

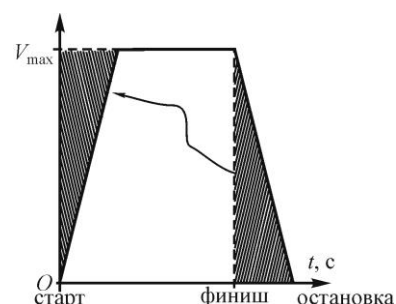
## 9 класс

**Задача 1 (10 баллов).** Спортсмен, пробежав стометровку, начал останавливаться в момент пересечения линии финиша и полностью остановился на расстоянии 5 метров за ней. Определите, за какое время спортсмен пробежал дистанцию, если его наибольшая скорость была  $V_{\max} = 10$  м/с. Считать, что и при разгоне, и при торможении скорость спортсмена менялась равномерно, время разгона и время торможения одинаковы.

**Решение.** График зависимости скорости спортсмена от времени имеет вид, изображенный на рисунке.

Полное расстояние  $S = 105$  метров, пройденное спортсменом, равно площади под этим графиком, а площадь легко найти, перенеся ее заштрихованный кусочек так, как изображено на рисунке. Итак,  $S = V_{\max} t$ , откуда

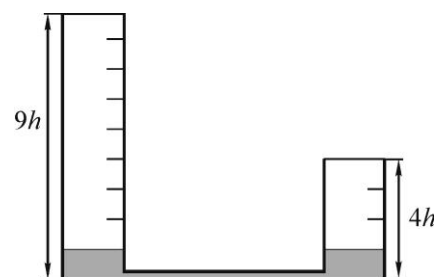
$$t = \frac{S}{V_{\max}} = 10,5 \text{ с.}$$



### Примерные критерии оценивания

- 1) Построен график зависимости скорости от времени – 5 баллов.
- 2) Указано, что площадь под графиком равна полному расстоянию - 2 балла.
- 3) Найдено время - 3 балла.

**Задача 2 (10 баллов).** Определите максимальный объем масла плотностью  $\rho_2 = 0,8$  г/см<sup>3</sup>, который можно налить в L-образную трубку с открытыми верхними концами, частично (до высоты  $h$ ) заполненную водой плотностью  $\rho_1 = 1,0$  г/см<sup>3</sup>. Площадь поперечного сечения вертикальных частей трубки равна  $S$ . Объемом горизонтальной части трубки можно пренебречь. Вертикальные размеры трубки и высота столба масла приведены на рисунке (высоту  $h$  считайте заданной).



*Примечание.* Затыкать открытые концы трубки, наклонять ее или выливать из нее масло запрещено.

**Решение.** Наливая как можно больше масла в трубку, надо максимально использовать давление столба воды, чтобы уравновесить его столбом масла возможно большей высоты. Для этого будем доливать в высокое колено масло до тех пор, пока оно не вытеснит всю воду в другое колено. При этом столб масла будет иметь высоту

$$H = 2h \cdot \frac{\rho_2}{\rho_1} = 2,5h.$$

Далее есть два пути, приводящие к одному результату. Можно в оба колена налить по  $2hS$  масла, а можно лить его только в высокое колено, тогда из-за

меньшей плотности масло станет пробулькивать через воду и займет весь оставшийся в другом колене объем.

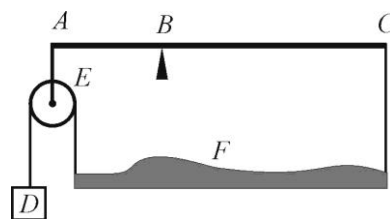
Окончательно получаем для объема следующее выражение:

$$V = (2,5h + 2 \cdot 2h)S = 6,5hS .$$

### Примерные критерии оценивания

- 1) Дана идея максимизации объема масла – 1 балл.
- 2) Приведен расчет первого этапа заполнения - 3 балла.
- 3) Приведен расчет второго этапа заполнения - 3 балла.
- 4) Дан окончательный ответ – 3 балла.

**Задача 3 (10 баллов).** Невесомый блок  $E$  подвешен к левому концу однородного рычага  $ABC$  массой  $M$ . Плечо  $AB$  вдвое меньше  $BC$ . Протяженный неоднородный груз  $F$  массы  $m$  одним концом соединен с концом рычага  $C$ , а другим – через блок  $E$  с грузом  $D$ . Какова должна быть масса груза  $D$ , чтобы система находилась в равновесии?



**Решение.** Пусть  $m_1$  - неизвестная масса,  $T_1$  - сила натяжения нити, перекинутой через блок,  $T_2$  - сила натяжения нити, прикрепленной к левому концу рычага,  $a$  - длина левого плеча,  $b$  - длина правого плеча.

Так как подвешенные грузы неподвижны, то силы тяжести, действующие на них, скомпенсированы силами натяжения нитей, прикрепленных к ним. Поэтому

$$T_1 = m_1 g, \quad T_2 = mg - T_1 = (m - m_1) g .$$

Блок невесом и неподвижен, поэтому тянущая его вверх сила  $T$  уравновешена двумя силами  $T_1$ , которые тянут блок вверх:

$$T = 2T_1 = 2m_1 g .$$

Силы, действующие на рычаг, изображены на рисунке, величина  $x = \frac{b-a}{2}$  - плечо силы тяжести. Из правила рычага:

$$Ta = Mg x + T_2 g .$$

При этом  $b = 2a$ , значит  $x = a/2$ . Поэтому получаем

$$T - 2T_2 = \frac{Mg}{2} .$$

Подставляя сюда  $T = 2T_1$ , находим натяжение нитей и ответ

$$m_1 = \frac{M}{8} + \frac{m}{2} .$$

### Примерные критерии оценивания

- 1) Нарисован рисунок с указанием действующих в системе сил – 3 балла.

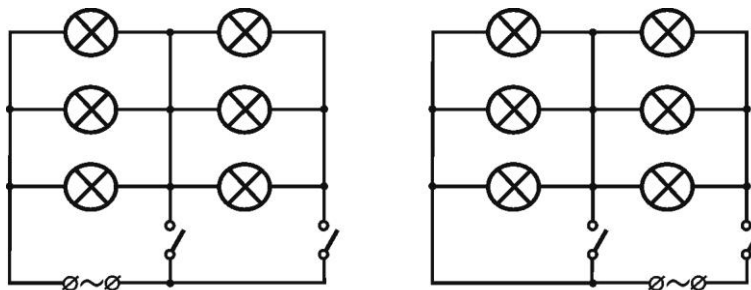
- 2) Получены выражения для сил натяжения нитей  $T_1$  и  $T_2$  - 2 балла.
- 3) Получено выражение для силы натяжения  $T$  - 1 балл.
- 4) Записано условие равновесия рычага – 2 балла.
- 5) Получен ответ – 2 балла.

**Задача 4 (10 баллов).** В люстре 6 одинаковых лампочек. Она управляется двумя выключателями, имеющими два положения – «включено» и «выключено». От коробки с выключателями к люстре идут три провода. Лампочки в люстре либо:

- а) все не горят;
- б) все горят не в полный накал;
- в) три лампочки не горят, а три горят в полный накал.

Нарисуйте возможные схемы электрической цепи.

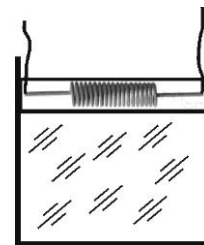
**Решение.** Из условия следует, что при замыкании одного выключателя на все лампочки должно подаваться напряжение, меньше напряжения в сети. При замыкании второго выключателя на три лампочки должно подаваться полное напряжение сети, а остальные три лампочки должны либо отключаться от сети, либо подключаться к сети так, чтобы напряжение между их контактами было равно нулю. Поэтому ясно, что нужно собрать две одинаковые схемы, состоящие из трех параллельно соединенных лампочек каждая, затем соединить эти схемы друг с другом и подключить к источнику напряжения. Это можно сделать двумя способами.



#### Примерные критерии оценивания

- 1) Каждая из приведенных схем оценивается в 4 балла.
- 2) Правильные рассуждения о режимах работы выключателей – 2 балла.

**Задача 5 (10 баллов).** В цилиндре под поршнем площадью  $S = 300 \text{ см}^2$  находится лед при температуре  $t_0 = 0^\circ \text{C}$ . В поршне находится нагреватель мощностью  $P = 1 \text{ кВт}$ . После включения нагревателя поршень начал равномерно опускаться. Определите его скорость. Плотность воды  $\rho_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность льда  $\rho_2 = 900 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$ .



Теплообменом с окружающей средой пренебречь. Считайте, что в каждый момент времени содержимое сосуда находится в термодинамическом равновесии.

**Решение.** Если нагреватель включен, то лед тает. Вода имеет большую плотность, чем лед, поэтому объем под поршнем будет уменьшаться, поршень будет опускаться. Пока под поршнем есть и лед, и вода, их температура будет равна  $0^{\circ}\text{C}$ .

Рассмотри промежуток времени  $t$ . За это время нагреватель передаст льду количество теплоты  $Q = Pt$ . Этого количества теплоты достаточно, чтобы растаяла масса льда

$$m = \frac{Pt}{\lambda}.$$

Это приводит к уменьшению объема на

$$\Delta V = \frac{m}{\rho_2} - \frac{m}{\rho_1}.$$

Если объем под поршнем уменьшается на  $\Delta V$ , поршень опускается на расстояние

$$x = \frac{\Delta V}{S} = \frac{Pt}{\lambda S} \left( \frac{m}{\rho_2} - \frac{m}{\rho_1} \right).$$

Следовательно, скорость поршня и мощность нагревателя связаны соотношением

$$v = \frac{x}{t} = \frac{P}{\lambda S} \left( \frac{m}{\rho_2} - \frac{m}{\rho_1} \right) = 1,12 \cdot 10^{-5} \text{ м/с} = 4,04 \text{ см/час}.$$

#### **Примерные критерии оценивания**

- 1) Определено количество теплоты, поступающее в систему за время  $t$  – 1 балл.
- 2) Определена масса льда, которая тает за время  $t$  - 2 балла.
- 3) Найдено изменение объема под поршнем - 2 балла.
- 4) Найдено перемещение поршня за время  $t$  – 2 балла.
- 5) Найдена скорость опускания поршня и получен правильный ответ – 3 балла.