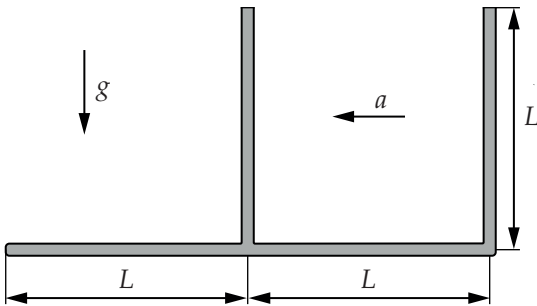


**1. В погоне за нулём** (5 баллов)

Колесо радиусом $R = 50$ см движется без проскальзывания по горизонтальной поверхности, при этом его ось движется с ускорением $a = 1$ м/с². Спустя какое время после начала движения колеса ускорение некоторой его точки, находящейся на расстоянии $r = 25$ см от оси, будет равно нулю?

2. F-ускорение (9 баллов)

F-образную трубку целиком заполнили ртутью, как показано на рисунке. Длина каждого колена трубки равна $L = \frac{p_0}{3\rho g}$, где p_0 — атмосферное давление, ρ — плотность ртути, g — ускорение свободного падения. Трубку начинают двигать горизонтально с плавно возрастающим ускорением a (см. рисунок). Площадь сечения трубки S мала ($\sqrt{S} \ll L$). Давлением паров ртути можно пренебречь.



а) (2 балла) Определите объём вылившейся из трубки ртути, когда ускорение станет равным g . Чему равно давление ртути на левом конце горизонтальной части трубки в этот момент времени?

б) (3 балла) Рассчитайте суммарный объём воздуха в трубке при ускорении, равном $3g$. Приведите схематический рисунок распределения ртути в трубке.

в) (4 балла) Ответьте на вопросы пункта б) для случая $a = 4g$.

3. Оболочка на весах (8 баллов)

Оболочку с тонкими и плохо проводящими тепло стенками из нерастяжимого гибкого полиэтилена взвесили, когда в ней не было воздуха, получилось значение массы $M = 5$ г. Затем с помощью насоса через трубку с небольшим сечением $S = 0,2$ см² за весьма короткое время $\tau = 5$ с оболочку заполнили до объёма $V = 10$ литров воздухом, который брался снаружи, и сразу же взвесили получившийся мешок с воздухом на тех же весах. Получили значение $0,95M$. Через большое время, когда установилось тепловое равновесие, результат взвешивания для оболочки с воздухом снова оказался M . Давление воздуха внутри оболочки и вне её всегда равно

$p_0 = 10^5$ Па. Найдите температуру T_0 окружающего воздуха.

4. Треугольник-звезда (7 баллов)

Известно, что любая схема, с тремя выводными контактами, состоящая из идеальных источников напряжения и резисторов, может быть представлена в виде звезды или треугольника, в ветвях которых стоят идеальные источники питания и сопротивления.

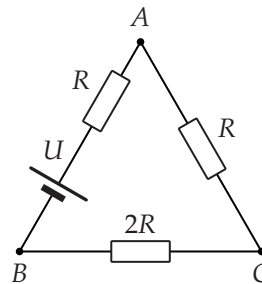


Рис. 1

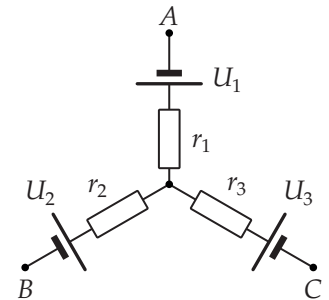


Рис. 2

Пусть в схеме на рис. 1 известны сопротивления и напряжение источника. Проведите эквивалентную замену схемы, изображенной на рис. 1, схемой, изображенной на рис. 2. Для этого рассчитайте, чему могут быть равны сопротивления резисторов и напряжения источников питания в эквивалентной цепи. Укажите, будет ли такое решение единственным? Свой ответ обоснуйте.

5. Рефрактометр (10 баллов)

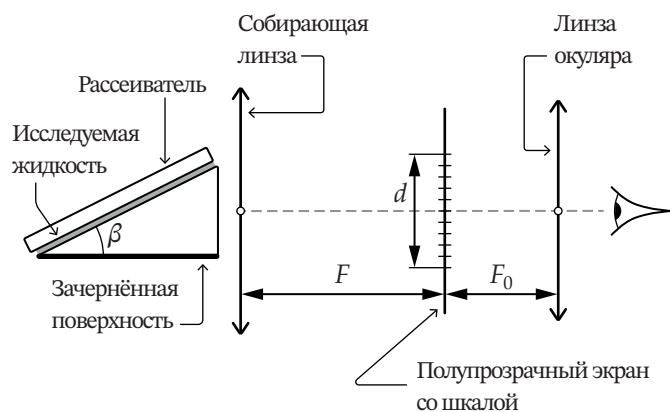
Рефрактометрия — один из наиболее удобных способов определения концентрации примесей в жидкости путём измерения её показателя преломления.



Продолжение задания см. на листе 2

Простейший рефрактометр представляет собой тубус (см. рисунок, представленный выше), на одном конце которого расположена призма с полированной скошенной гранью. На эту грань наносится капля исследуемой жидкости, которая затем прижимается к поверхности рассеивателем. Рассеиватель обеспечивает освещение жидкости под всеми углами. На другом конце тубуса находится окуляр. При наблюдении через окуляр при направлении яркого света на рассеиватель, видна шкала, часть которой освещена, а часть — нет. Граница между освещённой и неосвещёнными областями определяет показатель преломления жидкости, однозначно связанный с концентрацией примесей.

Принципиальная оптическая схема рефрактометра показана на рисунке, представленном ниже.



За призмой, внутри тубуса, расположена собирающая линза. В её фокальной плоскости находится полупрозрачный матовый экран со шкалой, рассматриваемый через окуляр. В простейшем варианте окуляр представляет собой одну линзу, а экран расположен в её фокальной плоскости. Предполагается отсутствие отражения света от зачернённой поверхности призмы.

Предположим, что необходимо спроектировать рефрактометр для измерения объёмной концентрации спирта в воде с пределом измерения 60%. Призма рефрактометра изготовлена из стекла с показателем преломления $n = 1,500$.

а) (3 балла) Какова величина угла β при вершине призмы, если при помещении на скошенную грань призмы 30%-ного раствора спирта с показателем преломления $n_{30} = 1,350$ граница освещённой области на экране пересекается с оптической осью линзы?

б) (4 балла) Рассчитайте длину шкалы d (см. рисунок) на полупрозрачном экране. Фокусное расстояние линзы $F = 10$ см. Показатель преломления чистой воды $n = 1,333$, 60%-ного раствора спирта — $n_{60} = 1,362$.

в) (3 балла) Шкала рефрактометра должна иметь цену деления 1%. Будем считать, что человеческому глазу комфортно различать предметы на далеком расстоянии, если угловое расстояние между ними не менее $\varphi = 15'$ (15 угловых минут). Рассчитайте максимально возможное фокусное расстояние окуляра F_{\max} .