

КамaChallenge 2021

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

Во всех заданиях теоретического тура необходимо предоставить на проверку подробное развёрнутое решение задачи. За ответы, представленные без пояснений, баллы начисляться не будут.

Задачи базового уровня

Задача 1

Снаряд разрывается в полёте на два осколка. Первый летит со скоростью $v_1 = 26$ м/с под углом 90° к первоначальному направлению движения снаряда, а второй – со скоростью $v_2 = 10$ м/с под углом 60° . Чему равно отношение масс осколков? Какова скорость снаряда до разрыва? Массой взрывчатого вещества пренебречь. (5 баллов)

Задача 2

В горизонтальном цилиндре находится $\nu = 0.24$ моль молекулярного азота (рис. 1). Справа цилиндр закрыт поршнем массой $M = 90$ г, который удерживается небольшими упорами. В некоторый момент в поршень попадает пуля массой $m = 10$ г, летящая со скоростью $v = 100$ м/с, и застревает в нём. На сколько изменится температура газа к моменту остановки поршня в крайнем левом положении? Трения нет. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль·К). Считать, что газ не успевает обменяться теплом с поршнем и стенками цилиндра. (5 баллов)



Рис. 1

Задача 3

В цепи (рис. 2) ключ K первоначально замкнут. Источник ЭДС $\varepsilon = 24$ В имеет внутреннее сопротивление $r = 5$ Ом. Сопротивление резистора $R = 25$ Ом, ёмкость конденсатора $C = 1$ мкФ. Какое количество теплоты Q выделится на резисторе после размыкания ключа? (5 баллов)

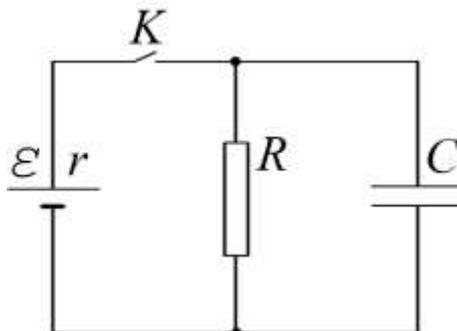


Рис. 2

Задача 4

Лошадь тянет сани с силой $F = 220$ Н, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис. 3). С каким ускорением движутся сани, если их масса $m = 100$ кг, а коэффициент трения полозьев о снег $\mu = 0.1$? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². (5 баллов)

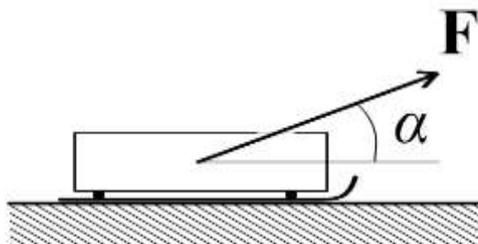


Рис. 3

Задача 5

Вертикальный светящийся объект высотой $h = 1$ см находится вблизи главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 50$ см. Расстояние от объекта до линзы $d = 75$ см. На каком расстоянии от линзы и какого размера будет изображение объекта? Какое это изображение? (5 баллов)

Задачи высокого уровня

Задача 6

Четыре металлические пластины площадью $S = 1 \text{ м}^2$ расположены параллельно друг другу на расстоянии $d = 1 \text{ мм}$. Пластины соединены проводами, как показано на рис. 4. Между двумя средними пластинами находится слой диэлектрика с проницаемостью $\epsilon = 4$. Крайние пластины через клеммы A , B подключены к сети постоянного напряжения $U = 10 \text{ В}$. Какова электрическая ёмкость системы? Каковы заряды пластин и напряжённости полей между ними? Краевыми эффектами пренебречь. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$. (10 баллов)

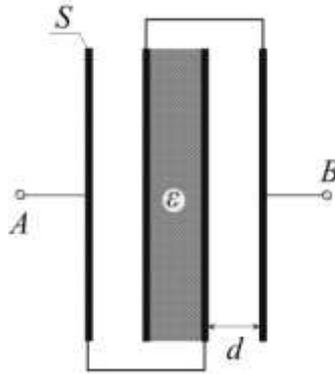


Рис. 4

Задача 7

Тонкая плоско-выпуклая линза (рис. 5), изготовленная из стекла с показателем преломления $n_0 = 1.60$, вставлена в отверстие в непрозрачном сосуде с водой. На каком расстоянии от линзы и где будет находиться изображение маленького источника света OO' , расположенного на большом удалении от линзы вблизи её главной оптической оси. Радиус кривизны линзы $R = 45 \text{ см}$, показатель преломления воды $n = 1.33$. (10 баллов)

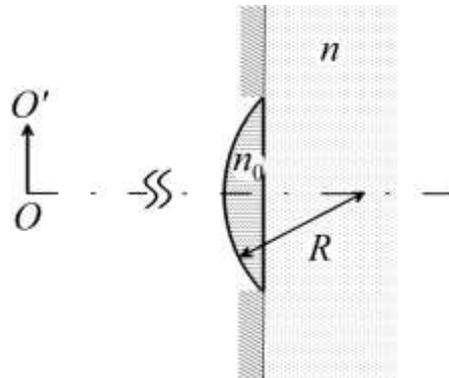


Рис. 5

Задача 8

Тепловая машина работает по двоянному циклу $OABC-ODEF-OA\dots$ (рис. 6). КПД какого из малых циклов $OABC$ или $ODEF$ больше? Найдите КПД двоянного цикла. Рабочим телом является одноатомный идеальный газ. (15 баллов)

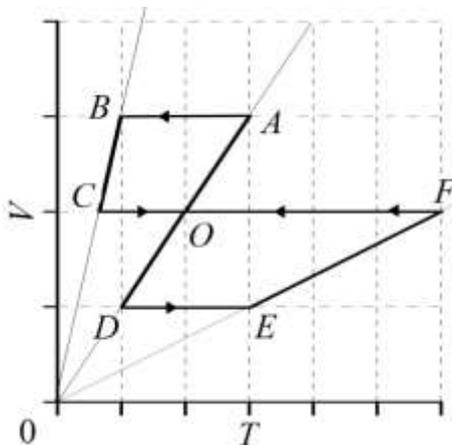


Рис. 6

Задача 9

Обкладки воздушного конденсатора имеют квадратную форму со стороной $a = 10$ см, а зазор между ними составляет $d = 0.1$ мм. Нижняя обкладка неподвижна, а верхняя обкладка способна без трения перемещаться параллельно нижней. Конденсатор при помощи гибких проводников подключают через идеальный диод D к идеальному источнику постоянной ЭДС $\varepsilon = 100$ В. В начальный момент (рис. 7) верхнюю обкладку начинают сдвигать с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. Спустя какое время после начала движения между обкладками произойдет электрический пробой воздуха, если напряженность поля, достаточная для пробоя, $E_0 = 30$ кВ/см? Какую работу совершат при этом силы, действующие на пластинку? Краевыми эффектами пренебречь. Работу, затраченную на изменение кинетической энергии пластинки, не учитывать. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. (15 баллов)

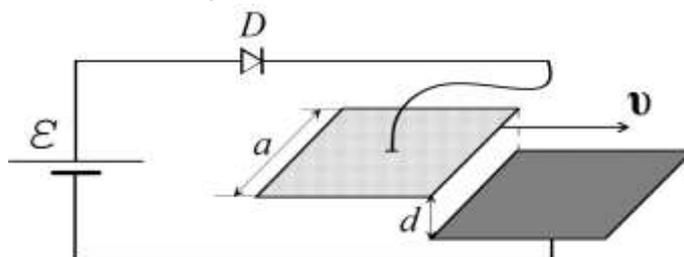


Рис. 7

* Идеальный диод – элемент, с односторонней проводимостью, обладающий нулевым сопротивлением при протекании тока в направлении, указанном стрелкой, и бесконечным сопротивлением в обратном направлении.

Задача 10

Крейсера вражеских флотов идут пересекающимися под углом $\gamma = 60^\circ$ курсами с одинаковой скоростью $v_0 = 15$ м/с. Команда крейсера A обнаруживает противника прямо по курсу на расстоянии $L_0 = 2.25$ км (рис. 8). Быстро оценив обстановку, капитан приказывает произвести выстрел по крейсеру B в момент наибольшего сближения с ним.

1. Спустя какое время t , под каким углом к горизонту α и углом упреждения β^{**} необходимо произвести выстрел крейсеру A , чтобы снаряд попал в B ? Начальная скорость полёта снаряда $u_0 = 150$ м/с. (15 баллов)

2. Предложите способ нахождения α и β для произвольного момента времени t построением. Проведите построение для $t = 1$ мин. (10 баллов)

Сопротивлением воздуха и кривизной земной поверхности пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

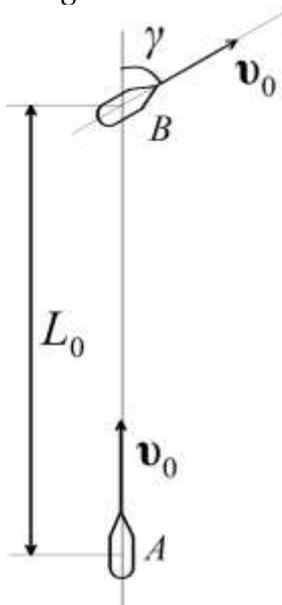


Рис. 8

** Угол упреждения – угол, отсчитываемый **по горизонтали** от направления на цель, до направления, в котором производится выстрел.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ТУР

Качественные задачи

Во всех заданиях раздела необходимо, опираясь на фундаментальные физические законы, дать полное развёрнутое пояснение к видеозаписи эксперимента. Пояснения, не опирающиеся на физические законы или имеющие неоднозначное трактование, засчитываться не будут.

Видео 1: <https://youtu.be/Bmlgmja6U-0>

По данным видеозаписи эксперимента объясните различие в расстояниях, проходимых тележками до остановки. При необходимости, выполните поясняющий рисунок. (5 баллов)

Видео 2: <https://youtu.be/F4uWncdfvJo>

По данным видеозаписи эксперимента объясните различие в скорости затухания колебаний маятников. (5 баллов)

Видео 3: <https://youtu.be/dDdqH5JfoAI>

По данным видеозаписи эксперимента объясните, почему бумажные лепестки с внутренней стороны цилиндра, образованного металлической сеткой опускаются, а с внешней отклоняются сильнее. (5 баллов)

Расчётные задачи

Во всех заданиях раздела необходимо предоставить на проверку полное развёрнутое описание обработки экспериментальных данных. Описание должно содержать пояснительные рисунки, расчётные формулы, таблицы результатов измерений и вычислений. Отчёты, не содержащие экспериментальных данных, засчитываться не будут.

Видео 4 «Математический маятник»: <https://youtu.be/tjgrHOIFq9s>

По данным видеозаписи эксперимента определите ускорение свободного падения. Оцените погрешность результата. Объясните причину наблюдаемого различия с табличным значением $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.
(15 баллов)

Видео 5 «Бросок под углом»: <https://youtu.be/W86xWHQq92E>

По данным видеозаписи эксперимента* оцените начальную скорость тела, брошенного под разными углами к горизонту**. Проведите статистическую обработку результата и оцените погрешность измерений. Объясните причины расхождения результатов. Каковы ограничения выбранной Вами физической модели?
(15 баллов)

* Видео записано в режиме замедленной съёмки.

** Для бросания тела использована небольшая пружинная пушка, расположенная около нулевой отметки измерительной шкалы.