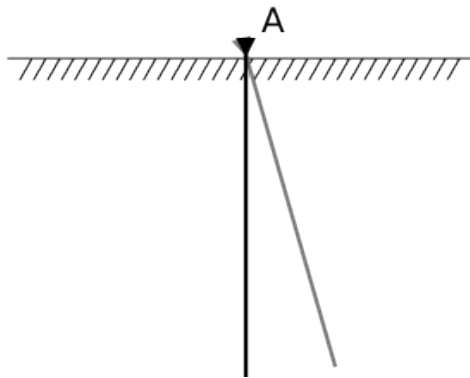


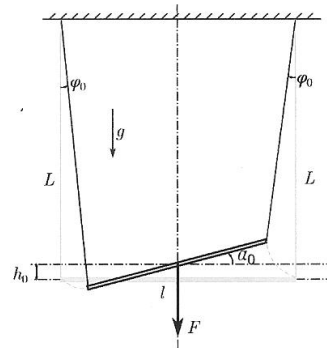
# ТРАДИЦИОННАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ ОЛИМПИАДА МФТИ ПО ФИЗИКЕ

20 марта 2016 г.

1. К свободному аэростату массы  $m$  и радиуса  $R$  привязана верёвочная лестница длиной  $L$ , на нижнем конце которой находится человек массы  $M$ . Аэростат неподвижен, поскольку суммарная сила тяжести, действующая на человека и аэростат, уравновешивается силой Архимеда. Человек начнёт подниматься вверх по лестнице с постоянной скоростью  $u$  относительно лестницы. На какое расстояние сместится человек относительно земли, когда он поднимется до верхнего конца лестницы? Известно, что сила сопротивления воздуха пропорциональна скорости аэростата. Установившаяся скорость свободного аэростата равна  $V_0$ . Сопротивлением воздуха движению человека пренебречь. (Г. Е. Федоров)
2. Однородный тонкий стержень длиной  $l$  подвешен за один из концов с помощью небольшой треугольной призмы, опирающейся острием (т. А) на горизонтальную идеально гладкую поверхность. Стержень отклоняют от вертикали на небольшой угол и отпускают. Определить частоту малых колебаний стержня. (Ю. Г. Веревошкин)



Задача 2.



Задача 5

3. Тяжёлый физический маятник используется в качестве баллистического маятника для измерения скорости крупнокалиберной пули. Как следует прицеливаться, чтобы нагрузка на подвес маятника была минимальной? (В.С. Булыгин)
4. По некоторым сведениям в середине прошлого века Землю посетили гости из чужой планетной системы (Ст. Лем «Вторжение с Альдебарана»). 30 лет назад отправился корабль в обратном направлении (по данным NASA). До Альдебарана ( $\alpha$  Тельца) около 20 парсек; к «цел» «Пионер»-10 прилетит (по данным NASA) через 2 миллиона лет, т.е. его скорость на основной части пути –  $V_0 = 10$  км/с. Перед самым выходом из Солнечной системы, когда все горючее уже было израсходовано, «Пионер» совершил маневр по изменению скорости с использованием тяготения Сатурна. При подходе к полю тяготения Сатурна скорость аппарата относительно планеты была направлена против скорости Сатурна («абсолютной», т.е. скорости относительно Солнца). В поле тяготения Сатурна относительная скорость «Пионер» повернулась на  $180^\circ$ . Таким образом, в конце маневра скорости аппарата (и относительно Сатурна, и относительно Солнца) были сонаправлены со скоростью Сатурна. Определить скорость «Пионер» относительно Солнца перед входом аппарата в поле тяготения Сатурна  $V_x$ . Считать известной орбитальную скорость Сатурна –  $V_C = 9.64$  км/с. Движение Альдебарана относительно Солнечной системы не учитывать. Данные для «Пионер» взяты из журнала «Наука в фокусе» 2013, № 7-8. (В. Е. Белонучкин)
5. Маятник представляет собой стержень длины  $l$  массы  $m$ , подвешенный горизонтально за концы на двух вертикальных нитях длиной (бифилярный подвес, см. рис.). Стержень может совершать крутильные колебания вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. В начальный момент стержень повернут на некоторый угол  $\alpha_0$ . Стержень отпускают, прикладывая при этом к его центру дополнительную вертикальную силу, равную весу стержня  $F = mg$ . В момент прохождения положения равновесия ( $\alpha = 0$ ) воздействие  $F$  убирают, а после достижения максимального отклонения прикладывают вновь, периодически повторяя процесс и раскачивая, таким образом,

маятник (иными словами, когда центр масс стержня движется вниз  $F = mg$ , и при движении вверх  $F = 0$ ). Найти период колебаний системы  $T$  и амплитуду отклонения стержня через  $n$  полных колебаний. Затухания нет, амплитуды считать малыми. (Ю. Н. Извекова)

6. Система состоит из двух неполярных атомов, потенциал взаимодействия которых описывается уравнением Леннарда-Джонса

$$U(r) = D \left( \left( \frac{d}{r} \right)^{12} - 2 \left( \frac{d}{r} \right)^6 \right),$$

где  $D$  - энергия связи,  $r$  - расстояние между частицами,  $d$  - длина связи (расстояние, на котором обращается в ноль сила взаимодействия). Определить жесткость и прочность связи, относительное удлинение межатомной связи при разрыве. (Э.В. Прут).

7. Студенты МФТИ в лабораторном практикуме в курсе II-го семестра «Термодинамика и молекулярная физика» выполняют лабораторную работу 2.2.6 «Определение энергии активации по температурной зависимости вязкости жидкости». Измеряемая в эксперименте величина энергии активации  $W_a$  молекулы представляет собой энергию, которую необходимо затратить, чтобы она могла «перелезть» через барьер, окружающий её исходное «жилище», и перескочить в соседнее. Студент Ф. получил по результатам обработки эксперимента величину энергии активации в глицерине  $W_a = (8,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-20}$  Дж (диапазон измеряемых температур:  $25-55^\circ\text{C}$ ). Определить время  $\tau$ , которое молекула проводит в своей «квартире» до перехода к новому месту жительства. (В.Г. Жотиков)
8. Оценить максимальную высоту, на которую поднимется мыльный пузырь, если его наполнить гелием до некоторого радиуса. Коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma = 0.03$  Дж/м<sup>2</sup>. Толщина пленки пузыря  $d = 10^{-5}$  см. (Э.В. Прут).
9. Электрический заряд  $q$  находится внутри плоского конденсатора (расстояние между пластинами  $d$ ) на расстоянии  $\chi_0$  от его средней плоскости. В ближайшей к заряду точке плоскости значение поля отличается от  $E_0 = \frac{q}{\chi_0^2}$  (т.е. от поля в отсутствие конденсатора) на некоторую величину  $\Delta E$ . Найти точное выражение для  $\Delta E$  и приближенное значение  $\frac{\Delta E}{E_0}$  с точностью 10% при  $\frac{\chi_0}{d} = 0.1$ . (Е.З. Мейлихов).
10. На серединном перпендикуляре к закрепленному диполю ( $p = ql$ ) на расстоянии  $r \gg l$  находится шарик, заряд которого  $Q$ , масса  $m$ . Заряд отпускают. Найти скорость заряда  $V$  в тот момент, когда он пересекает прямую, на которой находятся заряды, формирующие диполь.. (В.И. Плис)
11. Для экономии веса в аппаратуре самолетов принято использовать частоту бортовой сети электропитания 400 Гц, а не 50 Гц, как в обычных электросетях. Найти, во сколько раз можно уменьшить вес трансформатора при переходе от 50 Гц к 400 Гц при одинаковой амплитуде входного напряжения, если рабочий ток, а, значит, и сечение проводов оставить неизменным, а все размеры сердечника трансформатора уменьшить пропорционально друг другу. Материал сердечника остается тот же, окно сердечника в обоих случаях полностью заполняется обмоточными проводами. Для простоты считать, что нагрузка трансформатора резистивная, внутреннее сопротивление источника напряжения равно нулю, а трансформатор идеальный, т.е. нет потерь на перемагничивание сердечника. (В.А. Петухов)
12. Примерно 10 лет назад в научной литературе (в том числе и в средствах массовой информации) обсуждался вопрос о том, что в ряде экспериментов удалось «затормозить свет» до величин нескольких см/с. В литературе даже появился по этому поводу термин: «замороженный свет». Академик Е.Б. Александров назвал это явление сначала легендой, а позже, мифом об «остановленном свете». Время жизни возбужденного состояния атомов некоторой среды составляет величину  $\tau = 10^{-8}-10^{-6}$  с. Определить минимальную скорость распространения света в такой среде. (В.Г. Жотиков)