

МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

МОШ, 2021/22, заключительный этап, 8 класс

Условия, ответы и решения

1 Триатлон

Команда из двух спортсменов участвует в мультиспортивной гонке, состоящей из трёх этапов: бега, велогонки и плавания. По условиям соревнований требуется сначала преодолеть 43 км (суммарно) бегом и на велосипеде, а в конце проплыть 1 км, при этом на старте команде выдаётся один велосипед, а зачётное время команды фиксируется по времени участника, пришедшего к финишу вторым. Первый спортсмен в среднем пробегает 24 км за 2 часа, проезжает на велосипеде 27 км за час и проплывает 1200 м за 30 мин. Средняя скорость бега второго спортсмена равна 9 км/ч, езды на велосипеде — 24 км/ч, а плавает он со скоростью 3 км/ч. Чему равно минимальное зачётное время, которое может показать эта команда при наилучшей тактике прохождения дистанции?

Подсказка

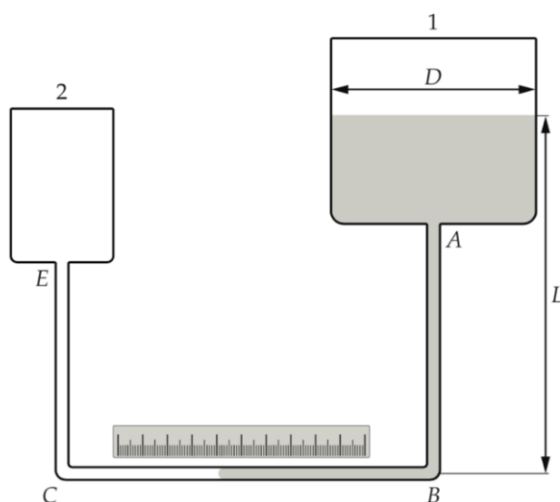
Велосипед один, но им можно пользоваться по очереди: проехав часть пути, оставить его на трассе. Выразите время каждого спортсмена через длину его велосипедного участка и подумайте, при каком условии время финиша второго минимально.

Ответ

$$T_{\min} = 3,25 \text{ ч} = 195 \text{ мин.}$$

2 Гравиметр Ломоносова

На рисунке, приведённом ниже, показан прибор, придуманный М.В. Ломоносовым для измерения ускорения свободного падения. Два цилиндрических сосуда 1 и 2 соединены тонкой стеклянной трубкой $ABCE$ постоянного сечения. Часть герметичного сосуда 1 и часть трубки заполнены ртутью, а остальная часть этой системы заполнена газами (воздухом и парами ртути). Сосуд 2 сообщается с атмосферой. Температура сосудов поддерживается постоянной. Диаметр сосуда 1 равен $D = 90$ мм, а внутренний диаметр трубки равен $d = 0,64$ мм. Около горизонтального участка трубки BC расположена линейка для измерения положения левой границы ртути.



Одно из назначений этого прибора — измерение высот. Известно, что зависимость ускорения свободного падения g от высоты h над поверхностью Земли описывается формулой

$$g(h) = g_0 - kh,$$

где $g_0 = 9,8$ Н/кг, $k = 3,07 \cdot 10^{-6}$ Н/(кг·м). Пусть на первом этаже некоторого здания высота уровня ртути в сосуде 1 равна $L = 50$ см. Когда прибор подняли на крышу здания, граница ртути и воздуха в горизонтальной трубке сместилась на расстояние $x = 10$ см. Определите высоту здания. Считайте, что изменение давления газов в первом сосуде пренебрежимо мало. Изменением атмосферного давления с высотой можно пренебречь.

Подсказка

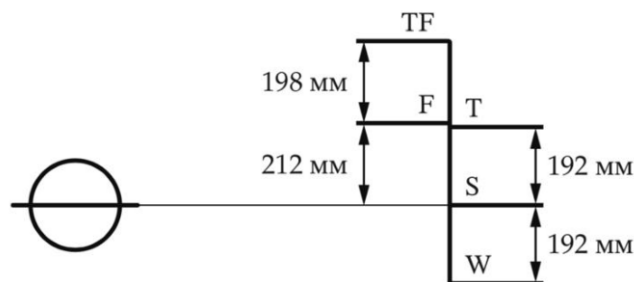
Давление ртути на уровне трубки $\rho g L$ уравнивается атмосферным давлением и давлением газа. При уменьшении g ртуть перетекает из сосуда в трубку: свяжите смещение границы в тонкой трубке с изменением уровня в широком сосуде через объём.

Ответ

$$h = 32,5 \text{ м} \pm 0,5 \text{ м}.$$

3 Грузовая марка

Грузовая марка (Plimsoll line) — это отметка на борту торгового судна, показывающая, до какого уровня судно может погружаться в различные воды при максимальной загрузке. На рисунке приведён пример грузовой марки некоторого судна и обозначены расстояния между отметками марки. Верхняя линия TF указывает предельную осадку нагруженного судна в пресной воде в тропиках, плотность которой равна 994 кг/м^3 . Ниже расположена линия F, соответствующая осадке в пресной воде в умеренных широтах (плотность равна 998 кг/м^3). Площадь сечения корпуса судна на уровне воды вблизи марки можно считать постоянной.



1. Какова плотность зимней морской воды, которой соответствует линия W на грузовой марке?
2. Используя данные задачи, найдите разность температур пресной воды в тропиках и умеренных широтах, если коэффициент теплового расширения воды равен $3 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Коэффициент теплового расширения равен относительному увеличению объёма тела при изменении его температуры на один градус.

Подсказка

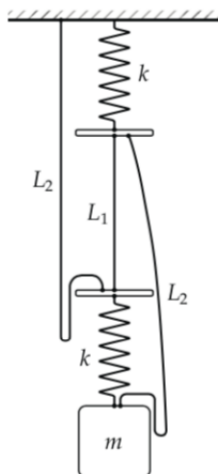
Масса вытесненной воды ρSH у нагруженного судна всегда одна и та же, где H — осадка. Запишите это условие для двух соседних линий и найдите относительное изменение плотности через изменение осадки.

Ответ

- 1) $\rho_W = 1006 \text{ кг/м}^3$; 2) $\Delta t = 13,4^\circ\text{C} \pm 0,2^\circ\text{C}$.

4 Пружины и нити

На рисунке изображена схема механической системы, которая состоит из двух одинаковых пружин жёсткостью k и длиной L в недеформированном состоянии, одной нити длиной L_1 (которая в исходном состоянии натянута), двух одинаковых нитей длиной L_2 (провисающих в исходном состоянии) и груза массой m .



Список оборудования содержит: четыре груза разной массы, четыре комплекта пружин (по две одинаковые пружины в каждом комплекте) и четыре комплекта нитей, в каждом из которых есть две одинаковые длинные нити и одна короткая. Параметры изделий в каждом комплекте представлены в таблице, приведённой ниже.

№	1	2	3	4
m , кг	1,0	1,5	2,0	4,0
L_1 , см; L_2 , см	10; 50	10; 45	20; 35	21; 50
k , Н/м; L , см	600; 20	700; 15	30; 10	1000; 15

Укажите номера грузов, комплектов пружин и нитей, которые следует выбрать при сборке системы, чтобы после пережигания короткой нити положение равновесия груза оказалось выше, чем до пережигания. Подходящие элементы необязательно расположены в одном столбце таблицы. Сочетать нити из разных комплектов запрещается. При анализе задачи можно считать, что масса пружин пренебрежимо мала, а нити — невесомые и нерастяжимые. Ускорение свободного падения считайте равным 10 Н/кг .

Подсказка

Сравните равновесие до пережигания (пружины растянуты по отдельности, короткая нить натянута) и после (нити L_2 ограничивают растяжение, и пружины оказываются соединёнными иначе). Запишите условия, при которых длинные нити в исходном состоянии провисают, а после пережигания включаются в работу.

Ответ

Груз №4 ($m = 4,0$ кг); комплект пружин №1 ($k = 600$ Н/м, $L = 20$ см); комплект нитей №4 ($L_1 = 21$ см; $L_2 = 50$ см).