Младшая лига

Задача 1. Погружение кубов

Высокий цилиндрический сосуд радиусом R наполнен неперемешивающимися жидкостями с плотностями $\rho_1 = 2\rho$ и $\rho_2 = 3\rho$. Каждая жидкость в сосуде занимала изначально обьём высотой $2R$. На поверхность жидкости поместили куб плотностью ρ и стороной $a = R/2$. Сколько таких одинаковых кубов N нужно поставить друг на друга вертикальным столбом, чтобы нижний куб сел на дно сосуда? Столб из кубов не наклоняется и жидкость не выливается из сосуда.

Задача 2. Два кузнечика

Имеется однородная планета, экватор которой представляет собой окружность и не пересекается с водоёмами. Один кузнечик проскакал по этой планете вдоль её экватора, а второй кузнечик облетел эту планету на низкой орбите, двигаясь с первой космической скоростью. Массы кузнечиков одинаковы. Первый кузнечик совершал прыжки так, чтобы энергия, затраченная им на всё путешествие, оказалась минимальной. При каждом приземлении кузнечика его скорость становится равной нулю, после чего совершается следующий прыжок. Считайте, что при прыжке КПД кузнечика близок к 100%, а при торможении (приземлении) он энергию не затрачивает. Сравните энергию E_1, затраченную первым кузнечиком на всё путешествие, и кинетическую энергию E_2 второго кузнечика при движении по орбите. Найдите отношение $k = E_1/E_2$. Длина прыжка кузнечика много меньше длины экватора. Сопротивление воздуха и вращение планеты не учитывайте.

Задача 3. Конвекция затвердевания

В переохлаждённой жидкости плотностью ρ_1 образовался зародыш твёрдой фазы плотностью ρ_2. Зародыш растёт, сохраняя сферическую форму, и в некоторый момент его радиус увеличивается со скоростью v_0. Найдите скорость v конвективного движения частиц жидкости на границе с твёрдой фазой.

Задача 4. Трубки с солёной водой

К выводам неидеального источника постоянного напряжения по очереди подключают тонкостенные пластиковые трубки, целиком заполненные одинаковым количеством солёной воды. В местах подключения на концах трубок металлические контакты касаются воды и полностью перекрывают сечение трубки. Теплоёмкостью, теплопроводностью и электропроводностью стенок этих трубок можно пренебречь. Оказалось, что вода в трубках длинами L и $2L$ нагревается на ΔT градусов за одинаковое время t_{12}. За какое время t_3 нагреется на ΔT градусов вода в трубке длиной $3L$?

XXXIII Международная олимпиада «Туймаада». Физика

Задача 5. Серые стены

В одной из лабораторий архитектурного института изучают освещённость помещений, у которых все стены, пол и потолок покрыты материалом, который частично поглощает падающий на поверхность свет, а оставшуюся часть рассеивает равномерно по всем возможным направлениям от места падения (но, конечно, не внутрь материала). В геометрических центрах одинаковых по размерам и форме помещений (без окон!) устанавливают одинаковые по яркости источники света, а на полу в точности под источником света — малогабаритные датчики освещённости. В помещении, где все поверхности поглощают весь падающий на них свет датчик показал значение освещённости N_0. Найдите показания N такого же прибора, если коэффициент поглощения света покрытием равен η. Прибор реагирует одинаково на свет, приходящий к нему с любого направления, суммируя общий поток света.

Старшая лига

Задача 1. Взвешивание на цепочке

Концы однородной цепочки длиной $2l$ и массой $2m$ прикреплены к потолку, а к середине цепочки подвешен шарик неизвестной массы M. Точка его подвеса оказалась на $h = 3l/4$ ниже потолка, а ближайшие к шарику участки цепочки образовали углы $\alpha = 30°$ с горизонтом (рис. 1). Определите отношение масс M/m.

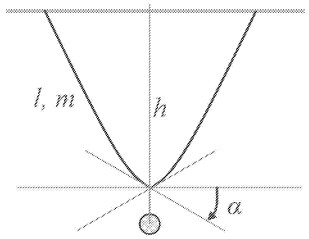

Рис. 1

Задача 2. Шар на наклонной плоскости

Изначально не вращавшийся полый шар с постоянной поверхностной плотностью скользит по наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 45°$ с горизонтом. Установится ли движение без проскальзывания, если коэффициент трения скольжения шара о плоскость $\mu = 0{,}4$?

Задача 3. Конвекция затвердевания

В переохлаждённой жидкости плотностью ρ_1 образовался зародыш твёрдой фазы плотностью ρ_2. Зародыш растёт, сохраняя сферическую форму, и в некоторый момент его радиус увеличивается со скоростью v_0. Найдите скорость v конвективного движения частиц жидкости на границе с твёрдой фазой.

Задача 4. Необыкновенная диффузия

Теплоизолированный горизонтальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён на две части тонким подвижным теплопроводящим поршнем. Левая часть объёмом $V/3$ заполнена азотом, а правая — смесью водорода и гелия. Поршень непроницаем для водорода и азота, но проницаем для гелия, поэтому поршень начал медленно двигаться из исходного положения равновесия и остановился, когда объём левой части стал $2V/5$. Найдите массы гелия m_2 и азота m_3, если известны масса водорода $m_1 = 3$ г и молярные массы всех газов: $\mu_1 = 2$ г/моль, $\mu_2 = 4$ г/моль и $\mu_3 = 28$ г/моль (соответственно).

Задача 5. Полусфера

Длинную гладкую пластиковую проволоку разместили вдоль силовой линии, идущей от некоторой точки на внутренней поверхности непроводящей равномерно заряженной полусферы. В месте крепления проволоки к полусфере покоилась заряженная бусинка, которая начала скользить вдоль проволоки и пересекла плоскость среза полусферы со скоростью v_0. С какой скоростью v она пересечёт воображаемую полусферу, дополняющую заряженную полусферу до целой сферы?

XXXIII Международная олимпиада «Туймаада». Физика

Задача 6. Плоская линза

Круглая плоскопараллельная оптически неоднородная пластина толщиной $d = 2$ мм и радиусом $R = 25$ мм проявляет свойства идеальной линзы с известным модулем фокусного расстояния $|f| = 0{,}5$ м, отличаясь от неё только наличием небольшого параллельного сдвига лучей, проходящих через оптический центр. Определите зависимость $n(r)$ показателя преломления пластины от расстояния до её оси симметрии в общем виде, полагая известным показатель преломления n_0 в центре пластины. Получите упрощённый вид функции $n(r)$ в случае $f \gg R$ и сделайте для него численный расчёт, если известен минимальный показатель преломления $n_{\min} = 1$.