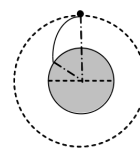


ТРАДИЦИОННАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА МФТИ ПО ФИЗИКЕ

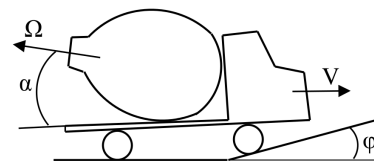
19 марта 2017 г.

1. Спутник двигался в меридиональной плоскости Земли по круговой орбите, радиус которой в два раза превышал радиус Земли. Над северным полюсом скорость спутника скачкообразно уменьшили, сохраняя направление движения прежним. На сколько процентов была изменена скорость, если вследствие этого спутник приземлился в точке земной поверхности с координатой 30° северной широты? Влиянием атмосферы пренебречь. (Ю.Г. Веревошкин)

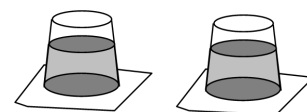


2. Однородный тонкий стержень постоянного сечения может вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его конец. Когда стержень висит неподвижно, его относительное удлинение равно 10^{-7} . Стержень приводят во вращение с постоянной угловой скоростью так, что его относительные удлинения в верхнем и нижнем вертикальных положениях отличаются в два раза. Определите их численные значения. (Ю.Г. Веревошкин)

3. Коэффициент трения шин о мокрый лед составляет всего $k = 0.02$. Найти предельную скорость, с которой можно ехать грузовику-бетонovозу с непрерывно вращающимся баком при наезде на начало горки с уклоном $\varphi = 0.2$ рад, чтобы не произошло заноса, т.е. самопроизвольного вращения грузовика вокруг вертикальной оси. Момент инерции бака с бетоном $J = 8000 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, угловая скорость вращения $\Omega = 1$ рад/с, ось вращения наклонена к горизонту под углом $\alpha = 15^\circ$. Расстояние между осями колес $S = 4$ м, расстояние между центрами колес в поперечном направлении $W = 2$ м, масса грузовика с бетоном $M = 20$ т, нагрузка на колеса распределена равномерно. (В.А. Петухов)



4. Всем известен опыт со стаканом воды. Если закрыть стакан листом бумаги и аккуратно перевернуть стакан, вода из него не выливается. Оказывается, если заменить бумагу жесткой решеткой с достаточно малыми отверстиями, вода также не выливается. Пусть решетка образована тонкими проволочками. Известно, что для воды критический период решетки равен d_1 . Найти критический период решетки для спирта d_2 , если плотность спирта ρ_2 , плотность воды ρ_1 , поверхностное натяжение спирта σ_2 , поверхностное натяжение воды σ_1 . Плотность воздуха ρ_0 . (Ю. Н. Извекова)



5. Сосуд разделен бесконечно тонкой перегородкой на две камеры, в котором имеется отверстие, размеры которого много меньше размеров камер и длин средних свободных пробегов молекул в обеих камерах. Вдали от отверстия газ (азот) в каждой камере находится в равновесном состоянии, которое характеризуется давлением P , температурой T и плотностью ρ . В первой камере давление P_1 , а во второй P_2 , причем $P_1 > P_2$. Температура $T_1 = T_2$. Из первой камеры происходит стационарное течение газа через отверстия. Оценить пропускную способность отверстия G , если диаметр отверстия $D = 10^{-3}$ м, отношение толщины перегородки к диаметру 0.025 , число Кнудсена $K > 10$.

Примечание. Пропускной способностью G называется отношение массового расхода газа Q к разности давлений $(P_1 - P_2)$: $Q = G(P_1 - P_2)$ (Э.В. Прут)

6. Студенты МФТИ в лабораторном практикуме курса общей физики II-го семестра («Термодинамика и молекулярная физика») выполняют лабораторные работы № 2.4.1 «Определение теплоты испарения жидкости» и № 2.5.1 «Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости». Результаты первой работы позволяют определить величину энергии E , необходимую, для того, чтобы «вскипятить» один кубик (1 см^3) жидкости. Результаты второй дают возможность определить плотность поверхностной энергии W (на 1 см^2) жидкости. Оказывается что E и W не независимы друг от друга. Они связаны друг с другом простой, но, не тривиальной связью. Установите эту связь. Для численных оценок могут быть использованы справочные данные для воды. (В.Г. Жотиков)

7. Известна задача об одномерных блужданиях частицы, которая движется вдоль прямой равновероятными по направлению скачками единичной длины. Если в начальный момент она находилась в точке $x = 0$, то вероятность того, что после N шагов частица окажется в точке $x = m$, определяется биномиальным распределением

$$w_N(m) = \left(\frac{1}{2^N}\right) \frac{N!}{[(N+m)/2]![(N-m)/2]!}.$$

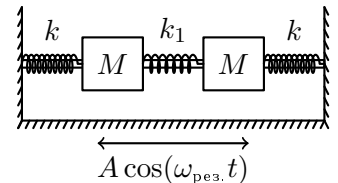
Добавим дополнительное условие: в точке m_b находится поглощающая стенка. По достижении этой стенки частица поглощается и выбывает из «игры». Вопрос: какова вероятность $w_N(m, m_b)$ того, что после N шагов частица в такой системе окажется в точке $x = m < m_b$? (Е.З. Мейлихов)

8. Экспериментально показано, что за время сна человек теряет в весе ~ 200 г. Предложите механизм явления и приведите оценки, количественно подтверждающие этот результат. (Е.З. Мейлихов)

9. На медную поверхность нормально падает плоская электромагнитная волна с частотой $f = 5 \cdot 10^{11}$ Гц и интенсивностью $I = 1$ Вт/см². Известно, что на поверхности металла комплексные амплитуды касательных компонент электрического и магнитного поля связаны соотношением $E_\tau = \zeta B_\tau$, где коэффициент ζ называют поверхностным импедансом металла. В условиях скин-эффекта он равен $\zeta = \sqrt{\frac{i}{\sigma} \frac{1-i}{2}}$, σ – проводимость металла, i – мнимая единица. Найти тепловую мощность, выделяемую в металле в расчёте на единицу его поверхности. Проводимость меди $\sigma = 5 \cdot 10^{17}$ с⁻¹. (П.В. Попов)

10. Показатель преломления германия для длины волны $\lambda = 0.5$ мкм (в вакууме) определяется комплексным выражением $\mathbf{n} = n - \kappa i$, где $n = 3.47$, а $\kappa = 1.40$. Найти коэффициент отражения от полированной поверхности германия и вызываемый отражением фазовый сдвиг для случая нормального падения плоской волны. Оценить также глубину проникновения плоской волны в германий, на которой её интенсивность упадёт до уровня $1/1000$ от интенсивности падающего излучения. (К.М. Крымский)

11. В данной задаче рассматривается механическая аналогия гравитационных антенн типа LIGO. Два тела одинаковой массы M могут двигаться вдоль гладкого горизонтального стержня, закрепленного между двумя стенками, которые расположены на единой платформе. Каждое тело соединено при помощи пружины жёсткостью k к ближайшей стене, наличие трения приводит к тому, что добротность колебания грузов на пружине составляет Q . Между собой они соединены очень слабой пружиной жесткостью k_1 , пружина настолько слабая, что можно считать, что она не влияет на движение грузов. Платформа совершает гармонические колебания амплитуды A на резонансной частоте. Найдите среднюю (за период) энергию средней пружины. Рассмотреть случай, если маленький кусочек $\Delta m \ll M/Q$ переместили с одного тела на другое. (И.С.Юдин)



12. Оптический резонатор в проекте LIGO, использующийся для регистрации гравитационных волн, состоит из двух свободно подвешенных зеркал массой $m = 40$ кг каждое, находящихся на расстоянии $L = 4$ км друг от друга. Исходя из соотношения неопределенности, оценить минимальное среднеквадратичное смещение одного из зеркал за время пролета света от этого зеркала до второго зеркала и обратно. Сравнить полученную величину с зарегистрированным смещением зеркала $\simeq 10^{-17}$ см, вызванным гравитационной волной. (Сидоренко, М.А. Савров)