

7 класс
Вариант 1

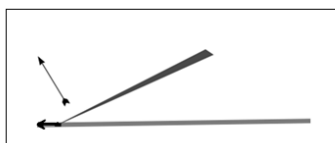
1. Один из самых длинных эскалаторов в России находится в г. Санкт-Петербурге на площади Ленина. Он преодолевает расстояние равное 131,6 м. Поручни на эскалаторе движутся на 2,0 % быстрее, чем лестница. Человек, стоящий на движущейся лестнице эскалатора, удерживает руку на поручне. Все время перемещаясь, рука относительно человека уезжает и человеку становится неудобно. В результате он перехватывает поручень на 50 см назад. Сколько раз человек перехватит поручень за все время движения? Время на перемещение руки назад не учитывать. Первое взятие за самый край поручня учитывать.

Решение:

1. Поручни движутся со скоростью $u = v \cdot (1 + \delta v)$. (3 балла)
2. Тогда рука успеет добраться до конца эскалатора за время $\tau = l/u = l/v(1 + \delta v)$. (3 балла)
3. Тем временем остальная часть тела преодолевает расстояние $l_0 = v\tau = l/(1 + \delta v)$. (3 балла)
4. Рука переместилась относительно остального тела на $\Delta l = l - l_0 = \delta v \cdot l / (1 + \delta v) = 2,58$ м. (3 балла)
5. Итого получаем $2,58/0,5 \sim 5$ раз. (3 балла)

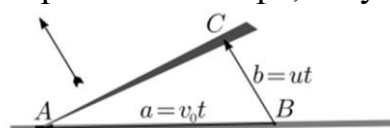
Ответ: 5 раз (15 баллов).

2. На рисунке приведено изображение со спутника с сохранением пропорций. Изображение представляет собой линию движения трактора и его дымовой след. Трактор двигался по дороге в направлении, указанном стрелкой на дороге. Скорость трактора составляла $v_0 = 30$ км/ч. Направление ветра обозначено другой стрелкой. Используя предоставленный рисунок, определите скорость ветра. При необходимости перерисуйте изображение и поясните все отметки и дополнительные построения на изображении. Соблюдайте пропорции. (20 баллов)



Решение:

1. Рисунок: Проведем из произвольной точки В на дороге линию, параллельную направлению ветра, и пусть она пересекает дым след в точке С. (3 балла)



2. Затем дым, выпускаемый трактором в точке В, прошёл расстояние $BC = ut$, где u — скорость ветра. (3 балла)
3. Сам трактор проехал расстояние $AB = v_0 t$. Значит мы можем измерить расстояния АВ и ВС на рисунке. (3 балла)

4. Вычисление: $u = v_0 \frac{|BC|}{|AC|} = \frac{18 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} 30 \text{ km/h} \approx$ (6 баллов).

Ответ: 13 км/ч (15 баллов).

3. Известно, что когда мимо нас перемещается объект издающий звук, то звук сигнала сначала кажется высоким, а затем становится низким. То есть когда звук движется в нашу сторону, он кажется выше, чем есть на самом деле. А когда сигнал удаляется от нас, то слух воспринимает его ниже.

Насекомые производят множество разнообразных звуков. Например, жужжание создаётся в результате очень быстрой вибрации крыльев. Так, жук-навозник делает $f = 85$ взмахов крыльями в секунду.

Какое количество взмахов крыльями в секунду (f') услышит навстречу летящий другой такой же жук? Жуки летят с одинаковой скоростью $v = 30$ км/ч. Скорость звука в воздухе $c = 330$ м/с. Время между двумя взмахами крыльями (T) обратно пропорционально количеству взмахов в секунду (f). (30 баллов)

Решение:

1. Пусть $t=0$ начальный момент времени жуки находится на расстоянии l и первый жук делает первый взмах крыльями и испускает этим первый сигнал. Второй жук примет этот импульс спустя промежуток времени t_1 . За это время звук пройдет путь $l - vt_1$. Следовательно, $t_1 = (l - vt_1)/c$ (1). (5 баллов)

2. Следующий импульс первый жук издает через промежуток времени T . Этот импульс дойдет до второго жука в момент времени t_2 :
 $t_2 = T + ((l - vt_1) - vT - v(t_2 - t_1))/c$ (2). (10 баллов)

3. Вычитая из выражения (2) выражение (1) и введя обозначение $t_2 - t_1 = T'$, получим:
 $T' = T - v(T + T')/c$. (10 баллов)

4. Отсюда находим: $T' = T(c - v)/(c + v)$. (5 баллов)

5. Так как $T \sim 1/f$. То, частота следования импульсов, воспринимаемая вторым жуком, будет равна $f' = f(c + v)/(c - v) \sim 89$ раз. (5 баллов)

Это изменение частоты получило название эффекта Доплера.

Ответ: $f' = 89$ раз (35 баллов).

4. Исследуя измерения, можно изучить связь между физической величиной и другими физическими величинами, за исключением некоторого (безразмерного) числового фактора. Это исследование называется размерным анализом. Основой этого метода являются основные единицы измерения, а именно стандартные единицы длины, массы и времени. Единицы измерения любых других физических величин практически всегда могут быть определены в терминах (комбинациях) этих основных единиц.

Пусть самолет летит в атмосфере со скоростью v относительно атмосферы, плотность которой равна ρ . Давление воздуха на крыла самолета пропорционально плотности и скорости, что можно записать так: $p = k \rho^a v^b$, где k - безразмерный коэффициент; a и b - некоторые числа. Определите, чему равны a и b .

Решение:

1. Размерности давления, плотности и скорости:

$$[p] = [(кг \cdot м \cdot с^{-2})/м^2] = [кг \cdot м^{-1} \cdot с^{-2}]$$

$$[\rho] = [\text{кг}/\text{м}^3] = [\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}]$$

$$[v] = [\text{м} \cdot \text{с}^{-1}]. \text{ (9 баллов)}$$

2. Уравнение размерностей со степенями а и в:

$$[\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}] = [\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}]^a [\text{м} \cdot \text{с}^{-1}]^b \text{ (6 баллов)}$$

3. Получаем уравнение

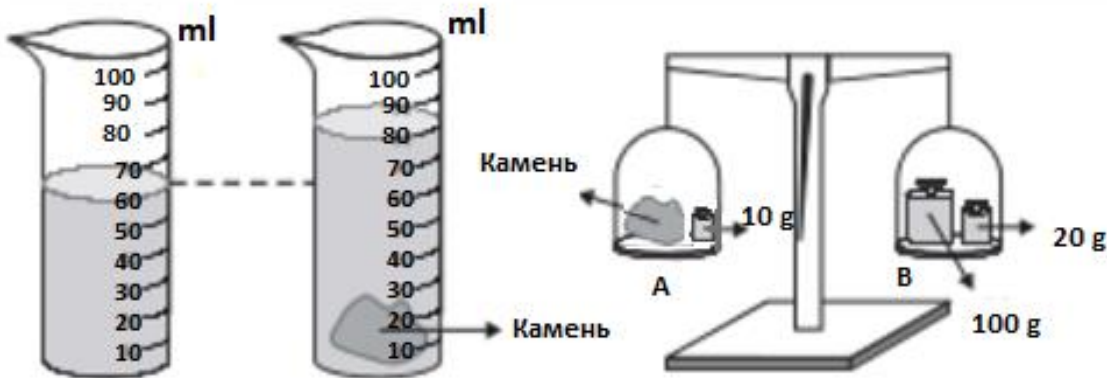
$$[\text{кг} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}] = [\text{кг}^a \cdot \text{м}^{-3a-b} \cdot \text{с}^{-b}]. \text{ или } [\text{кг}^1 \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}] = [\text{кг}^a \cdot \text{м}^{-3a-b} \cdot \text{с}^{-b}]. \text{ (5 баллов)}$$

4. Тогда учитывая степени: $a=1$, $-3a-b=1$, $-b=-2$. (3 балла)

5. Итого: Получаем: $a=1$ и $b=2$. (2 балла)

Ответ: $a=1$ и $b=2$ (25 баллов).

5. Определите плотность камня из данных на рисунке. Ответ дать в $\text{кг} / \text{м}^3$.



Решение:

1 Масса камня (m) = 100 грамм + 20 грамм - 10 грамм = 110 грамм = 120/1000 килограмм = 0,120 килограмма (3 балла).

2 Объем (V) = 80 мл – 60 мл = 20 мл = 20/1000 литров = 2/100 литров = 0,02 литра.

1 литр = 0,001 м^3 , тогда 0,02 литра = 0,02 x 0,001 м^3 = 0,00002 м^3 (3 балла).

3 Плотность: $\rho = m / V = 0,110 \text{ кг} / 0,00002 \text{ м}^3 = 110 \text{ кг} / 0,02 \text{ м}^3 = 5500 \text{ кг} / \text{м}^3$ (4 балла).

Ответ: $\rho = 5500 \text{ кг} / \text{м}^3$ (10 баллов).

7 класс
Вариант 2

1. Один из самых длинных эскалаторов в России находится в г. Москва на Станции Парк Победы. Он преодолевает расстояние равное 130 м. Поручни на эскалаторе движутся на 2,0 % быстрее, чем лестница. Человек, стоящий на движущейся лестнице эскалатора, удерживает руку на поручне. Все время перемещаясь, рука относительно человека уезжает и человеку становится неудобно. В результате он перехватывает поручень на 50 см назад. Сколько раз перехватит человек поручень за все время движения? Время на перемещение руки назад не учитывать. Первое взятие за самый край поручня учитывать.

Решение:

1 Поручни движутся со скоростью $u=v \cdot (1+\delta v)$. (3 балла)

2 Тогда рука успеет добраться до конца эскалатора за время $\tau = l/u = l/v(1+\delta v)$. (3 балла)

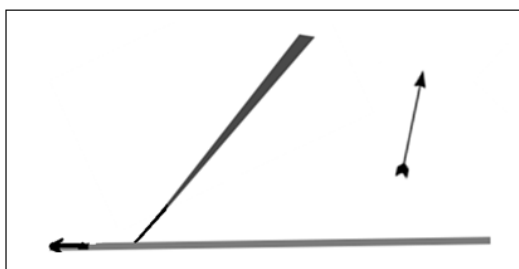
3 Тем временем остальная часть тела преодолевает расстояние $l_0 = v\tau = l/(1+\delta v)$. (3 балла)

4 Рука переместилась относительно остального тела на $\Delta l = l - l_0 = \delta v \cdot l / (1 + \delta v) = 2,47 \text{ м}$. (3 балла)

5 Итого получаем $2,47/0,5 \sim 4$ раза. (3 балла)

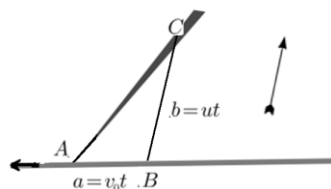
Ответ: 4 раза (15 баллов)

2. На рисунке приведено изображение со спутника с сохранением пропорций. Изображение представляет собой линию движения трактора и его дымовой след. Трактор двигался по дороге в направлении, указанном стрелкой на дороге. Скорость трактора составляла $v_0 = 30 \text{ км/ч}$. Направление ветра обозначено другой стрелкой. Используя предоставленный рисунок, определите скорость ветра. При необходимости перерисуйте изображение и поясните все отметки и дополнительные построения на изображении. Соблюдайте пропорции.



Решение:

1. Рисунок: Проведем из произвольной точки В на дороге линию, параллельную направлению ветра, и пусть она пересекает дым след в точке С. (3 балла)



2. Затем дым, выпускаемый трактором в точке В, прошёл расстояние $BC = ut$, где u — скорость ветра. (3 балла)

3. Сам трактор проехал расстояние $AB = v_0 t$. Значит мы можем измерить расстояния АВ и ВС на рисунке. (3 балла)

4. Вычисление: $u = v_0 \frac{|BC|}{|AC|} = (1,9/3) * 30 \approx 19$ км/ч. (6 баллов)

Ответ: 19 км/ч (15 баллов).

3. Известно, что когда мимо нас перемещается объект издающий звук, то звук сигнала сначала кажется высоким, а затем становится низким. То есть когда звук движется в нашу сторону, он кажется выше, чем есть на самом деле. А когда сигнал удаляется от нас, то слух воспринимает его ниже.

Насекомые производят множество разнообразных звуков. Например, жужжание создаётся в результате очень быстрой вибрации крыльев. Так, божьи коровки в полете взмахивают крыльями до $f=100$ раз в секунду.

Какое количество взмахов крыльями в секунду (f') услышит навстречу летящий другой такой же жук? Жуки летят с одинаковой скоростью $v=30$ км/ч. Скорость звука в воздухе $c=330$ м/с. Время между двумя взмахами крыльями (T) обратно пропорционально количеству взмахов в секунду (f).

Решение:

1 Пусть $t=0$ начальный момент времени ($t=0$) жуки находится на расстоянии l и первый жук делает первый взмах крыльями и выпускает этим первый сигнал. Второй жук примет этот импульс спустя промежуток времени t_1 . За это время звук пройдет путь $l - vt_1$. Следовательно, $t_1 = (l - vt_1)/c$ (1) (5 баллов)

2 Следующий импульс первый жук издает через промежуток времени T . Этот импульс дойдет до второго жука в момент времени t_2 :

$t_2 = T + ((l - vt_1) - vT - v(t_2 - t_1))/c$ (2). (10 баллов)

3 Вычитая из выражения (2) выражение (1) и введя обозначение $t_2 - t_1 = T'$, получим: $T' = T - v(T + T')/c$. (10 баллов)

4 Отсюда находим: $T' = T(c - v)/(c + v)$. (5 баллов)

5 Так как $T \sim 1/f$. То, частота следования импульсов, воспринимаемая вторым жуком, будет равна $f' = f(c + v)/(c - v) \sim 105$ раз. (5 баллов)

Это изменение частоты получило название эффекта Доплера.

Ответ: $f'=105$ раз (35 баллов).

4. Исследуя измерения, можно изучить связь между физической величиной и другими физическими величинами, за исключением некоторого (безразмерного) числового фактора. Это исследование называется размерным анализом. Основой этого метода являются основные единицы измерения, а именно стандартные единицы длины, массы и времени. Единицы измерения любых других физических величин практически всегда могут быть определены в терминах (комбинациях) этих основных единиц.

Предположим, что крыло самолета прямоугольное с длиной H и шириной L . Пусть этот самолет летит в атмосфере со скоростью v относительно атмосферы, плотность которой равна ρ . Поскольку подъемная сила самолета F пропорциональна длине его крыла, мы можем записать:

$$\frac{F}{H} = k \rho^a v^b L^c$$

где k - безразмерный коэффициент; a и b - некоторые числа. Определите, чему равны a и b . (25 баллов)

Решение:

1 Размерности силы, длины, плотности, скорости и ширины:

$$[F] = [\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}].$$

$$[H] = [\text{м}].$$

$$[\rho] = [\text{кг}/\text{м}^3] = [\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}].$$

$$[v] = [\text{м} \cdot \text{с}^{-1}].$$

$$[L] = [\text{м}]. \text{ (9 баллов)}$$

2 Уравнение размерностей со степенями a и b :

$$[\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}] / [\text{м}] = [\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}]^a [\text{м} \cdot \text{с}^{-1}]^b [\text{м}]^c \text{ (6 баллов)}$$

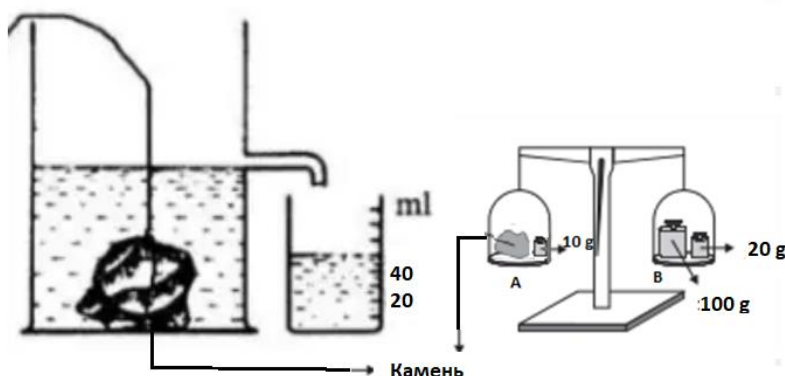
3 $[\text{м} \cdot \text{с}^{-2}] = [\text{кг}^a \text{ м}^{-3a+b+c} \text{ с}^{-b}]$. Перепишем так: $[\text{кг}^0 \text{ м}^1 \cdot \text{с}^{-2}] = [\text{кг}^a \text{ м}^{-3a+b+c} \text{ с}^{-b}]$. (5 баллов)

4 Тогда: $a=1, -3a+b+c=1, -b=-2$. (3 балла)

5 Получаем: $a=1, b=2, c=1$. (2 балла)

Ответ: $a=1, b=2, c=1$ (25 баллов).

5. Определите плотность камня из данных на рисунке. Ответ дать в $\text{кг} / \text{м}^3$.



Решение:

1 Масса камня (m) = 100 грамм + 20 грамм - 10 грамм = 110 грамм = 120/1000 килограмм = 0,120 килограмма. (3 балла)

2 Объем = 40 мл = 40/1000 литров = 4/100 литров = 0,04 литра
0,05 литра = 0,00005 м^3 . (3 балла)

3 Плотность: $\rho = m / V = 0,110 \text{ кг} / 0,00005 \text{ м}^3 = 110 \text{ кг} / 0,05 \text{ м}^3 = 2200 \text{ кг} / \text{м}^3$. (4 балла)

Ответ: $\rho = 2200 \text{ кг} / \text{м}^3$ (9 баллов).

7 класс
Вариант 3

1. Один из самых длинных эскалаторов в России находится в г. Санкт-Петербурге на станции Чернышевская. Он преодолевает расстояние равное 131 м. Поручни на эскалаторе движутся на 1,5 % быстрее, чем лестница. Человек, стоящий на движущейся лестнице эскалатора, удерживает руку на поручне. Все время перемещаясь, рука относительно человека уезжает и человеку становится неудобно. В результате он перехватывает поручень на 60 см назад. Сколько раз перехватит человек поручень за все время движения. Время на перемещение руки назад не учитывать. Первое взятие за самый край поручня учитывать.

Решение:

1. Поручни движутся со скоростью $u = v \cdot (1 + \delta v)$. (3 балла)

2. Тогда рука успеет добраться до конца эскалатора за время $\tau = l/u = l/v(1 + \delta v)$. (3 балла)

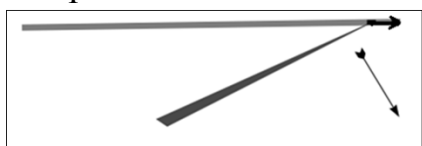
3. Тем временем остальная часть тела преодолевает расстояние $l_0 = v\tau = l/(1 + \delta v)$. (3 балла)

4. Рука переместилась относительно остального тела на $\Delta l = l - l_0 = \delta v \cdot l / (1 + \delta v) = 1,93$ м. (3 балла)

5. Итого получаем $1,93/0,6 \sim 3$ раза.

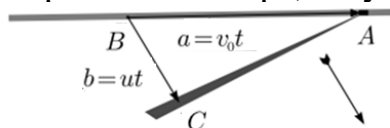
Ответ: 3 раза (15 баллов).

2. На рисунке приведено изображение со спутника с сохранением пропорций. Изображение представляет собой линию движения трактора, и его дымовой след. Трактор двигался по дороге в направлении, указанном стрелкой на дороге. Скорость трактора составляла $v_0 = 30$ км/ч. Направление ветра обозначено другой стрелкой. Используя предоставленный рисунок, определите скорость ветра. При необходимости перерисуйте изображение и поясните все отметки и дополнительные построения на изображении. Соблюдайте пропорции.



Решение:

1. Рисунок: Проведем из произвольной точки В на дороге линию, параллельную направлению ветра, и пусть она пересекает дым след в точке С. (3 балла)



2. Затем дым, испускаемый трактором в точке В, прошёл расстояние $BC = ut$, где u — скорость ветра. (3 балла)

3. Сам трактор проехал расстояние $AB = v_0 t$. Значит мы можем измерить расстояния АВ и ВС на рисунке. (3 балла)

4. Вычисление:

$$u = v_0 \frac{|BC|}{|AC|} = \frac{18 \text{ mm}}{42 \text{ mm}} 30 \text{ km/h} \approx (6 \text{ баллов})$$

Ответ: 13 км/ч (15 баллов).

3. Известно, что когда мимо нас перемещается объект издающий звук, то звук сигнала сначала кажется высоким, а затем становится низким. То есть когда звук движется в нашу сторону, он кажется выше, чем есть на самом деле. А когда сигнал удаляется от нас, то слух воспринимает его ниже.

Насекомые производят множество разнообразных звуков. Например, жужжание создаётся в результате очень быстрой вибрации крыльев. Так, стрекозы в полете взмахивают крыльями до $f = 250$ раз в секунду.

Какое количество взмахов крыльями в секунду (f') услышит навстречу летящая другая такая же стрекоза? Стрекозы летят с одинаковой скоростью $v = 30$ км/ч. Скорость звука в воздухе $c = 330$ м/с. Время между двумя взмахами крыльями (T) обратно пропорционально количеству взмахов в секунду (f).

Решение:

1. Пусть в начальный момент времени ($t=0$) жуки находится на расстоянии l и первый жук делает первый взмах крыльями и испускает этим первый сигнал. Вторым жуком примет этот импульс спустя промежуток времени t_1 . За это время звук пройдет путь $l - vt_1$. Следовательно, $t_1 = (l - vt_1)/c$ (1). (5 баллов)

2. Следующий импульс первый жук издает через промежуток времени T . Этот импульс дойдет до второго жука в момент времени t_2 :
 $t_2 = T + ((l - vt_1) - vT - v(t_2 - t_1))/c$ (2). (10 баллов)

3. Вычитая из выражения (2) выражение (1) и введя обозначение $t_2 - t_1 = T'$, получим:
 $T' = T - v(T + T')/c$. (10 баллов)

4. Отсюда находим: $T' = T(c - v)/(c + v)$. (5 баллов)

5. Так как $T \sim 1/f$. То, частота следования импульсов, воспринимаемая вторым жуком, будет равна $f' = f(c + v)/(c - v) \sim 251$ раз. (5 баллов)

Это изменение частоты получило название эффекта Доплера.

Ответ: $f' = 251$ раз (35 баллов).

4. Исследуя измерения, можно изучить связь между физической величиной и другими физическими величинами, за исключением некоторого (безразмерного) числового фактора. Это исследование называется размерным анализом. Основой метода являются основные единицы измерения, а именно стандартные единицы длины, массы и времени. Единицы измерения любых других физических величин могут быть определены в терминах (комбинациях) основных единиц.

Предположим, что скорость звука выражается как: $v = k p^a \rho^b$, где k - безразмерный коэффициент; a и b - некоторые числа, p - атмосферное давление, ρ - плотность воздуха. Определите, чему равны a и b .

Решение:

1. Размерности скорости давления и плотности:

$$[v] = [m \cdot s^{-1}],$$

$$[p] = [(kg \cdot m \cdot s^{-2})/m^2] = [kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}]$$

$$[\rho] = [kg/m^3] = [kg \cdot m^{-3}]. (9 \text{ баллов})$$

2. Уравнение размерностей со степенями a и b :

$$[m \cdot s^{-1}] = [kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}]^a [kg \cdot m^{-3}]^b (6 \text{ баллов})$$

3. Получаем уравнение

$$[M^*c^{-1}] = [K^{a+b} M^{-a-3b} c^{-2a}] \text{ или } [K^0 * M^*c^{-1}] = [K^{a+b} M^{-a-3b} c^{-2a}]. \text{ (5 баллов)}$$

4 Тогда учитывая степени: $a + b = 0$, $-a - 3b = 1$, $-1 = -2a$. (3 балла)

5 Итого: Получаем: $a = 1/2$ и $b = -1/2$. (2 балла)

Ответ: $a = 1/2$ и $b = -1/2$ (25 баллов).

5. Определите плотность камня из данных на рисунке. Ответ дать в $кг / м^3$.



Решение:

1. Масса камня (m) = 150 грамм + 20 грамм - 30 грамм = 140 грамм = 140/1000 килограмм = 0,140 килограмма. (3 балла)

2. Объем (V) = объем пролитой воды = 25 $см^3$

25 $см^3 = 0,000025 м^3$. (3 балла)

3. Плотность: $\rho = m / V = 0,140 кг / 0,000025 м^3 = 140 кг / 0,025 м^3 = 5600 кг / м^3$. (4 балла)

Ответ: $\rho = 5600 кг / м^3$ (10 баллов).