

**1. «Мигающий» фонарь (7 баллов)**

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?

**2. Средняя скорость (8 баллов)**

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:

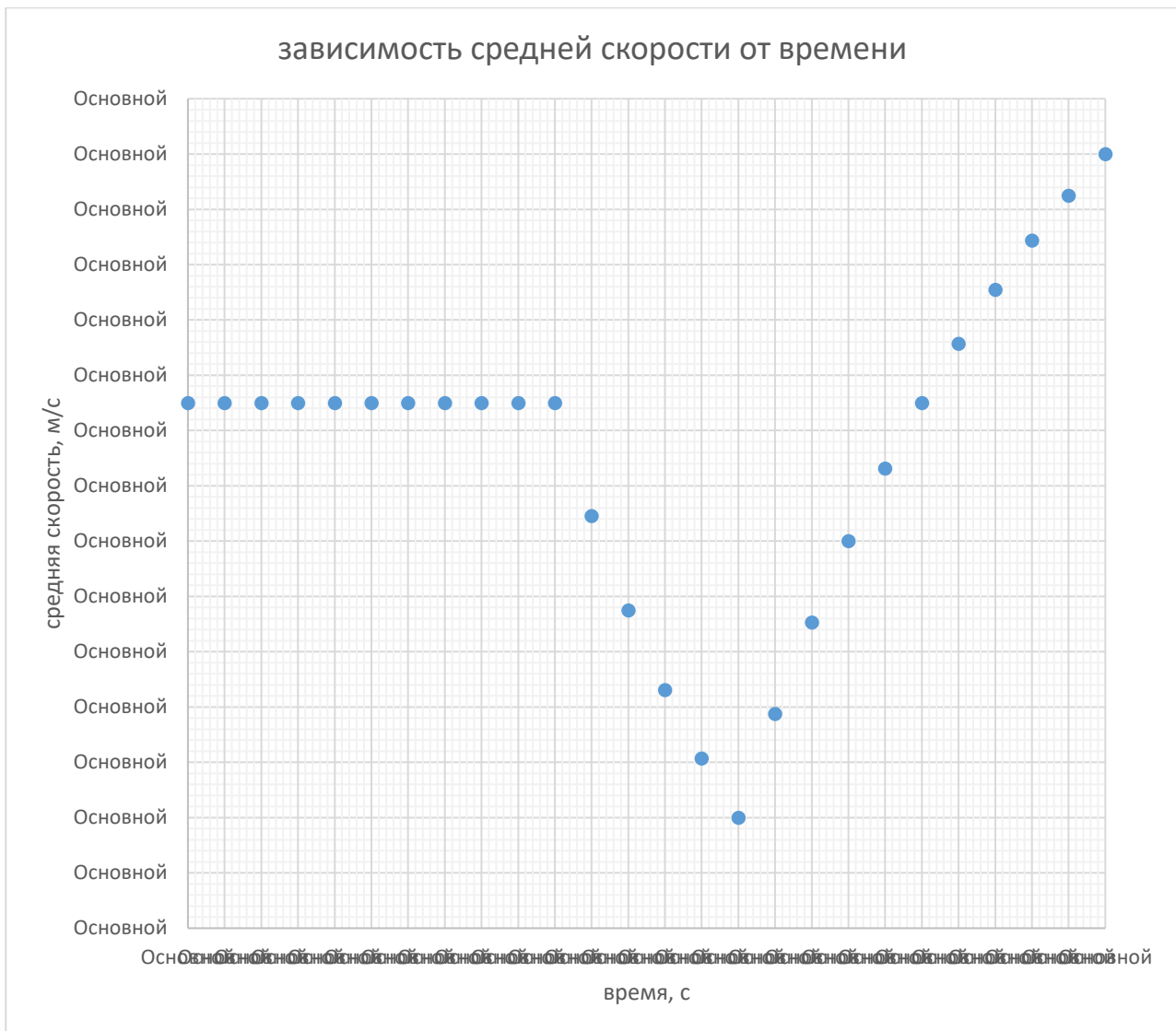
$t, \text{с}$	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$V_{\text{ср}}, \text{м/с}$										

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

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.



### 3. Барометрическая ступень (5 баллов)

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 в дальнейшем 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.

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 100 Па). Барометрической ступенью удобно пользоваться при

решении задач, не требующих высокой точности, например, для оценки давления по известной разности высот.

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

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

3.2. Определите значение барометрического градиента.

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

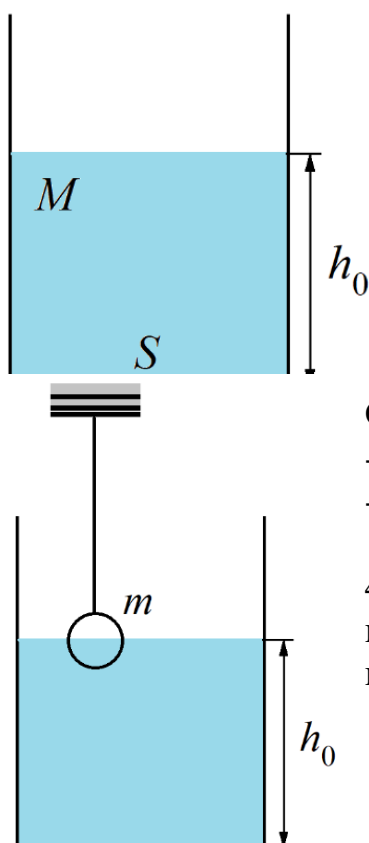
3.3. При переносе барометра с уровня моря на холм давление уменьшилось на  $2\text{ мм.рт.ст.}$  Температура не меняется. Какова высота холма? Считать, что давление на уровне моря равно  $101\,325\text{ Па}$ .

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

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

- 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.



#### 4. Шарики в аквариуме (13 баллов)

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.

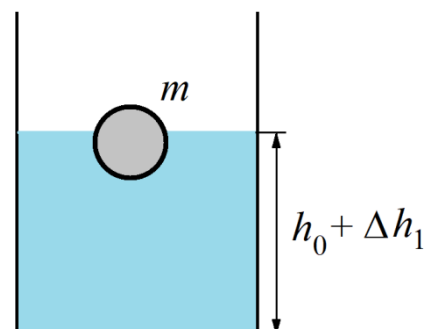
Запишите, чему равно значение  $h_0$ .

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

Определите:

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

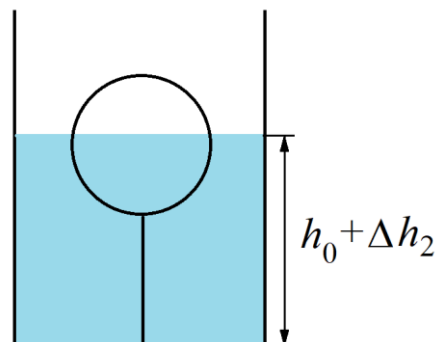
4.2. В аквариум на нити погружен шарик массой  $m$  и с плотностью  $4\rho$  таким образом, что под водой находится половина объёма шарика. Определите:



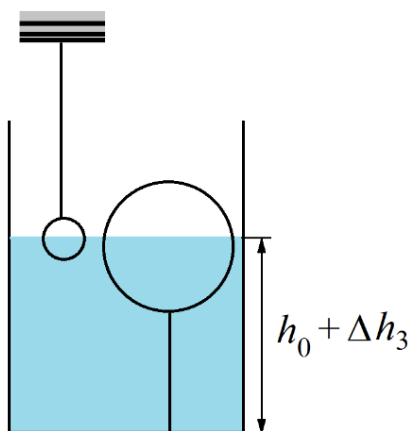
- силу натяжения нити  $T_2$ ;
- давление на дно  $p_2$ ;
- изменение уровня воды  $\Delta h_2$ .

4.3. В аквариуме с помощью нити, конец которой прикреплён 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  $\Delta h_3$ .



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:

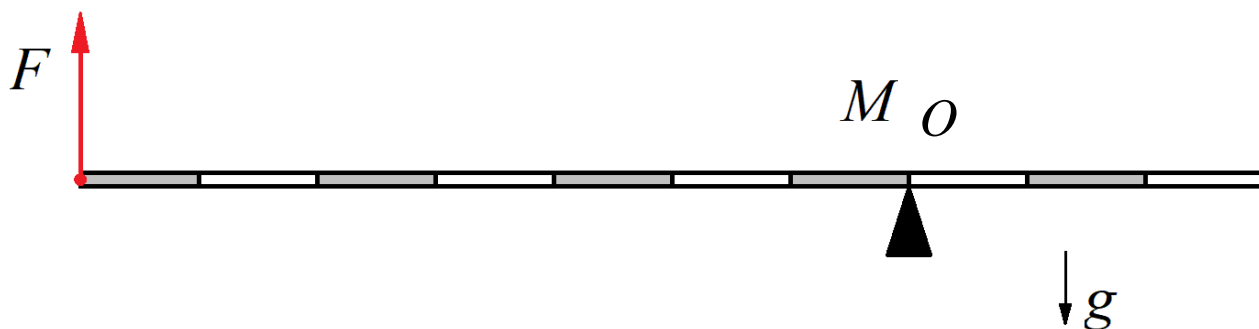
- давление на дно  $p_4$ ;
- изменение уровня воды  $\Delta h_4$ .

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

задачи).

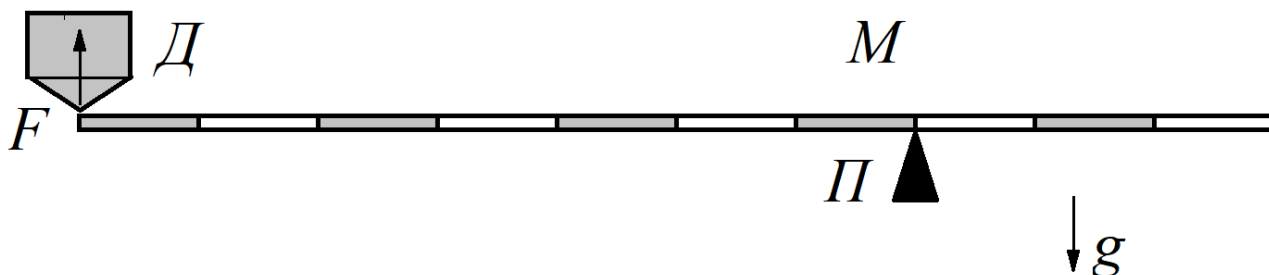
## 5. Прижмём!

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.



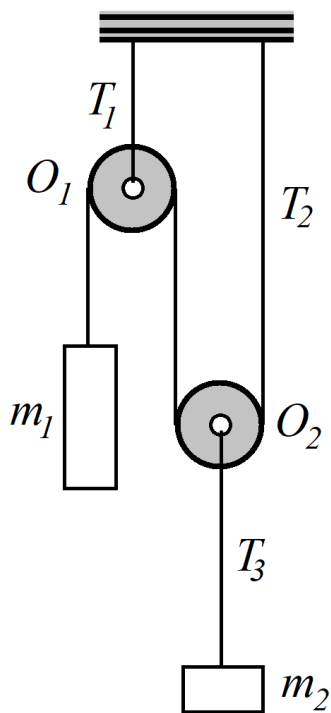
На рисунке планка цветом разделена на участки одинаковой длины. Длина одного участка  $a$ . Груз какой массы  $m_1$  следует поместить на расстоянии  $2a$  от правого конца планки, чтобы система была в равновесии, обеспечивая нужную силу  $F$ ? Определите силу реакции  $N$  в креплении (в точке  $O$ ).

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  $Д$  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

$F$ ?



**6.Блоки, нити, пружинки. ...опять о них! (7 баллов)**

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?

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  $m_1$ ?

6.2.На конец нити действует сила  $F$  (рисунок справа). 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?

