

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике.

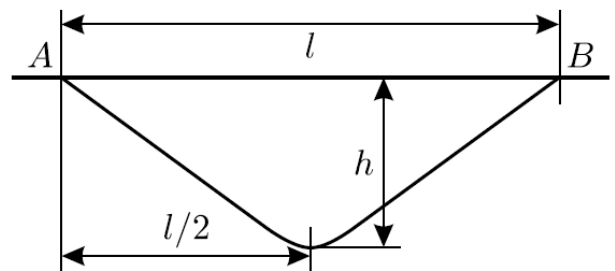
9 класс. 2013-2014 учебный год

**Задача 1.**

Сосуд с плавающим в нём телом падает с ускорением  $a < g$ . Всплывёт ли при этом тело? Докажите – сравните объём погружённой части тела при движении с ускорением и в состоянии покоя системы.

**Задача 2.**

Для организации транспортного сообщения между населёнными пунктами А и В, расположенными на одной горизонтали на небольшом расстоянии  $l$  друг от друга, между ними прорывают тоннель, состоящий из двух одинаковых прямых участков. По рельсам внутри тоннеля скользит без трения безмоторная вагонетка. Какова должна быть максимальная глубина тоннеля  $h$ , чтобы время поездки от А до В было минимальным? Чему равно это время? Считайте, что движение вагонетки начинается без начальной скорости, а на закруглении в нижней точке тоннеля величина скорости не изменяется.



**Задача 3.**

На абсолютно гладкой горизонтальной поверхности лежит доска. На доске покоится брусок, к которому приложена сила  $F$  направленная под углом  $\alpha$  к горизонту. Расставьте силы, действующие на оба тела, если трение присутствует только между бруском и доской.

**Задача 4.**

Свинцовая проволока диаметром  $d = 0,30$  мм плавится при пропускании через неё тока  $I = 1,8$  А, а проволока диаметром  $D = 0,60$  мм – при токе  $I = 5,0$  А. При каком токе разорвёт цепь предохранитель, составленный из двух свинцовых проволочек указанных диаметров, соединённых параллельно? А из двадцати тонких и одной толстой, соединённых параллельно? Длины проволочек считать одинаковыми.

**Задача 5.**

В плотно закрытой кастрюле (скороварке) воду нагрели до температуры  $t_1 = 120$  °С. Какая доля воды испарится при вскипании воды, если резко открыть крышку скороварки? Теплоёмкость воды  $c = 4,18$  кДж/(кг·К), удельная теплота парообразования  $L = 2,25$  МДж/кг.

## Решения.

### Задача 1.

Сосуд с плавающим в нём телом падает с ускорением  $a < g$ . Всплывёт ли при этом тело? Поясните свой ответ. (2б)

Нет. Не всплывёт. Условие плавания тела определяется соотношением плотностей жидкости и тела. Плотность жидкости в падающем с ускорением сосуде не изменится. Следовательно, не изменится и условие плавания тела.

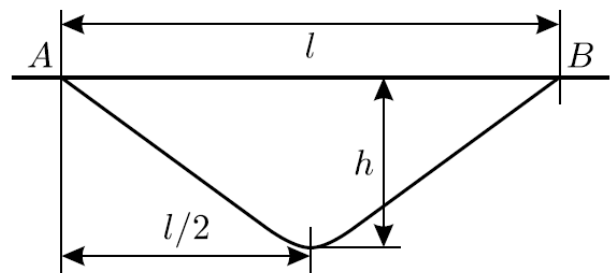
В терминах силы Архимеда, нужно записать второй закон Ньютона для тела и сравнить объёмы погружённой части тела в двух случаях – сосуд покоится и сосуд движется вертикально вниз с ускорением  $a < g$ :

$F_A = mg$	$-F_A + mg = ma$
$\rho_{\text{ж}} g V = mg$	$-\rho_{\text{ж}}(g - a)V = -mg + ma$
$V = \frac{m}{\rho_{\text{ж}}}$	$V = \frac{m}{\rho_{\text{ж}}}$

Здесь мы учли, что сила Архимеда в неинерциальной системе отсчёта изменится с учётом ускорения системы отсчёта:  $F_A = \rho_{\text{ж}}(g - a)V$ .

### Задача 2.

Для организации транспортного сообщения между населёнными пунктами  $A$  и  $B$ , расположенными на одной горизонтали на небольшом расстоянии  $l$  друг от друга, между ними прорывают тоннель, состоящий из двух одинаковых прямых участков. По рельсам внутри тоннеля скользит без трения безмоторная вагонетка. Какова должна быть глубина тоннеля  $h$ , чтобы время поездки от  $A$  до  $B$  было минимальным? Чему равно это время? Считайте, что движение вагонетки начинается без начальной скорости, а на закруглении в нижней точке тоннеля величина скорости не изменяется.



Пусть угол наклона прямых участков тоннеля к горизонту равен  $\alpha$ . Тогда вагонетка движется по этим участкам с постоянным ускорением  $a = g \sin \alpha$ , сначала ускоряясь, а затем замедляясь. Первый наклонный участок будет пройден вагонеткой за время  $t$ :

$$\frac{l}{2 \cos \alpha} = \frac{a t^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{l}{a \cos \alpha}}$$

Второй наклонный участок будет пройден вагонеткой за такое же время  $t$  (тоннель симметричный). Полное время поездки от  $A$  до  $B$  равно:

$$T = 2t = 2\sqrt{\frac{l}{g \sin \alpha \cos \alpha}} = 2\sqrt{\frac{l}{g \sin 2\alpha}}$$

Это время будет минимальным при максимальном значении синуса

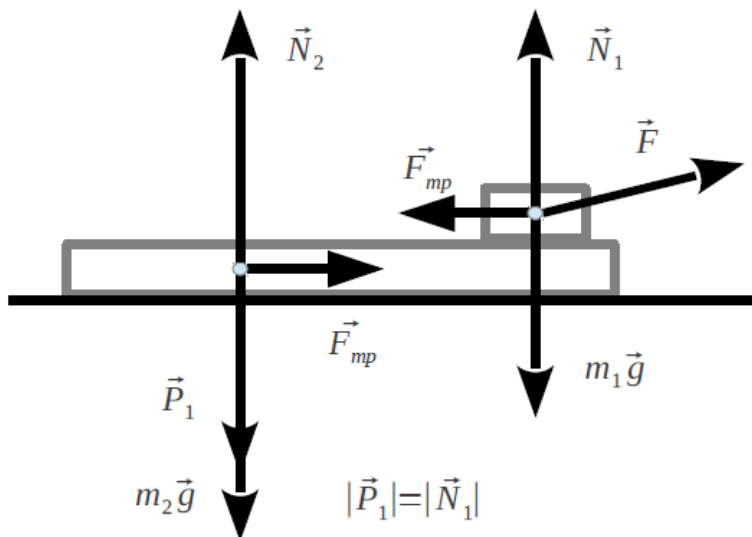
$$\sin 2\alpha = 1; \quad \alpha = \frac{\pi}{4}; \quad T_{\min} = 2\sqrt{\frac{2l}{g}}$$

Глубину  $h$  можем найти из определения тангенса:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h}{l} = 1; \quad h = \frac{l}{2}$$

### Задача 3.

На абсолютно гладкой горизонтальной поверхности лежит доска. На доске покоится брусок, к которому приложена сила  $F$  направленная под углом  $\alpha$  к горизонту. Расставьте силы, действующие на оба тела, если трение присутствует только между бруском и доской.



Для бруска: сила реакции опоры, сила тяжести, сила трения.

Для доски: сила тяжести, сила реакции опоры. По третьему закону Ньютона, сила трения, возникающая между доской и бруском, действует на оба тела в противоположных направлениях. Аналогично для сил реакции опоры для бруска и веса бруска, приложенного к доске.

### Задача 4.

Свинцовая проволока диаметром  $d = 0,30$  мм плавится при пропускании через неё тока  $I = 1,8$  А, а проволока диаметром  $D = 0,60$  мм – при токе  $I = 5,0$  А. При каком токе разорвёт цепь предохранитель, составленный из двух свинцовых проволочек указанных диаметров, соединённых параллельно? А из двадцати тонких и одной толстой, соединённых параллельно? Длины проволочек считать одинаковыми.

Для правильного решения задачи необходимо учитывать распределение токов между проволочками – в какой именно из них раньше будет достигнуто предельное значение тока.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{d^2}{D^2}. \quad (1)$$

Из (1) следует, что при токе через  $R_2$  равном 5 А (предельном), ток через  $R_1$  равен 1,25 А. Поэтому в первом варианте сборки предохранителя первой расплавится толстая проволочка ( $D = 0,6$  мм). В этот момент ток в цепи будет

$$I = 5 \text{ А} + 1,25 \text{ А} = 6,25 \text{ А}$$

– иными словами, после разрыва контакта в цепи  $R_2$  весь этот ток немедленно «сожжёт» и тонкую проволочку, т.е. предохранитель выполнит свою функцию и полностью разомкнёт цепь.

Во втором случае (соотношение (1) остаётся в силе), опять же, первой расплавится толстая проволочка ( $R_2$ ) при токе 5А. При этом полный ток в цепи:

$$I = I_2 + 1,25 \cdot 20 = 30 \text{ А}.$$

После равномерного распределения по тонким проволочкам:

$$I_1' = \frac{30}{20} \text{ А} = 1,5 \text{ А}. \quad (2)$$

Как видим из (2) при таком токе тонкие проволочки ещё уцелеют. Перегорят они при большом токе, а именно:

$$I_1'' = 1,8 \text{ А} \cdot 20 = 36 \text{ А}.$$

Таким образом, данные составные предохранители рассчитаны на токи 6,25 А и 36 А и работают по принципу: где «толсто», там и перегорает.

### Задача 5.

*В плотно закрытой кастрюле (скороварке) воду нагрели до температуры  $t_1 = 120$  °С. Какая доля воды испарится при вскипании воды, если резко открыть крышку скороварки? Теплоемкость воды  $c = 4,18$  кДж/(кг·К), удельная теплота парообразования  $L = 2,25$  МДж/кг.*

Испарение части воды будет происходить за счёт теплоты, получаемой при остывании её основной массы до  $t_0 = 100$  °С . Пренебрегая изменением массы остывающей воды, имеем

$$\Delta m \lambda = mc(t_1 - t_0) \Rightarrow \frac{\Delta m}{m} = \frac{c(t_1 - t_0)}{\lambda} = 4 \cdot 10^{-2}.$$