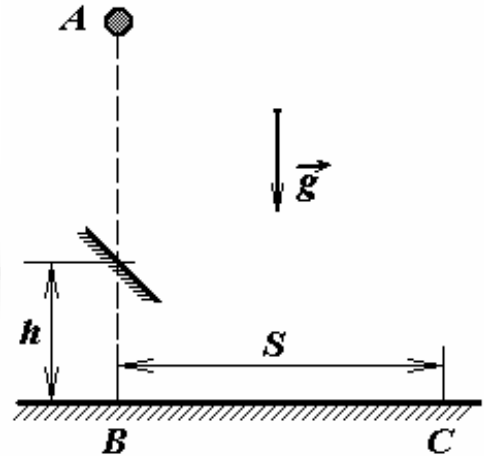


**Республиканская олимпиада по физике
1999 год, г. Гродно**

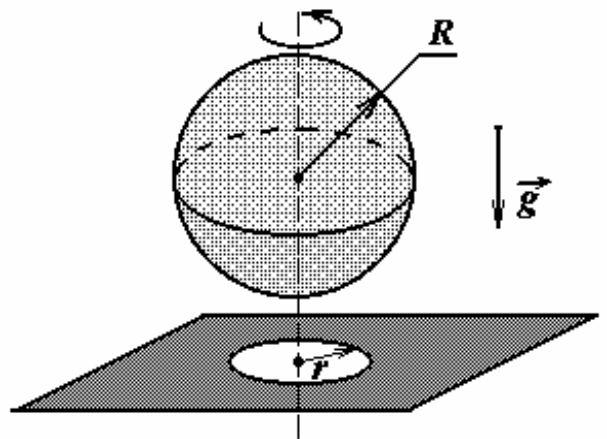
9 класс.

1. Небольшой шарик падает из точки A на массивную плиту, закрепленную на высоте $h = 1,0\text{ м}$ от поверхности земли и ориентированную под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. После упругого отражения от плиты шарик падает на поверхность земли в точке C на расстоянии $S = 4,0\text{ м}$ от вертикальной прямой AB . Найдите время движения шарика до удара о землю.

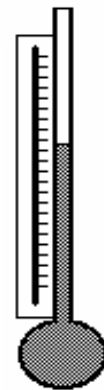


На какой высоте необходимо расположить плиту (не меняя ее ориентации), чтобы расстояние S было максимально при неизменном начальном положении шарика в точке A ? Чему оно равно? Сопротивлением воздуха пренебречь.

2. Вращающийся вокруг вертикальной оси однородный шар радиуса $R = 10\text{ см}$ аккуратно положили в круглое отверстие радиуса $r_1 = 8,0\text{ см}$, сделанное в тонкой горизонтальной плите. Вращение шарика прекратилось через время $t_1 = 12\text{ с}$. Через какое время остановится этот же шар, если его раскрутить до той же начальной скорости и положить в отверстие радиуса $r_2 = 6,0\text{ см}$?

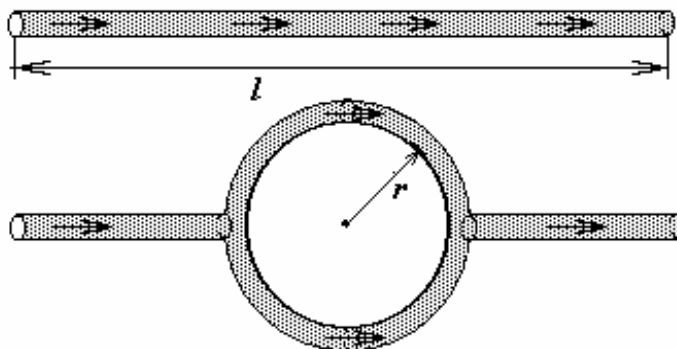


3. Молодой талантливый физик Федя решил самостоятельно изготовить термометр. Тонкую стеклянную трубку вставил в небольшой сосуд, залил в него подкрашенную жидкость, рассчитал шкалу, изготовил ее и прикрепил к трубке. Проводя испытания этого термометра Федя с удивлением обнаружил, что погруженный в тающий лед термометр показывает $t_0 = 5^\circ$, а помещенный в кипящую воду дает показания $t_1 = 95^\circ$. Какова температура воздуха в комнате,



если показание Фединого термометра $t = 25^\circ$? Атмосферное давление нормальное.

4. Насос прокачивает воду по прямой трубе длиной l так, что расход воды равен V_0 . В трубу врезали кольцо радиуса r , изготовленное из труб того же поперечного сечения, как показано



на рисунке. Считая, что разность давлений на концах трубы осталась неизменной, найдите расход воды в этом случае.

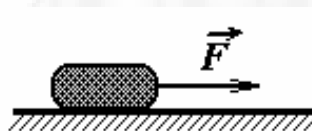
Примечания. 1. Расходом называется объем жидкости, протекающей через поперечное сечение трубы в единицу времени.

2. Средняя скорость движения жидкости по трубе определяется формулой

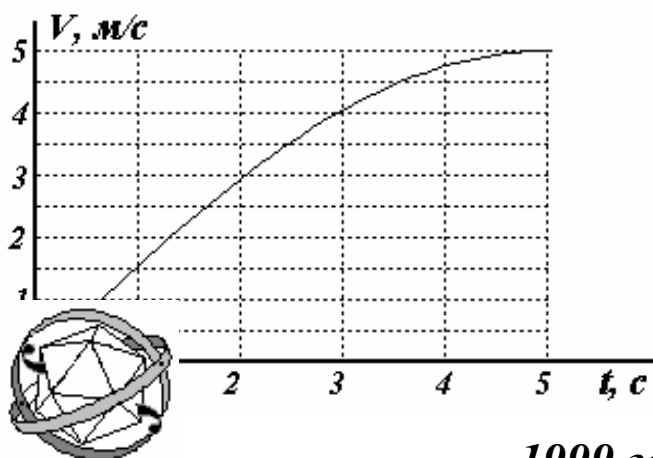
$$v_{ср.} = \lambda \frac{S}{l} \Delta P,$$

где ΔP - разность давлений на концах трубы, l - длина трубы, S - площадь ее поперечного сечения, λ - постоянный коэффициент, зависящий только от свойств жидкости.

5. Небольшой брусок массой $m = 1,0 \text{ кг}$ движется по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтально направленной силы \vec{F} . На рисунке



представлен график зависимости модуля его скорости от времени. Постройте график зависимости модуля силы \vec{F} от смещения бруска. Какая работа совершена силой F за 5,0с движения бруска?



**Республиканская
олимпиада по физике**

1999 год, г. Гродно

10 класс.

1. Согласно теореме о равномерном распределении энергии, на каждую колебательную степень свободы атома кристалла в среднем приходится энергия, равная kT , где T - абсолютная температура, k - постоянная Больцмана. Пользуясь этой теоремой, найдите молярную теплоемкость кристаллов.

В таблице приведены значения удельной теплоемкости c и молярные веса μ для ряда металлов. Оцените по этим данным значение универсальной газовой постоянной.

Таблица.

металл	$C,$ кДж / (кг · К)	$\mu,$ г / моль	металл	$C,$ кДж / (кг · К)	$\mu,$ г / моль
алюминий	0,88	27,0	натрий	1,20	23,0
железо	0,46	55,8	олово	0,20	118,6
золото	0,13	197,0	марганец	0,50	54,9
магний	1,05	24,3	медь	0,38	63,5

2. На длинную непроводящую гладкую спицу нанизано очень много одинаковых непроводящих шариков. Шарики несут одинаковые по модулю электрические заряды, причем знаки зарядов чередуются. Сила электростатического взаимодействия между двумя соседними шариками равна $f_0 = 10\text{ Н}$. Какую минимальную силу необходимо приложить к крайнему шарика, чтобы разорвать «цепочку»? Вычислите эту силу с погрешностью, не превышающей 5%.

В каком месте разорвется цепочка, если приложить к крайнему шарика медленно возрастающую силу \vec{F} ?



3. Трехлопастный вентилятор, вращающийся с

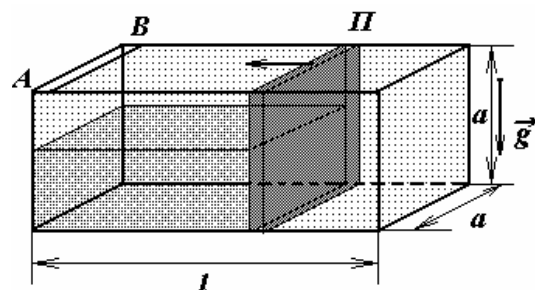
частотой $n = 10\text{ с}^{-1}$, освещается стробоскопом, частота вспышек которого может плавно изменяться в диапазоне от 2 до 200 Гц. При каких частотах вспышек стробоскопа будет казаться, что вентилятор

а) неподвижен и имеет три лопасти;

б) неподвижен и имеет шесть лопастей;

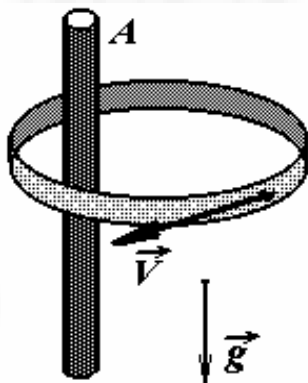
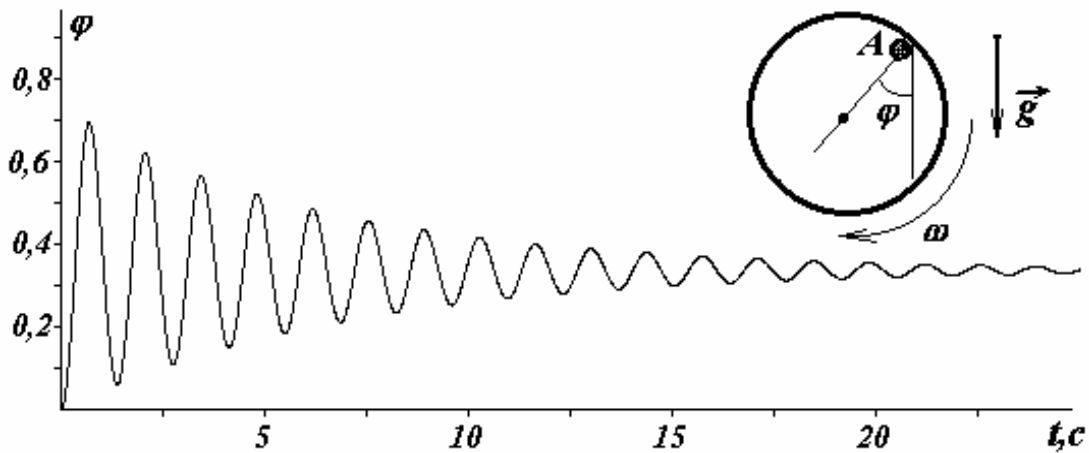
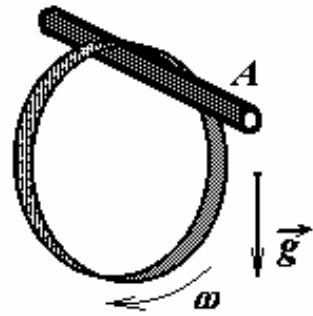
в) вращается в противоположную сторону с частотой $n_1 = 0,25\text{ с}^{-1}$?

4. Сосуд в форме параллелепипеда, размеры которого указаны на рисунке, снабжен плотно пригнанным подвижным поршнем Π . В верхней крышке сосуда слева сделана небольшая щель AB . Первоначально поршень примыкает к правой стенке сосуда. В сосуд наливают воду так, что высота ее уровня равна h_0 . Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы, медленно передвигая поршень, полностью



вытеснить воздух из сосуда? Атмосферное давление P_0 .

5. Тонкое кольцо радиусом $R = 10\text{ см}$ сильно раскрутили вокруг собственной оси и повесили на горизонтальный стержень A радиусом $r = 1,0\text{ см}$. На графике представлена зависимость от времени угла φ , определяющего положение центра кольца. Определите коэффициент трения кольца о стержень.



Стержень A расположили вертикально. С какой скоростью необходимо толкнуть кольцо, чтобы оно вращалось вокруг стержня на постоянной высоте?

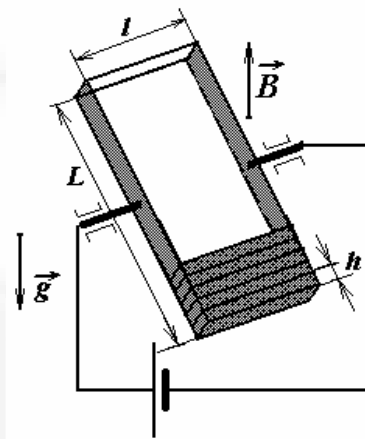


*Республиканская олимпиада по физике
1999 год, г. Гродно*

11 класс.

1. При постоянной скорости горизонтального движения трамвая 30 км/час в цепи электромотора протекает ток 30 А . Максимальная скорость равномерного горизонтального движения трамвая равна 70 км/час . Считая силу сопротивления пропорциональной скорости трамвая, а активное сопротивление двигателя постоянным, оцените какой ток пойдет в цепи мотора неподвижного трамвая. (Для компенсации больших значений силы тока в цепь включается реостат, который в данной задаче не учитывается. Стандартные значения напряжения, используемого в промышленности и на транспорте равны 380 В , 550 В , 660 В).

2. Легкая прямоугольная обойма шириной l и длиной L с проводящими торцами может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через ее середину. Торцы подключены к источнику постоянного тока, ЭДС которого равно \mathcal{E} , а внутреннее сопротивление r . В обойму вкладывают проводящие пластинки массой m и толщиной $h = L/20$, электрическое сопротивление которых значительно меньше внутреннего сопротивления источника. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле индукции B . Найдите зависимость угла наклона устойчивого положения обоймы от количества вложенных в нее пластинок.



3. Рассмотрите свойства идеального кристалла с кубической решеткой, образованного одинаковыми атомами массой m . Потенциальная энергия взаимодействия двух атомов зависит от расстояния между их центрами r по закону

$$U(r) = \frac{a}{r^{12}} - \frac{b}{r^6}, \quad \text{где } a, b - \text{некоторые положительные константы. Выразите через}$$

параметры a, b, m следующие характеристики кристалла:

- а) плотность ρ ; б) удельную теплоту сублимации (перехода из кристаллического в газообразное состояние) λ ; в) модуль Юнга кристалла E ; г) предел прочности на разрыв (максимальное механическое напряжение, который может выдержать кристалл без разрушения) - $\sigma_{нр}$; д) максимальное относительное удлинение кристалла до его разрушения $\varepsilon_{нр}$; е) линейный коэффициент термического расширения кристалла α .

(Сила взаимодействия двух тел связана с потенциальной энергией соотношением $F = -U'_r$, где U'_r - производная энергии по r . При расчете всех характеристик можно учитывать взаимодействие атома **только** с его ближайшими соседями. Рекомендуем использовать приближенную формулу, справедливую при малых величинах

$$x: \quad (1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2} x^2, \quad \text{в которой вы можете использовать столько}$$

членов, сколько требуется в конкретной ситуации. Увеличение размеров тела при нагревании описывается формулой $l = l_0(1 + \alpha \Delta T)$, где α - линейный коэффициент термического расширения).

4. При взаимодействии мощных световых потоков с некоторыми веществами, возможен процесс, в результате которого молекула одновременно поглощает два световых кванта (двухфотонное поглощение) и переходит в возбужденное состояние. Обратный переход молекулы в невозбужденное состояние возможен с испусканием одного фотона (люминесценция). Если возбуждение люминесценции происходит благодаря двухфотонному поглощению, то ее интенсивность I_n пропорциональна квадрату интенсивности падающего потока I_0 :

$$I_n = kI_0^2.$$

Описанное явление используется для измерения длительности сверхкоротких световых импульсов. Традиционная схема таких измерений приведена на рис.1. Световой импульс I прямоугольной формы направляется на светоделительную пластинку, где разделяется на два равных по интенсивности импульса 2,3, которые после отражения от зеркал следуют навстречу друг другу вдоль одной прямой в кювете, заполненной раствором люминесцирующего красителя. В результате двухфотонного поглощения вдоль пути следования импульсов возбуждается люминесцентный след, который фотографируется с выдержкой значительно превышающей длительность импульса. На рис.2 приведена зависимость почернения на фотопленке D следа импульсов в кювете, как функция расстояния от стенки кюветы. Так как вероятность двухфотонного поглощения мала, то можно пренебречь изменением интенсивности импульсов при их прохождении через раствор. Опишите аналитически эту зависимость при отсутствии случайных помех. Определите длительность импульса. Показатель преломления раствора равен 1,5.

