

Межрегиональные предметные олимпиады КФУ
профиль «Физика»
заключительный этап
2024-2025 учебный год
10 класс

Задача 1. (17 б.)

Расстояние от центра хрусталика глаза человека до сетчатки неизменно и равно 17 мм. Человек смотрит одним глазом на предмет, находящийся на расстоянии 1 м от глаза. Форма хрусталика подстраивается, чтобы получить четкое изображение предмета.

- 1) Во сколько раз изменится фокусное расстояние хрусталика, если на середине отрезка, соединяющего глаз и предмет, поместить собирающую линзу с фокусным расстоянием 10 см таким образом, чтобы этот отрезок лежал на главной оптической оси линзы?
- 2) Во сколько раз изменится фокусное расстояние хрусталика, если на середине отрезка, соединяющего глаз и предмет, поместить рассеивающую линзу с фокусным расстоянием 10 см таким образом, чтобы этот отрезок лежал на главной оптической оси линзы?

Задача 2. (18 б.)

В распоряжении экспериментаторов имеется небольшой цилиндрический сосуд с идеальным газом под поршнем, который может двигаться без трения со стенками сосуда. Сосуд помещают под воду таким образом, чтобы ось цилиндрического сосуда всегда была горизонтальна. Для удержания его в равновесии на глубине 3 м требуется сила в 10 Н, направленная вниз. На глубине 7 м аналогичная сила, также направленная вниз, составляет 6 Н. Определите минимальную глубину, на которую нужно погрузить сосуд, чтобы он начал тонуть.

Температура газа устанавливается равной температуре воды, которая в свою очередь постоянна на всей глубине. Считать для простоты, что глубина погружения во всех случаях много больше размеров сосуда. Над поверхностью воды атмосферное давление $p_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с², плотность воды 1000 кг/м³.

Задача 3. (17 б.)

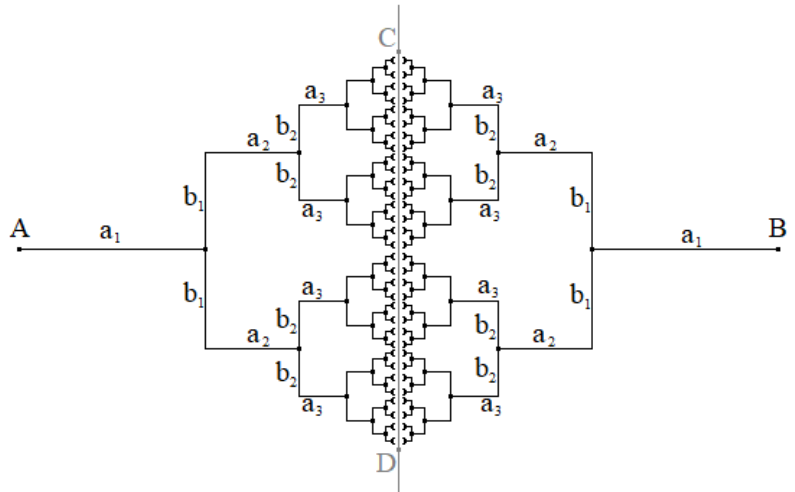
Две узкие полосы из меди и алюминия длиной $L = 1$ м и толщиной $b = 3$ мм каждая, спаяны вместе по всей площади соприкосновения наибольшими гранями. При комнатной температуре такая система - идеально прямой брусок. Систему нагрели на $T = 100$ °С, в результате она искривилась. Оценить радиус кривизны такого бруска после нагревания.

Коэффициент линейного теплового расширения алюминия $\alpha_{Al} = 23 \cdot 10^{-6}$ °С⁻¹, меди $\alpha_{Cu} = 17 \cdot 10^{-6}$ °С⁻¹.

Указание: длина дуги равна произведению радиуса окружности и угла в радианах.

Задача 4. (23 б.)

На рисунке представлена конструкция, состоящая из тонкого однородного провода с сопротивлением на единицу длины ρ . Цепь бесконечно ветвится, как показано на рисунке, причем на каждом шаге длины a и b уменьшаются в $\gamma > 1$ раз, т. е. $a_i = \gamma a_{i+1}$ и $b_i = \gamma b_{i+1}$. Конструкция симметрична относительно прямых AB и CD , на прямой CD соответствующие ветви правой и левой частей цепи смыкаются друг с другом (очевидно, что число этих



соединений бесконечно). Полная длина конструкции $AB = L$, ее полная высота $CD = H$. Найдите сопротивление цепи между точками A и B , ответ выразите через ρ , L , H и γ . Дайте ответ в общем виде. Также получите выражение для $\gamma = 2$ и $L = H$.

Задача 5. (25 б.)

Затрагивая тему плаваний на парусных судах, многие задаются вопросом: как поступают моряки в ситуации, когда нужно плыть навстречу ветру? Неужели они каждый раз ждут попутного ветра? Навряд ли. Иначе длительность плавания полностью зависела бы от случая, и в некоторых ситуациях путешествие могло бы быть чрезвычайно долгим. Плывут против ветра? Очевидно, это невозможно. Как же они решают эту проблему?

Действительно, прямо против ветра на парусах плыть нельзя. Но можно плыть под острым углом к направлению ветра (на языке моряков – «идти в бейдевинд»). На первый взгляд, и это невозможно. Однако, если определенным образом поставить парус, можно добиться, чтобы судно начало двигаться навстречу ветру. В случае, когда необходимо держать курс точно против ветра, выполняется зигзагообразное движение (называемое моряками «лабирингом судна»): сначала судно некоторое время плывет под острым углом к направлению ветра в одну сторону (например, вправо), затем поворачивает, и плывет в течение того же времени под тем же острым углом к направлению ветра, но уже в противоположную сторону (влево) и так далее. Таким образом, поддерживается общий курс против ветра.

Рассмотрим простое судно с одним парусом, вертикально установленным на мачте, и симметричным относительно нее. Мачта установлена вертикально в центре палубы. Парус можно повернуть вокруг мачты на любой угол. В рамках данной задачи, для простоты, рассмотрите ветер как поток твердых частиц, абсолютно упруго ударяющихся о прямой вертикальный парус. Примите также, что вязкое трение воздуха о материал паруса пренебрежимо мало. Также следует отметить, что важной особенностью парусных судов является очень глубокий киль (плоский продольный выступ на дне судна).

- 1) Объясните, каким образом парусное судно плывет под острым углом* α к направлению ветра? Какие силы на него действуют? Как должен быть повернут парус (диапазон углов между плоскостью паруса и килем)?
- 2) Найти приближенное значение силы, действующей на корабль со стороны ветра вдоль киля, если на парус, перпендикулярный ветру, действует сила F_0 . Выразить искомую силу через F_0 , угол киля к ветру* α и угол поворота паруса относительно киля β .
- 3) Под каким оптимальным углом нужно повернуть парус к килевой линии, чтобы судно двигалось максимально быстро под острым углом* α к направлению ветра?

*в системе отсчета, связанной с кораблем