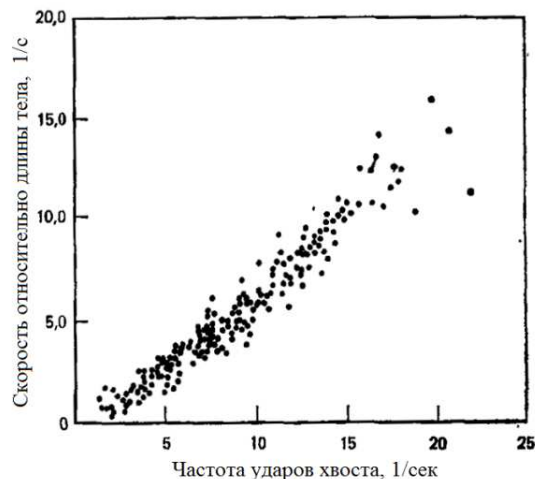


1. Вертикальная стеклянная труба круглого сечения открыта с обоих концов. В нижнем конце помещается электрическая спираль, по которой идёт ток. Благодаря нагреванию воздуха возникает тяга воздуха. Считая, что течение воздуха в трубе ламинарное, определить разность температур между воздухом снаружи и внутри трубки в зависимости от длины и радиуса трубки и подведённой электроэнергии. Теплоотдачей через стекло пренебречь. (П.Л. Капица)
2. Свободный мыльный пузырь наэлектризовывают до предельно возможного потенциала, ограниченного пробивной прочностью окружающего воздуха. Как и насколько изменится его радиус? (П.Л. Капица)
3. На некотором расстоянии над поверхностью ртути находится маленькое заряженное тело. Определить связь между величиной заряда тела и высотой поднятия ртути под телом, считая, что поверхностным натяжением ртути можно пренебречь. (П.Л. Капица)
4. Если бы древние вавилоняне в стремлении достигнуть небесной тверди стали бы строить свою башню не у себя дома, а на экваторе, причём с таким переменным поперечным сечением, чтобы напряжение во всех её сечениях было бы одинаковым, то какую бы форму приняла башня? Найдите, на какой высоте её диаметр был бы минимален и на какой высоте он мог бы стать равным начальному диаметру. (В.С. Булыгин)
5. Согласно современным представлениям Земля состоит из мантии с внутренним радиусом $R_1 = 3,5 \cdot 10^6$ м и твёрдого ядра радиуса $R_2 = 1,4 \cdot 10^6$ м и массой $m_2 = 0,012 m_\oplus = 7,15 \cdot 10^{22}$ кг, здесь m_\oplus обозначает массу Земли. При этом ядро вращается быстрее по отношению к мантии, различие в скоростях вращения составляет 1 оборот за 400 лет. Оценить среднее значение коэффициента вязкости η жидкой компоненты, выполняющей роль смазки между твёрдым ядром и мантией. Принять во внимание, что момент сил M , обусловленный приливным взаимодействием в системе Земля–Луна, приводит к увеличению продолжительности суток на $\Delta t = 1,7 \cdot 10^{-3}$ с за столетие. (В.Г. Жотиков)
6. При измерении скорости плавания различных видов рыб Бэйнбридж (Bainbridge, 1958) обнаружил, что если скорость измерять числом длин рыбьего тела, проплываемых за 1 с, то все результаты (для разных рыб) укладываются на одну прямую (см. рисунок). Создайте модель, правильно описывающую экспериментальные данные. (Е.З. Мейлихов)



7. В процессе охлаждения 1 моля гелия от начальной температуры T_0 , когда его теплоёмкость стала зависеть от температуры по линейному закону $C(T) = 2R \frac{T}{T_0}$, наблюдалось следующее явление: при некоторой температуре T_1 объём гелия вновь оказался равным первоначальному. Найти работу, совершённую гелием при охлаждении его от температуры T_0 до температуры T_1 . (А.А. Шеронов)
8. Сплав содержит N атомов двух типов А и В, при этом число атомов А равно числу атомов В. При низких температурах наблюдается правильное чередование атомов, соответствующее минимальному значению энергии. С повышением температуры порядок расположения атомов уменьшается: атомы А занимают место атомов В и наоборот. Пусть при температуре T число атомов А, оставшихся на своих местах равно N_1 ,

а число атомов А, перешедших на места атомов В — N_2 , так что $N_1 + N_2 = N$. Степень упорядочивания атомов в сплаве будем характеризовать параметром $\alpha = \frac{N_1 - N_2}{N}$. Уменьшение степени порядка приводит к увеличению энергии решётки: при пересадке двух атомов А и В из правильных положений в неправильные изменение энергии $\Delta E = \alpha \varepsilon$, где ε — энергия, характеризующая взаимодействие атомов, расположенных в соседних узлах решётки: $\varepsilon = \frac{\varepsilon_{AA} + \varepsilon_{BB}}{2} - \varepsilon_{AB}$, которую можно считать постоянной. Оценить увеличение теплоёмкости ΔC , связанное с ростом беспорядка в распределении атомов А и В, при $\alpha \rightarrow 0$. (*Э.В. Прут*)

9. Найти, насколько изменится ёмкость плоского конденсатора с расстоянием между пластинами d , если внести в него металлический шарик радиусом $r \ll d$. (*Е.З. Мейлихов*)
10. Известен литературный сюжет (основанный, скорее всего, на реальном происшествии), согласно которому, некий батрак, обиженный своим хозяином (это бывает), ухитрился запалить его (хозяина) дом дистанционным образом точно в день его (т.е. снова, хозяина) рождения. Для этого батрак, отягощённый излишними познаниями из астрономии, использовал линзу, установленную на чердаке хозяйского дома в заранее определённом положении. Отвлекаясь от деталей настройки устройства и приняв, что первичным очагом возгорания служила обычная спичка с головкой диаметром 3 мм оцените, в какие сроки эта дьявольская система могла успешно сработать. Оцените также какие-либо параметры применявшейся линзы. (*М.Г. Кремлёв*)
11. При рассеянии фотона на движущемся электроне становится возможной передача фотону энергии электрона. Такое взаимодействие называют обратным комптоновским рассеянием, и оно часто наблюдается в космических объектах. Примером является солнечная корона, пронизываемая излучением фотосферы: температура «горячих» электронов короны почти в тысячу раз выше температуры «холодного» излучения, а обратное комптоновское рассеяние является одним из механизмов охлаждения короны. Дайте нижнюю оценку (по порядку величины) времени охлаждения солнечной короны до температуры фотосферы, считая начальную энергию электронов короны равной $E_k = 100$ эВ, а энергию фотонов в солнечной фотосфере $E_\phi = 0,5$ эВ. Принять, что охлаждение происходит исключительно за счёт обратного комптоновского рассеяния, пренебрегая другими механизмами охлаждения, в том числе — за счёт тормозного рентгеновского излучения и возбуждения дискретных ионных уровней. Также пренебречь неоднородностями температуры внутри солнечной короны. (*К.М. Крымский*)
12. На горизонтальной поверхности жидкого гелия при температуре $T = 0,1$ К адсорбированы атомы водорода в основном состоянии, способные свободно перемещаться вдоль поверхности и образующие двумерный газ с плотностью $n = 10^{12}$ см⁻². Найти средний сдвиг частоты прецессии этих атомов в вертикальном магнитном поле $B_0 = 4,5$ Тл по сравнению с изолированным атомом, считая частицы классическими твёрдыми шарами с радиусом $r_0 = 1,8$ Å и магнитным моментом M (магнетон Бора). Гиромагнитное отношение для атома водорода (отношение магнитного момента к механическому) в СГС принять равным $\gamma = \frac{e}{m_e c}$, где e — элементарный заряд, m_e — масса электрона, c — скорость света. (*А.И. Сафонов*)