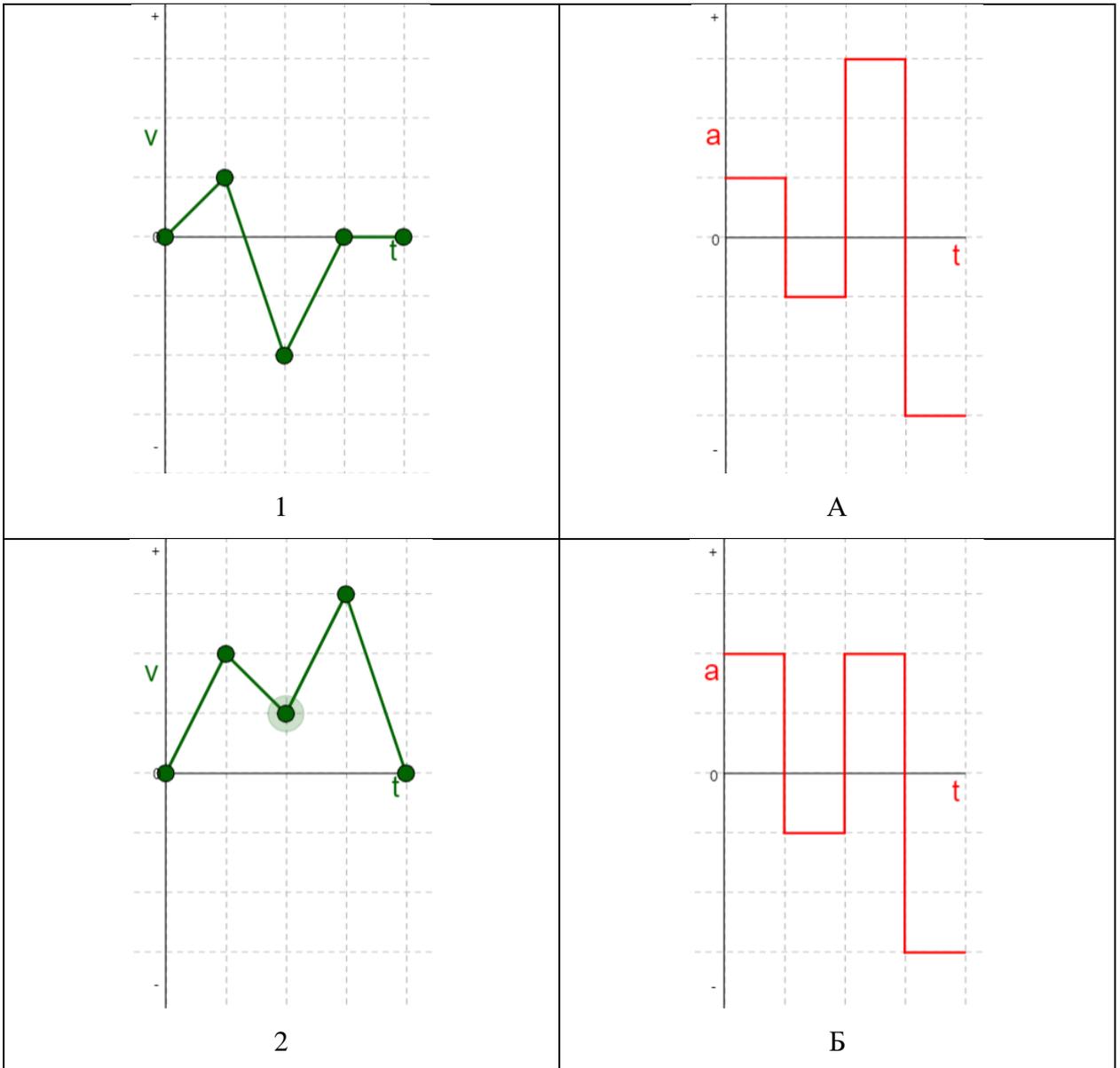
В итоге получаем такую формулу:

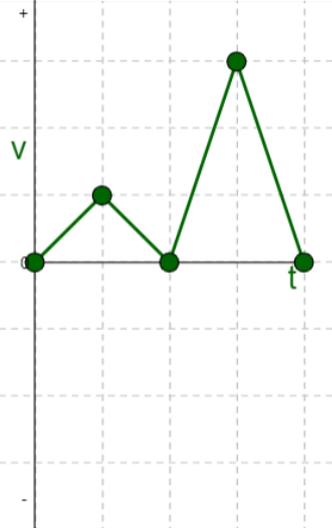
$$N = \frac{\rho V N_A}{M} = \frac{1261 \cdot 0,002 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{0,092} = 165 \cdot 10^{23}$$

**Ответ: 5**

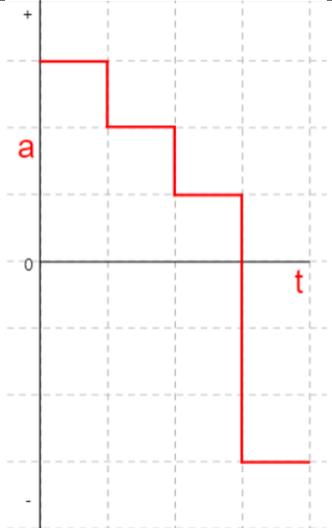
## Задача 2

На рисунках приведены графики зависимости скорости тела от времени (зеленый график), а также ускорения тела от времени (красный график). Соотнесите между собой графики ускорения и соответствующие графики скорости, если масштабы графиков по времени одинаковы.

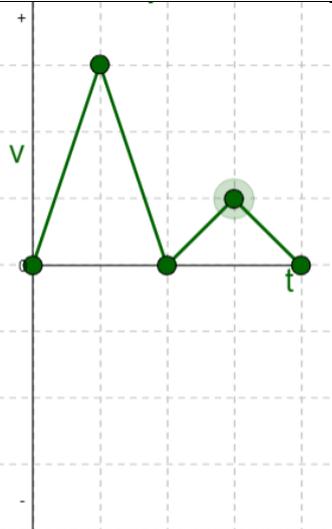




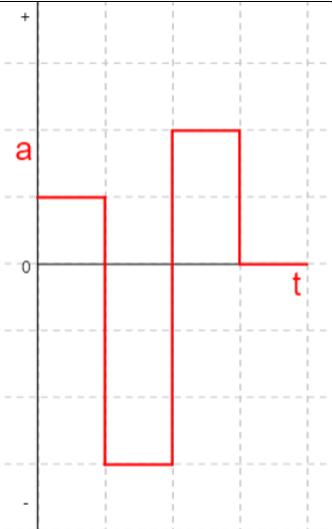
3



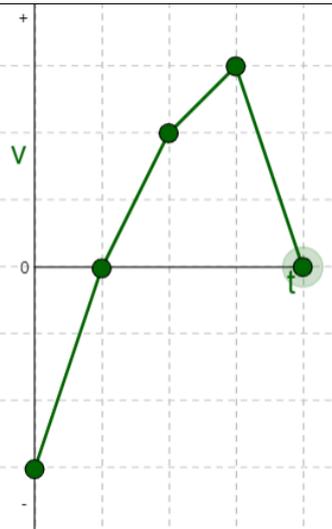
B



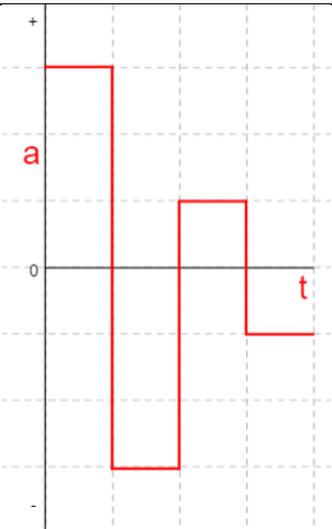
4



Г



5



Д

Решение

На каждом из графиков скорости можно увидеть единичный отрезок (диагональ квадрата, уравнение  $y = x$ ). Этой величине скорости соответствует ускорение, равное одному квадрату на графике. Так как масштабы по времени совпадают, то по углу наклона графика скорости определяем величину ускорения.

**Ответ** 1-Г 2-Б 3-А 4-Д 5-В

### Задача 3

Реактор АМ-1 первой в мире Обнинской АЭС имел мощность 5 МВт и КПД 38%. Известно, что при распаде одного ядра  ${}_{92}^{235}\text{U}$  выделяется энергия  $W_0 = 200\text{МэВ}$ . Какое количество урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$  расходовалось в сутки на этой станции? Ответ выразите в кг и округлите до тысячных.

### Решение

За сутки электростанция вырабатывает полезной энергии  $W_{\text{п}} = P \cdot t$ , где  $t = 24 \text{ ч} = 86400 \text{ с}$ . Затраченная энергия  $W_3$  это энергия, выделившаяся в результате управляемой цепной реакции, при которой происходит распад ядер урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$ . Пусть за сутки расходуется масса  $m$  урана. В ней содержится  $N = \frac{m}{\mu} N_A$  атомов. Здесь  $\mu = 235 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$  – молярная масса. Следовательно, за сутки выделяется энергия

$$W_3 = NW_0 = \frac{m}{\mu} N_A W_0$$
$$\eta = \frac{W_{\text{п}}}{W_3} = \frac{P \cdot t}{\frac{m}{\mu} N_A W_0}$$

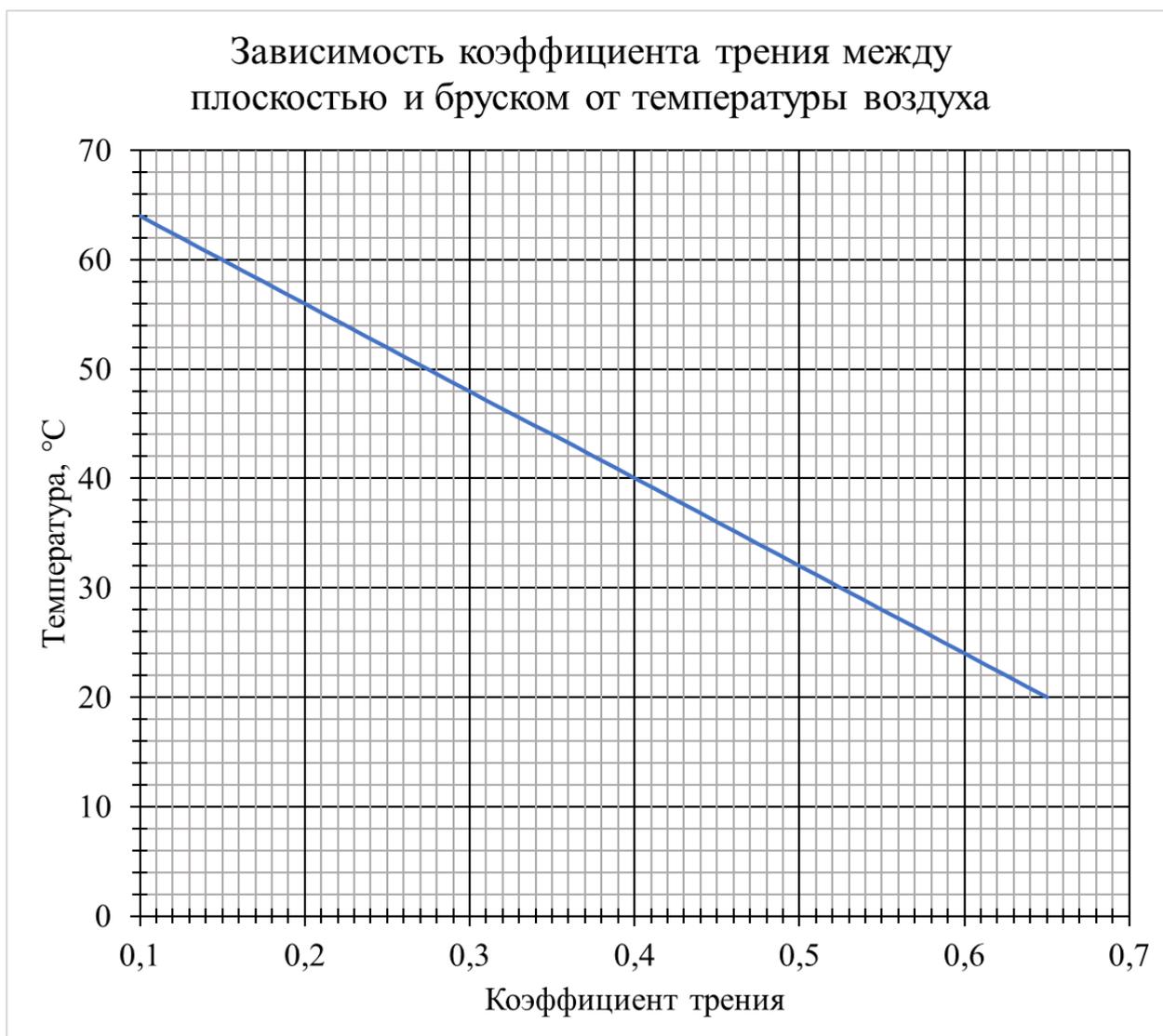
Отсюда масса топлива:

$$m = \frac{P \cdot t \cdot \mu}{\eta N_A W_0} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 86400 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{0,38 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} = 0,014 \text{ кг}$$

**Ответ** 0,014 кг

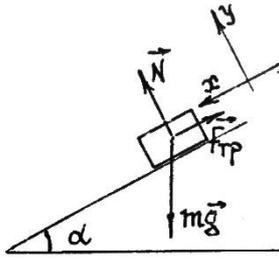
#### Задача 4

Некоторая система безопасности в помещении с переменным климатом построена на бруске, скатывающемся по наклонной плоскости и замыкающим контактную площадку. Плоскость установлена так, что при нормальном режиме эксплуатации брусок покоится, однако при превышении температуры коэффициент трения поверхности может изменяться и брусок скатываясь, замыкает контакт, останавливая процесс. График зависимости коэффициента трения от температуры воздуха представлен на рисунке.



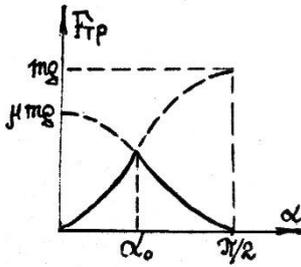
Постройте график зависимости силы трения тела о плоскость от угла наклона плоскости к горизонту и определите, при какой температуре срабатывает система безопасности, если плоскость установлена под углом 14 градусов к горизонту. Масса бруска равна 100 г. Ответ дать в градусах Цельсия и округлить до целого.

## Решение



Направим ось  $Oy$  перпендикулярно плоскости, а ось  $Ox$  по направлению движения бруска. В системе действует несколько сил, показанных на рисунке. Тело будет покоиться на плоскости до тех пор, пока

$$mgsina \leq \mu mgcosa$$



Таким образом, коэффициент трения, при котором брусок начнет скользить, равен тангенсу угла наклона плоскости.  $\mu = tg(14^\circ) = 0,25$ . По графику зависимости величины коэффициента трения от температуры находим искомую величину  $T=52^\circ\text{C}$ . Построение графика не требуется для

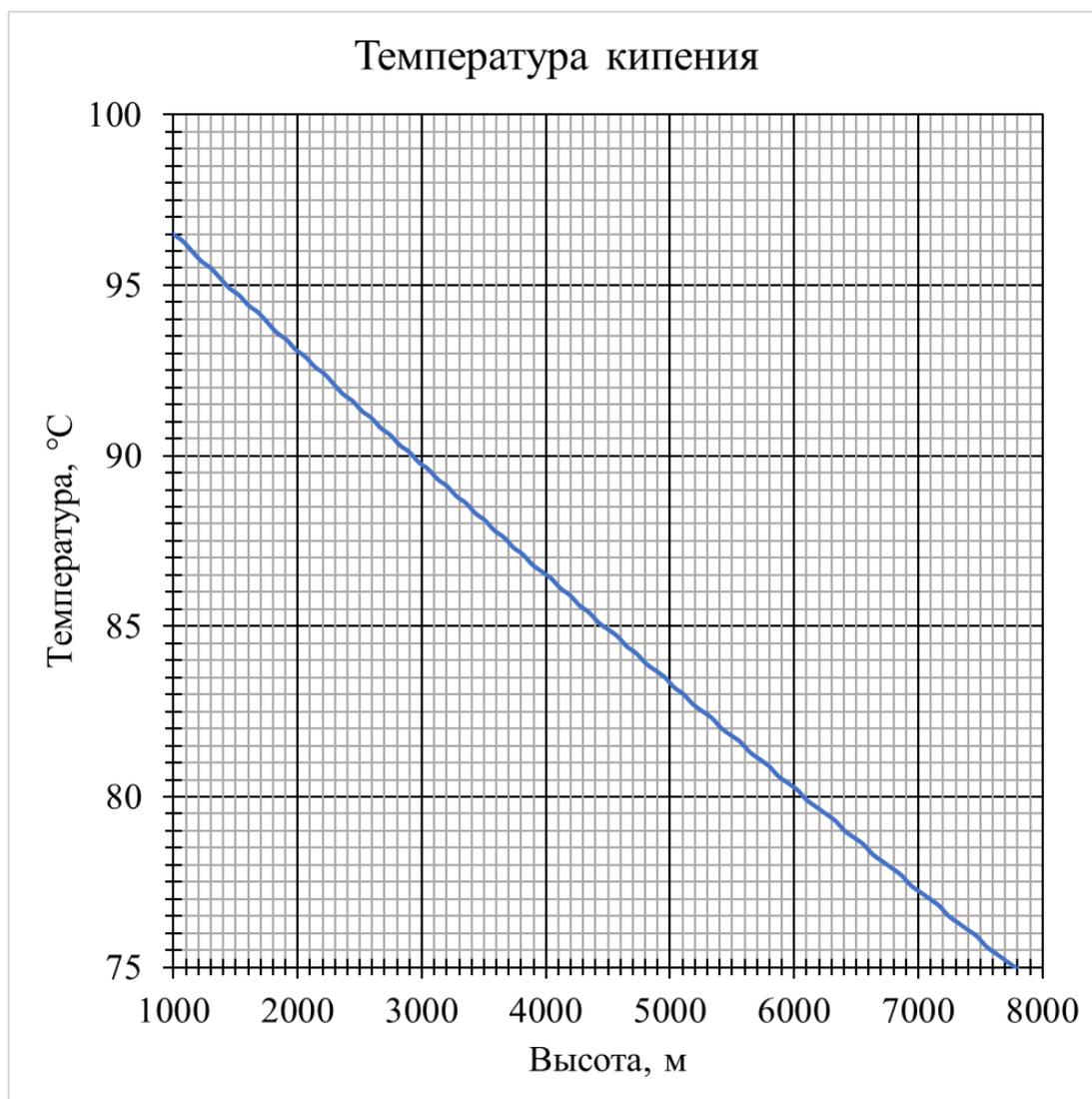
решения задачи, однако его вид представлен на рисунке.

**Ответ**  $52^\circ\text{C}$

### Задача 5

Альпинист, поднявшись на вершину горы Эльбрус понял, что забыл в базовом лагере сделать в термосе чай и решил вскипятить себе воды. Для этого у него в запасе была с собой горелка с алюминиевой кастрюлей на 1 л массой 250 г и баллон с 25 г газа. Известно, что при проверке горелки в г. Москва с водой комнатной температуры ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на кипячение 1 л воды было потрачено 5 граммов газа при расходе 120 г в час. Горелку какой мощности использовал альпинист? Ответ укажите в кВт и округлите до десятых.

За сколько времени альпинист сможет вскипятить 1 л воды из фляги для чая чуть ниже восточной вершины Эльбруса (5600 м), если за время восхождения она остыла до  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Потери энергии за счет климатических условий считать равными 10%, зависимость температуры кипения воды от высоты приведена на графике. Ответ представьте в минутах и округлите до десятых.



Находясь в базовом лагере в Терсколе (высота около 2000 м), альпинист на каждый прием пищи готовит себе столько же чая, сколько и на вершине. Температура воды в горной реке, откуда альпинист берет воду, равна 2°C. Сколько полных раз альпинист сможет приготовить себе чай на оставшемся газу? Потери энергии за счет климатических условий считать равными 4%

### Решение

1) Определим мощность горелки. Исходя из входных данных о проверке горелки в Москве определим, что время кипячения воды составило 2,5 минуты, или 150 секунд. Составим уравнение теплового баланса для системы «горелка-кастрюля-вода»:

$$Nt = c_B m_B (t_K - t_B) + c_{al} m_{al} (t_K - t_B)$$
$$N = \frac{c_B m_B (t_K - t_B) + c_{al} m_{al} (t_K - t_B)}{t} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (100 - 25) + 920 \cdot 0,25 \cdot (100 - 25)}{150}$$
$$= 2215 \approx 2,2 \text{ кВт}$$

2) Определим время кипячения на высоте 5600 м. Температура кипения на данной высоте отличается от температуры на уровне моря. Определим температуру кипения воды по графику. В результате получится значение 81,5 °C. Составим уравнение теплового баланса, с учетом того, что только 90% мощности горелки идет на нагрев посуды с водой.

$$\eta N t = c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})$$

Отсюда определяем время:

$$t = \frac{c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})}{\eta N} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (81,5 - 2) + 920 \cdot 0,25 \cdot (81,5 - 2)}{0,9 \cdot 2215}$$
$$= 177 \text{ с} = 2,9 \text{ мин}$$

3) Определим, на сколько чаепитий хватит оставшегося газа. Для этого определим, сколько газа было потрачено на кипячение одного литра чая на высоте 5600 м и, соответственно, сколько газа осталось в баллоне. В результате расчетов получим, что в баллоне осталось примерно 19,2 г. Время кипячения воды в Терсколе определяем по аналогичной формуле, найдя температуру кипения воды на графике.

$$t = \frac{c_B m_B (t_{K1} - t_{B1}) + c_{al} m_{al} (t_{K1} - t_{B1})}{\eta N} = \frac{4200 \cdot 1 \cdot (93 - 2) + 920 \cdot 0,25 \cdot (93 - 2)}{0,96 \cdot 2215}$$
$$= 191,6 \text{ с} = 3,2 \text{ мин}$$

За такое время будет потрачено 6,4 г газа. Соответственно, остатка газа в баллоне точно хватит на приготовление 3 порций (каждая по 1 л) чая.

**Ответ**

1) 2,2 кВт

2) 2,9 мин

3) 3

## Задача 6

Чаще всего орбитальные маневры, выполняемые космическими аппаратами, состоят из изменения скорости вдоль направления полета, а именно ускорения, для достижения более высоких орбит или торможения, выполняемого для повторного входа в атмосферу. Например, спутники связи имеют специальный «двигатель апогея», который обеспечивает тангенциальное ускорение, необходимое для выхода на конечную орбиту. Радиус Земли  $R = 6,37 \cdot 10^6$  м. Для расчетов принять  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Определите скорость  $v_0$  геостационарного спутника связи массой  $m = 150$  кг. Ответ представьте в км/с и округлите до десятых.

Чему равна величина полной механической энергии  $E_0$  спутника, если на бесконечном расстоянии от Земли его потенциальная энергия равна нулю? Ответ представьте в ГДж и округлите до десятых.

Определите значение момента импульса  $L_0$ , ответ представьте в  $10^{14} \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}}$  и округлите до десятых.

## Решение

1) Определим скорость спутника. Для этого нужно определить радиус орбиты, по которой он движется. Так как спутник движется под действием силы тяготения и центростремительного ускорения, то можно записать уравнение движения. Кроме того, скорость можно выразить через период обращения спутника по орбите. В результате получим систему уравнений:

$$\begin{cases} G \frac{M_3 m}{r_0^2} = m \frac{v_0^2}{r_0} \\ v_0 = \frac{2\pi r_0}{T_0} \\ g = G \frac{M_3}{R^2} \end{cases}$$

Выразим радиус орбиты через известные нам переменные:

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{gR^2 T_0^2}{4\pi^2}} = 4,22 \cdot 10^7 \text{ м}$$

$$v_0 = R \sqrt{\frac{g}{T_0}} = 6,37 \cdot 10^6 \cdot \sqrt{\frac{9,8}{86400}} = 3,07 \text{ км/с} \approx 3,1 \text{ км/с}$$

2) Определим величину механической энергии спутника. Она определяется суммой кинетической энергии движения спутника и потенциальной энергией, определяемой силой всемирного тяготения. В таком случае получим выражение:

$$\begin{aligned} E_0 &= \frac{1}{2} m v_0^2 - G \frac{M_3 m}{r_0} = \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{g R^2 m}{r_0} = \frac{1}{2} m v_0^2 - m v_0^2 = -\frac{1}{2} m v_0^2 = -\frac{1}{2} \cdot 150 \cdot 3,07 \cdot 10^3 \\ &= -707 \text{ МДж} = -0,7 \text{ ГДж} \end{aligned}$$

3) Определим момент импульса спутника.

$$L_0 = r_0 m v_0 = \frac{g R^2}{v_0^2} m v_0 = \frac{m g R^2}{v_0} = \frac{150 \cdot 9,8 \cdot (4,22 \cdot 10^7)^2}{3,07 \cdot 10^3} = 8,5 \cdot 10^{14} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

**Ответ**

1) 3,1 км/с

2) -0,7 ГДж

3)  $8,5 \cdot 10^{14} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$