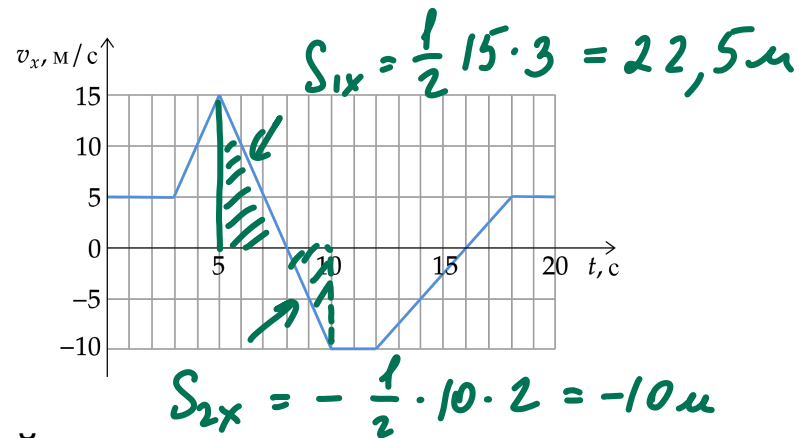


Преподаватель — Кондрашкин Артем Витальевич

СЛИВ Вариант 3

Задача 1.

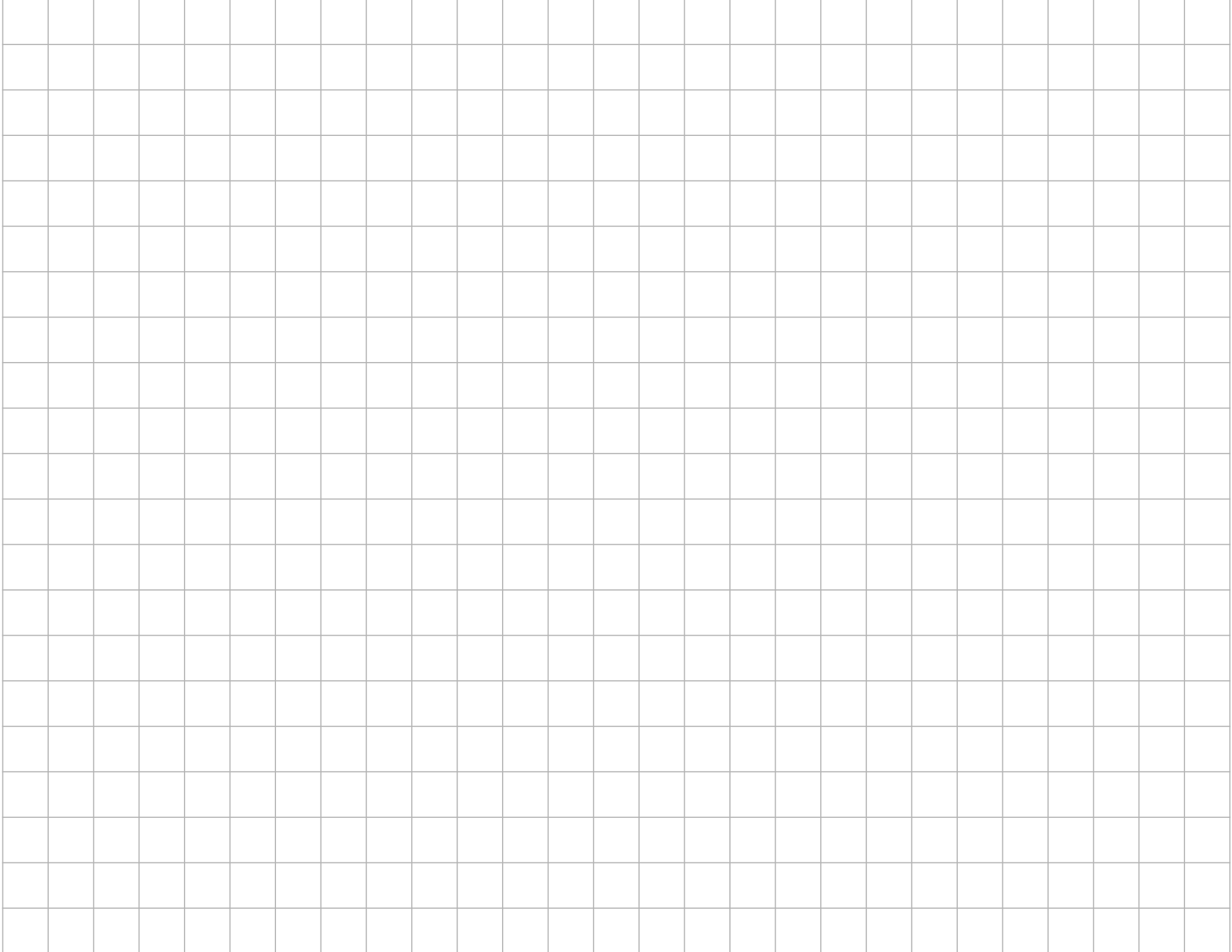
Тело движется вдоль оси Ox . На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите **путь**, пройденный телом в интервале времени от 5 до 10 с. Ответ дайте в м.

#64960

$$\text{Путь} = 22,5 \text{ м} + 10 \text{ м} = 32,5 \text{ м}$$



Решение.

Путь можно найти как площадь под графиком. Путь будет складываться из двух слагаемых. Первое – при положительной скорости (от 5 до 8 с)

$$S_1 = \frac{v(5) + v(8)}{2} \tau_1 = \frac{15 \text{ м/с} + 0 \text{ м/с}}{2} 3 \text{ с} = 22,5 \text{ м}$$

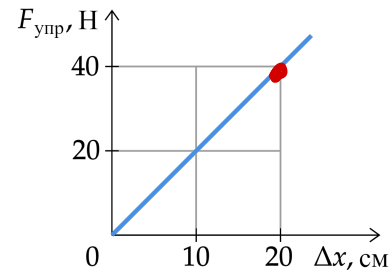
Второе – отрицательная скорость (от 8 с до 10 с)

$$S_2 = \frac{v(8) + v(10)}{2} \tau_2 = \frac{0 \text{ м/с} + 10 \text{ м/с}}{2} 2 \text{ с} = 10 \text{ м}$$

В сумме 32,5 м

Задача 2.

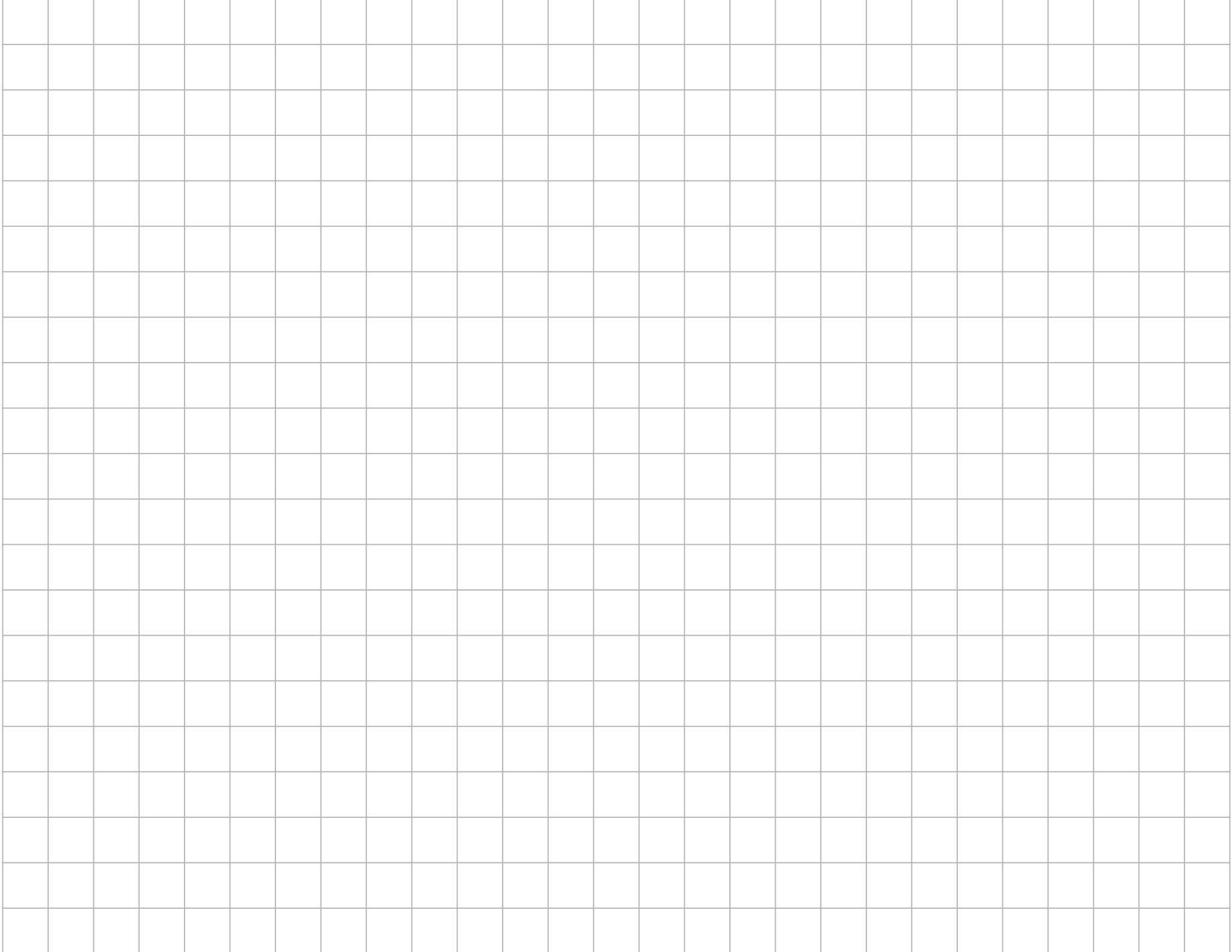
На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости пружины от величины её деформации. Определите жёсткость этой пружины. Ответ дайте в Н/м.



#85582

$$F_{\text{упр}} = k \Delta x$$

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{\Delta x} = \frac{40 \text{ H}}{0,2 \text{ м}} = \underline{200 \text{ H/м}}$$



Решение.

Согласно закону Гука

$$F_{\text{упр}} = k\Delta x$$

где k – жесткость пружины, Δx – удлинение пружины.

Отсюда

$$k = \frac{F_{\text{упр}}}{\Delta x} = \frac{40 \text{ Н}}{0,2 \text{ м}} = 200 \text{ Н/м}$$

Задача 3.

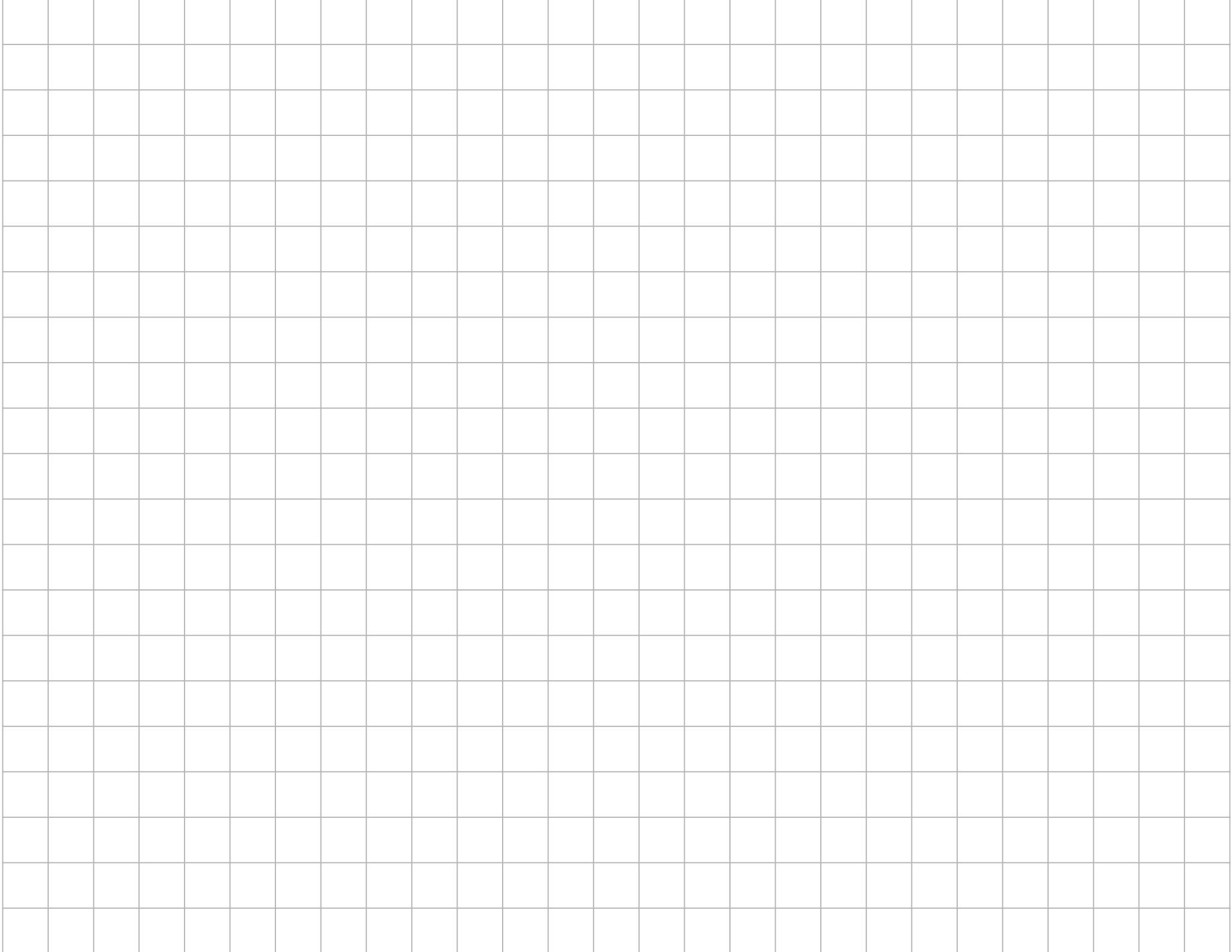
Отношение импульса автобуса к импульсу грузового автомобиля $\frac{p_1}{p_2} = 2,8$. Каково отношение их масс $\frac{m_1}{m_2}$, если отношение скорости автобуса к скорости грузового автомобиля

$$\frac{v_1}{v_2} = 2?$$

#84912

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2}$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{2,8}{2} = 1,4$$



Решение.

Импульс равен массе, умноженной на скорость: $p = mv$ Тогда

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{v_2}{v_1} = 2,8 \cdot 0,5 = 1,4.$$

Задача 4.

Ученик выполнял лабораторную работу по исследованию условий равновесия лёгкого рычага, к которому приложены силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Результаты, которые он получил, представлены в таблице. l_1 и l_2 – плечи сил.

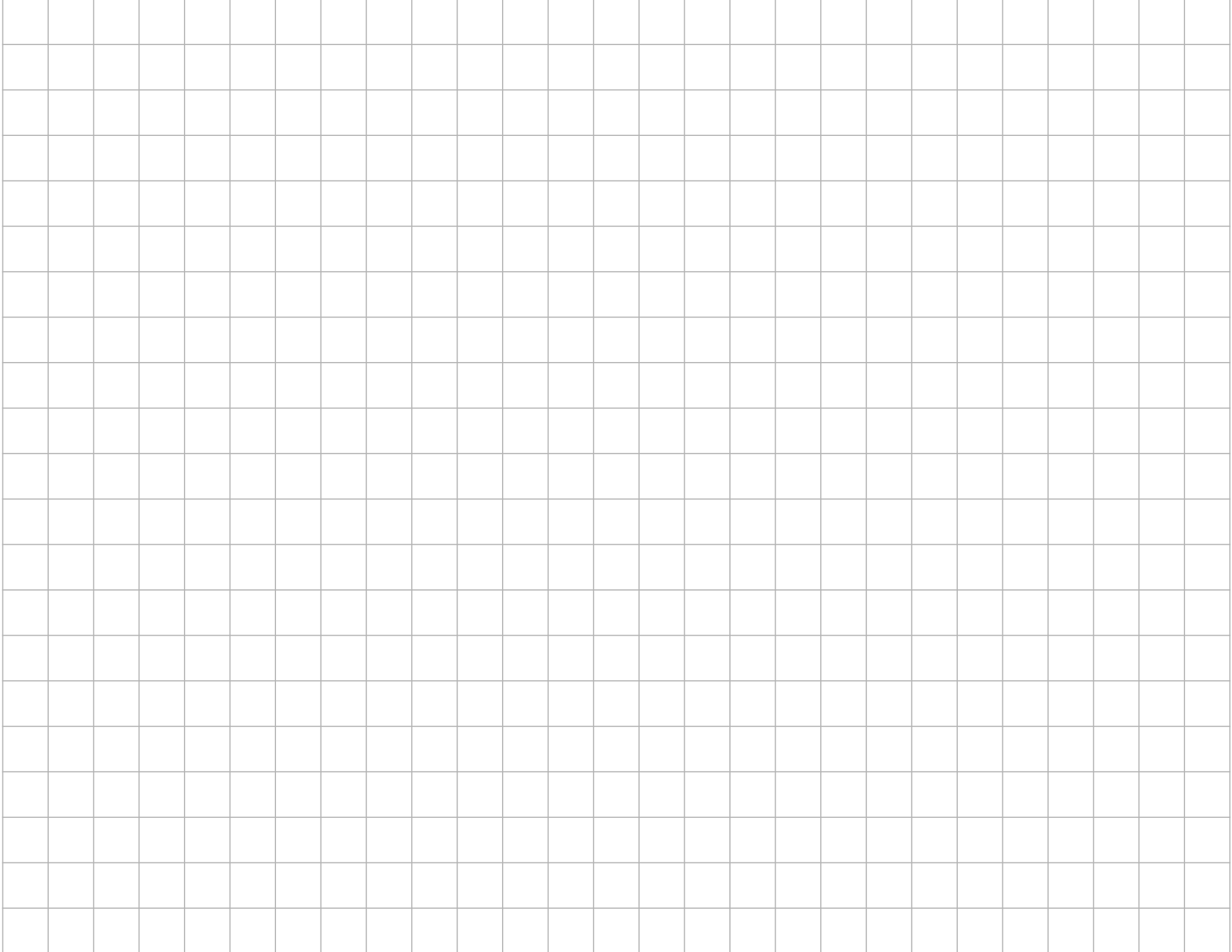
$F_1, \text{Н}$	$l_1, \text{м}$	$F_2, \text{Н}$	$l_2, \text{м}$
40	0,8	?	0,2

Каков модуль силы $\vec{F}_2$ если рычаг находится в равновесии? Ответ дайте в Н.

#84913

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

$$F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2} = \frac{40 \text{ Н} \cdot 0,8 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 160 \text{ Н}$$



Решение.

Пусть M_1 – момент силы, приложенной к рычагу справа, а M_2 – слева. Чтобы рычаг находился в равновесии, моменты сил, действующих на него слева и справа, должны быть равны:

$$M_1 = M_2$$

В то же время момент силы M по определению равен произведению силы на ее плечо:

$$M = F \cdot l,$$

где F – величина силы, приложенной слева; l – длина плеча слева. Исходя из этого получаем, что:

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

Отсюда

$$F_2 = \frac{F_1 l_1}{l_2} = \frac{40 \text{ Н} \cdot 0,8 \text{ м}}{0,2 \text{ м}} = 160 \text{ Н}$$

Задача 5.

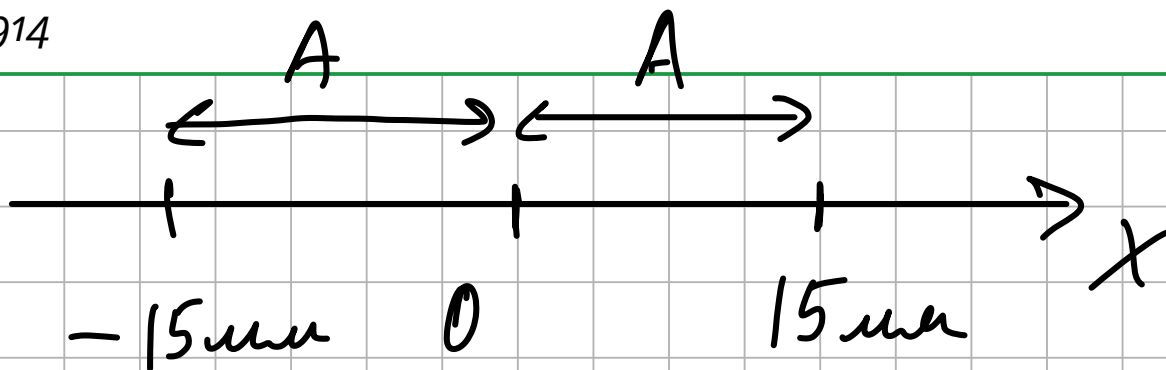
В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси Ox , в различные моменты времени.

t, c	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	2	5	10	13	15	13	10	5	2	0	-2	-5	-10	-13	-15	-13

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Частота колебаний шарика равна 0,25 Гц.
- ~~2) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, за первую секунду колебаний монотонно увеличивается.~~
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 2,0 с максимальна.
- ~~4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.~~ *15 мм*
- 5) Потенциальная энергия пружины в момент времени 4,0 с минимальна.

#84914



v_{max}

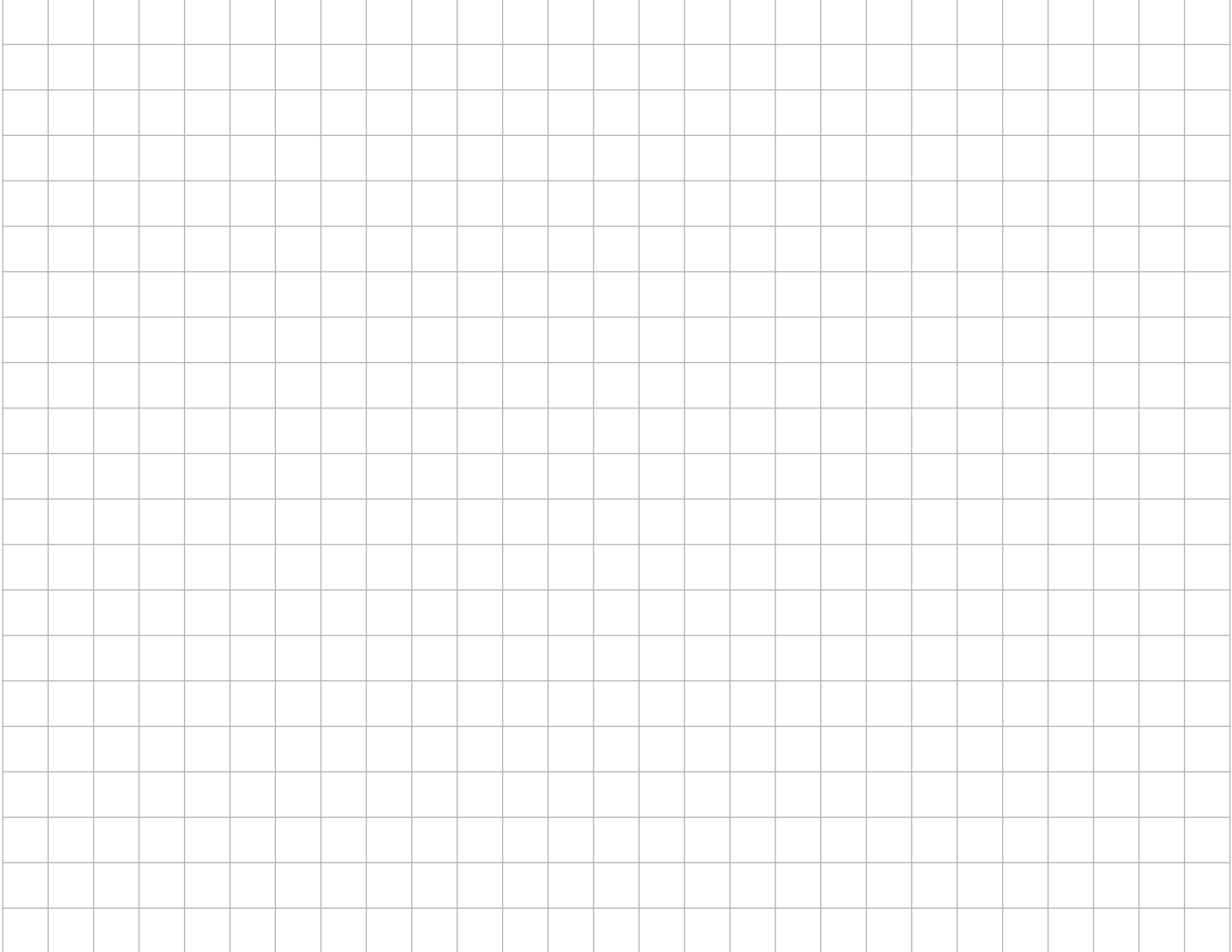
$E_{кин max}$

$E_{пот} = 0$

$$A = 15 мм$$

$$T = 4 c$$

$$\gamma = \frac{1}{T} = 0,25 Гц$$



Решение.

1) Верно

Время одного колебания будет равно 4 с, частота же обратно пропорциональна периоду, то есть

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{4 \text{ с}} = 0,25 \text{ Гц}$$

2) Неверно

Полная механическая энергия постоянна.

3) Верно

Запишем закон сохранения механической энергии:

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} = E_{\text{полн мех}},$$

где k — жёсткость пружины, x — растяжение, m — масса груза, v — скорость.

Чтобы закон выполнялся, при уменьшении растяжения, скорость должна увеличиваться. В момент времени 2 с растяжение минимально, значит, скорость максимальна и максимальна кинетическая энергия.

4) Неверно

Амплитуда равна 15 мм.

5) Верно

Энергия пружины вычисляется по формуле:

$$E = \frac{kx^2}{2},$$

где k — жёсткость пружины, x — растяжение.

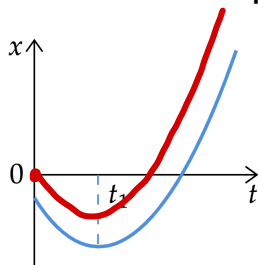
Так как в момент $t = 4,0$ с растяжение будет равно $x = 0$, то и энергия равна нулю, то

есть минимальна.

Задача 6.

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение тела, от времени t .

$$a_x > 0$$



$$a_x = \text{const}$$

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

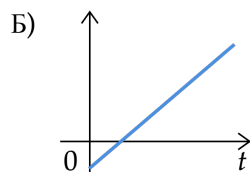
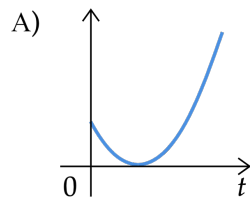
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

$$v_x = x'(t)$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$$\#85583 \quad E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$$

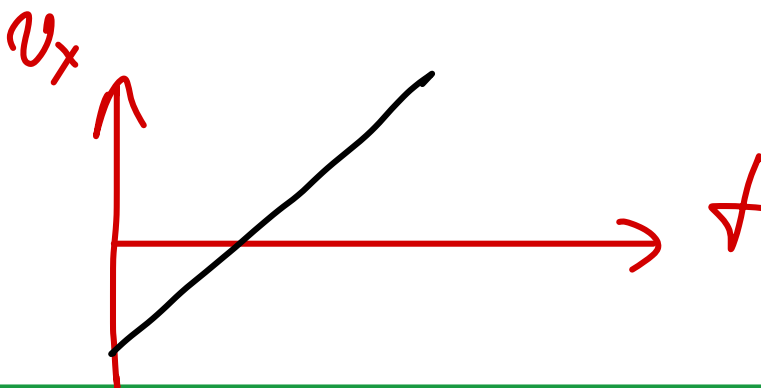
ГРАФИКИ

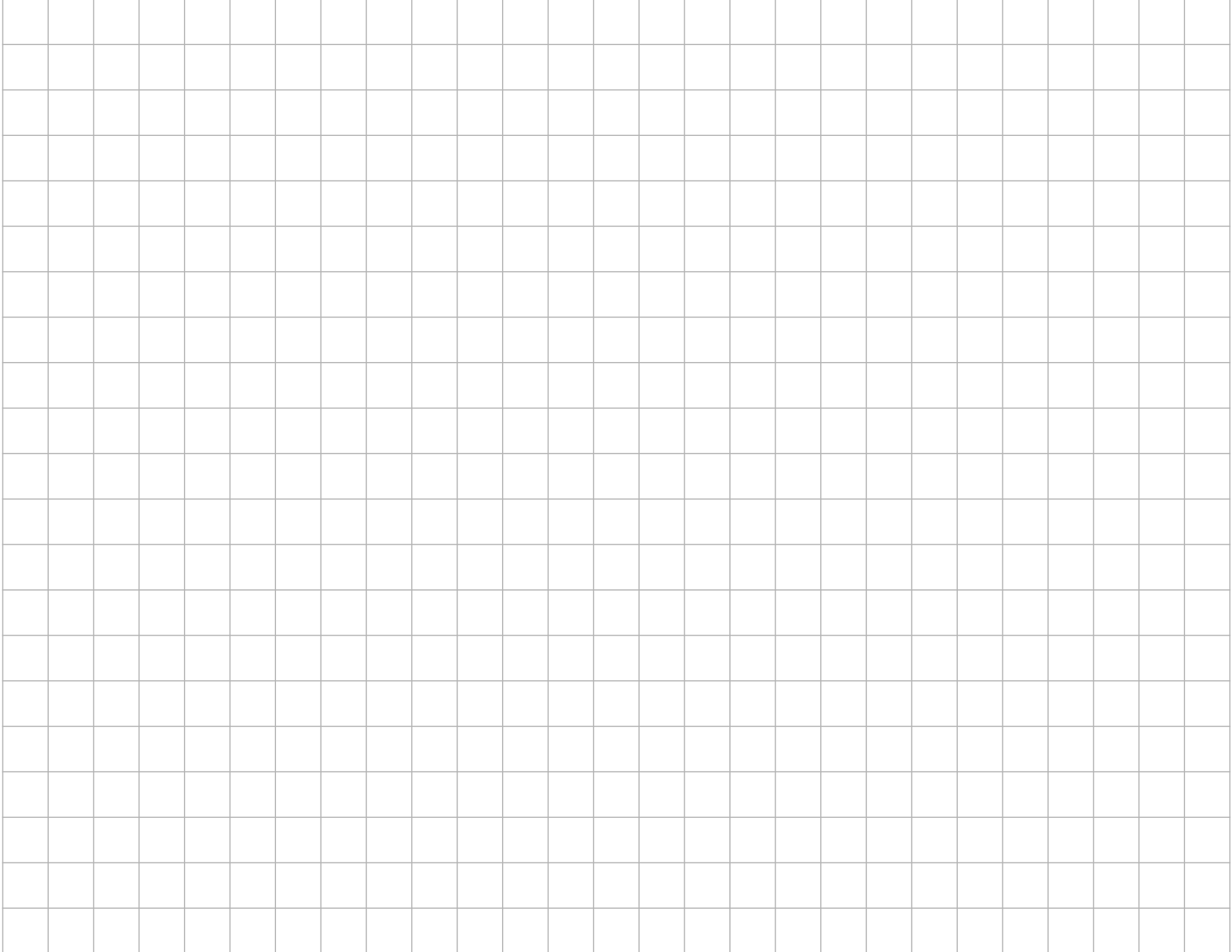


ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция скорости тела на ось Ox
- ~~2) проекция ускорения тела на ось Ox~~
- 3) кинетическая энергия тела
- ~~4) проекция на ось Ox перемещения тела из начального положения~~

А	Б
3	1





Решение.

Так как график движения парабола, то движение равноускоренное. Скорость описывается уравнением

$$v = v_0 + at,$$

где v_0 – начальная скорость тела, a – ускорение тела, t – время.

1) Проекция скорости

$$v_x = v_0 + at,$$

при этом $v_0 < 0$, линия под некоторым наклоном вверх Б – 1.

2) Проекция ускорения $a = const$, то есть горизонтальная линия.

3) Кинетическая энергия

$$E = \frac{mv^2}{2},$$

где m – масса тела, v – скорость тела.

Тогда

$$E(t) = \frac{m(v_0 + at)^2}{2},$$

то есть парабола А – 3.

4) Проекция перемещения

$$S = x - x_0,$$

То есть график аналогичный графику из условия, но смещенный на x_0

Задача 7.

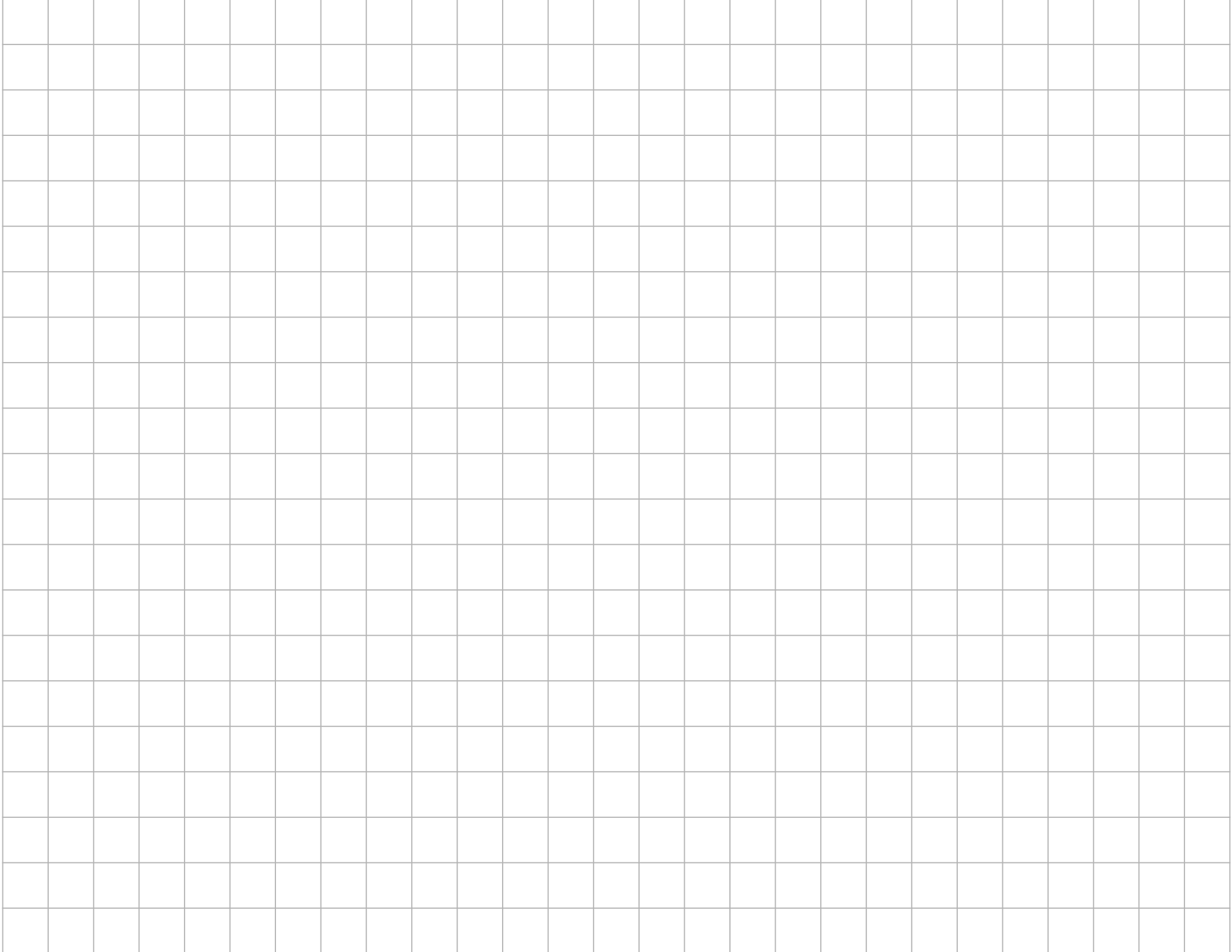
При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 2,5 раза. Конечная температура газа равна 500 K. Какова начальная температура газа? Ответ дайте в K.

#84915

$$E_k = \frac{3}{2} k T$$

↑ 2,5 ↑ 2,5

$$T_n = 200 K$$



Решение.

Кинетическая энергия движения молекул газа:

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

где k — постоянная Больцмана, T — температура газа в кельвинах.

Тогда искомая начальная температура в 2,5 раза меньше конечной температуры и составляет 200 К.

Задача 8.

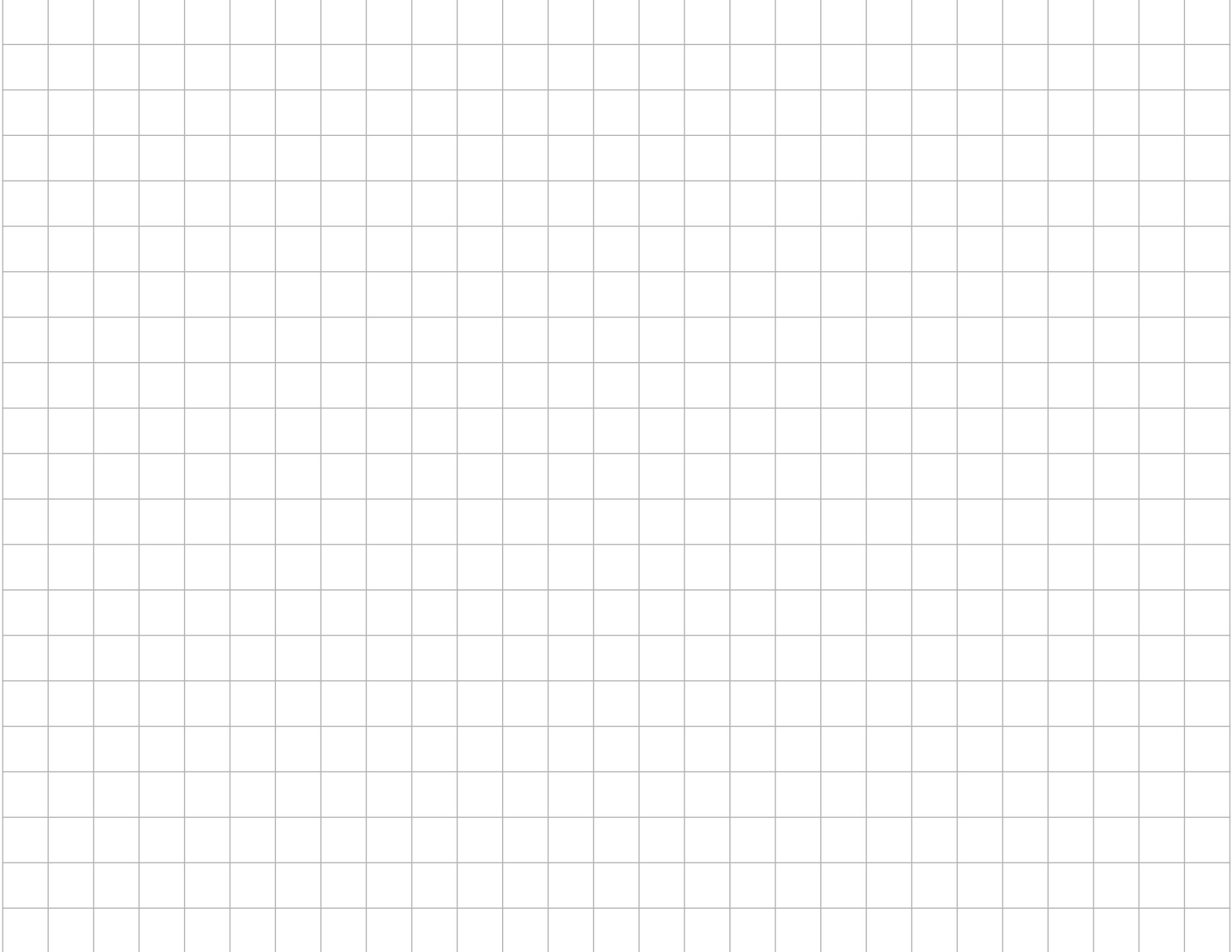
Газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Масса газа не менялась. Какую работу совершил газ в этом процессе? Ответ дайте в Дж.

#65192

$$Q = \Delta U + A$$

$$300 \text{ Дж} = -100 \text{ Дж} + A$$

$$A = 400 \text{ Дж}$$



Решение.

По первому началу термодинамики:

$$Q = \Delta U + A,$$

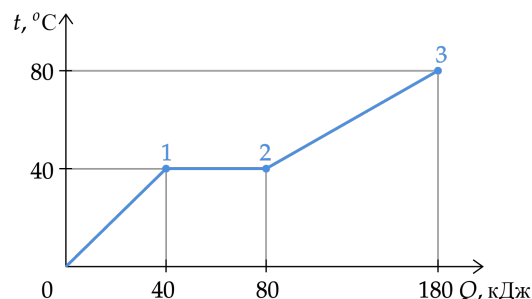
где Q – количество теплоты, полученное газом, ΔU – изменение внутренней энергии, A – работа газа.

Тогда газ совершил в этом процессе работу, равную:

$$A = Q - \Delta U = 300 \text{ Дж} - (-100 \text{ Дж}) = 400 \text{ Дж}$$

Задача 9.

Твёрдый образец вещества нагревают в печи. На графике представлены результаты измерения поглощённого количества теплоты Q и температуры образца t .



Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

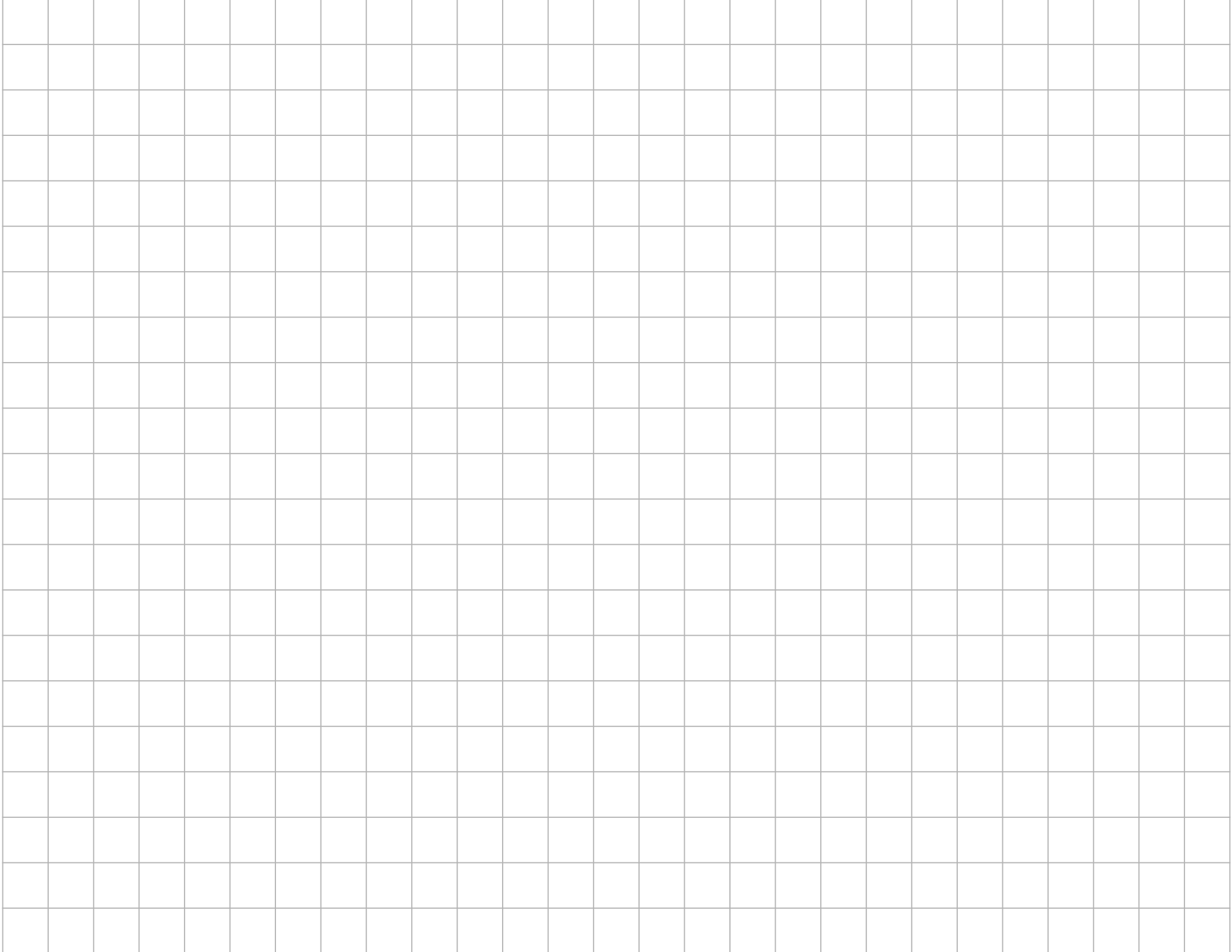
- 1) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 2) На участке 0–1 внутренняя энергия вещества ~~не~~ изменяется.
- 3) Температура плавления вещества равна 40°C .
- 4) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии ~~меньше~~, чем в твёрдом. *Больше*
- 5) Для того, чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 40 кДж.

#85584

$$C = \frac{Q}{m \cdot \Delta t}$$

$$Q_{ж} > Q_{тв}$$

$$C_{ж} > C_{тв}$$



Решение.

1) Верно

Горизонтальная линия – плавление твердого вещества, то есть в точке 2 вещество полностью расплавилось.

2) Неверно

Внутренняя энергия пропорциональна температуре $U \sim T$, так как температура увеличивается, то увеличивается и внутренняя энергия.

3) Верно

Да, температура плавления 40°C .

4) Неверно

Для процесса нагрева справедлива формула:

$$Q = cm\Delta t$$

где c — удельная теплоемкость вещества, m — масса тела, ΔT — изменение температуры.

То есть

$$c = \frac{Q}{m\Delta t},$$

Так как для нагрева на 40°C в твердом состоянии необходимо подвести 40 кДж, а в жидком 100 кДж, то удельная теплоемкость в твердом состоянии меньше, чем в жидком

5) Верно

Да, длина горизонтальной линии равна 40 кДж.

Задача 10.

Тепловая машина работает по циклу Карно. Температуру нагревателя тепловой машины повысили, оставив температуру холодильника прежней. Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, переданное газу от нагревателя? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

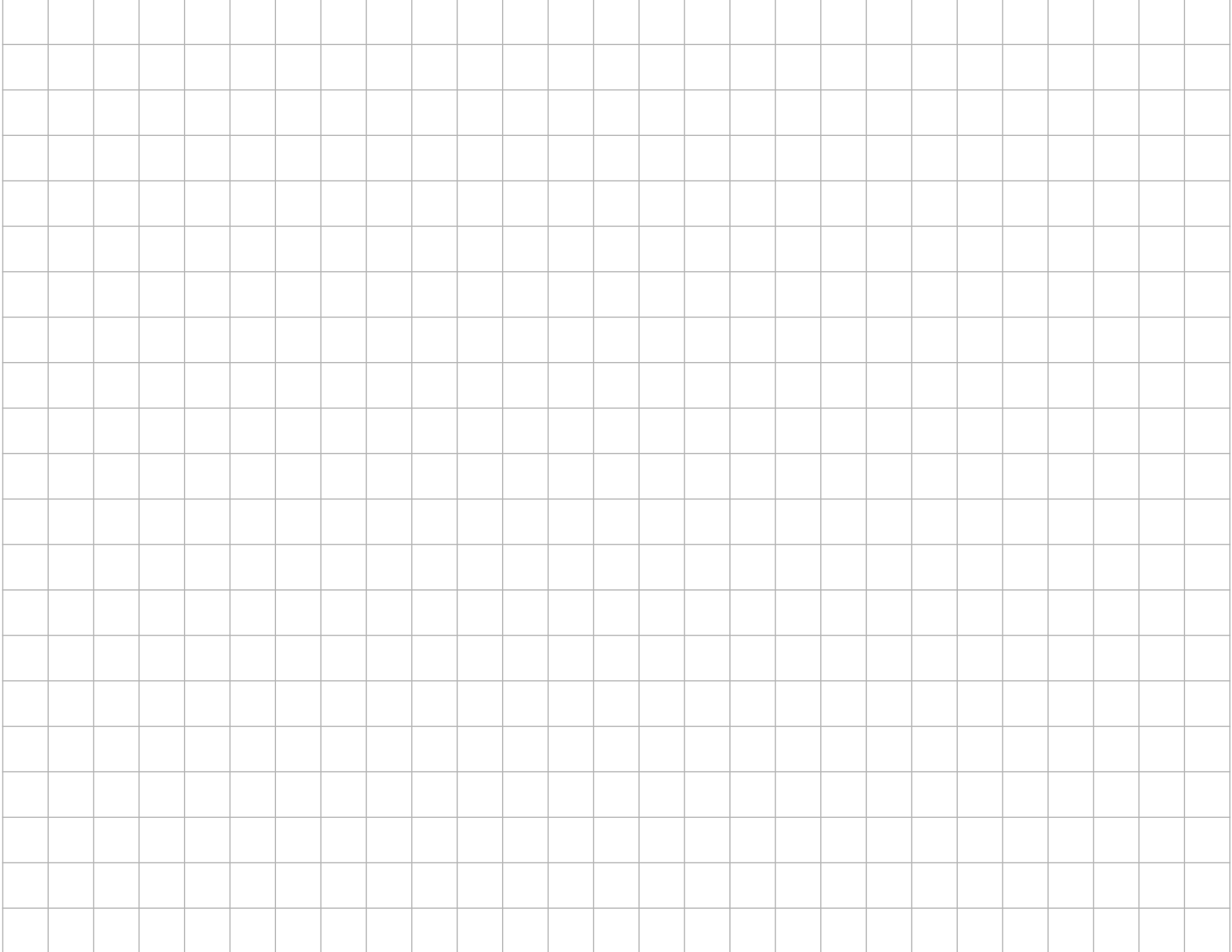
$$T_x = \text{const} \quad T_n \uparrow \quad Q_x = \text{const}$$

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, переданное газу от нагревателя
1	1

#84916

$$\uparrow \eta = 1 - \frac{T_x^{\text{const}}}{T_n \uparrow} = 1 - \frac{Q_x^{\text{const}}}{Q_n \uparrow} \quad \frac{T_x^{\text{const}}}{T_n \uparrow} = \frac{Q_x^{\text{const}}}{Q_n \uparrow}$$



Решение.

А) КПД находится по формуле:

$$\eta = 1 - \frac{T_X}{T_H},$$

где T_X и T_H – температуры холодильника и нагревателя соответственно.

Так как температуру нагревателя повысили, а холодильника не изменили, то КПД увеличился.

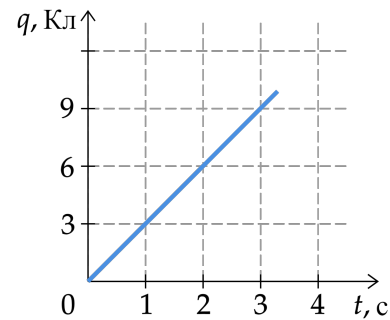
Б) С другой стороны КПД равен:

$$\eta = 1 - \frac{Q_X}{Q_H}$$

Так как количество теплоты, отданное холодильником за цикл не изменилось, а КПД увеличился, то увеличилось и количество теплоты, переданное газу от нагревателя

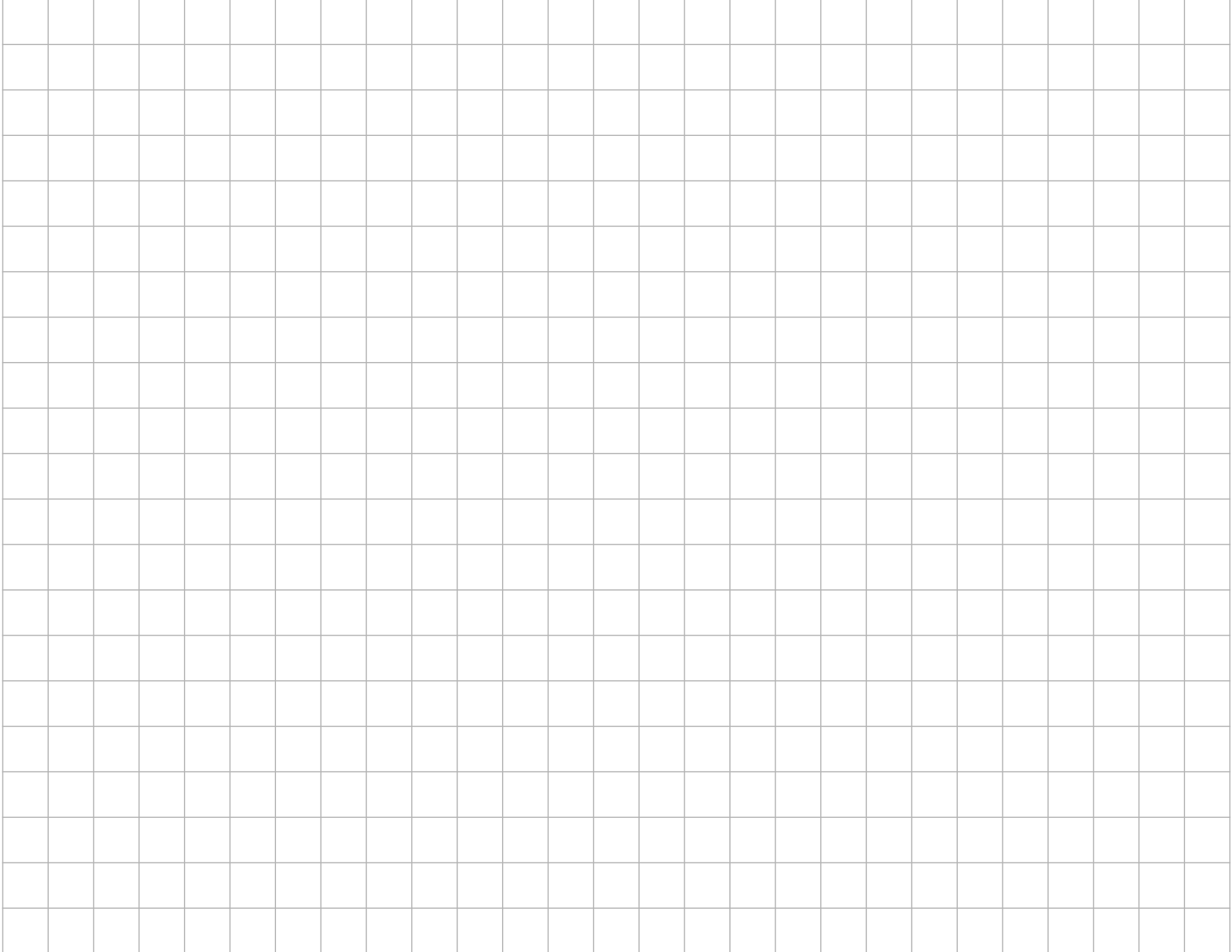
Задача 11.

По проводнику течёт постоянный электрический ток. Заряд, прошедший по проводнику, растёт с течением времени согласно представленному графику (см. рисунок). Определите силу тока в проводнике. Ответ дайте в А.



#85585

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{9 \text{ Кл}}{3 \text{ с}} = 3 \text{ А}$$



Решение.

Сила тока по определению равна:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t},$$

где Δq — заряд, прошедший за время Δt .

Тогда

$$I = \frac{6 \text{ Кл}}{2 \text{ с}} = 3 \text{ А}$$

Задача 12.

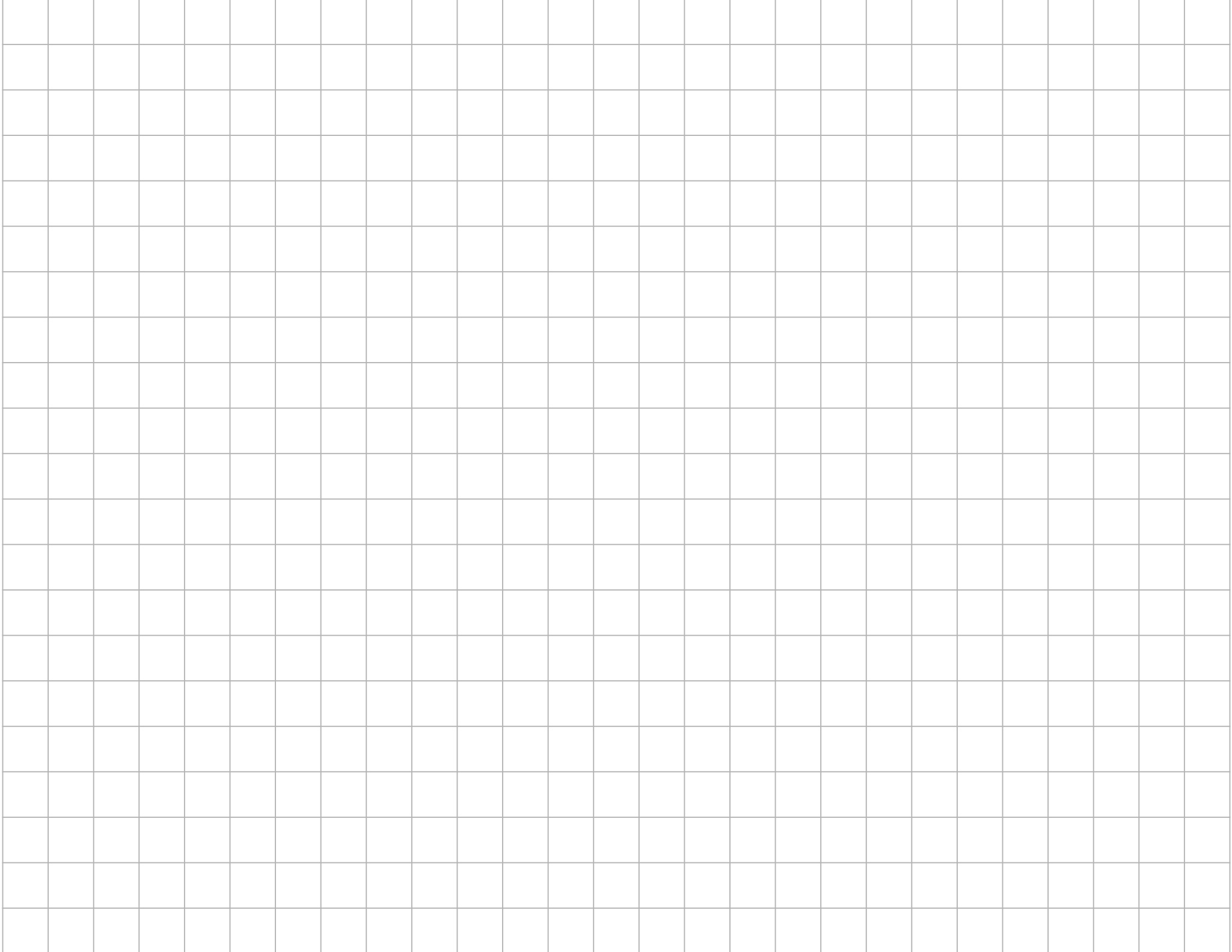
Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 5 раз, а силу тока, протекающего через проводник, уменьшить в 4 раза? (Индукция магнитного поля и расположение проводника в магнитном поле остаются неизменными.)

#84917

$$F_A = B I l \sin 90^\circ$$

↓ 4 ↑ 5

$$\uparrow \frac{5}{4} = \underline{\underline{1,25}}$$



Решение.

Сила Ампера:

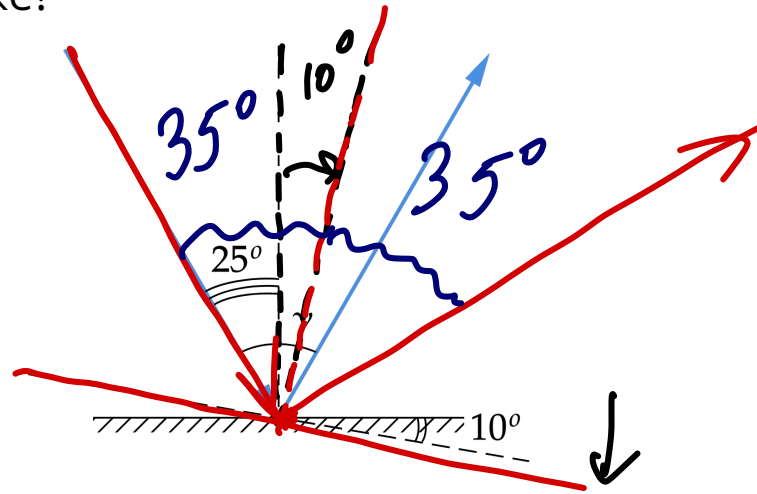
$$F_a = BIL\sin\alpha,$$

где B – модуль вектора магнитной индукции, I – сила тока, l – длина проводника, α – угол между вектором магнитного поля и направлением тока в проводнике.

Так как длина увеличивается в 5 раз, а сила тока уменьшится в 4, то сила Ампера увеличится в 1,25 раз.

Задача 13.

Угол падения луча света на горизонтальное плоское зеркало равен 25° . Каким будет угол γ , образованный падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?

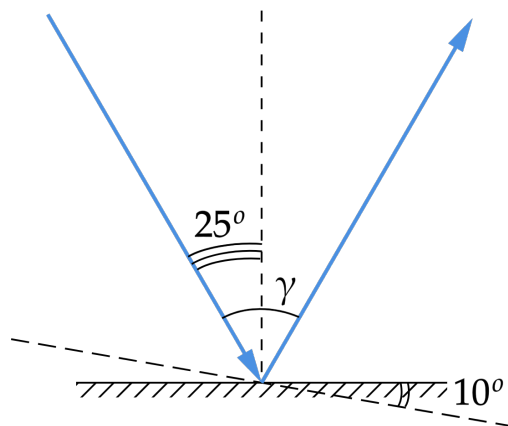


#85586

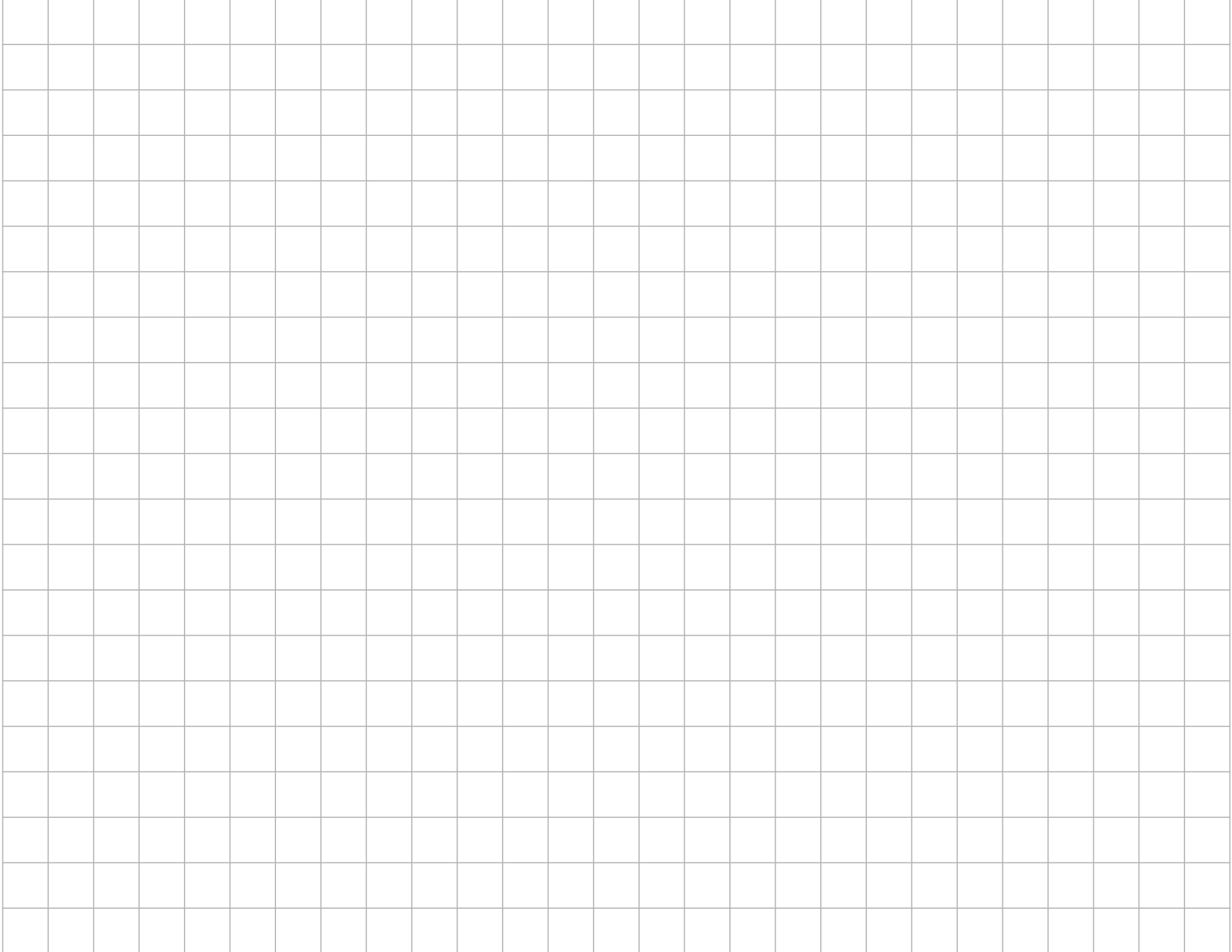
Ответ: 70°

Задача 13.

Угол падения луча света на горизонтальное плоское зеркало равен 25° . Каким будет угол γ , образованный падающим и отражённым лучами, если повернуть зеркало на 10° так, как показано на рисунке?



#85586

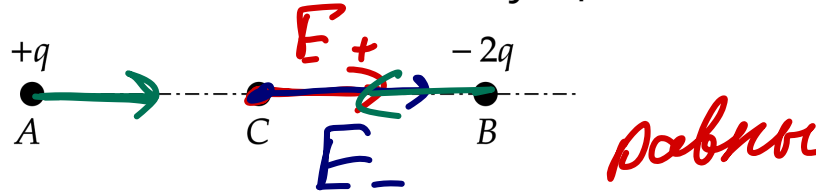


Решение.

Если повернуть зеркало, то угол падения увеличится на величину поворота зеркала. Угол падения равен углу отражения, тогда $\gamma = 35^\circ + 35^\circ = 70^\circ$

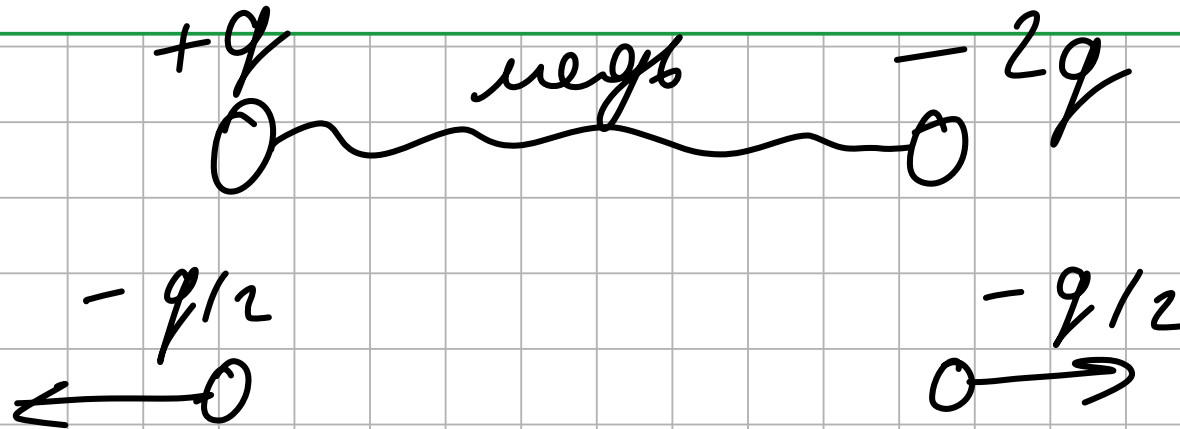
Задача 14.

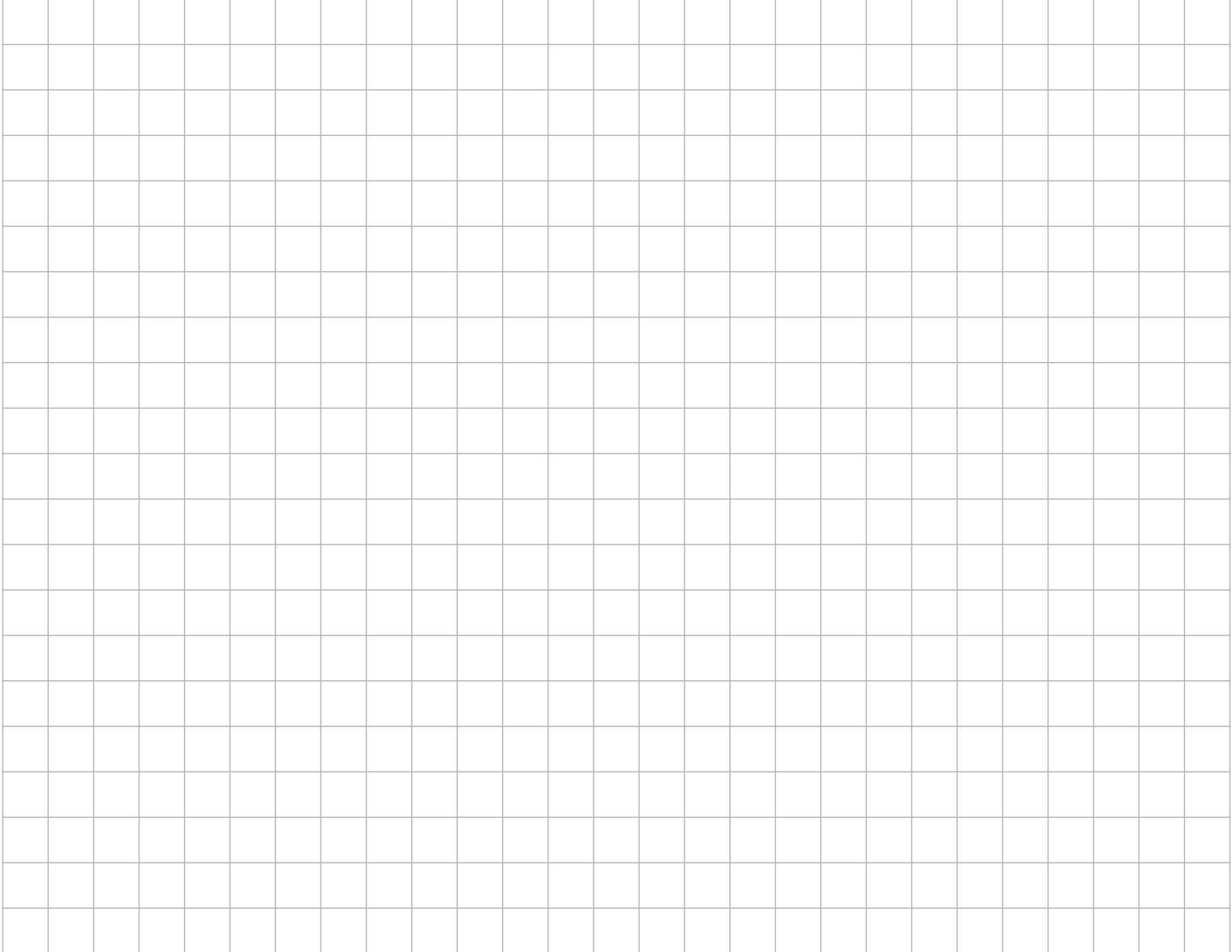
Две маленькие закреплённые бусинки, расположенные в точках А и В, несут на себе заряды $+q > 0$ и $-2q$ соответственно (см. рисунок). Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этой ситуации.



- ☒ 1) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку А, ~~в 2 раза меньше~~ модуля силы Кулона, действующую на бусинку В.
- ☒ 2) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды **не изменятся**.
- ☒ 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке С направлена горизонтально ~~влево~~. **вправо**
- ☒ 4) Если бусинки соединить медной проволокой, они будут отталкивать друг друга.
- ☒ 5) На бусинку А со стороны бусинки В действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.

#85587





Решение.

1) Неверно

Сила Кулона равна

$$F = k \frac{q \cdot 2q}{r^2}.$$

При этом по третьему закону Ньютона эта сила действует на бусинки одинаково.

2) Верно

Стеклянная палочка является диэлектриком, следовательно, при соединении бусинок стеклянной палочкой их заряды не изменятся.

3) Неверно

Бусинка A заряжена положительно, значит, вектор напряженности, создаваемый бусинкой A , направлен вправо, при этом его модуль равен:

$$E_{A0} = \frac{kq}{r^2},$$

где $r = AC$.

Бусинка B заряжена отрицательно, значит, вектор напряженности, создаваемый бусинкой B , направлен вправо, при этом его модуль равен:

$$E_{B0} = \frac{k \cdot 2q}{r^2},$$

где $r = CB$.

Тогда общая напряженность в точке C по принципу суперпозиции:

$$E_{C0} = E_{A0} + E_{B0} = \frac{k \cdot q}{r^2} + \frac{k \cdot 2q}{r^2} = \frac{3kq}{r^2}.$$

и направлена вправо

4) Верно

Так как бусинки соединяют проводником, то произойдет перераспределение зарядов. Так как бусинки можно считать одинаковыми по размерам, то их заряд после соединения будет равен, его можно найти из закона сохранения заряда:

$$q - 2q = 2q' \Rightarrow q' = -\frac{q}{2}.$$

Так как заряды бусинок будут одинаковы, то бусинки будут отталкиваться.

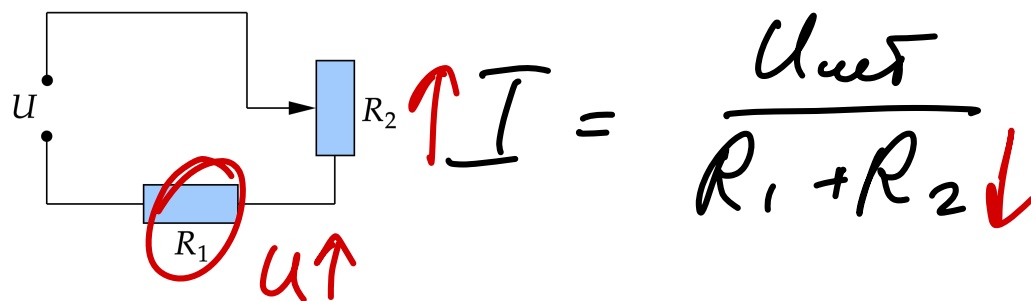
5) Верно

Да, противоположные заряды притягиваются.

Задача 15.

Резистор R_1 и реостат R_2 подключены последовательно к источнику напряжения U (см. рисунок). Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на реостате R_2 , если уменьшить сопротивление реостата? Считать, что напряжение на выводах источника остаётся при этом постоянным.

$$R_2 \downarrow$$



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

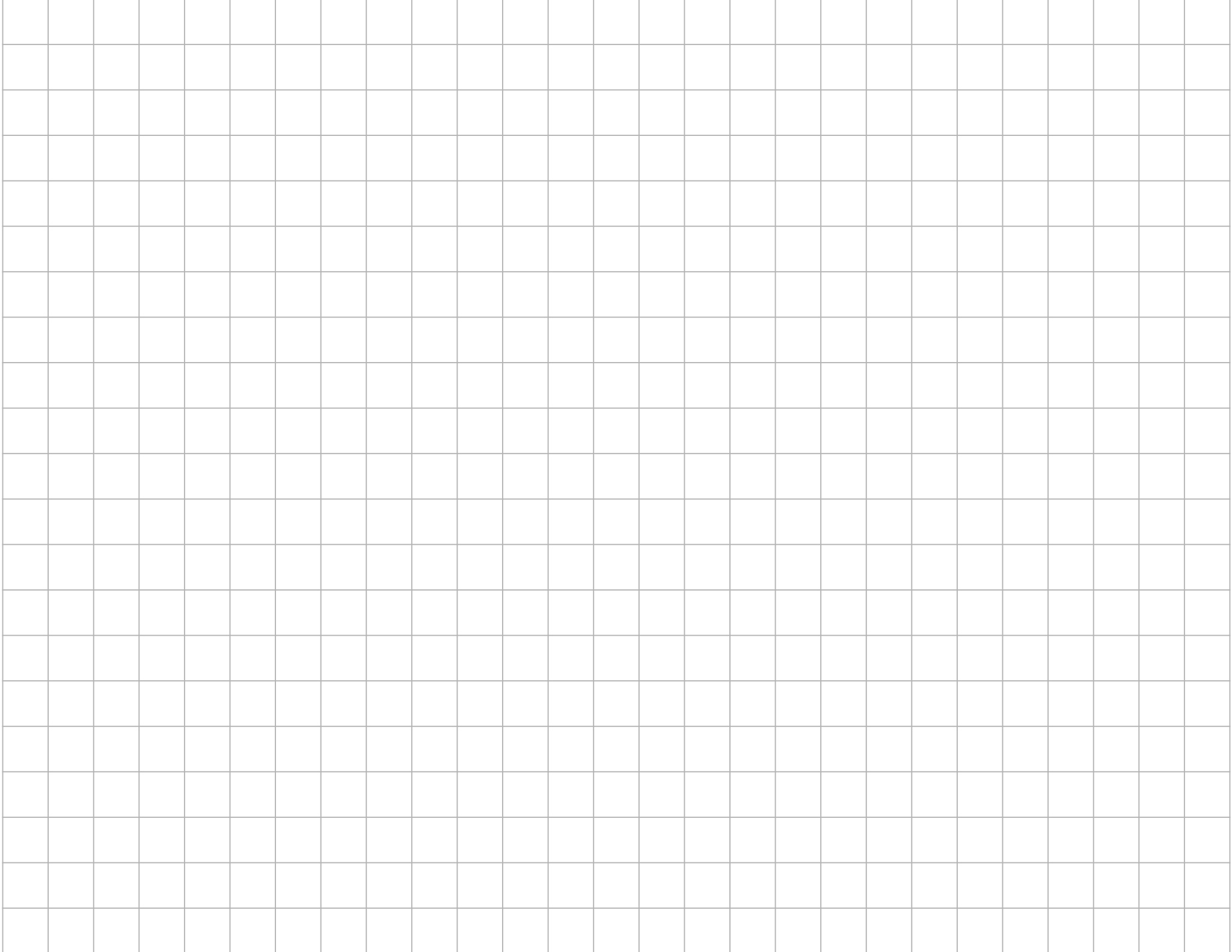
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

$$U_{R_2} = I \uparrow R_2 \downarrow$$

Сила тока в цепи	Напряжение на резисторе R_2
1	2

#84918

$$U_{\text{ист}} = I R_1 + I R_2$$
$$\downarrow U_{\text{реост}} 2 = U_{\text{ист}}^{\text{const}} - I \uparrow \cdot R_1$$



Решение.

Сила тока в цепи по закону Ома для полной цепи:

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}.$$

То есть при уменьшении сопротивления R_2 сила тока в цепи увеличится.

Напряжение на резисторе R_2 :

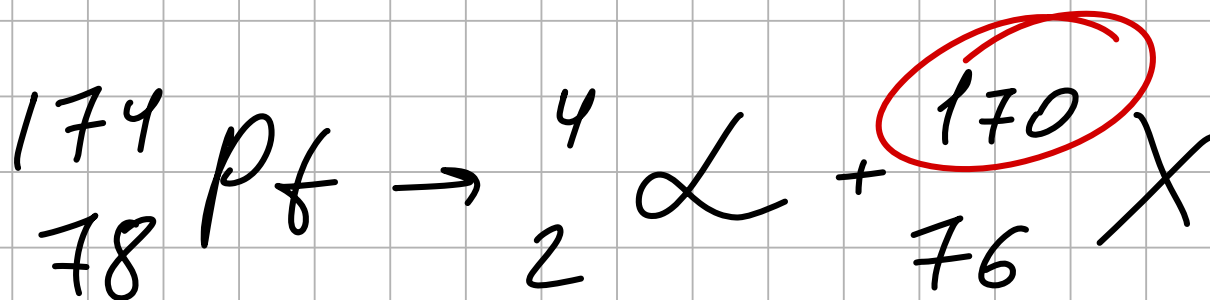
$$U = IR_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2} = \frac{U(R_1 + R_2) - UR_1}{R_1 + R_2} = U - \frac{UR_1}{R_1 + R_2}$$

То есть напряжение уменьшается.

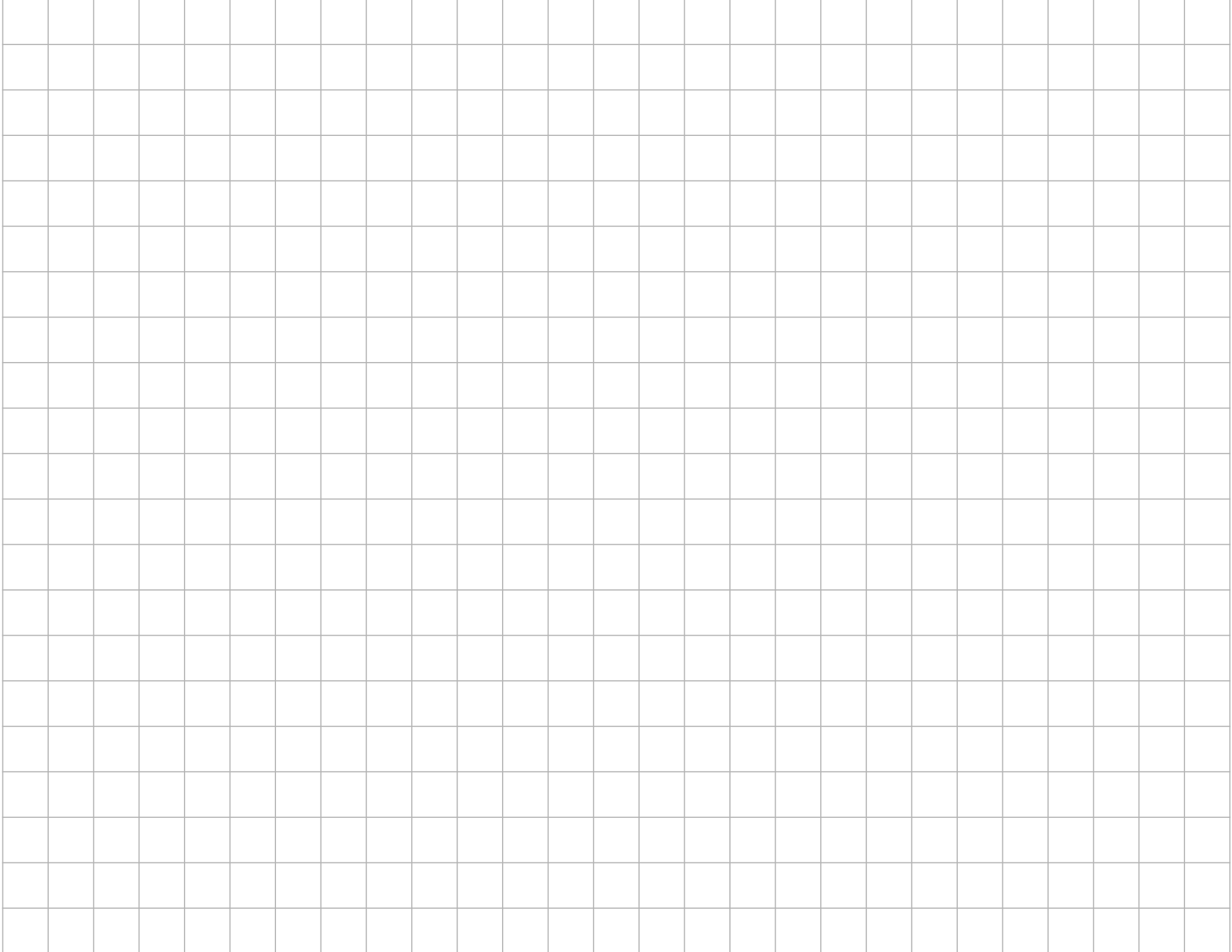
Задача 16.

Ядро платины ${}_{78}^{174}\text{Pt}$ испытывает α -распад, при этом образуются α -частица и ядро химического элемента ${}_Z^AX$. Определите массовое число A (в атомных единицах массы) ядра X .

#84919

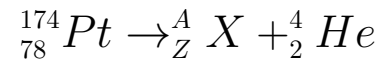


170



Решение.

α – распад – распад с выделением ядра гелия 4_2He



В ходе ядерной реакции должен выполняться закон сохранения зарядового числа.

$$78 = Z + 2 \Rightarrow Z = 76.$$

Также должен выполняться закон сохранения массового числа, а значит,

$$174 = A + 4 \Rightarrow A = 170.$$

Задача 17.

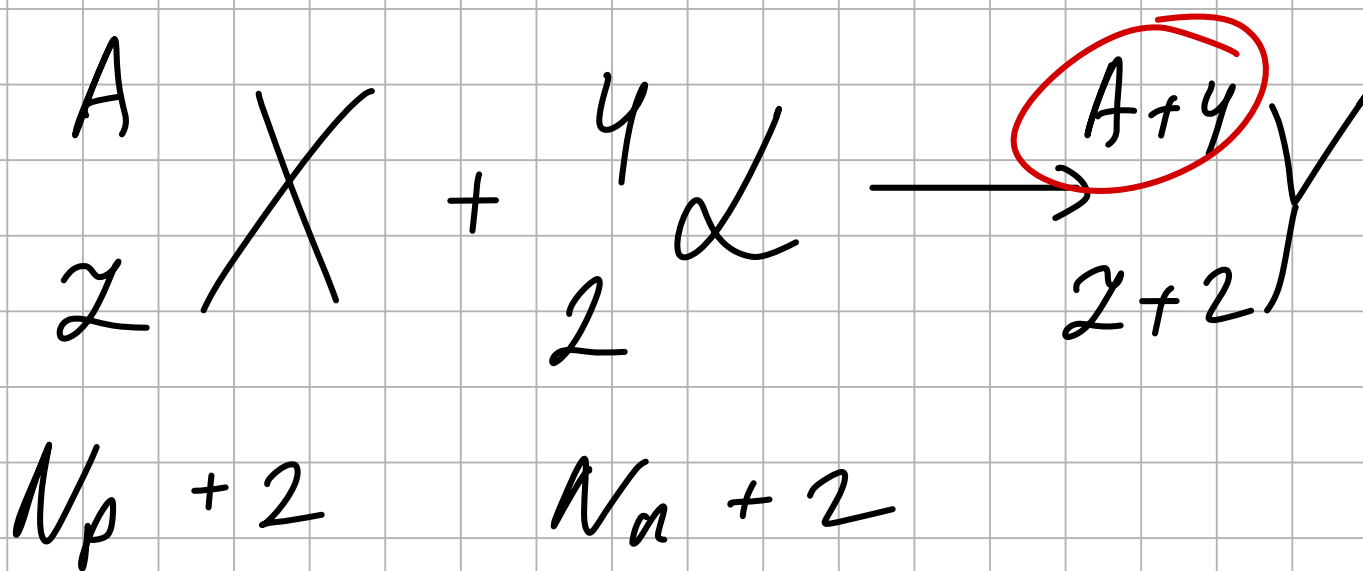
В ядерном реакторе происходит захват ядром альфа-частицы. Как изменяются при этом массовое число ядра и число нейтронов в ядре? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

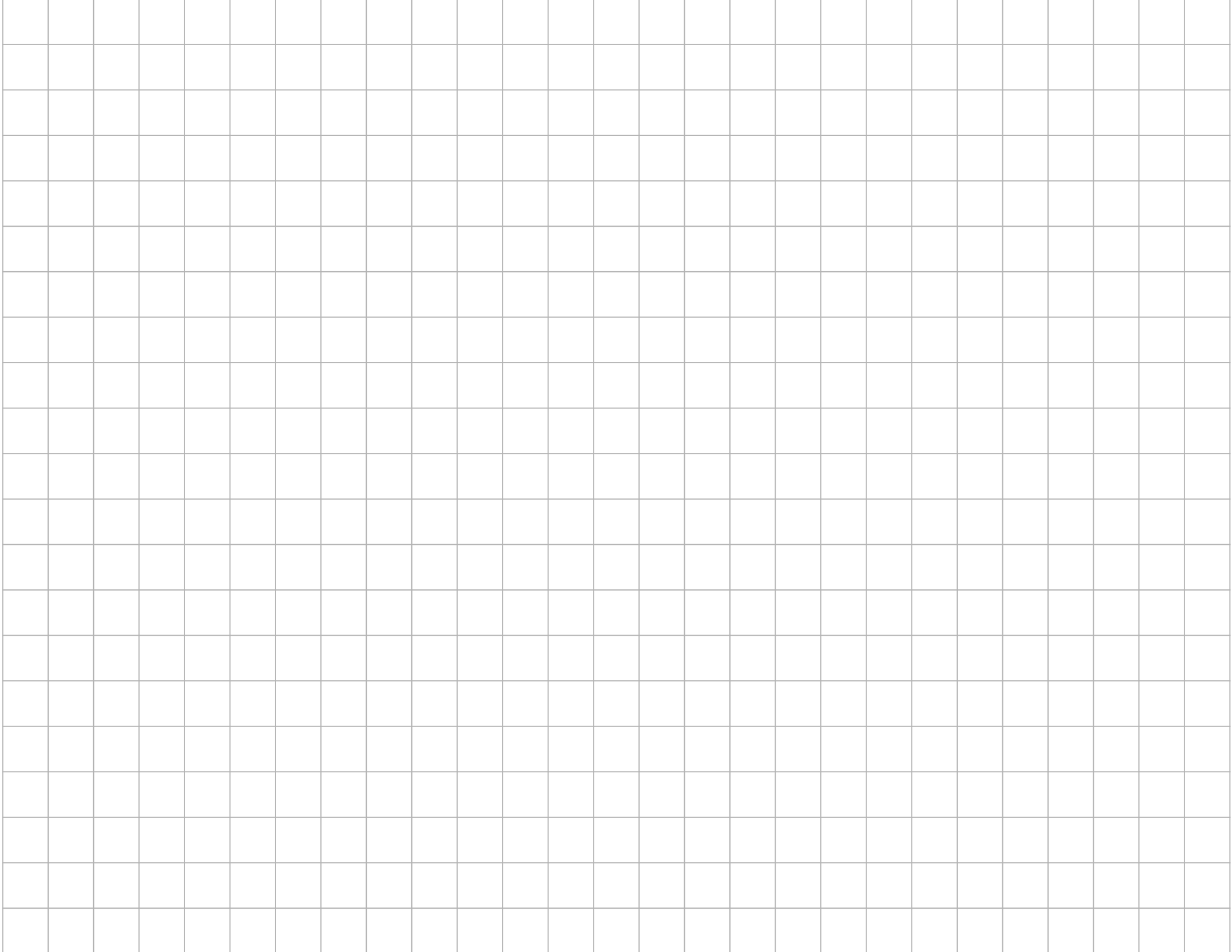
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Число нейтронов в ядре
<u>1</u>	<u>1</u>

#84920





Решение.

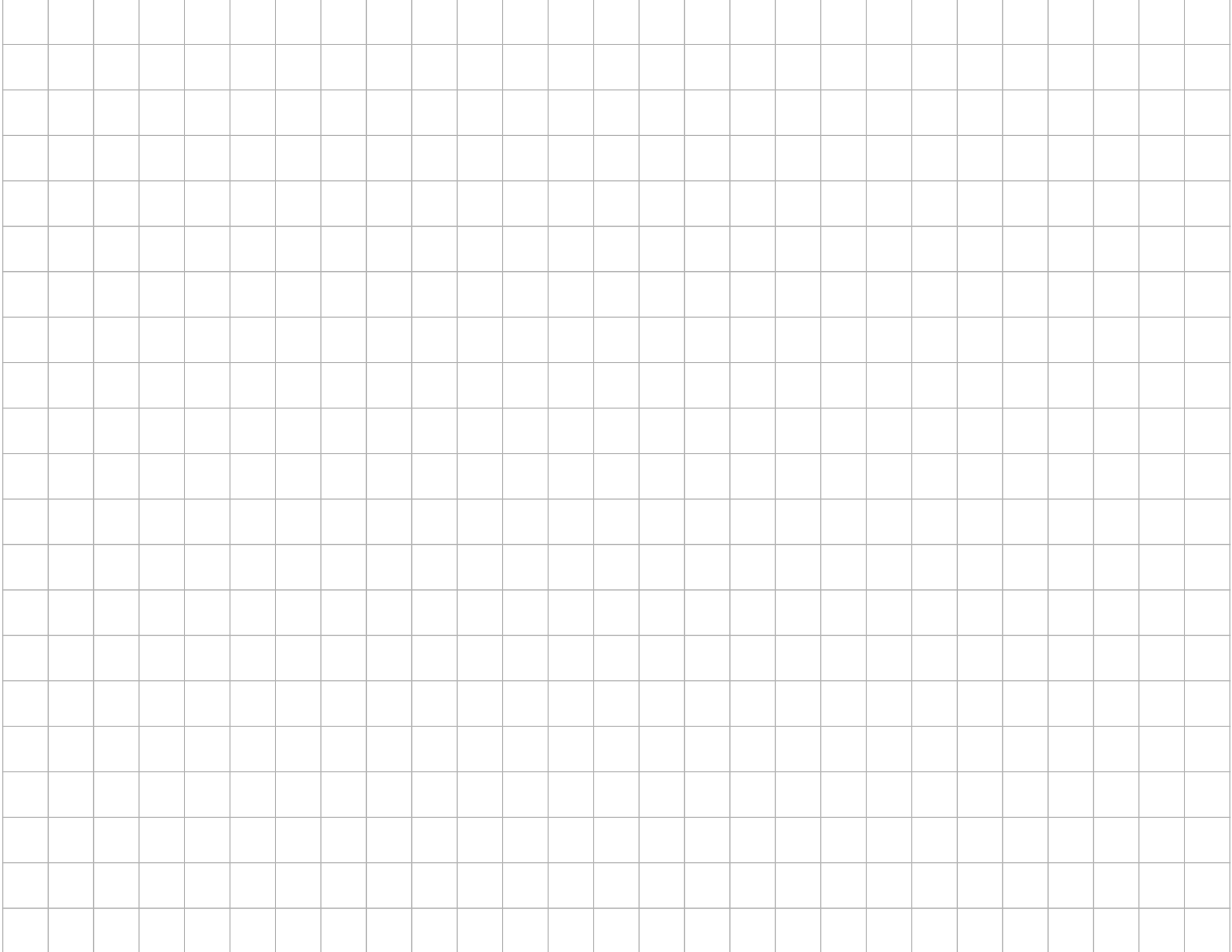
α -частица – ядро гелия ${}^4_2\text{He}$. То есть массовое число увеличится на 4, а зарядовое на 2. Число нейтронов равно разнице массового и зарядового чисел, то есть число нейтронов увеличится также на 2.

Задача 18.

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- ☒ 1) Громкость звука определяется амплитудой колебаний.
- ☒ 2) Температура плавления кристаллических тел не зависит от их массы.
- ☐ 3) В цепи постоянного тока на всех последовательно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- ☐ 4) Скорость распространения радиоволн в воде больше скорости света в вакууме.
- ☒ 5) В ядерных реакторах для получения энергии используются экзотермические реакции распада тяжёлых ядер.

#84921



Решение.

1) Верно

Да, это верно.

2) Верно

Да, это верно, зависит только от самого вещества.

3) Неверно

Нет, напряжение на всех резисторах равно сумме напряжений на каждом резисторе.

4) Неверно

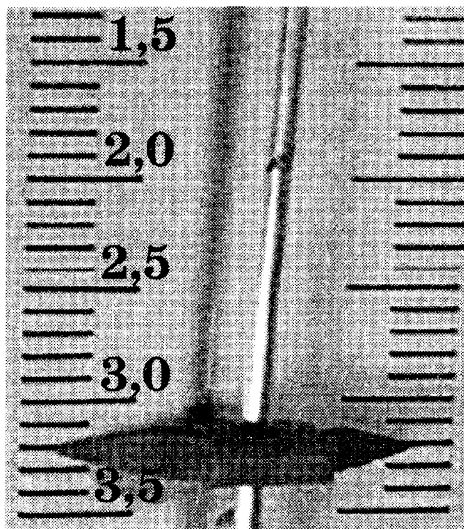
Нет, скорость света в вакууме максимальна.

5) Верно

В ядерных реакторах для получения энергии используются экзотермические реакции распада тяжелых элементов.

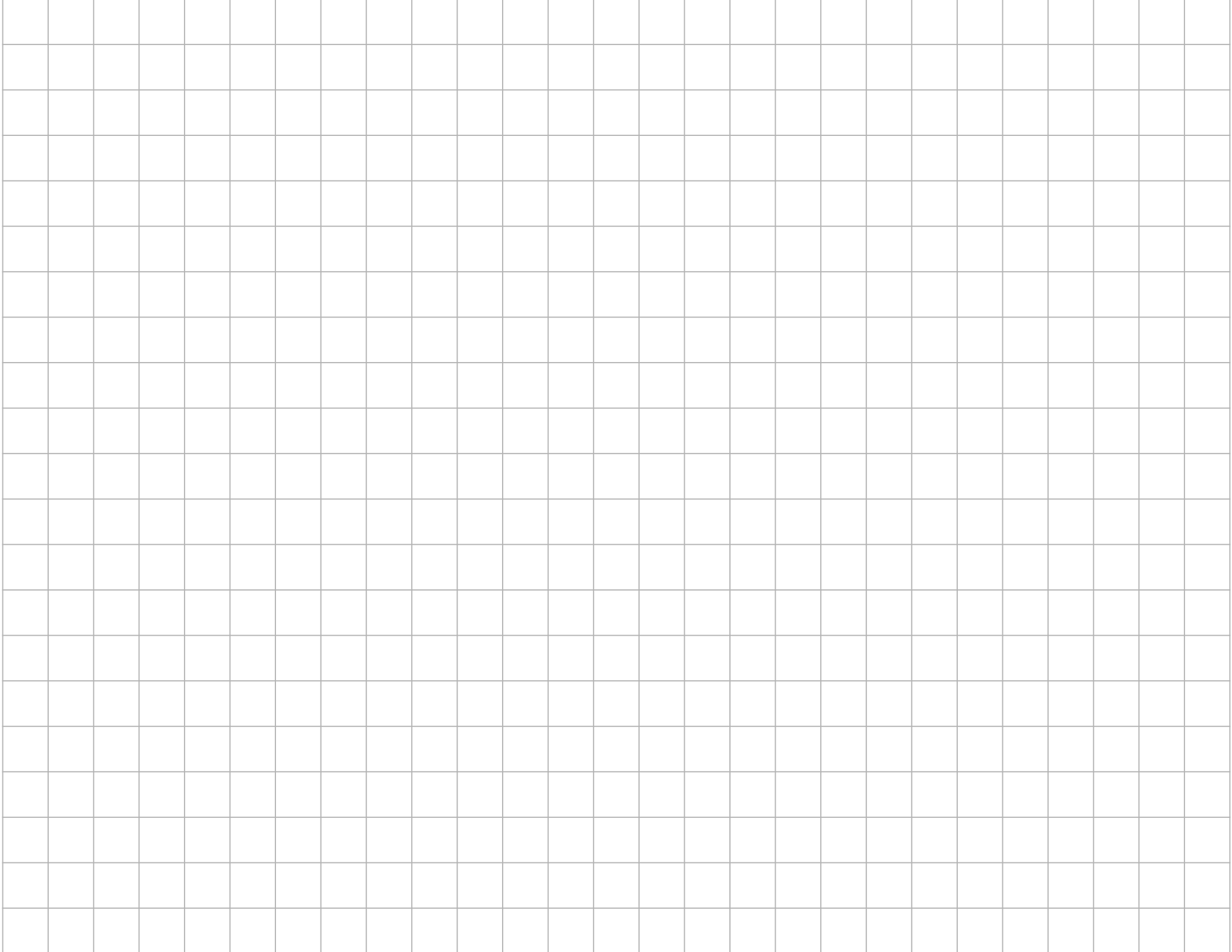
Задача 19.

Определите показания динамометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы равна цене деления динамометра. Динамометр проградуирован в ньютонах.



#64995

$3,2 \pm 0,1 \text{ Н}$
 $3,20,1$



Решение.

Цена деления равна:

$$\frac{3 \text{ Н} - 2,5 \text{ Н}}{5} = 0,1 \text{ Н}$$

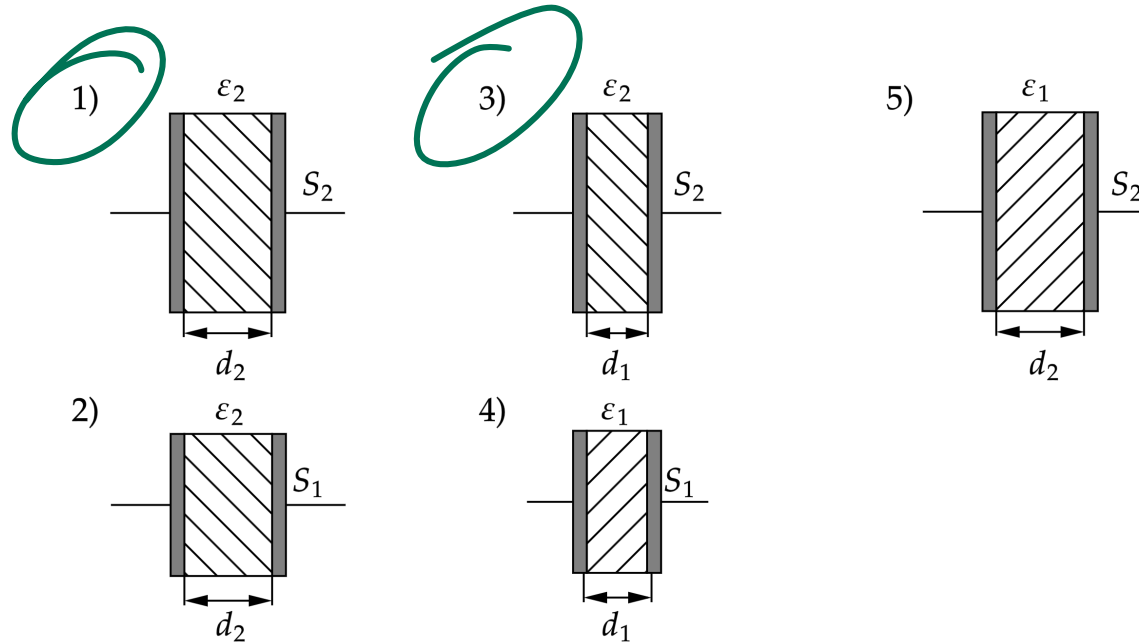
Показания динамометра 3,2 Н, при этом погрешность равна цене деления, то есть 0,1 Н.

Тогда ответ

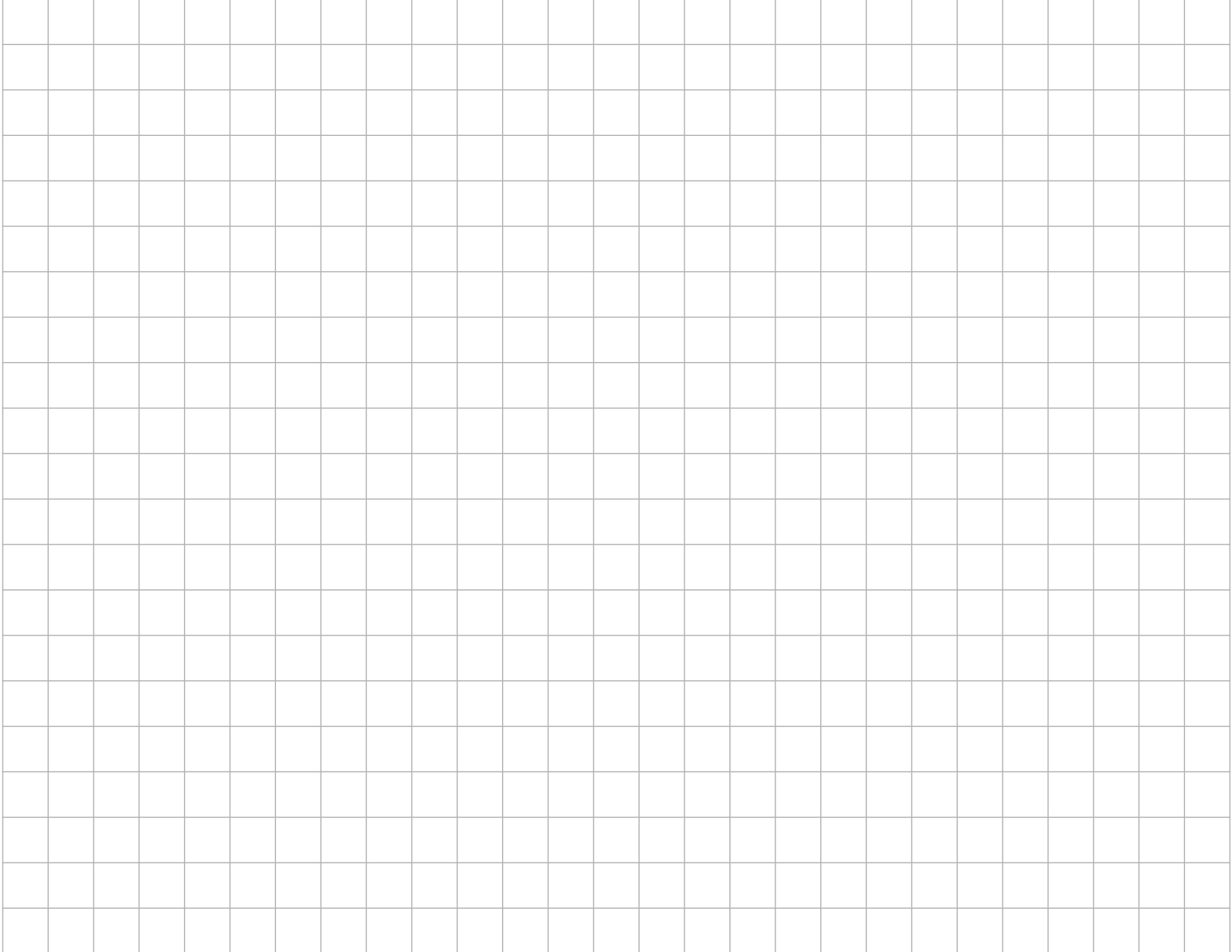
$$3,2 \pm 0,1 \text{ Н}$$

Задача 20.

Необходимо экспериментально изучить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от расстояния между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках S – площадь пластин конденсатора, d – расстояние между пластинами конденсатора, ε – диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?



#65107

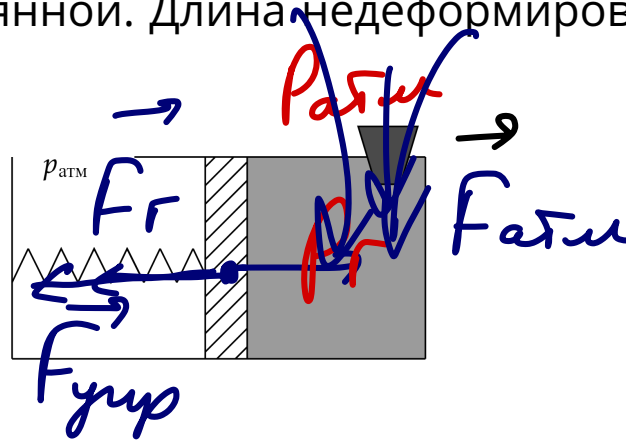


Решение.

Необходимо выбрать все одинаковые свойства, кроме расстояния между пластинами.
То есть 1 и 3.

Задача 21.

Горизонтальный сосуд разделён подвижным поршнем, который может свободно перемещаться без трения. Правая часть сосуда заполнена воздухом и герметично закрыта пробкой, левая часть сосуда открыта. Первоначально поршень находится в равновесии, а пружина растянута. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, опишите, как будет двигаться поршень, если из правой части сосуда вынуть пробку. Температуру воздуха считать постоянной. Длина недеформированной пружины меньше длины сосуда.



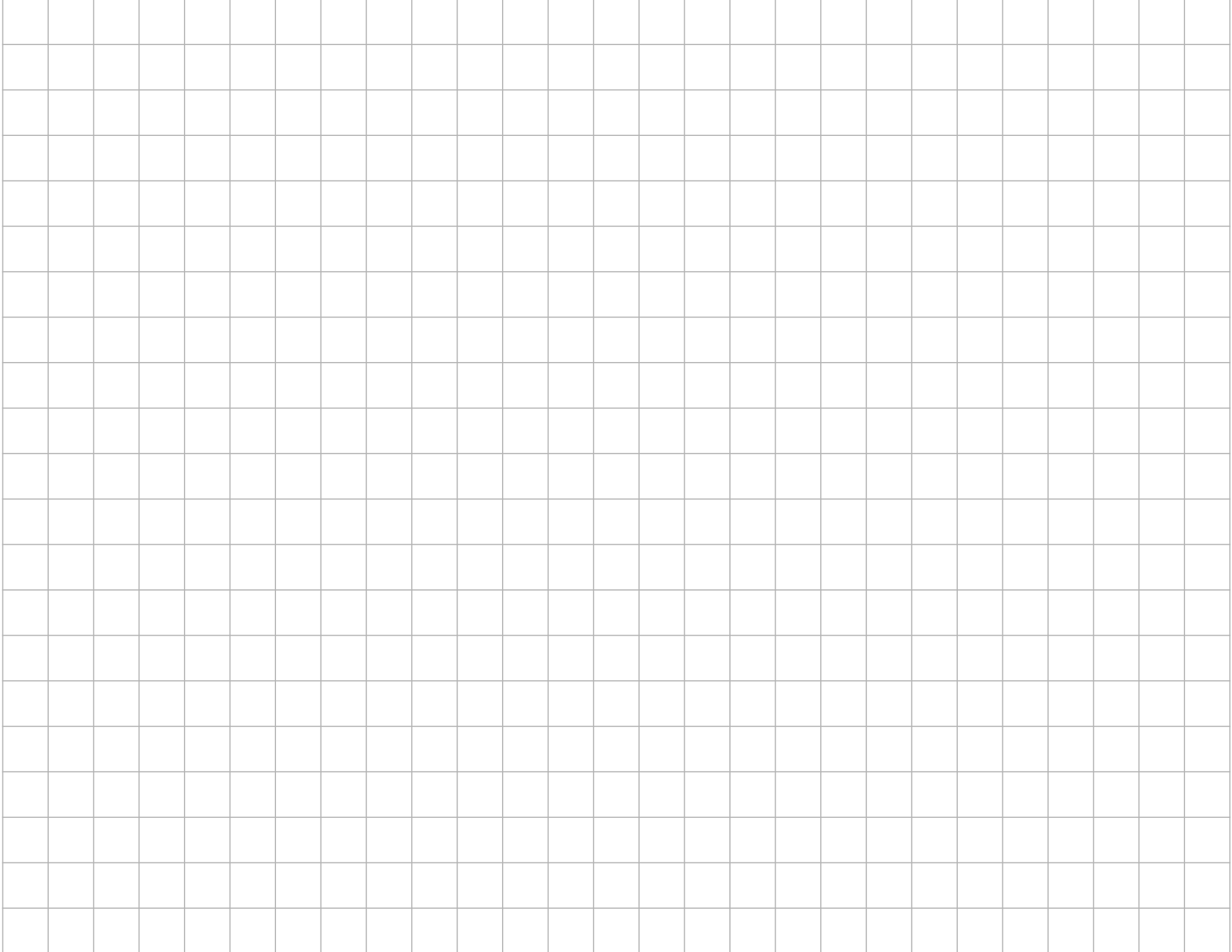
$$F = p \cdot S$$

#61682

$$F_{атм} - F_{пруж} - F_r = 0$$

$$p_{атм} \cdot S - F_{пруж} = p_r \cdot S \rightarrow p_r < p_{атм}$$

$$F_r \uparrow$$



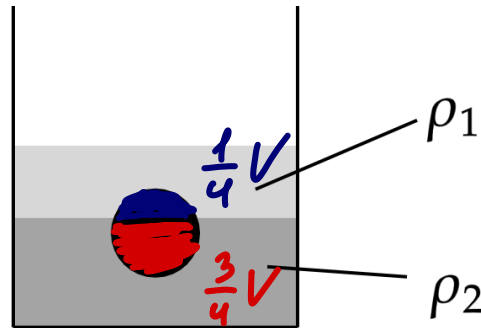
Решение.

1. Левая часть сосуда открыта, в ней находится атмосферный воздух. Первоначально пружина растянута, сила упругости направлена влево. Поршень находится в равновесии, поэтому равнодействующая сил, действующих на него со стороны газов и пружины, равна нулю: $p_{\text{атм}}S - pS - F_{\text{упр}}$, где $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление, p – давление газа в правой части сосуда, $F_{\text{упр}}$ – сила упругости, S – площадь поперечного сечения сосуда. Таким образом, давление газа в правой части сосуда меньше атмосферного: $p < p_{\text{атм}}$.
2. Если вынуть пробку, то атмосферный воздух начнёт заполнять правую часть сосуда, и давление в ней возрастёт до атмосферного: $p = p_{\text{атм}}$.
3. Равновесие нарушится, и поршень под действием силы упругости начнёт двигаться влево. Поскольку трение между поршнем и сосудом отсутствует, то в дальнейшем поршень будет совершать свободные колебания, которые впоследствии затухнут из-за трения в воздухе.

Для экспертов. Отсутствие в ответе упоминания о колебаниях поршня и их затухании не влияет на оценку ответа

Задача 22.

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объёма?

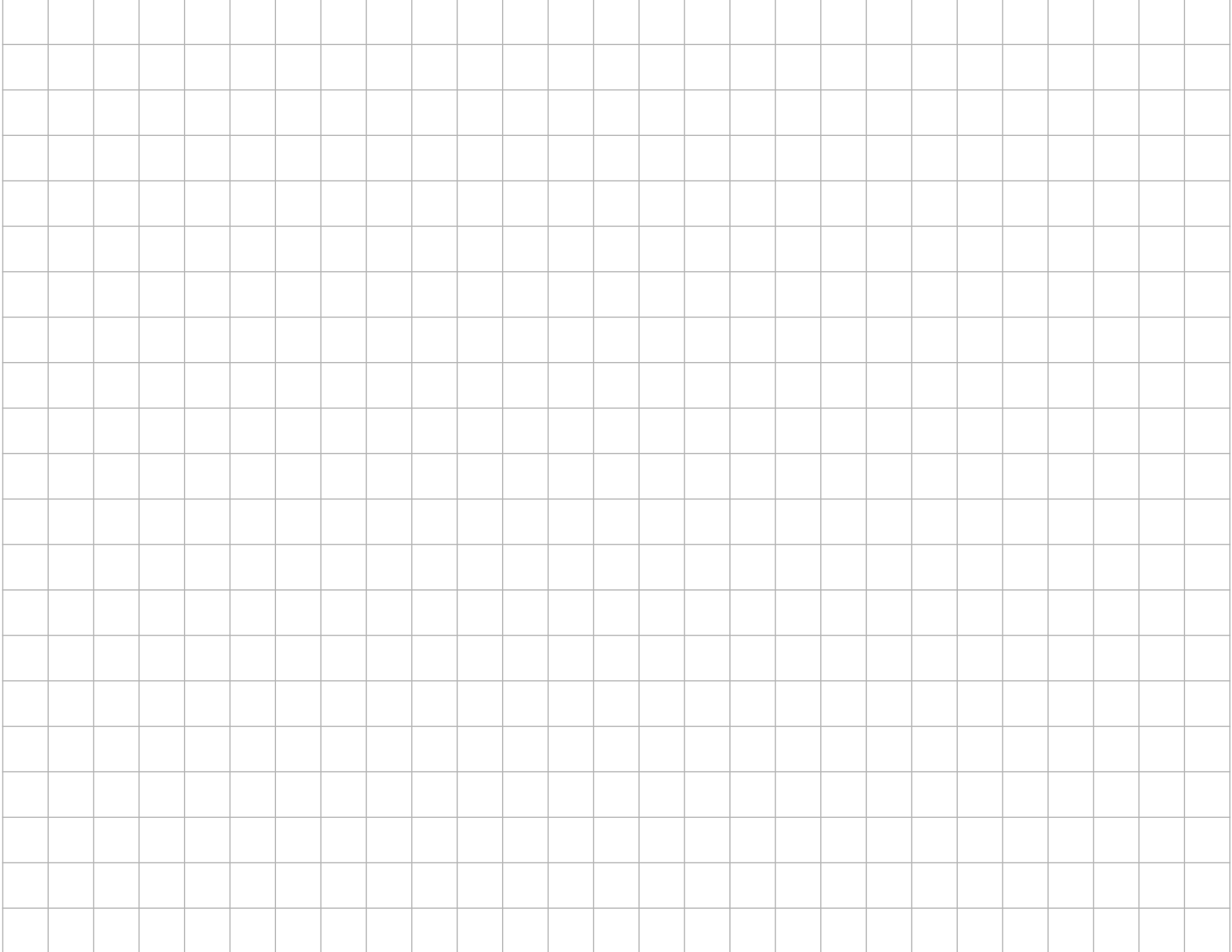


#85588

$$\frac{7}{4} \rho_1 g V = \rho g \cdot V \quad \rho = \frac{7}{4} \rho_1 = \frac{7}{4} \cdot 400 = 700 \text{ кг/м}^3$$

$$mg = F_{\text{Арх}} \quad m = \rho \cdot V$$

$$F_{\text{Арх}} = \rho_2 g \cdot \frac{3}{4} V + \rho_1 g \cdot \frac{1}{4} V = \frac{3}{4} \cdot 2 \rho_1 g V + \frac{1}{4} \rho_1 g V = \frac{7}{4} \rho_1 g V$$



Решение.

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

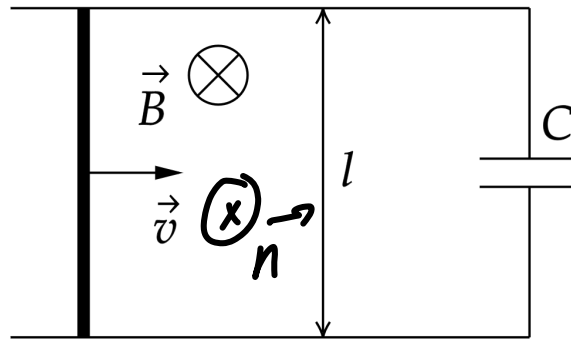
$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$, откуда

$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3$$

Задача 23.

По горизонтально расположенным двум параллельным рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением и замкнутым на конденсатор электроёмкостью C скользит поступательно и равномерно проводящий стержень. Скорость движения стержня $v = 1$ м/с. Расстояние между рельсами $l = 1$ м. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл. При этом энергия электрического поля конденсатора через достаточно большой промежуток времени $W = 60$ мкДж. Чему равна электроёмкость конденсатора? Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.



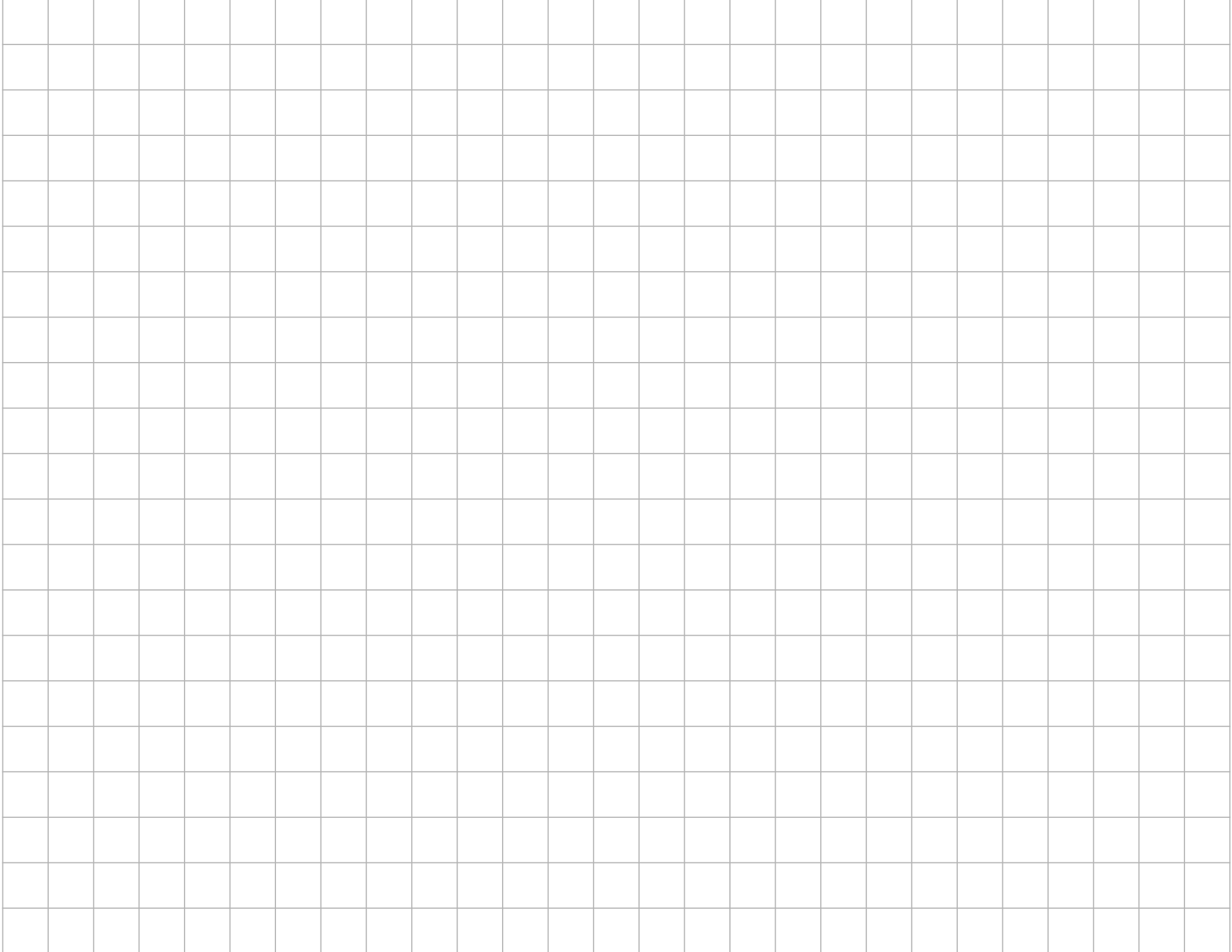
$$|\mathcal{E}_i| = U_c$$

#85540

$$|\mathcal{E}_i| = B v l \cos \alpha = B v l$$

$$\alpha = \angle(\vec{n}; \vec{B}) = 0^\circ$$

$$W_c = \frac{C U_c^2}{2}$$



Решение.

При движении стержня возникает ЭДС индукции за счёт изменения магнитного поля, вычисляемое по формуле:

$$|\mathcal{E}| = Bvl \cos \alpha = Bvl,$$

где α – угол между вектором магнитной индукции и нормалью, проведенной к плоскости, образованной длиной проводника и вектором скорости.

2. Так как напряжение на конденсаторе U_c равно ЭДС индукции, то энергия электрического поля конденсатора

$$W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{C|\mathcal{E}|^2}{2} = \frac{CB^2v^2l^2}{2}.$$

Тогда электроёмкость конденсатора

$$C = \frac{2W}{B^2v^2l^2} = \frac{2 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{1^2 \cdot 1^2 \cdot 1^2} = 120 \text{ мкФ}$$

Задача 24.

$$V_2 = 3 V_1$$

$$T = \text{const}$$

$$p_{\text{в.н}} = \varphi \cdot p_{\text{н.н}}$$

Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых $\frac{V_2}{V_1} = 3$. В первой части сосуда находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 80\%$. Какой была влажность воздуха во второй части сосуда, если после того, как перегородку убрали, в сосуде установилась относительная влажность 50%? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не изменилась после снятия перегородки.

#85589

$$\varphi_2 = (4\varphi_3 - \varphi_1) / 3 = 0,4 \quad 40\%$$

$\varphi_1 = 80\%$	φ_2
γ_1	γ_2
V_1	V_2

$$\varphi_1 \cdot p_{\text{н.н}} \cdot V_1 = \gamma_1 R T$$

$$\varphi_2 p_{\text{н.н}} \cdot V_2 = \gamma_2 R T$$

$$\varphi_3 \cdot p_{\text{н.н}} \cdot (V_1 + V_2) = (\gamma_1 + \gamma_2) R T$$

$\gamma_1 + \gamma_2$
$\varphi_3 = 50\%$

$$V_1 + V_2 = 4V_1$$

$$\cancel{\varphi_3 p_{\text{н.н}}} (V_1 + V_2) = \cancel{\varphi_1 p_{\text{н.н}}} V_1 + \cancel{\varphi_2 p_{\text{н.н}}} V_2$$

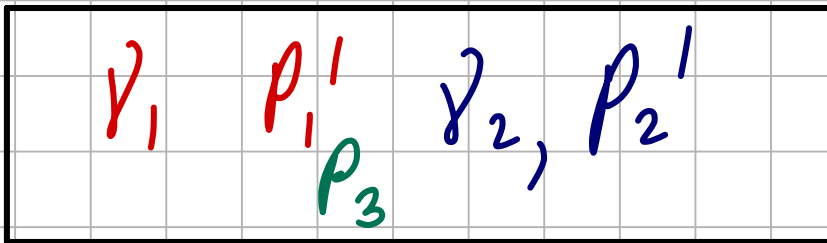
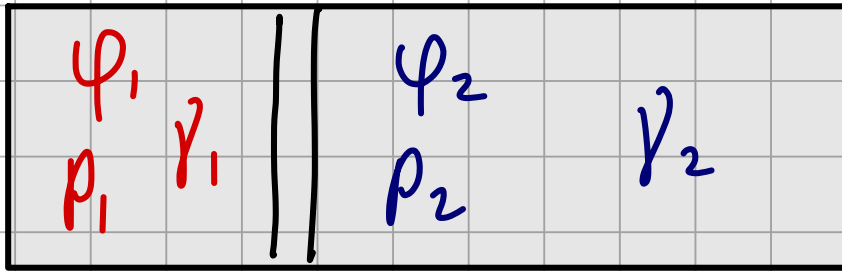
$$\varphi_3 4V_1 = \varphi_1 \cdot V_1 + \varphi_2 \cdot 3V_1$$

$$\varphi_3 p_{\text{н.н}} (V_1 + V_2) = \gamma_1 R T + \gamma_2 R T = \varphi_1 p_{\text{н.н}} V_1 + \varphi_2 p_{\text{н.н}} V_2$$

Задача 24.

Сосуд разделён тонкой перегородкой на две части, отношение объёмов которых $\frac{V_2}{V_1} = 3$. В первой части сосуда находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 80\%$. Какой была влажность воздуха во второй части сосуда, если после того, как перегородку убрали, в сосуде установилась относительная влажность 50%? Считать, что температура воздуха в частях сосуда одинакова и не изменилась после снятия перегородки.

#85589



$$P = \varphi \cdot P_{\text{н.н}}$$

$$pV = \nu RT$$

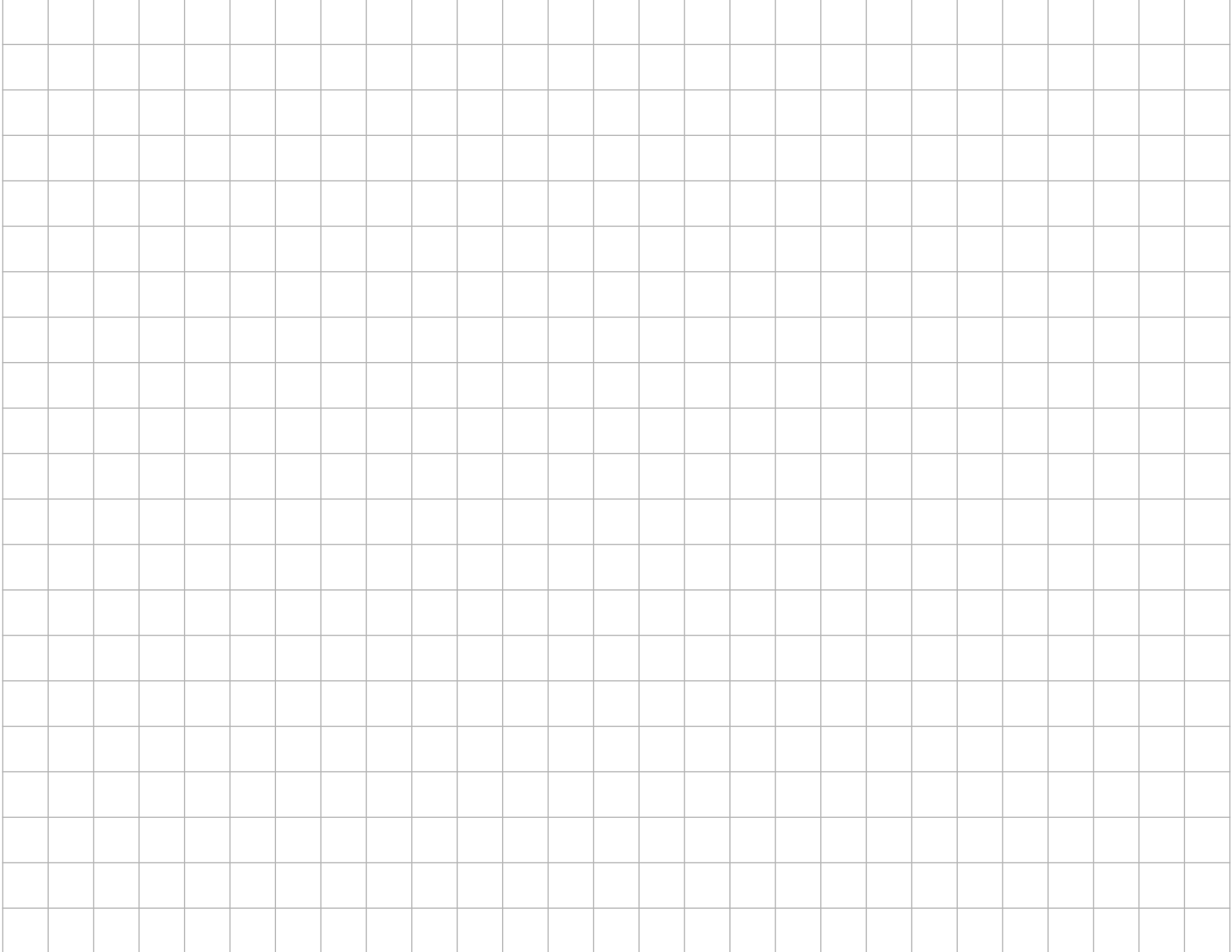
$$p_1 \cdot V_1 = p_1' \cdot 4V_1$$

$$p_2 \cdot 3V_1 = p_2' \cdot 4V_1$$

$$p_1' = \frac{1}{4} p_1 \quad p_2' = \frac{3}{4} p_2$$

$$p_3 = p_1' + p_2' = \frac{1}{4} p_1 + \frac{3}{4} p_2$$

$$\varphi_3 \cdot P_{\text{н.н}} = \frac{1}{4} \varphi_1 \cdot P_{\text{н.н}} + \frac{3}{4} \varphi_2 \cdot P_{\text{н.н}}$$



Решение.

После снятия перегородки суммарная масса паров воды сохраняется прежней:

$$\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = \rho(V_1 + V_2),$$

где ρ_1 и ρ_2 – плотности паров воды в объёмах V_1 и V_2 соответственно, ρ – плотность паров после устранения перегородки. Поделим все части уравнения (1) на плотность насыщенных паров воды ρ_H при той же температуре:

$$\frac{\rho_1}{\rho_H} V_1 + \frac{\rho_2}{\rho_H} V_2 = \frac{\rho}{\rho_H} (V_1 + V_2) \quad (2)$$

Согласно определению относительной влажности

$$\varphi_1 = \frac{\rho_1}{\rho_H}, \varphi_2 = \frac{\rho_2}{\rho_H}, \varphi = \frac{\rho}{\rho_H}$$

так что вместо (2) имеем:

$$\varphi_1 V_1 + \varphi_2 V_2 = \varphi(V_1 + V_2)$$

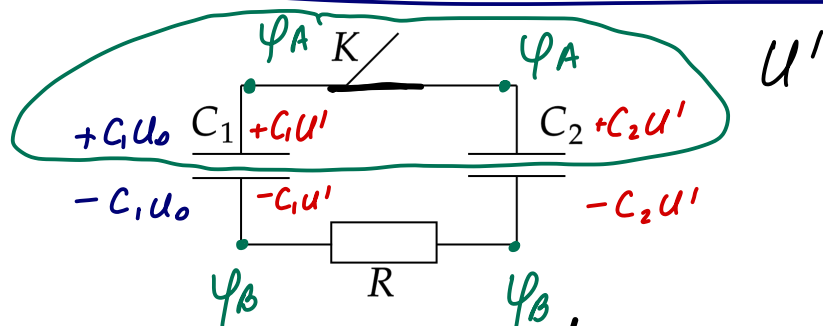
Отсюда:

$$\varphi_2 = \frac{\varphi(V_1 + V_2) - \varphi_1 V_1}{V_2} = \frac{\varphi \left(1 + \frac{V_2}{V_1}\right) - \varphi_1}{\frac{V_2}{V_1}} = \frac{0,5 \cdot (1 + 3) - 0,8}{3} = 0,4 = 40\%$$

Задача 25.

№ 25 Конденсаторы

Заряженный конденсатор $C_1 = 1$ мкФ включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа К (см. рисунок). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты $Q = 30$ мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе C_1 ? $U_0 - ?$



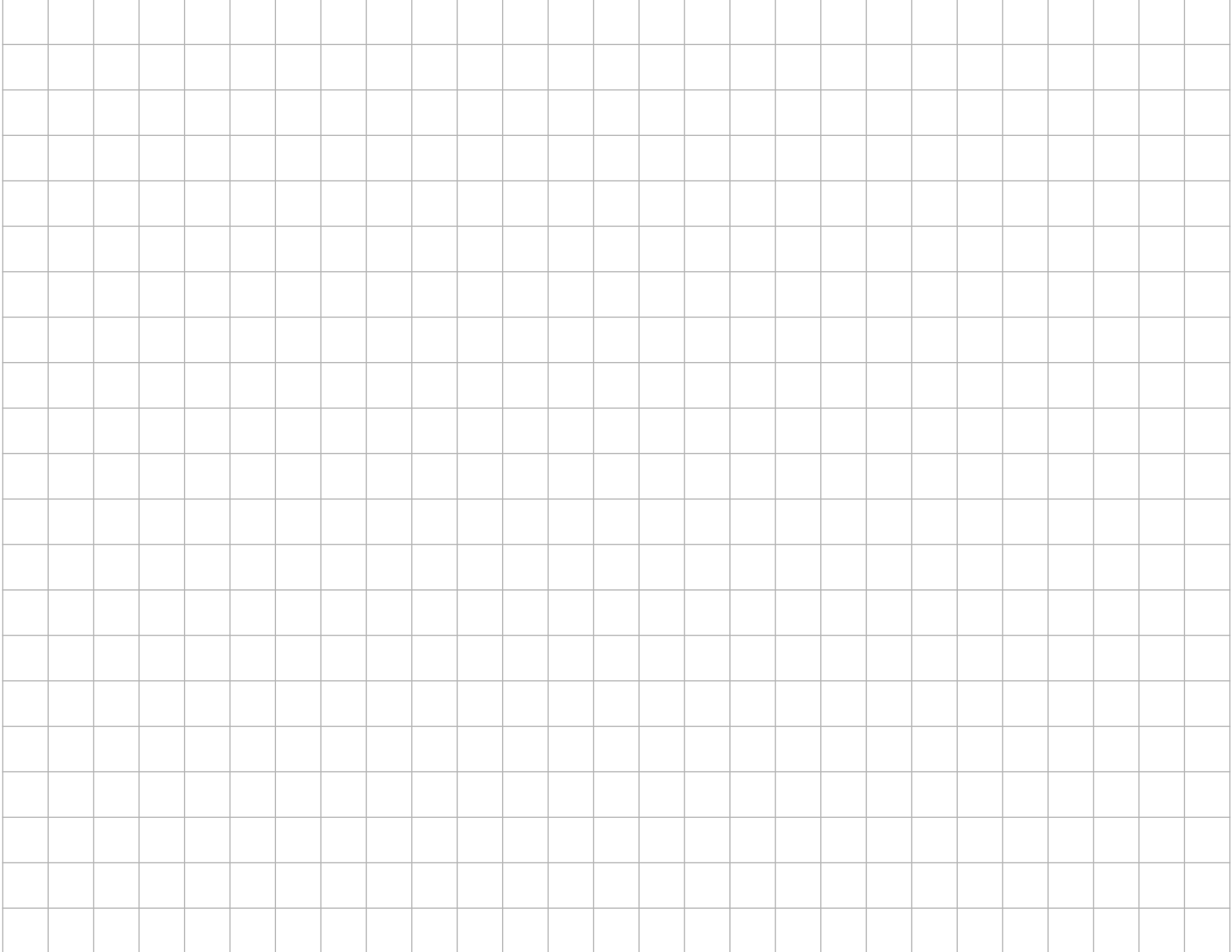
$$\#85590 \quad C_1 U_0 + 0 = C_1 U' + C_2 U'$$

$$C_1 U_0 = (C_1 + C_2) \cdot U' \quad \rightarrow \quad U' = \frac{C_1 U_0}{C_1 + C_2}$$

$$\frac{C_1 U_0^2}{2} = \frac{C_1 U'^2}{2} + \frac{C_2 U'^2}{2} + Q$$

$$\frac{C_1 U_0^2}{2} = \frac{(C_1 + C_2)}{2} \frac{C_1^2 U_0^2}{(C_1 + C_2)^2} + Q$$

$$\frac{1}{2} U_0^2 \left(C_1 - \frac{C_1^2}{C_1 + C_2} \right) = Q \quad U_0 = \dots$$



Решение.

1. Первоначальный заряд конденсатора $q = C_1 U$.
2. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно q_1 и q_2 , причём $q_1 + q_2 = C_1 U$ (1) (по закону сохранения электрического заряда).]]
3. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (2)$$

4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:

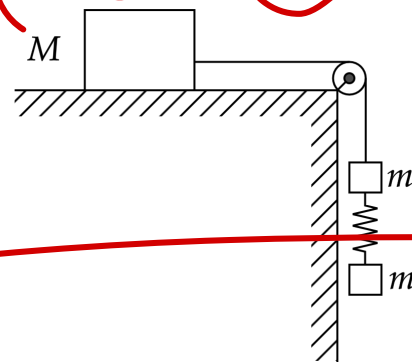
$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \left(\frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{C_2} \right) \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1)–(3), получаем:

$$U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} (10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В}$$

Задача 26.

Груз массой $M = 800$ г соединен невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой $m = 400$ г. К этому бруску на легкой пружине жесткостью $k = 80$ Н/м подвешен второй такой же брусок. Длина нерастянутой пружины $l = 10$ см, коэффициент трения груза о поверхность стола $\mu = 0,2$. Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



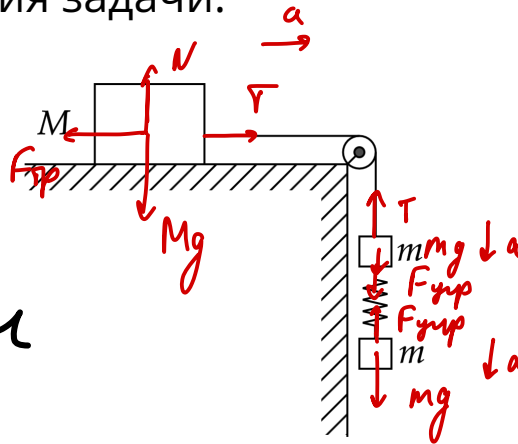
#38781

Задача 26.

Груз массой $M = 800$ г соединен невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок, с бруском массой $m = 400$ г. К этому бруску на легкой пружине жесткостью $k = 80$ Н/м подвешен второй такой же брусок. Длина нерастянутой пружины $l = 10$ см, коэффициент трения груза о поверхность стола $\mu = 0,2$. Определите длину пружины при движении брусков, считая, что при этом движении она постоянна. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на тела. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

$$L = \frac{F_{\text{уп}}}{k} + l =$$

$$= \frac{2,4}{80} + 0,1 = 0,13 \text{ м}$$



$$T - \mu Mg = Ma$$

$$mg - F_{\text{уп}} = ma$$

$$F_{\text{уп}} + mg - T = ma$$

$$F_{\text{уп}} = k(L - l)$$

$$F_{\text{уп}} = m(g - a) = 0,4 \cdot (10 - 4) = 2,4 \text{ Н}$$

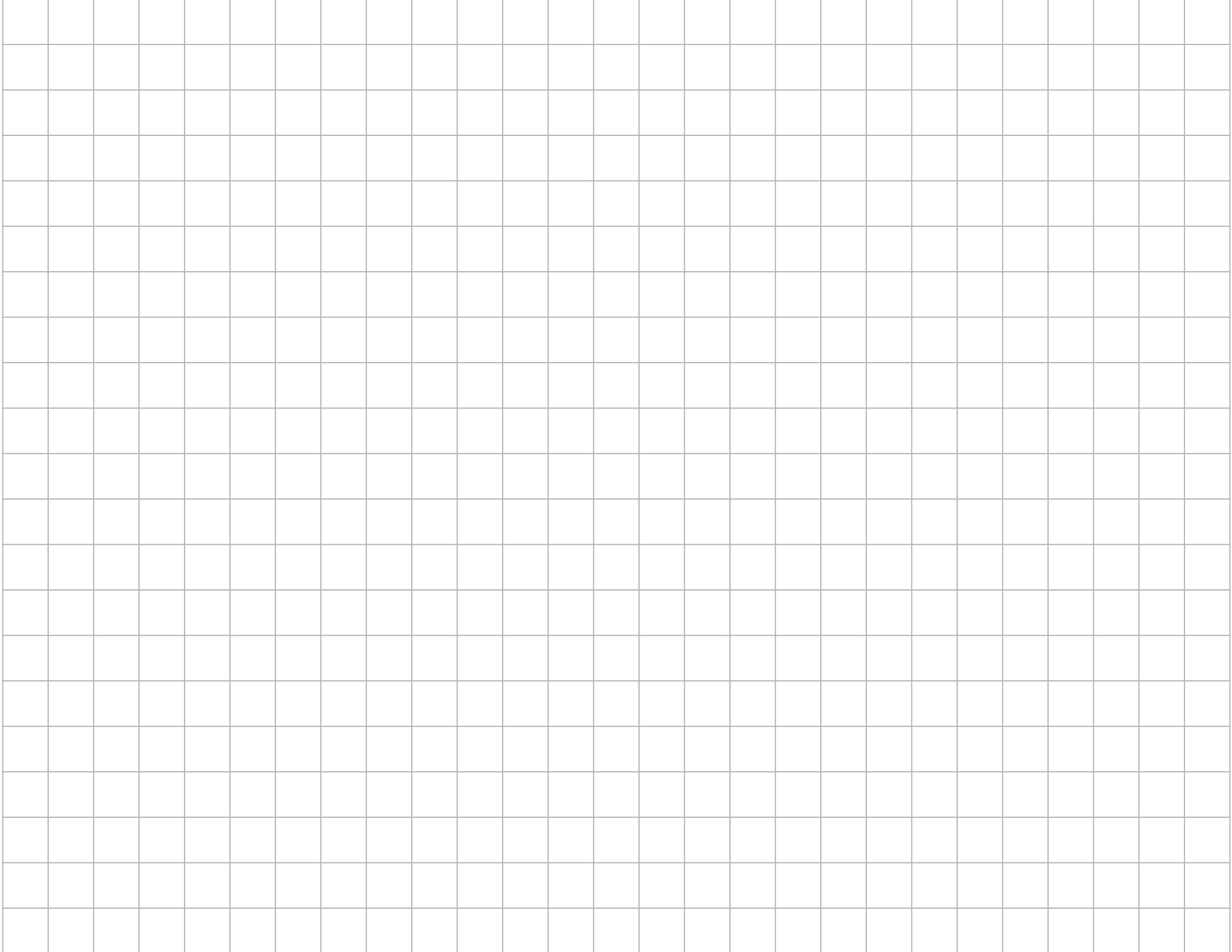
#38781

~~$$T - \mu Mg + mg - F_{\text{уп}} + F_{\text{уп}} + mg - T = Ma + 2ma$$~~

$$N = Mg$$

$$F_{\text{сп}} = \mu N$$

$$a = \frac{2mg - \mu Mg}{2m + M} = \dots = 4 \text{ м/с}^2$$



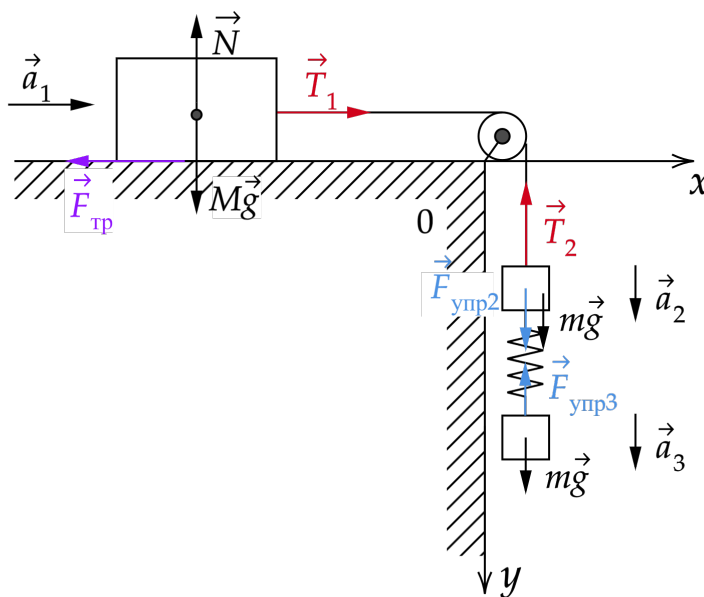
Решение.

Обоснование

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчета, связанной с поверхностью стола.
2. Будем применять для грузов и бруска законы Ньютона, справедливые для материальных точек, поскольку тела движутся поступательно.
3. Трением в оси блока и трением о воздух, а также массой блока пренебрежем.
4. Так как нить нерастяжима и длина пружины постоянна, ускорения обоих брусков и груза равны по модулю:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = |\vec{a}_3| = a.$$

5. На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз.



6. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то модули сил натяжения нити,

действующих на груз и верхний брусок, одинаковы:

$$|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$$

7. Равны по модулю и силы

$$|\vec{F}_{\text{упр2}}| = |\vec{F}_{\text{упр3}}|$$

так как пружина легкая.

Решение

Рисунок с указанием сил показан в обосновании. Запишем второй закон Ньютона для каждого из тел. Тело массой M :

$$M\vec{g} + \vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} = M\vec{a}_1,$$

Верхний груз массой m :

$$m\vec{g} + \vec{T}_2 + \vec{F}_{\text{упр2}} = m\vec{a}_2,$$

Нижний груз массой m :

$$m\vec{g} + \vec{F}_{\text{упр3}} = m\vec{a}_3,$$

спроецируем второй закон Ньютона M на вертикальную и горизонтальную оси, с учетом 4 и 6 пункта обоснования:

$$Mg = N$$

$$T - F_{\text{тр}} = Ma,$$

Сила трения скольжения равна:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu Mg.$$

$$T - \mu Mg = Ma$$

Спроецируем второй закон Ньютона для тел m , с учётом, что $F_{\text{упр}} = k\Delta l$ здесь Δl – удлинение пружины.

Верхний груз массой m :

$$mg + k\Delta l - T = ma$$

Нижний груз массой m :

$$mg - k\Delta l = ma$$

Получаем систем уравнений:

$$\begin{cases} T - \mu Mg = Ma \\ mg + k\Delta l - T = ma \\ mg - k\Delta l = ma \end{cases}$$

Сложим 3 уравнения:

$$a = \frac{2mg - \mu Mg}{M + 2m} = \frac{2 \cdot 0,4 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} - 0,2 \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг}}{0,8 \text{ кг} + 2 \cdot 0,4 \text{ кг}} = 4 \text{ Н/кг}.$$

Из последнего уравнения системы

$$\Delta l = \frac{m(g - a)}{k} = \frac{0,4 \text{ кг}(10 \text{ Н/кг} - 4 \text{ Н/кг})}{80 \text{ Н/м}} = 0,03 \text{ м}$$

тогда общая длина пружины

$$L = l + \Delta l = 0,1 \text{ м} + 0,03 \text{ м} = 0,13 \text{ м}$$