

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

Муниципальный этап

Решения и критерии

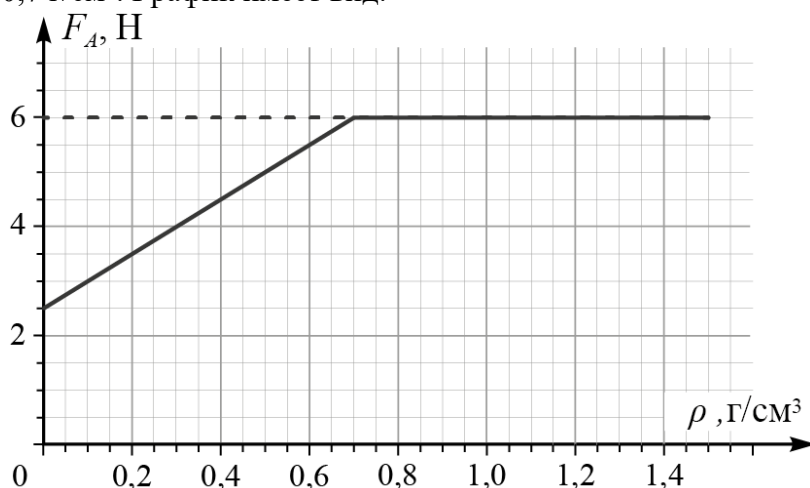
8 класс

**1. Бутылка в озере.** Пустая стеклянная бутылка имеет массу  $m = 250$  г и внутренний объем  $V_0 = 0,5$  л. Бутылку заполняют доверху веществом с плотностью  $\rho$ , закрывают лёгкой пробкой и бросают в озеро с пресной водой. Постройте график зависимости силы Архимеда  $F_a$ , действующей на бутылку в озере, от плотности  $\rho$ . Плотность стекла  $\rho_{ст} = 2500$  кг/м<sup>3</sup>. Плотность воды  $\rho_{ст} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Ускорение свободного падения  $g = 10$  Н/кг.

**Решение.**

Объем стекла равен  $V_c = m / \rho_{ст} = 250 / 2,5 = 100$  см<sup>3</sup>. Внешний объем бутылки  $V_B = V_0 + V_c = 600$  см<sup>3</sup>. Для того, чтобы бутылка утонула, ее суммарная масса должна превысить 600 г, т.е. в нее надо насыпать 350 г или больше вещества. Это реализуется, если плотность насыпаемого вещества будет равна или больше  $\rho = 350 / 500 = 0,7$  г/см<sup>3</sup>. Сила Архимеда, действующая на утонувшую бутылку постоянна и равна  $F_a = 6,0$  Н. Если плотность насыпаемого вещества меньше  $0,7$  г/см<sup>3</sup>, то бутылка будет плавать на поверхности, а сила Архимеда будет равна силе тяжести, действующей на бутылку

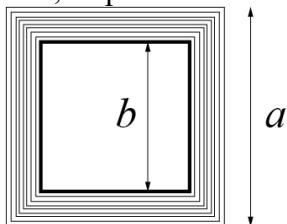
$F_a = \rho g V_0 + mg$ . Это линейная зависимость от  $\rho$ ,  $F_a = 2,5$  Н при  $\rho = 0$  и  $F_a = 6,0$  Н при  $\rho = 0,7$  г/см<sup>3</sup>. График имеет вид:



**Критерии оценивания.**

	Найден объём стекла	1
	Найден внешний объём бутылки	1
	Найдена критическая масса содержимого	1
	Найдена критическая плотность (0,7)	1
	Сделан вывод о постоянстве $F_a$ при затоплении	1
	Получена зависимость $F_a$ от плотности содержимого при плавании	1
	График. Подписаны и оцифрованы оси	2
	График. Два правильных линейных участка	1
	График. Пересечение в точке (0,7;6)	1
Итого:	10 баллов	

2. 2. Изобретатель Бах решил намотать пленку с малой толщиной  $h$  без зазоров на квадратную катушку (длина стороны  $b$ ). Оцените длину пленки  $L$  и количество оборотов  $n$  которое удалось намотать на катушку, если внешний слой плёнки образовал квадрат с длиной стороны  $a$ . В любой момент пленку можно считать натянутой, её растяжением пренебречь.



**Решение:**

При неизменной ширине плёнки  $d$  её объём  $V = Lhd$ , но его же можно записать через боковую площадь рулона  $V = Sd = (a^2 - b^2)d \Rightarrow L = \frac{a^2 - b^2}{h}$

Толщина рулона линейно растёт от количества оборотов. Среднюю длину пленки в обороте можно оценить  $c = \frac{a+b}{2}$ . Тогда  $n \approx \frac{L}{4c} = \frac{a^2 - b^2}{4h} \frac{2}{a+b} = \frac{a-b}{2h}$

**Критерии оценивания.**

1		Есть объём ленты как параллелепипеда	1
2		Есть объём ленты как рулона (через $a$ и $b$ )	2
3		Получено выражение для $L$	2
		Оценена средняя длина ленты в рулоне $c$	2
		Оценено $n$ (знание и использование разности квадратов необязательно)	3
	Итого:	10 баллов	

**3. Алюминиевый огурец.** Алюминиевый огурец с температурой  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  поместили в калориметр, в котором находилась неизвестная жидкость при температуре  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , где он начал плавать. В результате в калориметре уровень жидкости поднялся на  $10\%$  и установилась температура  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определите отношение удельных теплоёмкостей алюминия и неизвестной жидкости. Тепловых потерь нет, жидкость из калориметра не вытекает, теплоёмкость калориметра мала.

**Возможное решение.**

Условие плавания  $mg = F_A \Rightarrow m = \rho_{ж} V_{погр}$

Погруженный объём - это объём вытесненной жидкости, который увеличивает уровень жидкости в сосуде:  $V_{погр} = S_{сосуда} \Delta h$

Масса жидкости связана с её уровнем до погружения огурца:  $m_{ж} = \rho_{ж} V_{ж} = \rho_{ж} S_{сосуда} h$

Уравнение теплового баланса:

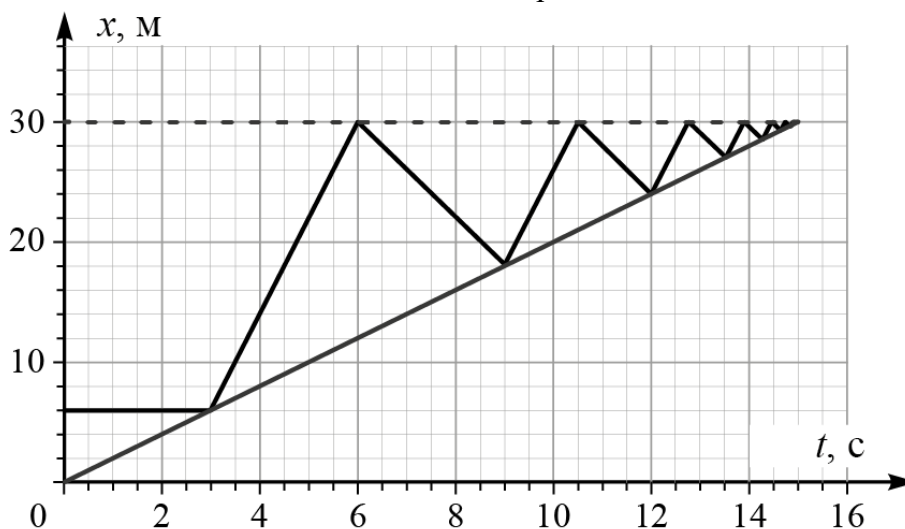
$$c_{ж} m_{ж} (90^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}) = c_{Al} m (60^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C})$$

$$\frac{c_{Al}}{c_{ж}} = \frac{m_{ж} (30^{\circ}\text{C})}{m (50^{\circ}\text{C})} = \frac{\rho_{ж} S_{сосуда} h (30^{\circ}\text{C})}{\rho_{ж} S_{сосуда} \Delta h (50^{\circ}\text{C})} = 6$$

**Критерии оценивания.**

1	Условие плавания	2 балла
2	Объём погруженной части связан с изменением уровня жидкости	1 балл
3	Масса тела связана с $\Delta h$	1 балл
4	Масса жидкости связана с уровнем до погружения	1 балл
5	Уравнение теплового баланса	2 балла
6	Найдено отношение удельных теплоёмкостей	3 балла
	Итого:	10 баллов

**4. Футбол со стенкой.** Семиклассник Миша играет с мячом около стены. Миша с расстояния  $L = \dots$  начинает бежать со скоростью  $v = \dots$  к стоящему на удалении  $l = \dots$  от стены мячу. После удара Миши мяч катится со скоростью  $w = \dots$  к стене и, отразившись от неё, возвращается к бегущему Мише со скоростью  $u = \dots$ . При встрече с мячом Миша опять сообщает ему скорость  $w$  в направлении стены и бежит дальше до следующей встречи с мячом, катящемся от стены со скоростью  $u$ . Все движения протекают вдоль прямой  $OX$  и заканчиваются, когда мяч прижимается Мишей к стене. Используя графики зависимости координат Миши, мяча и стены от времени, определите пропущенные в тексте значения названных величин. Помогите Мише определить суммарное время движения мяча к стене  $t_1$  и суммарное время движения мяча от стены  $t_2$ . Объясните, как Вы нашли ответы на поставленные вопросы.



**Возможное решение.**

Стена находится на расстоянии  $L = 30$  м (объект с постоянной координатой на графике)

Миша добегает до него за 15 с, значит его скорость  $2$  м/с.

Мяч находится на расстоянии  $6$  м от мальчика и  $24$  м от стены.

После удара (координата  $6$  м, время  $3$  с) мяч двигался до встречи со стенкой (координата  $30$  м, время  $6$  с) со скоростью  $w = 8$  м/с.

Обратно мяч двигался до встречи с мальчиком (координата  $18$  м, время  $9$  с) со скоростью  $u = 4$  м/с.

Если рассматривать движение мяча с точки зрения Миши, то можно заметить, что скорости удаления и приближения мяча равны.

$$8 - 2 = 6 \text{ (м/с);}$$

$$4 + 2 = 6 \text{ (м/с).}$$

Значит мяч от Миши и к Мише при равных путях двигался равное время. При этом общее время движения мяча  $12$  с. Значит:

$$t_1 = t_2 = 6 \text{ с.}$$

**Критерии оценивания.**

1	$L = 30$ м	1 балл
2	$v = 2$ м/с	1 балл
3	$l = 24$ м	1 балл
4	$w = 8$ м/с	1 балл
	Обоснование значения $w$	1 балл
5	$u = 4$ м/с	1 балл
	Обоснование значения $u$	1 балл
6	$t_1 = t_2 = 6$ с	1 балл
	Обоснование значений времён	2 балла
		Итого: 10 баллов

### Возможные обоснования пункта б.

1. Если рассматривать движение мяча с точки зрения Миши, то можно заметить, что скорости удаления и приближения мяча равны.

$$8 - 2 = 6 \text{ (м/с);}$$

$$4 + 2 = 6 \text{ (м/с).}$$

Значит мяч от Миши и к Мише при равных путях двигался равное время. При этом общее время движения мяча 12 с. Значит:

$$t_1 = t_2 = 6 \text{ с.}$$

Общее время движения мяча 12 с.

$$t_1 + t_2 = 12.$$

Можно заметить, что путь, пройденный мячом к стене, больше пути, пройденного мячом от стены, на 24 м.

$$8t_1 - 4t_2 = 24.$$

Решая эту систему, получаем значения времён.