

Задача 1

На горизонтальном столе лежит деревянный брусок. Коэффициент трения между поверхностью стола и бруском $\mu = 0,1$. Если приложить к бруску силу, направленную вверх под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, то брусок будет двигаться по столу с ускорением $a = 0,18 \text{ м/с}^2$. Под каким углом β надо приложить к бруску такую же по модулю силу, чтобы брусок двигался по столу равномерно? Ответ округлите до целых градусов. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: $\beta = \pm \arccos\left(\frac{\mu g(\cos\alpha + \mu \sin\alpha)}{\sqrt{1 + \mu^2(a + \mu g)}}\right) + \arctg \mu$, т.е. $\beta_1 \approx 45^\circ$ или $\beta_2 \approx -34^\circ$.

Критерии

- Правильно записаны уравнения для равномерного движения бруска – 1 балл
- Правильно записаны уравнения для равноускоренного движения бруска – 1 балл
- Ускорение бруска выражено через угол β – 1 балл
- Получено выражение и численное значение для угла β_1 – 1 балл
- Получено выражение и численное значение для угла β_2 – 1 балл
- В случае если по ходу решения отсутствуют объяснения, снимается 0,5 балла
- Всего: 5 баллов.

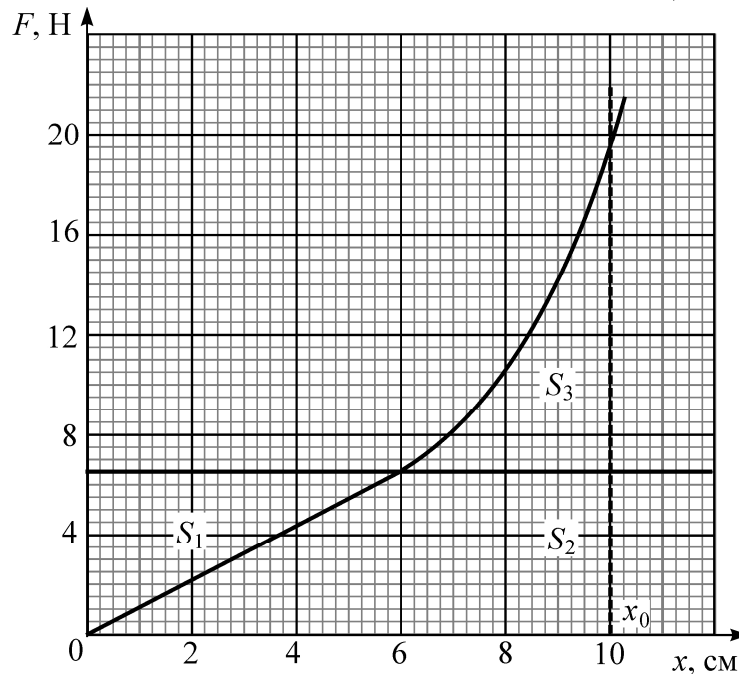
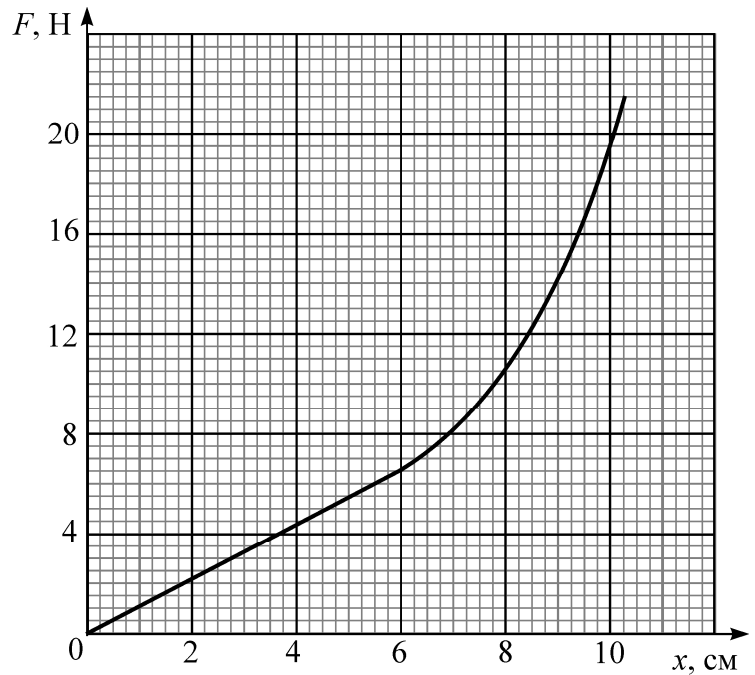
Задача 2

На рисунке показан график зависимости модуля силы F растяжения пружины от ее удлинения x (при больших деформациях пружина не подчиняется закону Гука). Пружину прикрепляют одним концом к потолку. К другому концу пружины, не деформируя ее, аккуратно подвешивают груз массой $m = 650 \text{ г}$, после чего отпускают груз без начальной скорости. Оцените, на какую максимальную длину растянется пружина. Трением и массой пружины пренебречь, ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: $x_0 \approx 10 \text{ см}$.

Критерии

- Указано, что при максимальном растяжении пружины модули работ силы тяжести и силы упругости равны – 1 балл
- Описано (или изображено), как графически найти модуль работы силы упругости – 0,5 балла
- Описано (или изображено), как графически найти модуль работы силы тяжести (при этом правильно проведена горизонтальная прямая $F = mg = 6,5 \text{ Н}$) – 0,5 балла
- Условие равенства модулей работ силы упругости и силы тяжести сведено к равенству соответствующих площадей под кривыми – 1 балл
- Подсчитана площадь S_1 – 1 балл
- Подсчитана равная S_1 площадь S_3 и правильно определена величина x_0 – 1 балл
- Всего: 5 баллов.



Задача 3

Небольшой пустой тонкостенный цилиндрический стакан объемом V_0 переворачивают вверх дном и медленно погружают в глубокий водоем, удерживая ось стакана в вертикальном положении. Над поверхностью водоема находится воздух (атмосферное давление p_0), температура которого равна температуре воды, а относительная влажность 100%. По какому закону будет изменяться модуль выталкивающей силы, действующей на стакан, при его погружении от поверхности воды в водоем на глубину H ? Плотность воды равна ρ , ускорение свободного падения g , давление насыщенных паров воды при данной температуре p_n .

Ответ:
$$F_A = \rho g V_0 \frac{p_0 - p_n}{p_0 - p_n + \rho g H} = \frac{\rho g V_0}{1 + \frac{\rho g H}{p_0 - p_n}}.$$

Критерии

Записана зависимость давления внутри стакана от глубины его погружения – 1 балл
Записан закон Дальтона для суммарного давления в стакане – 1 балл
Записан закон Бойля-Мариотта для сухого воздуха в стакане – 1 балл
Найден объем, занимаемый в стакане воздухом и паром после погружения – 1 балл
Записано выражение для выталкивающей силы – 1 балл
Всего: 5 баллов.

Задача 4

После поломки систем отопления и водоснабжения бассейна объемом V часть воды вытекла из него, а оставшаяся часть замерзла. В итоге в бассейне остался лед объемом $(10/27)V$ при температуре 0°C . В бассейн начинают наливать воду. Какую температуру должна иметь вода, чтобы, когда лед растает, и бассейн будет полностью заполнен, вода в нем имела температуру $t = 20^\circ\text{C}$? Плотности воды и льда $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_l = 900 \text{ кг/м}^3$, удельные теплоемкости воды и льда $c_v = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ и $c_l = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$ соответственно, удельная теплота плавления льда $\lambda = 335 \text{ кДж/кг}$. Потерями теплоты пренебречь.

Ответ: Вода должна иметь температуру $t_0 = t + \frac{10\rho_l(t + \lambda/c_v)}{27\rho_v - 10\rho_l} \approx 70^\circ\text{C}$.

Критерии

Записано выражение для массы доливаемой в бассейн воды – 1 балл
Записано выражение для количества теплоты, отдаваемой при остывании долитой воды – 1 балл
Составлено уравнение теплового баланса – 1 балл
Получено выражение для температуры доливаемой воды – 1 балл
Получен численный ответ для температуры доливаемой воды – 1 балл
Всего: 5 баллов.

Задача 5

Ёмкость аккумуляторов мобильных телефонов часто измеряют в миллиампер-часах (мАч). Эта величина показывает, сколько часов может работать аккумулятор, давая ток силой в один миллиампер. Ёмкость некоторого аккумулятора равна $q = 950$ мАч. Мобильный телефон после зарядки аккумулятора проработал $t = 80$ ч, а напряжение на аккумуляторе было почти постоянно и равно $U = 3,6$ В, после чего аккумулятор разрядился. Чему равна средняя мощность, потреблявшаяся телефоном в этот период времени? Аккумулятор считать идеальным источником.

Ответ: средняя потреблявшаяся телефоном мощность равна $P = \frac{qU}{t} \approx 43$ мВт.

Критерии

Указано, что ёмкость в миллиампер-часах показывает, какой заряд q протекает через аккумулятор при его полной разрядке – 2 балла

Записано выражение для работы, совершенной электрическим током – 1 балл

Записано выражение для средней мощности, потреблявшейся телефоном – 1 балл

Получен правильный численный ответ – 1 балл

Всего: 5 баллов.