

Московская олимпиада школьников по физике

11 класс, первый тур, 2019 год

ЗАДАЧА 1. Две одинаковые призмы ($\alpha = 30^\circ$, рис.), изготовленные из материала с показателем преломления n , используют для изменения поперечного размера пучка параллельных лучей.



- Для $n = 1,73$ найдите угол φ между основаниями призм.
- Найдите для произвольного n отношение $\frac{d}{D}$. Какие значения может принимать n ?

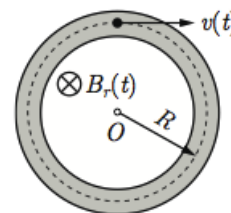
$$\tau > u \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon - \tau} = \frac{d}{D} \quad (\tau : \circ 0 \varepsilon = \phi \quad (1$$

ЗАДАЧА 2. Адиабатический процесс для идеального газа описывается уравнением $pV^\gamma = \text{const}$, где p — давление, V — объём, γ — безразмерная величина, называемая показателем адиабаты. Для определения γ ставят следующий эксперимент. Стекланный баллон заполняют исследуемым газом и измеряют его давление p_1 , большее атмосферного давления p_0 . При этом температура в баллоне равна температуре в комнате. Затем на короткое время открывают кран и часть газа выходит из баллона. Можно считать, что при открытом кране оставшийся в баллоне газ расширяется адиабатически. Кран закрывают, когда давление в баллоне становится равно p_0 . После этого дожидаются выравнивания температур в баллоне и комнате и измеряют давление в баллоне p_2 в конечном состоянии. Определите γ , если $p_0 = 10^5$ Па, $p_1 = 1,060 \cdot 10^5$ Па, $p_2 = 1,017 \cdot 10^5$ Па.

Примечание. Возможно, окажется полезной приближённая формула $(1 + x)^n \approx 1 + nx$, $x \ll 1$.

$$\tau^{\prime} \Gamma \approx \frac{\tau d - \Gamma d}{\tau d - \Gamma d} \approx \tau$$

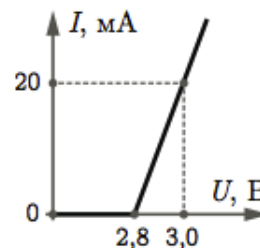
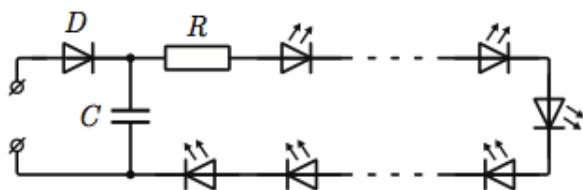
ЗАДАЧА 3. В ускорителе электронов бетатроне (рис.) изменяющееся во времени магнитное поле, индукция которого $B_r(t)$ зависит от расстояния r до оси симметрии O , порождает вихревое электрическое поле, разгоняющее частицы. Мы хотим, чтобы электроны всё время двигались по окружности радиусом R . Определите численное значение отношения $\frac{\Phi_R(t)}{B_R(t)\pi R^2}$ при таком движении. Φ_R — поток магнитного поля через поверхность круга радиусом R . $B_R(t)$ — индукция магнитного поля в момент времени t на расстоянии R от оси симметрии. Считайте, что $\Phi_R(0) = 0$, $v(0) = 0$.



$$\tau = \frac{\tau R^2 \pi B_R(t)}{\Phi_R(t)}$$

ЗАДАЧА 4. По схеме, показанной на рисунке, решили изготовить светодиодный светильник, работающий от сети переменного напряжения ($\nu = 50$ Гц, $U = 230$ В, $U_{\max} = 325$ В). Диод D можно считать идеальным. Всего используется 60 одинаковых светодиодов. Вольт-амперная характеристика одного светодиода показана на рис. Ток через светодиод не должен превышать 20 мА. Имеются резисторы и конденсаторы с номиналами, указанными в таблице. W — максимально допустимая мощность, выделяющаяся в резисторе, при работе в штатном режиме. U — максимальное напряжение, которое выдерживает конденсатор без повреждения.

№	1	2	3	4	5	6	7
R , кОм; W , Вт	0,91; 5	1,2; 5	7,5; 2	4,7; 5	6,8; 1	8,2; 5	75; 2
C , мкФ; U , В	0,1; 450	100; 250	20; 350	15; 350	4,7; 300	10; 350	6,8; 300

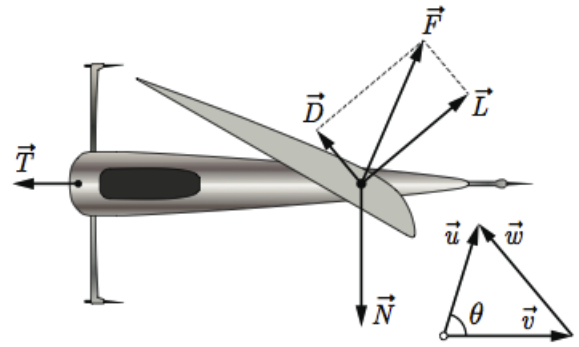


Желательно, чтобы при работе светильника максимальное отклонение тока через светодиод от среднего значения составляло не более 5%, при этом световой поток был бы максимальным. Выберите подходящие резистор и конденсатор из указанных в таблице. Если подходящих элементов несколько — укажите номера всех.

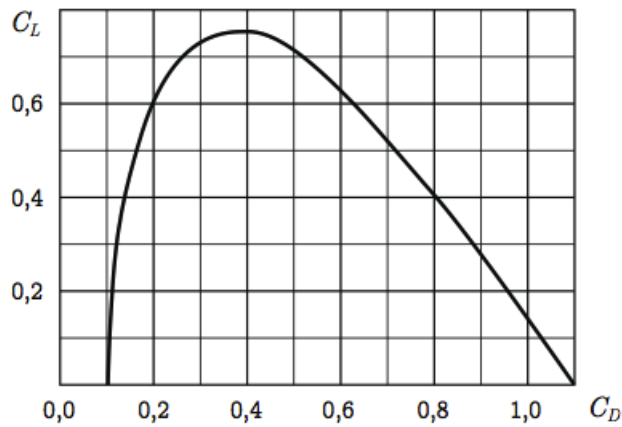
См. конспект

ЗАДАЧА 5. Динамика буера (ледовой яхты, рисунок слева) может быть описана на основе модели, в которой парус считается вертикально расположенным крылом. Силу F , действующую на парус со стороны воздуха (см. правый рисунок, вид сверху), принято раскладывать на две составляющие: D , направленную вдоль скорости ω потока воздуха относительно буера, и L , перпендикулярную D . Можно считать, что $D = C_D \frac{\rho \omega^2}{2} S$, $L = C_L \frac{\rho \omega^2}{2} S$, где S — площадь паруса, ρ — плотность воздуха; безразмерные коэффициенты C_D и C_L зависят только от ориентации паруса относительно набегающего потока воздуха. Взаимодействие с горизонтальной поверхностью снега (или льда) характеризуется силами T (трения) и горизонтальной реакцией N . Далее везде трением мы пренебрегаем. Угол между скоростью буера v и скоростью ветра относительно земли u обозначим θ .

1. Пусть известно, что буер движется с постоянной скоростью. Отношение $\frac{C_L}{C_D} = k$ задано. Кроме того даны скорость ветра u и угол θ . Определите скорость буера v . Если параметр k и скорость ветра u остаются постоянными, а угол θ может изменяться от 0° до 90° , то чему равна максимально возможная скорость буера v в рамках данной модели?



2. На рисунке показана кривая, координаты точек которой равны значениям коэффициентов C_D и C_L для разных положений паруса относительно набегающего потока воздуха. Определите максимально возможное ускорение буера при старте из положения покоя. Скорость ветра $u = 10$ м/с, масса буера и человека 100 кг, площадь паруса 7 м², атмосферное давление нормальное, температура воздуха -10 °С.



3. Используя кривую, показанную на рисунке, определите при каких значениях угла θ возможно движение буера с постоянной скоростью.

$$a = \frac{1}{m} (\cos \theta k \sin \theta + \theta \cos \theta) n = \frac{1}{m} \sqrt{k^2 + \theta^2} n = \frac{1}{m} \sqrt{k^2 + \theta^2} n$$

Ответ к задаче 4

Подходит резистор с сопротивлением 8,2 кОм, рассчитанный на 5 Вт; лучший выбор — конденсатор емкостью 20 мкФ, но конденсаторы емкостью 10 мкФ и 15 мкФ тоже подходят.