

### 1. «Мигающий» фонарь

Семья возвращалась с дачи и встала в пробку перед железнодорожным переездом. В это время через переезд проходил длинный товарный состав, состоящий из одинаковых вагонов длины  $L = 12$  м.

1.1. Семиклассник Саша заметил, что он видит свет от фонаря, находящегося за железнодорожными путями через промежуток времени  $\tau_1 = 1$  с. Определить скорость состава  $V$ .

1.2. Спустя какое-то время через переезд пошёл ещё один состав, движущийся в встречном направлении со скоростью  $U$ , собранный из таких же вагонов. Саша заметил, что свет от фонаря становится видимым через промежуток времени  $\tau_2 = 3$  с, при этом за 3 секунды проходит 3 вагона первого состава. Определите возможные значения  $U$ . Известно, что скорость движения составов на данном участке пути не может быть меньше 25 км/ч и не может быть больше 80 км/ч.

1.3. Пусть в первом составе  $N_1 = 74$  вагона, во втором  $N_2 = 86$  вагонов. За какое время разминутся поезда, если второй будет двигаться с минимально возможной скоростью, которую Вы определили в задаче 1.2?

#### **ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

1.1. За 1 секунду поезд пройдёт расстояние, равное длине вагона. Поэтому скорость поезда равна

$$V = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 43,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

1.2. Рассмотрим два последовательных «мигания» фонаря. За время  $\tau_2$  пройдёт три вагона первого состава. Чтобы свет от фонаря был виден, нужно чтобы мимо фонаря за это время прошло целое число вагонов  $N$ , т.е.

$$N \cdot L = U \cdot \tau_2;$$

$$3 \cdot L = V \cdot \tau_2.$$

Из записанных соотношений получаем выражение для возможных скоростей второго поезда

$$U = \frac{N}{3} V.$$

Так как  $N$  – целое число, то перебирая эти значения, получаем возможные значения скорости

$$N = 1 \quad U = \frac{1}{3} V = 14,4 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$N = 2 \quad U = \frac{2}{3} V = 28,8 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$N = 3 \quad U = \frac{3}{3} V = 43,2 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$N = 4 \quad U = \frac{4}{3}V = 57,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$N = 5 \quad U = \frac{5}{3}V = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$N = 6 \quad U = \frac{6}{3}V = 86,4 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

...

Значения скорости  $U$  при  $N > 5$  оказываются больше 80 км/ч. Значение 14,4 км/ч также не подходит под ограничение на скорости на данном участке. Кроме того, случай 43,2 км/ч также нас не устраивает – поезда движутся в одинаковыми скоростями, следовательно, фонарь будет виден каждую секунду, а не три, как сказано в условии задачи.

Итог: возможные значения скоростей 28,8 км/ч, 57,6 км/ч и 72 км/ч.

1.3. Найдём скорость первого поезда относительно второго, она равна  $V + U$ . Чтобы поезда разминулись, нужно чтобы первый прошел путь, равный суммарной длине обоих поездов, поэтому

$$\Delta t = \frac{(N_1 + N_2)L}{V + U}.$$

Так как минимальная скорость движения второго поезда равна 28,8 км/ч (8 м/с), то для времени получаем

$$\Delta t = \frac{(74 + 86)12}{12 + 8} = 96 \text{ с.}$$

### Критерии проверки

	Содержание	Балл
1.1	Для найдена скорость состава	1
1.2	Идея о целом числе вагонов	2
	Найдены скорости (по 0,5 за каждую), скорости попали в указанный интервал (+0,5)	2
1.3	Относительная скорость	0,5
	Суммарная длина поездов	1
	Ответ	0,5
	<b>ИТОГ</b>	<b>7</b>

### 2. Средняя скорость

2.1. Небольшой шарик движется со скоростью 10 м/с в течение 10 секунд. Затем 10 секунд стоит. Определите зависимость средней скорости шарика от времени.

Для этого заполните таблицу:

$t, \text{с}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$V_{\text{ср}}, \text{м/с}$	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	8,33	7,15	6,25	5,56	5,00

2.2. Используя результат п 2.1, объясните, почему в течение какого-то промежутка времени средняя скорость уменьшается. Укажите, когда это происходит.

### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Средняя скорость определяется так:

$$V_{cp} = \frac{\text{весь путь}}{\text{все время}}$$

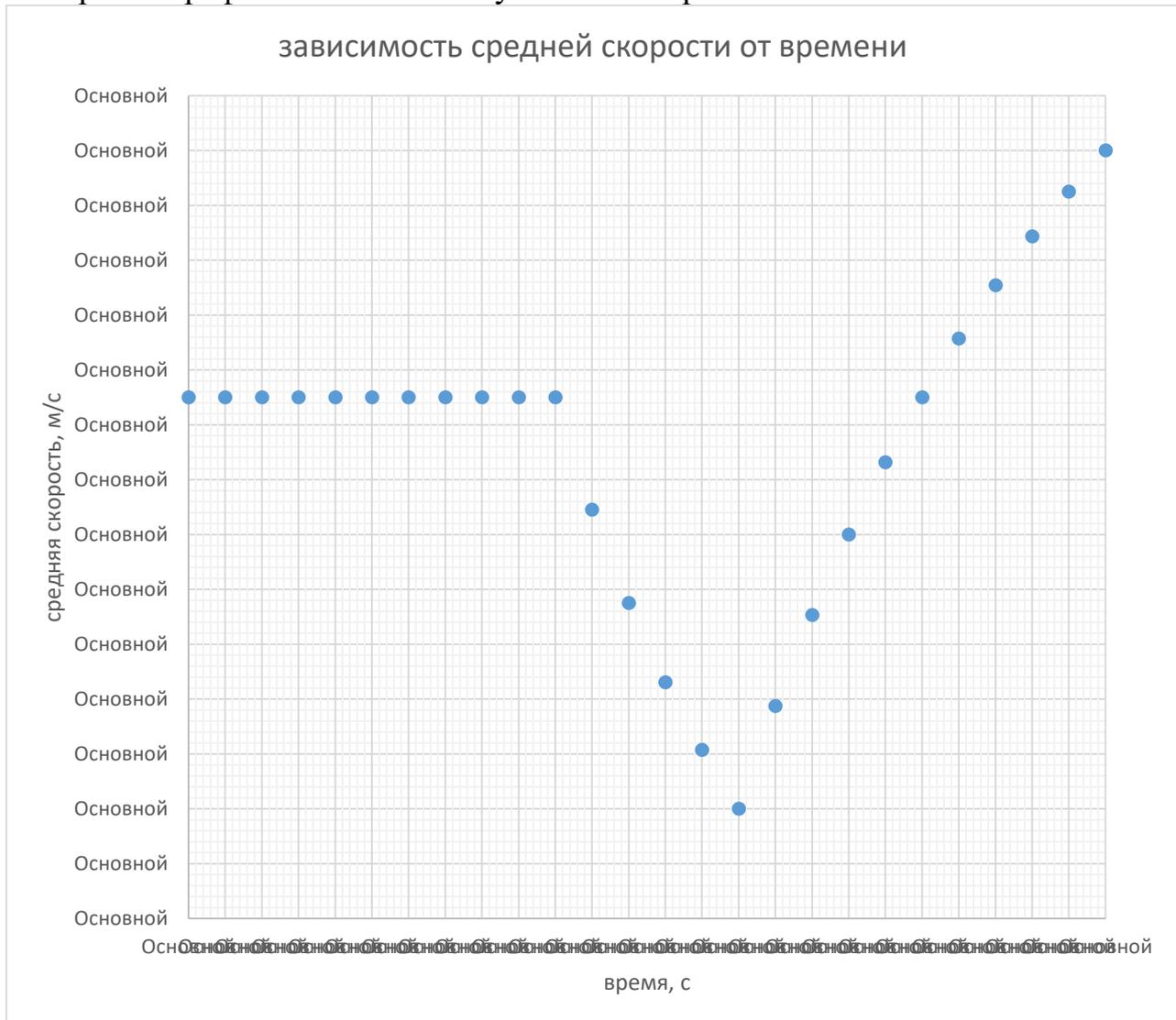
Пока тело движется с постоянной скоростью, путь увеличивается и время движения увеличивается, но их отношением остается постоянной величиной – это скорость движения.

Когда тело останавливается, путь перестает увеличиваться, а время растёт, поэтому средняя скорость уменьшается.

2.3. График зависимости средней скорости прямолинейно движущегося тела от времени представлен на рисунке. Известно, что тело либо двигалось с постоянной скоростью, либо покоилось. Используя график, определите:

- с какими скоростями двигалось тело в различные моменты времени;
- какой путь прошло тело за 25 секунд.

Постройте график зависимости пути тела от времени.



### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Выделим на графике три участка:

- участок первый  $0 \leq t \leq 10$  с. Средняя скорость постоянна и равна

$$V_1 = 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

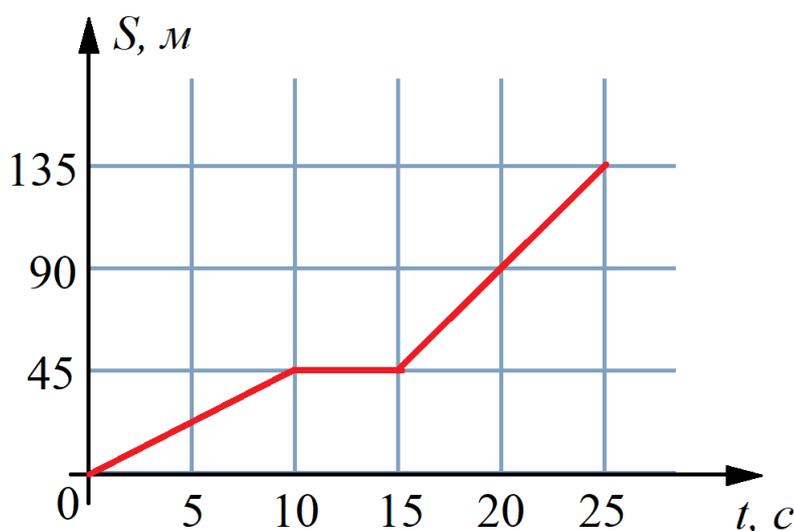
Тело движется с постоянной скоростью, равной  $V_1$ .

- участок второй  $10 < t \leq 15$  с. Средняя скорость убывает от значения 4,5 м/с до значения 3 м/с.

- участок третий  $15 < t \leq 25$  с. Средняя скорость увеличивается от значения 3 м/с до значения 5,4 м/с.

Так как в условии задачи сказано, «что тело либо двигалось с постоянной скоростью, либо покоилось», то на втором участке тело покоилось, а на третьем двигалось.

Определим скорость движения на третьем участке. По графику находим, что



средняя скорость в момент времени 25 с равна 5,4 м/с, следовательно, за 25 секунд тело прошло путь  $25 \cdot 5,4 = 135$  м. Так как за первые 10 с оно прошло путь 45 м, а 5 с покоилось, то за время  $25 - 5 - 10 = 10$  с путь тела равен  $135 - 45 = 90$  м, то скорость движения тела на третьем участке равна 9 м/с.

График зависимости пути, пройденного телом от времени, представлен на

рисунке.

### Критерии проверки

	Содержание	Балл
2.1	Верно заполнена таблица	1
2.2	Дано объяснение причин уменьшения средней скорости	1
2.3	Выделены участки, верно объяснены причины изменений (постоянства) средней скорости	1
	Определена скорость на третьем участке	3
	Правильный график зависимости пути от времени, значения по осям указаны верные	2
	<b>ИТОГ</b>	<b>8</b>

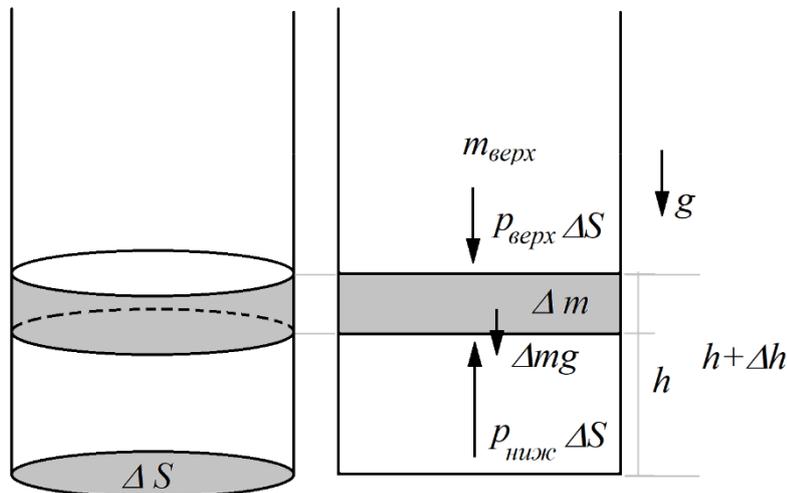
### 3. Барометрическая ступень

Атмосферное давление — давление атмосферы, действующее на все находящиеся в ней предметы и на земную поверхность, равное модулю силы, действующей в атмосфере, на единицу площади поверхности по нормали к ней. Как известно, атмосферное давление с высотой уменьшается. Кроме того, при подъёме температура уменьшается, плотность воздуха также меняется, но этим мы будем пренебрегать.

Итак, Вам предлагается следующая модель атмосферы: температура по высоте постоянна (будем считать ее равной  $0^{\circ}\text{C}$ ), плотность с высотой также не меняется, а давление уменьшается.

3.1. Объясните, почему атмосферное давление с высотой уменьшается.

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**



Выделим на поверхности земли площадку площади  $S$  и построим на ней вертикальный цилиндр, который разобьём на горизонтальные слои.

На выделенный цветом слой массой  $\Delta m$ , нижняя поверхность которого расположена на высоте  $h$  над землей сверху действуют верхние слои (их притягивает земля с силой тяжести  $m_{\text{верх}} \cdot g$ ),

снизу давят нижележащие слои. Сам слой притягивается к земли с силой тяжести  $\Delta m \cdot g$ . Слой находится в покое, поэтому

$$p_{\text{ниж}} \cdot \Delta S = p_{\text{верх}} \cdot \Delta S + \Delta m g.$$

Или

$$p_{\text{ниж}} = p_{\text{верх}} + \frac{\Delta m g}{\Delta S}.$$

Видим, что давление в нижних слоях атмосферы больше, и причина этого – сила тяжести.

Барометрическая ступень — величина, определяющая изменение высоты в зависимости от изменения атмосферного давления. Зависит от давления и температуры воздуха. Физический смысл барометрической ступени — высота, на которую надо подняться, чтобы давление понизилось на 1 гПа (гектоПа (1гПа) – означает 100Па). Барометрической ступенью удобно пользоваться при решении задач, не требующих высокой точности, например, для оценки давления по известной разности высот.

При температуре воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  и давлении 1000 гПа, барическая ступень равна 8 м/гПа. Следовательно, чтобы давление уменьшилось на 1 гПа, нужно подняться на 8 метров.

Величина, обратная барометрической ступени, — вертикальный барометрический градиент, то есть изменение давления при поднятии или опускании на 100 метров.

3.2. Определите значение барометрического градиента.

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Так как при подъёме на 8 метров давление уменьшается на 100 Па, то при подъёме на 100 метров давление уменьшится на

$$\frac{100}{8} \cdot 100 = 1250 \text{ Па.}$$

Давление можно измерять не только в паскалях, очень широко используется миллиметр ртутного столба (1 мм рт.ст.). 1 мм.рт.ст. определяет давление, которое оказывает на дно сосуда столб ртути высотой 1 мм. Плотность ртути равна  $13600 \text{ кг/м}^3$ . Ускорение свободного падения считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

3.3. При переносе барометра с уровня моря на холм давление уменьшилось на 2 мм.рт.ст. Температура не меняется. Какова высота холма? Считать, что давление на уровне моря равно  $101\,325 \text{ Па}$ .

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Сначала переведем мм.рт.ст. в паскали. 1 мм.рт.ст. определяет давление, которое оказывает на дно сосуда столб ртути высотой 1 мм, поэтому

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 10^{-3} \text{ м} = 136 \text{ Па.}$$

Так давление уменьшилось на 2 мм рт.ст, то в паскалях этому соответствует  $272 \text{ Па}$ . На каждые 8 метров давление уменьшается на  $100 \text{ Па}$ , поэтому высота холма равна

$$\frac{272}{100} \cdot 8 = 21,8 \text{ м}$$

3.4. Шарик, изготовленный из очень лёгкого эластичного материала заполнили газом, плотность которого меньше плотности воздуха. На поверхности земли объем шара оказался равным  $V_0 = 1000 \text{ см}^3$ . С уменьшением внешнего давления на  $1 \text{ кПа}$  объем шара увеличивается на  $10 \text{ см}^3$ .

- получите формулу, используя которую Вы сможете рассчитать объем шара на любой высоте  $h$ . Объем шара следует измерять в  $\text{см}^3$ , а высоту от поверхности земли в м.

- чему равна сила Архимеда, действующая на шарик, находящийся на высоте  $8 \text{ км}$ ? Плотность воздуха считать одинаковой на всех высотах и равной  $1,2 \text{ кг/м}^3$ .

- определить атмосферное давление на этой высоте.

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Получим формулу, позволяющую определить объем шара  $V$  на любой высоте  $h$ . Для того, чтобы давление увеличилось на  $1 \text{ кПа}$ , надо подняться на высоту  $80 \text{ м}$ , при этом объем увеличится на  $10 \text{ см}^3$ , поэтому

$$V(h) = V_0 + 10 \cdot \frac{h}{80}$$

На высоте  $h = 8 \text{ км} = 8000 \text{ м}$  объем шара будет равен

$$V(8000) = 1000 + 10 \cdot \frac{8000}{80} = 2000 \text{ см}^3.$$

Сила Архимеда будет равна

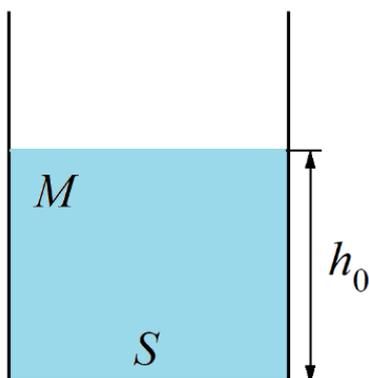
$$F_{\text{Арх}} = \rho g V(8000);$$

$$F_{\text{Арх}} = 1,2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Н.}$$

**Критерии проверки**

	Содержание	Балл
3.1	Причина увеличения атмосферного давления при приближении к поверхности земли – увеличение массы вышележащих слоёв	До 1,5
3.2	Определен барометрический градиент	0,5
3.3	Установлена связь паскаля и мм рт.ст	0,5
	Найдена высота холма	0,5
3.4	Записана формула $V(h)$	1
	Определен объём на высоте 8 км	0,5
	Верно посчитана сила Архимеда	0,5
	<b>ИТОГ</b>	<b>5</b>

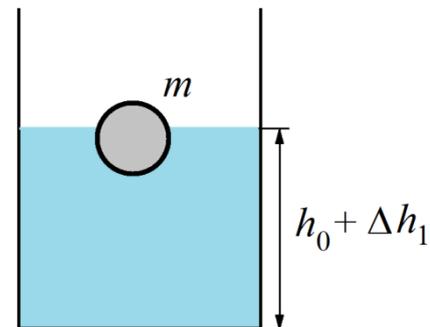
#### 4. Шарики в аквариуме



В прямоугольный аквариум налита вода массой  $M$ . Площадь дна аквариума  $S$ . Плотность воды  $\rho$ . Уровень воды в этом случае обозначим  $h_0$  и в дальнейшем все изменения будем отсчитывать от него.

Запишите, чему равно значение  $h_0$ .  
Начальный уровень жидкости равен

$$h_0 = \frac{M}{\rho S}$$



4.1. В воду опустили шарик массой  $m$ . Он плавает на поверхности воды. Определите:

- давление на дно  $p_1$ ;
- изменение уровня воды  $\Delta h_1$ .

#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Так как шарик плавает, то сила тяжести равна силе Архимеда.

$$mg = F_{\text{Арх}}$$

Шарик действует на воду с силой, равной выталкивающей силе (либо силе тяжести), поэтому давление на дно становится равным

$$p_1 = \frac{M + m}{S} g = \frac{Mg}{S} + \frac{mg}{S}$$

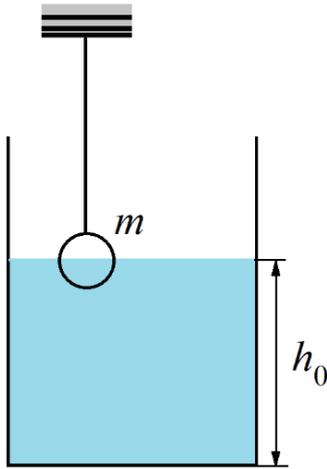
Первое слагаемое определяет обычное гидростатическое давление, а второе определяет увеличение давления, связанное с помещением в аквариум плавающего шарика

$$\frac{Mg}{S} = \rho g h_0;$$

$$\rho g \cdot \Delta h = \frac{mg}{S}$$

Таким образом изменение уровня воды в этом случае равно

$$\Delta h = \frac{m}{\rho S}$$



4.2. В аквариум на нити погружен шарик массой  $m$  и с плотностью  $4\rho$  таким образом, что под водой находится половина объема шарика. Определите:

- силу натяжения нити  $T_2$ ;
- давление на дно  $p_2$ ;
- изменение уровня воды  $\Delta h_2$ .

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Сила натяжения нити равна

$$T_2 = mg - F_{\text{Арх}}.$$

Объем шарика  $V$  равен

$$V = \frac{m}{4\rho}.$$

Сила Архимеда равна

$$F_{\text{Арх}} = \rho g \frac{V}{2} = \frac{mg}{8}.$$

Сила натяжения нити таким образом равна

$$T_2 = \frac{7mg}{8}.$$

Давление на дно равно

$$p_2 = \frac{Mg + F_{\text{Арх}}}{S} = \rho g h_0 + \frac{mg}{8S}.$$

Изменение уровня воды равно

$$\Delta h_2 = \frac{V}{2S} = \frac{m}{8\rho S}.$$

4.3. В аквариуме с помощью нити, конец которой прикреплен ко дну, удерживается шарик массой  $m$  и с плотностью  $\frac{\rho}{4}$  таким образом, что под водой находится половина объема шарика. Определите:

- силу натяжения нити  $T_3$ ;
- давление на дно  $p_3$ ;
- изменение уровня воды  $\Delta h_3$ .

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

Сила натяжения нити равна

$$T_3 = F_{\text{Арх}} - mg.$$

Объем шарика  $V$  равен

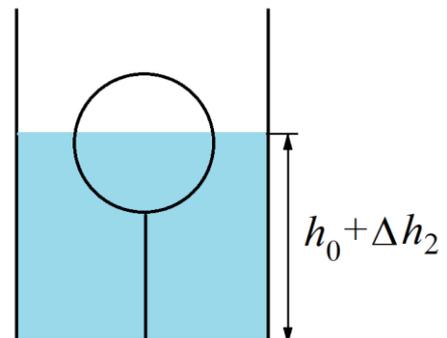
$$V = \frac{4m}{\rho}.$$

Сила Архимеда равна

$$F_{\text{Арх}} = \rho g \frac{V}{2}.$$

Сила натяжения нити таким образом равна

$$T_3 = mg.$$



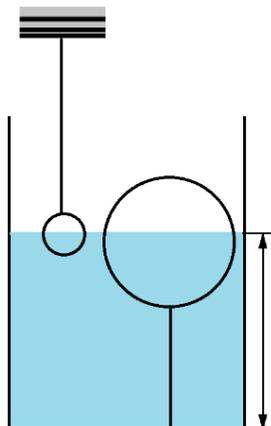
Давление на дно равно

$$p_3 = \frac{Mg + F_{\text{Арх}}}{S} = \rho g h_0 + \frac{mg}{S}.$$

Изменение уровня воды равно

$$\Delta h_3 = \frac{V}{2S} = \frac{2m}{\rho S}.$$

4.4. В аквариуме находятся два шарика: один массой  $m$  и с плотностью  $4\rho$



удерживается на нити таким образом, что под водой находится половина объема шарика, второй шарик массой  $m$  и с плотностью  $\frac{\rho}{4}$  удерживается с помощью нити, прикреплённой ко дну, таким образом, что под водой находится также половина объема шарика. Найти:

- давление на дно  $p_4$ ;

- изменение уровня воды  $\Delta h_4$ .

Не забывайте, что изменение уровня отсчитывается от  $h_0$  (определено в начале задачи).

### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Найдём объёмы шариков. Объём первого шара (с плотностью  $4\rho$ ) равен

$$V_1 = \frac{m}{4\rho}.$$

Объём второго шара равен

$$V_2 = \frac{4m}{\rho}.$$

Давление на дно равно

$$p_4 = \frac{Mg + F_{\text{Арх1}} + F_{\text{Арх2}}}{S} = \frac{Mg}{S} + \rho g \frac{m}{2 \cdot 4\rho S} + \rho g \frac{4m}{2\rho S} = \frac{Mg}{S} + \frac{17mg}{8S}.$$

Первое слагаемое определяет начальный уровень

$$\frac{Mg}{S} = \rho g h_0,$$

Второе слагаемое определяет изменение уровня воды

$$\frac{17mg}{8S} = \rho g \Delta h_4;$$

$$\Delta h_4 = \frac{17m}{8\rho S}.$$

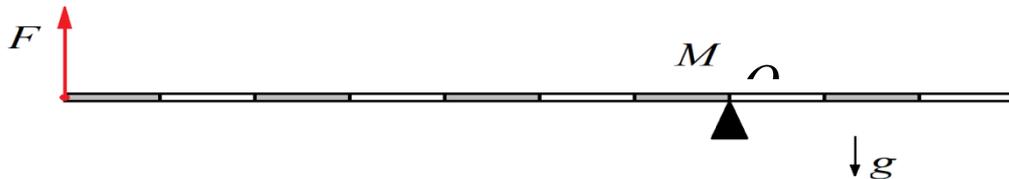
### Критерии проверки

	Содержание	Балл
	Найден начальный уровень жидкости $h_0 = \frac{M}{\rho S}.$	0,5
4.1	Сила Архимеда = силе тяжести	0,5
	Найдено давление на дно	1

	$p_1 = \frac{M + m}{S} g = \frac{Mg}{S} + \frac{mg}{S}.$	
	Найдено изменение уровня жидкости $\Delta h = \frac{m}{\rho S}.$	1
4.2	Найден объём шарика $V = \frac{m}{4\rho}.$	0,5
	Найдена сила натяжения $T_2 = \frac{7mg}{8}.$ Если написано только выражение $T_2 = mg - F_{\text{Арх}},$ то ставить половину баллов	1
	Определено давление на дно $p_2 = \frac{Mg + F_{\text{Арх}}}{S} = \rho gh_0 + \frac{mg}{8S}.$	1
	Найдено изменение уровня воды $\Delta h_2 = \frac{V}{2S} = \frac{m}{8\rho S}.$	1
4.3	Найден объём шарика $V = \frac{4m}{\rho}.$	0,5
	Найдена сила натяжения $T_3 = mg.$ Если написано только выражение $T_3 = F_{\text{Арх}} - mg,$ То ставить только половину баллов	1
	Определено давление на дно $p_3 = \frac{Mg + F_{\text{Арх}}}{S} = \rho gh_0 + \frac{mg}{S}.$	1
	Найдено изменение уровня воды $\Delta h_3 = \frac{V}{2S} = \frac{2m}{\rho S}.$	1
4.4	Найдено соотношение объёмов шариков (просто объёмы) $V_1 = \frac{m}{4\rho} \text{ и } V_2 = \frac{4m}{\rho}.$	1
	Определено давление на дно $p_4 = \frac{Mg}{S} + \frac{17mg}{8S}.$ Найдено изменение уровня воды $\Delta h_4 = \frac{17m}{8\rho S}.$	1
	<b>ИТОГ</b>	<b>13</b>

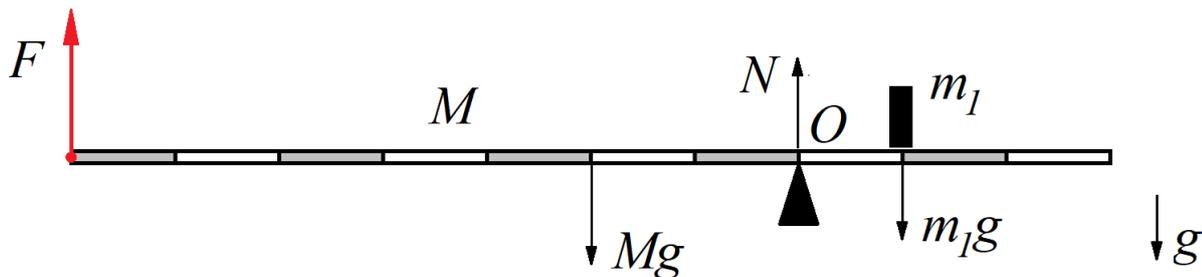
### 5. Прижмём!

5.1. (5 баллов) На левый конец планки массой  $M$  действует сила  $F$ , направленная вертикально вверх. В точке  $O$  планка шарнирно закреплена на опоре, относительно которой может вращаться без трения. На рисунке планка цветом разделена на участки одинаковой длины. Длина одного участка  $a$ . Груз какой массы  $m_1$  следует поместить на расстоянии  $2a$  от правого конца планки, чтобы система была в равновесии, обеспечивая нужную силу  $F$ ? Определите силу реакции  $N$  в креплении (в точке  $O$ ).



#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Расставим силы, действующие на систему «стержень + груз» и запишем правило моментов относительно точки  $O$ , получим уравнение



$$F \cdot 7a + m_1 g \cdot a = Mg \cdot 2a.$$

После деления на  $a$ , выразим массу  $m_1$

$$m_1 = 2M - \frac{7F}{g}.$$

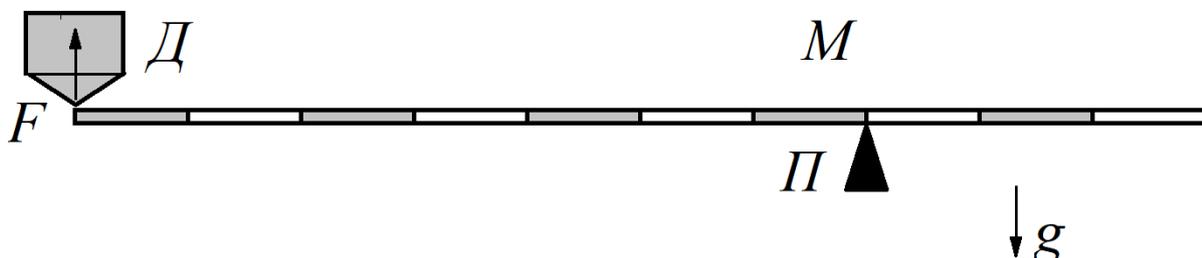
Силу реакции найдем, записав условие покоя стержня в вертикальном направлении

$$F + N = (M + m_1)g.$$

Выразив из этого уравнения  $N$  и подставив  $m_1$ , получим

$$N = 3Mg - 8F.$$

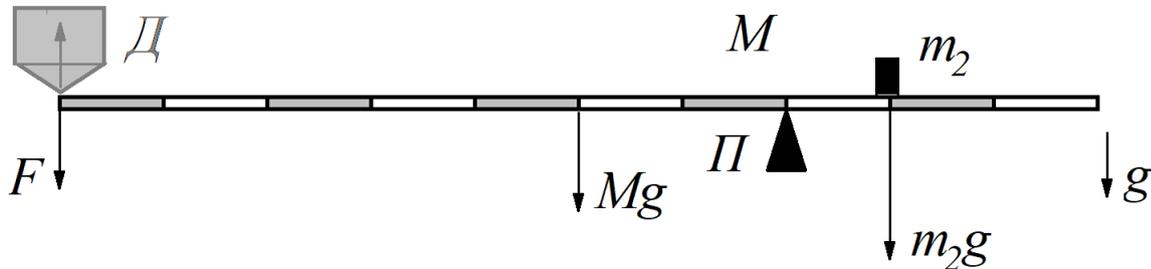
5.2. (5 баллов) Необходимо с помощью планки фиксированной длины массой  $M$  и закрепленной подставки  $\Pi$  создать устройство, которое прижимает планку к закрепленной на вертикальной стене детали  $D$  с силой не менее  $F$ . Расстояние между деталью и подставкой менять нельзя. На рисунке планка цветом



разделена на участки одинаковой длины. Обозначим длину одного участка  $a$ . Груз какой массы  $m_2$  следует поместить на расстоянии  $2a$  от правого конца планки, чтобы система была в равновесии, обеспечивая нужную силу прижима  $F$ ?

**ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:**

В этом случае со стороны детали на стержень будет действовать сила реакции, равная по модулю  $F$  и направленная вертикально вниз (см.рис.), поэтому



уравнение правило моментов, записанное относительно оси, проходящей через т.О, имеет вид

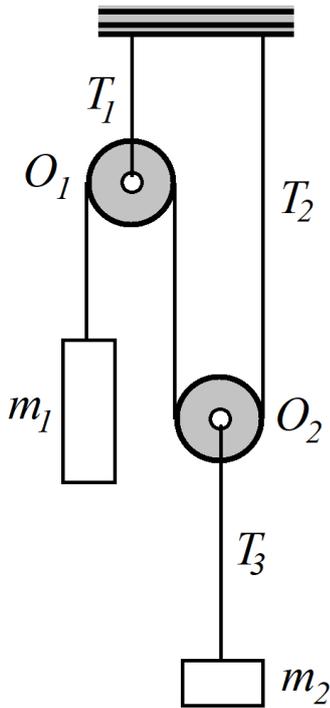
$$m_2g \cdot a = Mg \cdot 2a + F \cdot 7a.$$

Поэтому масса груза равна

$$m_2 = 2M + \frac{7F}{g}.$$

**Критерии проверки**

	Содержание	Балл
5.1	Сделан чертеж, расставлены силы и точками приложения	1
	Записано правило моментов (с расстояниями!!!)	1
	Определена масса $m_1$	1
	Либо записано условие покоя по вертикали, либо правило моментов относительно другой оси (для нахождения реакции опоры)	1
	Найдена сила реакции опоры	1
5.2	Указано, что сила $F$ в этом случае действует на стержень вниз	2
	Сделан чертеж, расставлены силы и точками приложения (этот балл ставится только если сила $F$ указана верно)	1
	Записано правило моментов (с расстояниями!!!) (этот балл ставится только если сила $F$ указана верно)	1
	Найдена масса $m_2$	1
	<b>ИТОГ</b>	<b>10</b>



### 6.Блоки, нити, пружинки. ...опять о них!

6.1.а.В покоящейся системе грузов определить силы натяжения всех нитей. Массы грузов и обозначения для сил натяжения указаны на рисунке. Нити невесомы и нерастяжимы. Трения в блоках нет, блоки имеют пренебрежимо малую массу. Каково должно быть соотношение между массами грузов, чтобы равновесие было возможно?

#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Запишем условия покоя грузов

$$m_1 g = T_2;$$

$$m_2 g = T_3;$$

$$2T_2 = T_3.$$

Из записанных выражений получим, что должно выполняться условие

$$2m_1 = m_2.$$

6.1.б. Пусть теперь груз  $m_2$  опустили вниз на расстояние  $x_2$ . На сколько и в каком направлении сместятся при этом оси блоков  $O_1$  и  $O_2$  и груз  $m_1$ ?

#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Груз  $m_2$  связан с точкой  $O_2$  нерастяжимой нитью, следовательно, точка  $O_2$  опустилась на  $x_2$ . При этом груз  $m_1$  поднимется на  $2x_2$ . А вот ось неподвижного блока  $O_1$  никуда не сместится.

6.2.На конец нити действует сила  $F$ . Под действием этой силы конец нити переместился вниз, и система оказалась в состоянии равновесия. Определить величины деформаций всех пружин (обозначения для величин деформаций предложены на рисунке). На сколько сместился вниз конец нити?

#### ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Сила натяжения нити и сила упругости второй пружины равны  $F$

$$F = 2k \cdot \Delta x_2;$$

$$\Delta x_2 = \frac{F}{2k}.$$

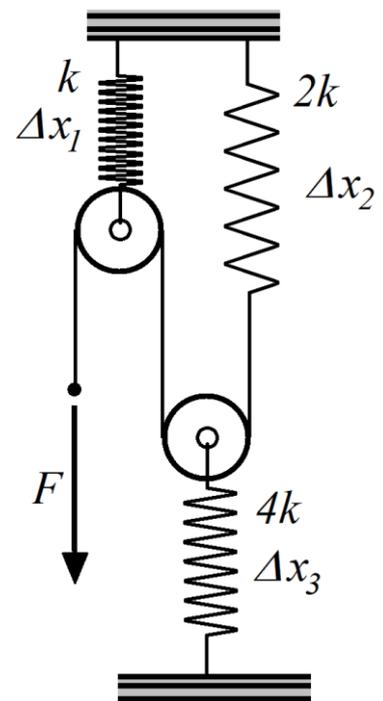
Сила упругости первой пружины равна

$$F_1 = 2F = k \cdot \Delta x_1;$$

$$\Delta x_1 = \frac{2F}{k}.$$

Сила упругости третьей пружины равна

$$F_3 = 2F = 4k \cdot \Delta x_3;$$



$$\Delta x_3 = \frac{2F}{4k} = \frac{F}{2k}.$$

Смещение конца нити  $\Delta y$  равно

$$\Delta y = \Delta x_2 + 2\Delta x_1 + 2\Delta x_3 = \frac{F}{2k} + \frac{4F}{k} + \frac{F}{k} = \frac{11F}{2k}.$$

### Критерии проверки

	Содержание	Балл
6.1 а	Записано соотношение между массами Если нет обоснования, то балл не ставится	1
6.1 б	Найдены все перемещения (по 0,5 за каждое )	1,5
6.2	Найдены деформации всех нитей (по 0,5 за каждую)	1,5
	Верно найдено смещение конца нити	3
	<b>ИТОГ</b>	<b>7</b>