



1. Триатлон (8 баллов).

Бычков А.И.

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?

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

Критерии оценивания.

Верный ответ, подкреплённый непротиворечивыми, доказательными рассуждениями, оценивается полным баллом. В других случаях достигнутые продвижения в решении оцениваются на основе следующей схемы.

Выражено время движения одного из спортсменов на всей дистанции через одну неизвестную x – **2 балла**. В качестве неизвестной x могут выступать разные величины: расстояние, которое проехал первый или второй спортсмен на велосипеде, время движения первого или второго спортсмена на велосипеде и т.д.

Выражено время движения второго спортсмена на всей дистанции через x – **1 балл**.

Предложена правильная «стратегия», следуя которой, команда финиширует за минимальное время – **1 балл**. Приведено доказательство гипотезы о наилучшей тактике – **2 балла**.

Найдена неизвестная x – **1 балл**.

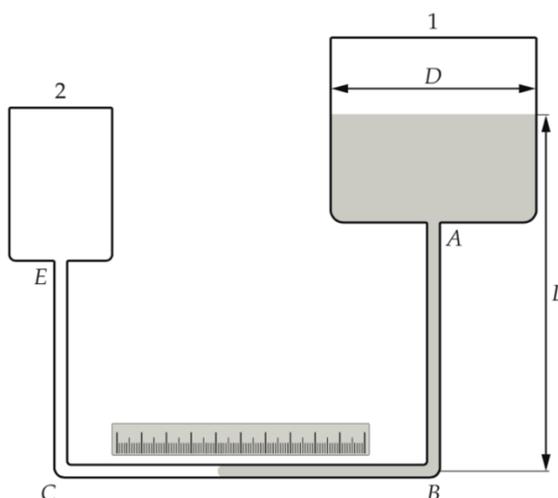
Получен правильный числовой ответ задачи $T_{\min} = 3,25 \text{ ч} = 195 \text{ мин}$ – **1 балл**.



2. Гравиметр Ломоносова (6 баллов).

Ромашка М.Ю.

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.

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



Критерии оценивания.

Правильное, обоснованное решение задачи оценивается полным баллом. Если решение правильное с физической точки зрения, но значение h не попадает в интервал, указанный в ответе, вследствие вычислительных ошибок, то такое решение оценивается в **5 баллов**.

Если решение неправильное, или частично правильное, то отдельные его составляющие оцениваются по следующей схеме.

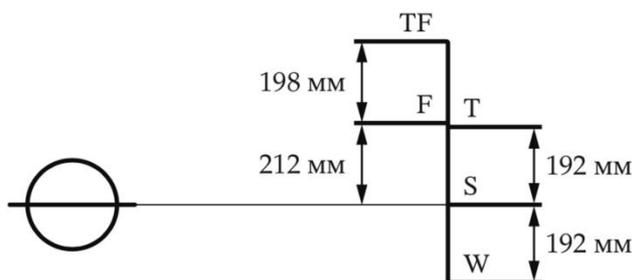
Найдена связь изменения уровня ртути в 1 сосуде со смещением x границы ртути и воздуха в горизонтальной трубке – **2 балла**.

Правильно записано условие постоянства гидростатического давления – **2 балла**.

3. Грузовая марка (10 баллов).

Бычков А.И.

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 приведен 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.



А. (6 баллов) Какова плотность зимней морской воды, которой соответствует линия W на грузовой марке?

В. (4 балла) 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 объема тела при изменении его температуры на один градус.



Ответ: А) $\rho_w = 1006 \text{ кг/м}^3$. В) $\Delta t = 13,4 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Критерии оценивания.

Верный ответ, подкреплённый непротиворечивыми, доказательными рассуждениями, оценивается полным баллом. В других случаях достигнутые продвижения в решении оцениваются на основе следующей схемы.

В части **А** найдена связь между относительным изменением плотности воды и изменением осадки судна Δh – **5 баллов**. Если написано только одно уравнение, описывающее равновесие судна, – **2 балла**. Если написаны два уравнения равновесия судна при незначительном изменении осадки, но дальнейшие преобразования не произведены – **4 балла**.

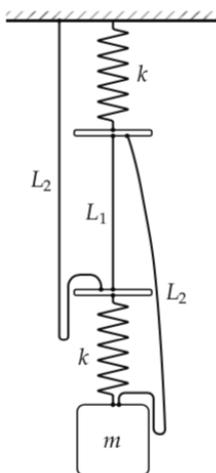
Получены правильные числовой ответ части **А** – **1 балл**.

Верный, аргументированный ответ части **В** оценивается в **4 балла**. Вычислительные ошибки в части **В** при условии, что принципиально решение абсолютно верное, приводят к снижению баллов за соответствующий пункт на 50 %.

4. Пружины и нити (10 баллов).

Бычков А.И.

На рисунке изображена схема механической системы, которая состоит из двух одинаковых пружин жесткостью 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 .

Ответ: груз №4 ($m = 4,0 \text{ кг}$); комплект пружин №1 ($k = 600 \text{ Н/м}$, $L = 20 \text{ см}$); комплект нитей №4 ($L_1 = 21 \text{ см}$; $L_2 = 50 \text{ см}$).

Критерии оценивания.

Верный ответ, подкреплённый непротиворечивыми, доказательными рассуждениями, оценивается полным баллом. В других случаях достигнутые продвижения в решении оцениваются на основе следующей схемы.

Записано условие $\frac{mg}{k} < L_2 - L_1 - L$ – **2 балла**.

Получено условие $\frac{mg}{k} > \frac{2}{3}(L_2 - L_1 - L)$ – **3 балла**.

Указаны правильные номера груза, комплектов пружин и нитей, а также доказывается, что использование данного оборудования приводит к эффекту, описанному в условии задачи – **5 баллов**. Если в результате рассуждений были выбраны помимо правильного груза и нужных комплектов пружин и нитей лишние элементы оборудования, но при этом рассуждения принципиально верные – **2 балла**.

Вычислительные ошибки при условии, что принципиально решение абсолютно верное, приводят к снижению баллов на 20 %.