

241. Очевидно, отрыв нижнего шарика произойдёт в момент, когда нить вертикальна (при минимально возможной начальной скорости V_0) реакция опоры равна 0 и в этом случае натяжение нити равно mg (рис.). Скорость верхнего шарика V в этот момент горизонтальна, и из сохранения горизонтальной проекции импульса системы получаем, что скорость нижнего шарика равна по величине и противоположна по направлению скорости верхнего.

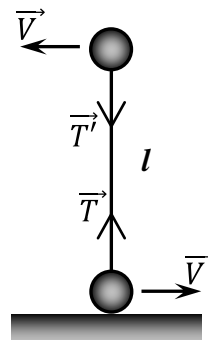


Рис. .

Запишем закон сохранения энергии: $\frac{m V_0^2}{2} = 2 \frac{m V^2}{2} + mgl$

откуда находим: $V^2 = \frac{V_0^2}{2} - gl$. (1)

В неинерциальной системе отсчёта, в которой нижний шарик всё время неподвижен, верхний шарик движется по окружности радиуса l , его скорость в рассматриваемый момент равна $2V$, поэтому ускорение верхнего

шарика направлено вниз и является центростремительным т.е.

$$a = \frac{4V^2}{l}$$

Ускорение нижнего шарика в момент отрыва равно нулю, поэтому ускорение верхнего шарика относительно инерциальной системы отсчёта тоже равно $a = \frac{4V^2}{l}$.

Основное уравнение динамики вращательного движения в инерциальной системе для верхнего шарика: $m \frac{4V^2}{l} = mg + T'$ (2)

Поскольку, по третьему закону Ньютона $T' = T$ и $T = mg$, то, подставив (1) и значения T в (2) получим $V_0^2 = 3gl$. Таким образом, нижний шарик оторвётся от плоскости при:

$$V_0 > \sqrt{3gl}$$

242. Воспользуемся методом изображений, когда заряд и проводящую плоскость, находящуюся на расстоянии a заменяем на взаимодействие двух одинаковых, но разноимённых зарядов находящихся на расстоянии $2a$ друг от друга (см. Рис.). Благодаря такому подходу пришли к решению задачи о малых колебаниях заряда « $+q$ », массой m , в поле заряда « $-q$ », находящегося на расстоянии $2a$ с длиной подвеса l , что приводит к дополнительной к mg силе Кулона F_K . В этом случае период малых колебаний находится по формуле

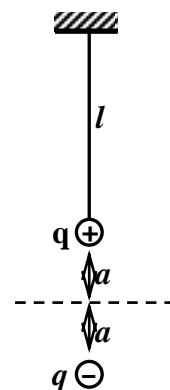


Рис. .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{mg + F_K}}, \text{ где } F_K = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(2a)^2}$$

После подстановки F_K в T и несложных преобразований получим :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{l} + \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 m a^2 l}}}$$

243. Указание. Луна обращается вокруг Земли, а система Земля - Луна обращается вокруг Солнца.
244. Несколько дней.
245. $\beta = 1.1 \cdot 10^{-4}$ град $^{-1}$.

$$246. I(\theta) = 4 I_0(\theta) \cos^2 \left(\frac{\omega d \sin \theta}{2c} \right); \quad I_1(\theta) = 4 I_0(\theta) \cos^2 \left(\frac{\omega}{c} \left(d \sin \theta + \frac{l(n-1)}{2} \right) \right).$$

$$247. \omega = \omega_0 \cdot \exp \left(-\frac{GM}{c^2 R} \right); \text{ наблюдатель должен двигаться навстречу звезде со скоростью } V = \frac{GM}{cR} = 1,5 \text{ км/с}$$

248. Т.к. ракета теплоизолирована, то нагрев воздуха не происходит. Энергия разгона идет на увеличение кинетической энергии всей массы газа в ракете и не меняет внутреннюю энергию газа.

249. Для оценки надо пренебречь сопротивлением воздуха (в противном случае совершенно очевидно, что дубинки до поверхности Земли не долетят, а сгорят в атмосфере при приземлении). Будем полагать, что дубинки летят по эллиптической очень узкой траектории. Смотри рисунок

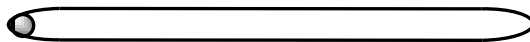


Рис.

Для оценки, сравним периоды обращения дубинок по самой малой орбите вокруг Земли и той орбиты, по которой летали дубинки после броска богатыря. По закону Кеплера: Квадраты периодов обращения относятся как кубы больших полуосей. Т.е. $(T_1/T_0)^2 = (a_1/a_0)^3$. a_0 – приблизительно равно радиусу Земли – R_3 , T_0 – период обращения спутников вблизи Земли, это примерно 1,5 часа. Т.к. T_1 приблизительно равно времени полета дубинок – 7 сут = 168 час. Тогда получается, что $a_1 \approx 23 R_3$. Таким образом дубинки улетели от поверхности Земли $44 R_3$. По закону сохранения энергии имеем $\frac{mV^2}{2} - G \frac{mM_3}{R_3} = -G \frac{mM_3}{45R_3}$. Откуда

$$V = \sqrt{\frac{88}{45} \cdot \frac{G \cdot M_3}{R_3}} \approx 11,2 \text{ км/с} - \text{вторая космическая скорость}$$

250. Дальность полета при прыжке под углом 45° равна $L = \frac{V^2}{g_l} = 62,5 \text{ м}$
251. $x = \sqrt{\frac{e}{16\pi\epsilon_0 E}}$
252. Из-за большей атомной массы криптона по сравнению с воздухом тепловой поток через стеклопакет окажется примерно в 1,7 раза меньше
253. Из закона сохранения импульса ракеты перед входом в облако и на выходе из него легко получить $v_1 = \frac{mv_0}{m + \rho_0 L S}$
254. $t = \frac{\mu_1 t_1 + \mu_2(t_1 + t_2)}{\mu_1 + 2\mu_2} = 32^\circ\text{C}$.
255. Излучение энергии заряженной частицей, движущейся по круговой траектории, у электрона примерно в 200 раз больше, чем у протона.
256. $U_{34} = 2U_0$
257. Одинаково.
258. а) Джон Джозеф Томсон и Джордж Паджет Томсон.
б) Электрон. в) Кавендишская лаборатория: Резерфорд, г) Дж.Дж.Томсон изучил особенности электрических разрядов в газах, предложил одну из первых моделей атома, сформулировал принцип действия масс-спектрометра. Дж.П.Томсон осуществил исследования по теории рассеяния, электрическим разрядам в газах, аэродинамике.
259. а) Планет Солнечной системы стало восемь, Плутон перешел в группу карликовых планет.
б) Солнечная система стала более гармоничной, в) Ловелл, Томбо, Клайд, Койнер и другие.
260. а) Прохождение Венеры по диску Солнца, б) Наличие атмосферы на Венере, в) М. В.Ломоносов; Дж.Кук.
261. а) Джеймс Клерк Максвелл, б) Теория электромагнитного поля, в) Опыты Г.Герца по излучению и приему электромагнитных волн; опыт П.Н.Лебедева по измерению давления

света, г) Статистическая физика - «демон Максвелла», распределение Максвелла; электродинамика - уравнения Максвелла.

262. а) Огюстен Френель, б) При дифракции света на круглом отверстии, при определенном расстоянии от отверстия до экрана. в центре экрана образуется темное пятно, в) С.Пуассон (пятно Пуассона»), г) Д.Араго.
263. По данным задачи находим скорость спутника на круговой орбите. Из закона сохранения энергии: полная механическая энергия после окончания разгона на круговой орбите равна энергии далеко от Земли. $\frac{mV_0^2}{2} - G \frac{mM_3}{R_3} = \frac{V^2}{2}$. Расчет дает $V = 6,5$ км/с
264. Компрессор должен работать примерно $1/6$ часть времени цикла «работа–пауза».
265. Т.к. мощность выделяемая на лампе при полном накале $P = \frac{U^2}{R_t}$, где $R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t^\circ C)$. Т.к. температура достаточно высокая , то для оценки полагаем, что надо найти мощность лампы при 0 градусов Цельсия, Т.е. $P_0 = \frac{U^2}{R_0}$ или сравнивая это с мощностью при полном накале имеем: $P_0 = P(1 + \alpha \cdot t^\circ C) \approx 1,1$ кВт.
266. $I_1 = I_0 \sqrt{1 + \frac{N^2 e^2 v \phi}{2\pi^2 R^2 m \cdot I_0}}$ (здесь e – заряд электрона , m – его масса) .
267. $v = \frac{PRT}{r \rho_0 \mu S} = 1,5$ м/с , (здесь $\mu = 18$ г/моль - молярная масса водяного пара).
268. Оптимальная траектория при которой такой переброс возможен, когда траектория касается полуцилиндра в двух симметричных точках, положение которых определяется углом 45° с вертикалью. В этом случае $v_0 = 2\sqrt{2gR}$.
269. $F = \frac{Q^2}{32\pi\epsilon_0 R^2} \left(1 - \frac{L^2}{R^2}\right)$.
270. $V_p = V \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) = 20$ л.
271. Сила тяжести вертолета уравнивается силой Архимеда которая давит на столб воздуха образуемый под вращающимися лопастями вертолета. Откуда $h = \frac{m}{\pi R^2 \rho} = 13$ см , где h – глубина цилиндрической ямы радиусом R , равным радиусу лопастей вертолета, m – масса вертолета.
272. Взаимодействие уменьшится в n^5 раз.
273. Вблизи поверхности Земли воздух прогревается сильнее всего в районе экватора. Восходящие потоки воздуха на большой высоте растекаются в меридиональном направлении, постепенно отдавая тепло (в основном за счет излучения). Охладившийся воздух опускается к поверхности Земли в районе 30° северной и южной широт и далее движется обратно к экватору, образуя систему постоянно дующих ветров – пассатов.
274. 60°
275. Согласно 2-му закону Ньютона $m_1 a = kx - m_1 g$, где $kx = (m_1 + m_2)g$, тогда $a = \frac{m_2}{m_1}g = 15$ м/с² .
276. Газ отдает тепло на изохорном участке (1 – 2), следовательно, $Q_{12} = C_v \cdot \nu \cdot \Delta T_{12}$, где $\Delta T_{12} = T_2 - T_1$, По условию задачи $T_1 = T_3$. По условию задачи участок (2 – 3) – изобарный, и для

него справедливо $\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3}$, откуда получаем $T_2 = \frac{1}{3}T_1$. Т.к. для одноатомного газа $C_V = \frac{3}{2}R$, подставляя полученные результаты в формулу для отданной теплоты получим $Q_{12} = -\nu RT_1 = 6,65 \text{ кДж}$

277. Если учесть, что в среде с показателем n видимые расстояния уменьшаются в n раз, то формула линзы для этой задачи $\frac{1}{F} = \frac{1}{L} + \frac{1}{h/n}$ или $\frac{1}{L} = \frac{1}{F} - \frac{n}{h}$, откуда $L = \frac{hF}{h - nF}$.

278. Из приведенного на рис. 61 графика видим, что при больших смещениях x сила F стремится к постоянной величине 20 Н (см. рис.), это говорит о том, что нити становятся практически параллельными, а т.к. смещение под действием силы F происходит квазистатически, то $F = 2mg$. Откуда $mg = 10 \text{ Н}$, а $m \approx 1 \text{ кг}$

Для оценки расстояния между блоками оценить силу F , когда нити образуют между собой угол, например, 90° . В этом случае сила $F = T + T'$ и т.к. угол между векторами T и T' равен 90° , то $F = T\sqrt{2}$ или $F = mg\sqrt{2} \approx 14,1 \text{ Н}$. Этой силе соответствует расстояние $x \approx 1 \text{ м}$. Тогда расстояние между блоками приблизительно равно 2 м.

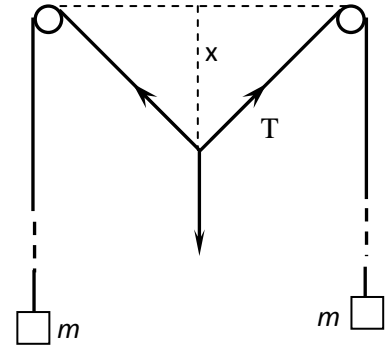


Рис.

279. Особенность этой задачи состоит в том, что сила натяжения не может быть найдена из условия равновесия лестницы как целого, т.к. является внутренней силой (ни из уравнения для сил, ни из уравнения моментов).

Для нахождения этой силы записать уравнение моментов относительно оси соединения сторон лестницы стремянки (верхняя точка O на рисунке). Тогда уравнение моментов для правой части лестницы

$$\text{будет } \frac{mg}{2} \cdot \frac{l}{2} \cdot \cos \alpha + T \cdot l \sin \alpha = N \cdot l \cos \alpha$$

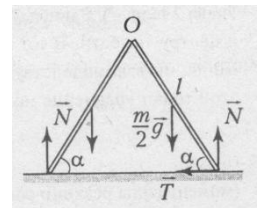


Рис.

Реакцию опоры N найдем из проекции на вертикальную ось уравнения для сил:

$$\vec{N} + \frac{m}{2} \vec{g} + \frac{m}{2} \vec{g} + \vec{N} + \vec{T} + \vec{T}' = 0 \Rightarrow 2N - mg = 0.$$

$$\text{Сила натяжения } T = \frac{mg}{4} \cot \alpha = 25 \text{ Н}$$

280. . а) Альберт Майкельсон. б) Измерение скорости света в различных направлениях с помощью интерференционной картины. а) Интерферометры и дифракционные решетки. г) Кадмий, д) Бетельгейзе.
281. а) Аристотель: 384-322 до н.э.: древнегреческий ученый. б) Физика - это наука о природе. Античные ученые не доверяли эксперименту, предпочитая ему логические заключения. в) Астрономия, метеорология, биология, риторика, поэтика и т.д. г) Ликей в Афинах, д) Александр Македонский, е) Геоцентрическая Вселенная, отрицание вакуума и атомизма, зависимость скорости свободно падающего тела от массы.
282. Манфред фон Арденны.
283. Обычная материя (4-5%), темная материя (23%) и темная энергия (73%).
284. а) В процессе сверления пушечных стволов нагреваются и сверло и ствол, т.е. теплород рождается из ничего, б) Теплоемкость, поток тепла.

$$285. v = \sqrt{aL}.$$

$$286. \frac{M}{m} \geq \frac{1}{\mu} \left(1 + \frac{4\pi^2 A_{max}}{gT^2} \right) \approx 6,5$$

$$287. P_d = 300 \text{ кВт}$$

$$288. T = \frac{\mu g l^2}{6hR} = 13500 \text{ К}, \quad \text{здесь } \mu - \text{молярная масса паров, } R - \text{универсальная газовая постоянная.}$$

289. На рисунке 1 приведена расстановка сил сразу после пережигания нити. Т.к. по условию треугольник правильный, то модули кулоновских сил действующие между зарядами равны :

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = F = \frac{kq^2}{l^2}, \quad \text{где } k =$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

Аналогично и для сил натяжения нитей –

$$T_1 = T_2 = T_3 = T_4 = T$$

В силу симметрии распределения сил, очевидно, что ускорение заряда расположенного в вершине (2) будет направлено вертикально вниз вдоль биссектрисы, показанной на рисунке пунктирной линией.

Основное уравнение динамики для заряда в вершине (2) имеет вид:

$$m_2 \vec{a}_2 = \vec{T}_1 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{T}_3 \quad [1]$$

А основное уравнение динамики для заряда в вершине (1), левого нижнего заряда, имеет вид:

$$m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{T}_2$$

[2]

Если учесть, что проекция ускорения заряда в вершине (2) – a_{2l} и, например, проекция ускорения левого нижнего заряда в вершине (1) – на нить их соединяющую равны (т.к. нить не растяжима), то $a_{2l} = a_{1l} = a_l$. Учтем так же, что $m_1 = m_2 = m_3 = m$

$$\text{Тогда проекция уравнения [1]} \quad ma_l = T(1 + \cos \alpha) - F(1 + \cos \alpha), \quad [3]$$

$$\text{Проекция уравнения [2]} \quad ma_l = F(1 - \cos \alpha) - T \quad [4]$$

Решая эту систему относительно ускорения a_l получим, что

$$a_l = \frac{3F}{10m} = \frac{3kq^2}{10ml^2} \quad \text{Т.к. } a_l \text{ проекция вектора ускорения заряда } \mathbf{a} \text{ в}$$

$$\text{вершине (2), см. рисунок: следовательно, } a = \frac{a_l}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2a_l}{\sqrt{3}} = \frac{kq^2 \sqrt{3}}{5m}$$

$$a = \frac{q^2 \sqrt{3}}{20\pi\epsilon_0 ml^2} = 17,6 \text{ м/с}^2$$

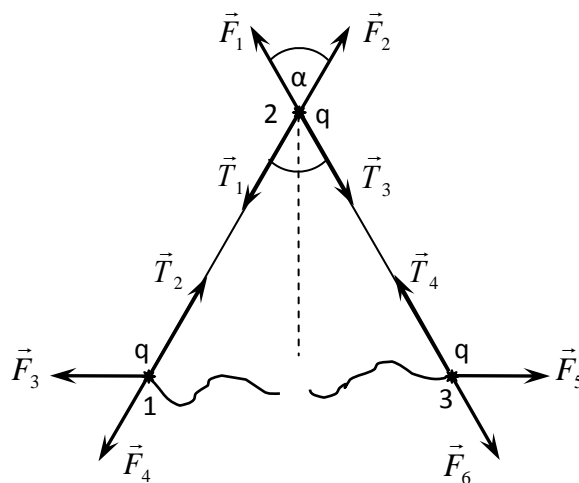


Рис. 1.

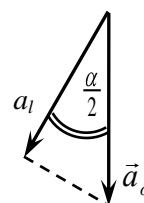


Рис.

290. Используя закон изменения импульса ракеты и закон сохранения энергии на орбите после торможения и в точке посадки получим $v \approx 840 \text{ м/с}$.

291. В 4 раза.

$$292. m = \frac{4A}{ga}.$$

$$293. a = \sqrt[3]{\frac{\pi R_3^3 \rho_3}{\rho_k + \rho_{\text{воды}}}} = 1,6 \cdot 10^7 \text{ м}$$

294. Наибольшую скорость имеет точка шара наиболее удаленная от хорды АВ (мгновенной оси вращения); эта скорость равна $u = v \left(1 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right) \approx 2,15v$
295. $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10 \text{ с}^{-1}$
296. «Скользкий».
297. $v = \sqrt{\frac{qEd}{m} + \frac{mg^2d}{qE}} = 4,3 \text{ см/с}$
298. Давление возрастет в $\frac{g+a}{g}$ раз.
299. КПД зависит от показателя адиабаты, а значит, и от выбора рабочего тела.
300. $\frac{\Delta U}{U_0} = \frac{T}{2RC}$.
301. Событие возможно.
302. а) Макс Планк. б) Германия, в) Противоречие теории теплового излучения Рэлея-Джинса опытным фактам, г) 1900 год.
303. а) Сторонники: Зенон, Эмпедокл, Анаксагор, Левкипп, Демокрит; оппоненты: Гераклит, Платон, Аристотель.
 б) Сторонники: Ньютон, Ломоносов; оппоненты: Галилей, Торричелли, Гюйгенс, Лавуазье.
 в) Сторонники: Дэви, Менделеев, Максвелл, Больцман; оппоненты: Гельмгольц, Мах, Юнг, Френель, Фарадей. Взаимодействие частиц осуществляется через непрерывное поле, являющееся квантовым объектом.
304. а) Большой адронный коллайдер, б) Швейцария и Франция. в) 14 ГэВ. г) Изучение топ-кварков, кварк-глюонной плазмы, фотон-адронных столкновений, поиск суперсимметричных частиц.
305. Левкипп и Демокрит.
306. Молекулярно-кинетическая теория строения вещества. На съезде были сформулированы определения атома и молекулы.
307. «Аргонавты». При подходе к берегу (Рис.) кинетическая энергия корабля будет $\frac{Mv_0^2}{2}$,

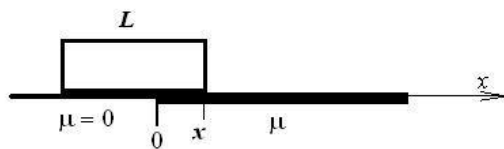
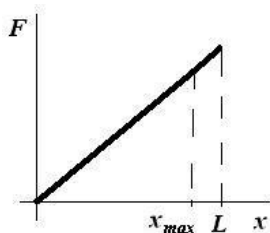


Рис.

где M – масса корабля. Для остановки корабля на берегу сила трения днища о поверхность земли должна совершить работу, равную этой энергии. Сила трения части днища длиной x ,



зашедшей на берег, о поверхность берега равна $F_{тр} = \frac{\mu Mg}{L} x$. Работа этой силы на длине x_{max} (x_{max} – расстояние, которое пройдет нос судна до остановки) равна, как нетрудно посчитать графически (рис.), $A = \frac{\mu Mg x_{max}^2}{2L}$ (при условии, что $x_{max} \leq L$).

Отсюда $\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{\mu Mg x_{max}^2}{2L}$ и $x_{max} = v_0 \sqrt{\frac{L}{\mu g}}$. Для данных, указанных в

Сила трения направлена в сторону, противоположную перемещению, и линейно зависит от перемещения. Следовательно, основное уравнение динамики для нахождения ускорения будет:

$$M\vec{a} = \vec{F}_{mp}, \quad \text{или в проекции на ось } x: \quad Ma = -\frac{\mu Mg}{L}x \quad \text{или} \quad a = -\frac{\mu g}{L}x$$

Это уравнение аналогично гармоническому колебанию на участке, соответствующему четверти периода колебания, решение которого описывается следующим уравнением:

$$x_{\max} = x_{\max} \sin \sqrt{\frac{\mu g}{L}} t_{\max},$$

где t_{max} – время движения на участке от линии берега до x_{max} . Из этого уравнения получаем,

что период $T = 2\pi\sqrt{\frac{\mu g}{L}}$ или $t_{\max} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{\mu g}}$.

Подставив данные из условия получим: $t_{\max} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{40}{0,5 \cdot 10}} \approx 4,44c$

308. **«Заряд и плоскость»** В соответствии с принципом зеркальных отображений мы получим два заряда, находящихся на расстоянии $2h$. Работа по переносу заряда из данной точки в бесконечность равна

$$A = \int_h^\infty \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0(2x)^2} dx = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0} \left(-\frac{1}{x}\right)_h^\infty = \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 h}.$$

309. «Тепловой насос» Пусть T_1, T_2, T_3 – температуры печи, отопляемого помещения и окружающей среды соответственно. Пусть печь отдала количество теплоты Q_1 . В первом случае все это количество теплоты пошло на отопление помещения. Во втором случае часть этого количества теплоты Q_2 поступила непосредственно на отопление помещения. Двигатель произвел работу $A = Q_1 - Q_2$. Холодильная машина отобрала от окружающей среды количество теплоты Q_3 и передала помещению Q_2' , затратив работу $A' = Q_2' - Q_3$. Поскольку машины идеальные, то $A = A'$, а значит, $Q_1 - Q_2 = Q_2' - Q_3$ и $Q_3 = Q_2 + Q_2' - Q_1$.

Двигатель и холодильную машину вместе можно рассматривать как одну термодинамическую систему, совершающую циклический процесс. В этом процессе система получила количество теплоты Q_1 от печи при температуре T_1 ; отдала количество теплоты $Q_2 + Q_2'$ отапливаемому помещению при температуре T_2 ; получила количество теплоты Q_3 от окружающей среды при температуре T_3 . Воспользуемся теоремой Карно

$$\frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2 + Q_2'}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} = 0$$

Выражая $Q_3 = Q_2 + Q_2' - Q_1$, получим

$$Q_2 + Q_2' \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2} \right) - Q_1 \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1} \right) = 0$$

$$Q_2 + Q_2' = \frac{\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_1}}{\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}} Q_1$$

Поскольку $T_1 > T_2 > T_3$, получаем $Q_2 + Q_2' > Q_1$.

310. «**Перегородка с отверстием**» Пусть n_i – концентрация молекул в i -м отсеке, а $\langle v_i \rangle$ – средняя по модулю скорость молекул в i -м отсеке. Число ударов молекул о стенку сосуда, а также число молекул, попадающих в отверстие площадью S , пропорционально концентрации молекул и их средней по модулю скорости. Так как давление и температура в каждом отсеке поддерживаются постоянными, то через каждое отверстие в обе стороны за некоторый конечный промежуток времени Δt проходит в среднем одинаковое количество молекул, что может быть выражено следующим образом:

$$n_1 \langle V_1 \rangle S \Delta t = n_2 \langle V_2 \rangle S \Delta t = n_3 \langle V_3 \rangle S \Delta t.$$

Средняя квадратичная скорость (правильнее брать среднюю скорость, но ее в школьном курсе нет) выражается как $\langle V \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$,

а давление $p = nkT$

Из этих выражений следует, что

$$\begin{aligned} p_2 &= p_1 \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \\ p_3 &= p_1 \sqrt{\frac{T_3}{T_1}} \end{aligned}$$

311. «**Муха в пробирке**» Пусть время полета мухи τ . При взлете мухи со скоростью V_0 трубка приобретает скорость, направленную вниз и равную

$$V_{0mp} = \frac{m}{M} V_0. \quad (1)$$

"Пол" трубки за время полета пройдет расстояние

$$H = V_{0mp} \tau + \frac{g \tau^2}{2}. \quad (2)$$

Перемещения относительно неподвижного наблюдателя за время τ мухи и "потолка" трубки связаны соотношением:

$$V_0 \tau + H = L. \quad (3)$$

Решив систему этих трех уравнений получим, что

$$\tau = \frac{\sqrt{V_0^2 \left(1 + \frac{m}{M}\right)^2 + 2gL} - V_0 \left(1 + \frac{m}{M}\right)}{g}.$$

Учитывая, что с мухой, сидящей на "полу" трубки, расстояние, пройденное "полом" равно

$$H' = \frac{g \tau^2}{2}, \quad \text{Получим} \quad H - H' = \Delta h = V_0 \frac{m}{M} \tau \approx 8,8 \text{ см.}$$

312. «**Три шарика**» Потенциальная энергия системы заряженных шариков первоначально равна

$$E_p = 3 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a}.$$

Из соображений симметрии следует, что кинетическая энергия среднего шарика будет максимальна, когда шарики будут находиться на одной линии. По закону сохранения энергии

$$3 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} = 2,5 \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{m}{2} v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 \quad (1)$$

По закону сохранения импульса

$$m v_1 - v_2 + v_3 = 0 \quad (2)$$

Из соображений симметрии (или из закона сохранения момента импульса) следует, что $v_1 = v_3$.

Решая полученную систему уравнений, имеем

$$v_2 = \sqrt{\frac{2q^2}{3\pi\epsilon_0 a t}}$$

313. «Спутник» По второму закону Кеплера, вытекающему из закона сохранения момента импульса

$$3mR_3 v_A = mR_3 v_p. \quad \text{Отсюда} \quad \frac{v_A}{v_p} = \frac{1}{3}$$

Нахождения периода обращения спутника по эллиптической орбите воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3, \quad \text{где } T - \text{это период обращения спутника по орбите;}$$

a – большая полуось орбиты, по которой вращается спутник.

За первую орбиту принимаем минимальную круговую орбиту спутника движущегося по ней с первой космической скоростью. Радиус этой орбиты равен радиусу Земли. Длина окружности по любому из меридианов приблизительно равно 40000 км, первая космическая скорость равна 7,8 км/с, следовательно, период

$$T_1 = \frac{40000}{7,8} = 5128 \text{ с} = 85,5 \text{ мин}$$

Полуось круговой орбиты очевидно равна радиусу Земли: $a_1 = R$

Полуось орбиты спутника, как легко подсчитать $a_2 = 2R$

из третьего закона Кеплера следует, что $T_2 = T_1 \cdot \sqrt{\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^3} = 85,5 \cdot \sqrt{8} = 241,8 \text{ мин} \approx 4 \text{ часа } 2 \text{ мин.}$

314. «Магнит и гвозди» Стальные гвозди являются ферромагнетиками. В поле постоянного магнита они намагничиваются так, что их нижние концы становятся одноименными (в данном случае шляпки северными, а острия – южными) полюсами магнита. Поэтому нижние концы гвоздей будут отталкиваться.

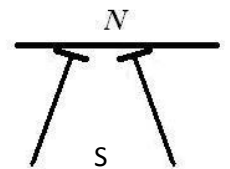
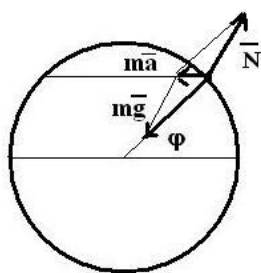


Рис.

315. «Дома» Если под вертикальностью понимать перпендикулярность к горизонтали, то есть плоскости, касательной к земному шару, иначе говоря, направление по радиусу к центру, то стены домов не вертикальны. Рассмотрим силы, действующие на материальную точку, находящуюся на земной поверхности на произвольной широте φ . Сила реакции опоры \vec{N} ,



направление действия которой и показывает отвес, в сумме с силой тяжести, направленной к центру, должна обеспечить движение точки по окружности с центростремительным ускорением \vec{a} , направленным к оси вращения Земли, как указано на рисунке.

Рис.

316. «Таяющая вода» Максимально возможная масса растаявшей воды образуется, если лед берут при температуре плавления. Прекращение таяния льда означает, что в системе установилась температура плавления льда. Уравнение теплового баланса в этом случае дает

$$\Delta m = \frac{c_в m_в}{\lambda} \Delta t = 105 \text{ г},$$

где в числителе стоит произведение удельной теплоемкости воды, начальных массы и температуры воды, а в знаменателе – удельная теплота плавления льда.

317. «Неупругий удар» При падении на гладкую поверхность тангенциальная составляющая импульса сохраняется, и потери энергии при неупругой деформации сопровождаются изменением нормальной составляющей импульса: где индексами x и y обозначены тангенциальная и нормальная составляющие скорости (см. рис.).

$$u_x = v_x = \frac{v}{2};$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u_x}{u_y};$$

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{m}{2} (u_x^2 + u_y^2) = \frac{1}{2} \cdot \frac{mv^2}{2},$$

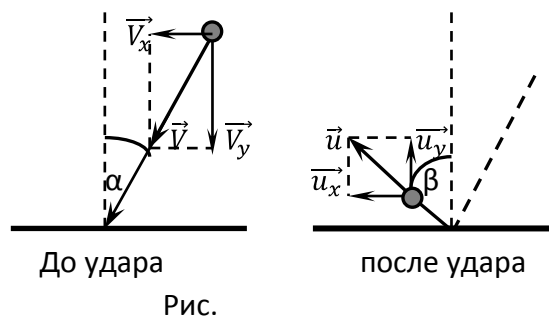


Рис.

Отсюда $u_y = \frac{v}{2}$ тогда $\operatorname{tg} \beta = 1$, следовательно, $\beta = 45^\circ$.

318. «Волейбольный мяч» Поскольку на мяч, помимо силы тяжести, действует сила сопротивления воздуха, пропорциональная его скорости, то максимальным будет ускорение в начале полета, когда мяч летит со скоростью, приданной ему волейболистом, а сила сопротивления складывается с силой тяжести. В верхней точке траектории сила сопротивления равна нулю, а при полете вниз направлена в сторону, противоположную силе тяжести. Минимальное ускорение достигается в нижней точке траектории, в момент окончания полета.

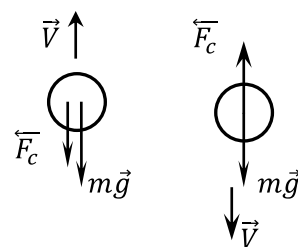


Рис.

319. «Цилиндры на горке» При малом угле наклона плоскости сила, прижимающая к ней цилиндр, существенно больше силы, прижимающей цилиндры друг к другу. В результате между цилиндрами возникает проскальзывание, а между плоскостью и цилиндром – нет. Верхний цилиндр скатывается, вращаясь. При большом угле наклона прижимающая сила между цилиндрами больше, и верхний цилиндр соскальзывает по плоскости. Равенство сил достигается при угле наклона $\pi/4$.

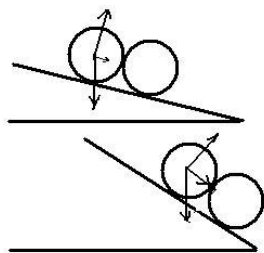


Рис.

320. «Заряженные шарики» Т.к. заряд на шарике малого радиуса вносится внутрь, а напряженность электрического поля внутри заряженного проводящего шара равна 0, а весь заряд проводящего шара находится на поверхности. Таким образом заряд маленького шарика после соприкосновения внутри с большим стал равным нулю. Заряд большого шарика стал равным сумме зарядов большого и малого шара до соприкосновения.

Следовательно, $q_1 = 4\pi\epsilon_0 r_1 \phi_1$, и $q_2 = 4\pi\epsilon_0 r_2 \phi_2$, $q_0 = q_1 + q_2 = 4\pi\epsilon_0 (r_1 \phi_1 + r_2 \phi_2)$ и т.к. $4\pi\epsilon_0 = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \frac{\text{м}}{\phi}$, то $q_0 = \frac{1}{9 \cdot 10^9} \frac{\text{м}}{\phi} (1 \cdot 270 + 10 \cdot 450) \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot \text{В} \approx$

$\approx 5,3 \text{ нКл}$.

Потенциал большого шара легко посчитать (т.к. $q_0 = 4\pi\epsilon_0 r_2 \phi_0$),

$$\phi_0 = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0 r_2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5,3 \cdot 10^{-9}}{10 \cdot 10^{-2}} = \underline{477 \text{ В}}$$

Потенциал маленького шарика будет таким же, т.к. внутренность шара является эквипотенциальна.

321. «**Диодная цепь**» Рассмотрим первую четверть периода напряжения ($T/4$) между точками 1 и 2, когда потенциал точки 1 выше потенциала точки 2. На аноде верхнего диода положительное напряжение относительно катода, происходит зарядка правого конденсатора. На аноде нижнего диода отрицательное напряжение относительно катода, его сопротивление бесконечно велико, зарядки левого конденсатора не происходит. К концу первой четверти периода напряжение на правом конденсаторе, а значит, и между точками 3 и 2, становится равным U_0 .

Во второй четверти периода на аноде верхнего диода напряжение становится отрицательным относительно катода, он, как говорят специалисты электронной техники, "закрывается" ("запирается"). Напряжение на правом конденсаторе сохраняется равным U_0 .

Во втором полупериоде аналогичный процесс происходит в цепи, состоящей из нижнего диода и левого конденсатора. Напряжение на левом конденсаторе между точками 4 и 2 становится равным - U_0 .

В результате напряжение между точками 3 и 4 становится равным $2U_0$. В электронике такая цепь называется "двухполупериодный удвоитель напряжения".

322. «**Резисторы**» Для схемы изображенной на рисунке 71, перерисуем эквивалентную ей схему изображенной на рисунке ... Это схема симметричного моста, в диагональ которого включен резистор с сопротивлением r (см. рис). Поэтому ток через этот резистор равен нулю.

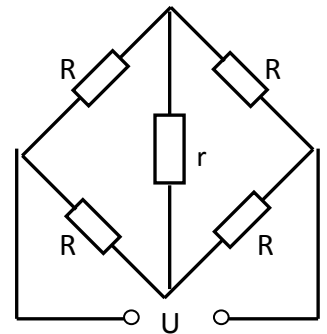
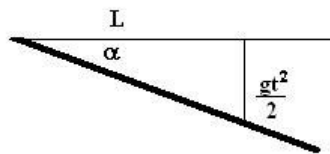


Рис.

323. «**Бусинка на стержне**» Так как стержень невесомый, а трение отсутствует, то бусинка свободно падает вдоль вертикальной прямой, отстоящей от оси вращения стержня на расстояние L . Из рисунка видно, что



$$\alpha = \arctg \frac{gt^2}{2L}$$

Рис.

После того, как бусинка соскользнет со стержня, он продолжит вращение с постоянной угловой скоростью, зависящий от длины стержня.

324. а) Луи де Бройль;
б) во Франции;
325. а) автором гипотезы, по которой все небесные тела вращались вокруг Великого центрального огня, был Филолай;
б) автором гелиоцентрической картины Вселенной был Аристарх Самосский.
326. а) оптический телескоп;
б) Галилео Галилей;

в) Италия;

г) телескоп Галилея отличается от телескопа Кеплера строением окуляра. В окуляре телескопа Галилея используется рассеивающая линза, в окуляре телескопа Кеплера - собирающая.

327. а) Атомный силовой микроскоп (АСМ).

б) Электронный микроскоп, растровый электронный микроскоп, ионный проектор, нейтронный микроскоп, сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), сканирующий фрикционный микроскоп, магниторезонансный микроскоп, сканирующий тепловой микроскоп, электронносиловой микроскоп, атомносиловой акустический микроскоп, сканирующий оптический микроскоп, трехмерный атомно-зондовый томограф

328. а) Джеймс Клерк Максвелл.

б) Теория электромагнитного поля.

329. Теорема об изменении энергии: $A_{\text{тр}} = W_0 - W_A$, где $W_0 = mgH$ – начальная механическая энергия (только потенциальная); $W_A = \frac{m v_A^2}{2}$ – Конечная механическая энергия скайбордиста в точке А, является только кинетической.

v_A – скорость в точке А, найдем из дальности полета: $S = \frac{v_A^2 \sin 2\alpha}{g}$.

Тогда, $A_{\text{тр}} = mgH - \frac{m v_A^2}{2}$. Окончательно, $A_{\text{тр}} = m g \left(H - \frac{S}{\sin 2\alpha} \right)$

Численно: $A_{\text{тр}} = 75 \cdot 10 \cdot (22 - 10/\sin 60^\circ) = \underline{7840 \text{ Дж}}$

330. Первоначальный уровень воды в сосуде $h_1 = \frac{V + V_n + V_c}{S}$, (1), где V – объем воды, V_n – объем пенопласта, V_c – объем солевой пластины

После растворения солевой пластинки уровень в сосуде $h_2 = \frac{V_p + V_{\text{погр}}}{S}$ (2), где V_p – объем воды после растворения соли, $V_{\text{погр}}$ – объем погруженной части полиэтиленового плотика.

Изменение уровня жидкости в цилиндре $\Delta h = h_2 - h_1$. Используя значения h_2 (2) и h_1 (1) получим, что $\Delta h = \frac{1}{S} (V_p + V_{\text{погр}} - V_n - V_c - V)$, из примечание к задачи к задачи следует, что $V_p = V$. Тогда $\Delta h = \frac{1}{S} (V_{\text{погр}} - V_n - V_c)$ (3).

Условие первоначального плавания блока из пенопласта и солевой пластины внутри сосуда с водой

$$V_n \rho_n g + V_c \rho_c g = (V_n + V_c) \rho g, \quad \text{откуда} \Rightarrow V_n = V_c \left(\frac{\rho_c - \rho}{\rho - \rho_n} \right) \quad (4),$$

где ρ_n , ρ_c и ρ – плотности пенопласта, соли и воды, соответственно.

Найдем плотность солевого раствора из очевидного равенства $V_p \rho_p = V \rho + V_c \rho_c$

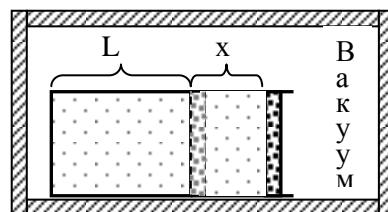
$$\rho_p = \rho + \frac{V_c}{V} \rho_c \quad (5)$$

Из условия плавания плотика в растворе $V_n \rho_n g = V_{\text{погр}} \rho_p g$, найдем $V_{\text{погр}} = \frac{\rho_n}{\rho_p} V_n$ (6)

Из уравнения (4) получим: $V_n = 420 \text{ см}^3$

Для расчета Δh , удобнее всего посчитать по частям: из (5) найти ρ_p ; затем из (6) находим $V_{\text{погр}}$ далее подставив все в (3) получим, что $\Delta h = -1,45 \text{ см}$, то есть уровень жидкости понизится примерно на 1,5 см.

331. Поршень начнет двигаться, как только сила давления газа станет равной или больше силы трения. Поэтому вначале



необходимо оценить сила давления больше или меньше силы

трения $F_{\text{тр}} \geq p_1 S$

Оценим $p_1 S = 7,5 \cdot 10^4 \cdot 60 \cdot 10^{-4} = 450 \text{ Н}$, что меньше чем

сила трения. Следовательно, при подведении тепла газ

Рис.

сначала будет изохорически нагреваться, а затем изобарически расширяться при давлении

$$p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} \quad (1).$$

Тепло полученное за весь процесс $Q = Q_1 + Q_2$, (2)

где Q_1 тепло, полученное при изохорическом нагревании, $Q_1 = \Delta U_1 = C_V \nu \Delta T_{12}$; (3)

Q_2 – тепло полученное при изобарном нагревании,

$$Q_2 = \Delta U_2 + A_{\text{тр}} = C_V \nu \Delta T_{23} + A_{\text{тр}}. \quad (4)$$

$$\text{Т.к. } \Delta T_{12} = T_2 - T_1 \quad (5)$$

$$\text{и } \Delta T_{23} = T_3 - T_2 \quad (6),$$

то подставив (5) и (6) соответственно в (3) и (4), а затем (2) получим, что $Q = \nu C_V (T_2 - T_1) + \nu C_V (T_3 - T_2) + A_{\text{тр}}$ или

$$Q = \nu C_V T_3 - \nu C_V T_1 + A_{\text{тр}}, \quad \text{где } A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot x$$

Т.к. газ одноатомный, то $C_V \nu T_3 = \frac{3}{2} R \nu T_3$ или в соответствие с законом Клапейрона-

Менделеева $\frac{3}{2} R \nu T_3$, аналогично $C_V \nu T_1 = \frac{3}{2} p_1 V_1$ Тогда:

$$Q = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 + F_{\text{тр}} \cdot x \quad (7)$$

Т.к. $V_1 = S L$, и $V_2 = S (L + x)$, то подставив эти значения в (7) получим

$$Q = \frac{3}{2} S L (p_2 + \frac{x}{L} p_2 - p_1) + F_{\text{тр}} \cdot x, \quad \text{подставив в это уравнение значения } p_2 \text{ из (1),}$$

получим: $Q = F_{\text{тр}} \cdot \left(\frac{3}{2} L + \frac{5}{2} x \right) - \frac{3}{2} \cdot p_1 S L$ или численно

$$Q = 600 \left(\frac{3}{2} 40 + \frac{5}{2} 10 \right) \cdot 10^{-2} - \frac{3}{2} \cdot 7,5 \cdot 10^4 \cdot 60 \cdot 10^{-4} \cdot 40 \cdot 10^{-2} = \underline{\underline{240 \text{ Дж}}}$$

332. После расстановки сил (силы натяжения \vec{F}_H , силы тяжести $-m\vec{g}$, силы Лоренца \vec{F}_L , направление смлы Лоренца определяется по правилу левой руки) см. рисунок ..., модуль $F_L = q v B$

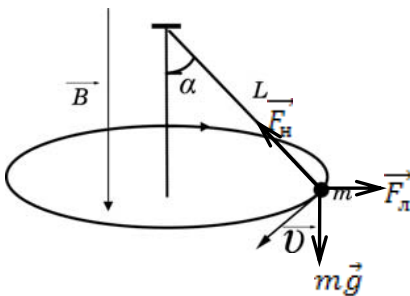


Рис. .

Напишем уравнение вращательного движения тела массы m :

$$m a_{\text{цс}} = F_H \sin \alpha - q v B$$

очевидно, что $F_H \cos \alpha = mg$ и $a_{\text{цс}} = \omega^2 r$

тогда уравнение вращательного движения тела примет вид:

$$m \omega^2 r = mg \tan \alpha - q \omega r B. \quad \text{Учитывая, что } r = L \sin \alpha$$

получим: $mL \sin \alpha \cdot \omega^2 = mg \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - qBL \sin \alpha$, после

сокращения на общий множитель и приведения к общему знаменателю окончательно получим:

$$mL \cos \alpha \cdot \omega^2 + qBL \cos \alpha \cdot \omega - mg = 0.$$

Отрицательный корень отбрасываем, т.к. он соответствует движению заряда в другую сторону

$$\text{Ответ: } \omega = \frac{-qBL \cos \alpha + \sqrt{q^2 B^2 L^2 \cos^2 \alpha + 4 m^2 g L \cos \alpha}}{2 m L \cos \alpha} =$$

$$= \frac{q B}{2 m} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4 m^2 g}{q^2 B^2 L \cos \alpha}} \right) =$$

$$= \left(\frac{10^{-3}}{10^{-3}} \right) \left(\frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right) \frac{1 \text{ Тл}}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{10^{-3}}{10^{-3}} \right)^2 \left(\frac{\text{Кл}}{\text{кг}} \right)^2 \cdot \frac{10 \text{ М/с}^2}{1^2 \text{ Тл}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,5}} \right) = 4 \text{ рад/с}$$

- 333 Т.к. по проводнику находящемуся в магнитном поле течет ток, то на стороны квадрата EA и CD действует сила Ампера отличная от нуля. На EA, действующая сила Ампера будет направлена в горизонтальную плоскость и поэтому сторона EA будет неподвижна (см. рис.). На сторону CD, действует сила Ампера, которая направлена вверх от горизонтальной плоскости и поэтому сторона CD может двигаться вверх относительно опорной плоскости. Под действием силы Ампера квадрат ACDE может поворачиваться относительно стороны EA.

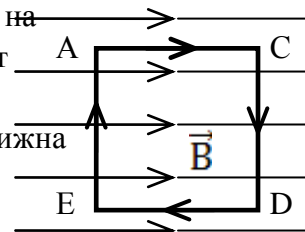


Рис.

Условием начала движения будет, равенство моментов силы тяжести на три стороны квадрата (AC, CD, DE) и противодействующему моменту силы Ампера, действующей на сторону CD, относительно оси, проходящей через сторону AE. (см. рис.). Так, пусть масса одной стороны рамки m , тогда очевидно, что $m = \frac{M}{4}$, Точка приложения силы тяжести, для боковых сторон (AC и DE) находится на расстоянии от оси вращения на $\frac{b}{2}$. Сила Ампера: $F_A = I b B$.

Равенство моментов: $2 \frac{Mg}{4} \cdot \frac{b}{2} + \frac{Mg}{4} \cdot b = I B b^2$.

$$\text{Откуда } B = \frac{Mg}{2 b I}$$

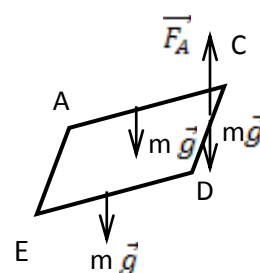


Рис.

334. Луч АО проходит вдоль главной оптической оси (см. рис.). Параксиальный ему луч ВСР. Эти два параксиальных луча образуют изображение бесконечно удаленной точки, принадлежащей предмету на поверхности шара в точке Р.

$\angle BCK = \angle OCP + \angle OPC$ – как внешний угол равнобедренного треугольника COP

Очевидно, что $\angle OCP = \angle OPC$. Пусть $\angle OPC = \alpha$. Тогда угол падения $\angle BCK = 2\alpha$, а угол преломления $\angle OCP = \alpha$.

По закону Снелла $n = \frac{\sin(\angle BCK)}{\sin(\angle OCP)} = \frac{\sin 2\alpha}{\sin \alpha}$, а т.к. лучи

параксиальные, то, следовательно, углы $\angle BCK$ и $\angle OCP$ малы и отношение синусов равно отношению углов, т.е. $n = 2$.

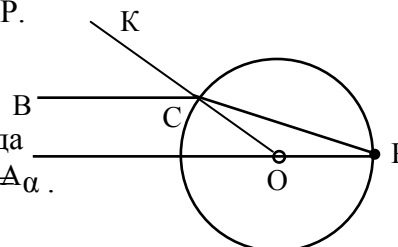


Рис.

335. При смещении заряда q из положения равновесия на x (см рис.) на него действуют две кулоновские силы \vec{F}_K и \vec{F}'_K , равнодействующая которых (\vec{F}) не равна нулю.

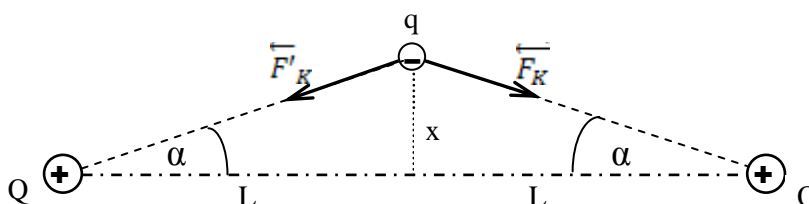


Рис.

$\vec{F} = \vec{F}_K + \vec{F}'_K$. В силу симметричности расположения зарядов $F_K = F'_K = \frac{k Q q}{L^2 + x^2}$ и очевидно, $F = 2 F_K \sin \alpha$.

Тогда основное уравнение динамики: $ma = -2 F_K \sin \alpha$, или $m\ddot{x} = -\frac{2 k Q q}{L^2 + x^2} \sin \alpha$

Т.к. $\sin \alpha = x/L$, т.к. x мало, то $L^2 + x^2 \approx L^2$. Окончательно, уравнение примет вид:

$$m\ddot{x} = -\frac{2 k Q q}{L^3} x \quad \text{откуда следует, что} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m L^3}{2 k Q q}} = \pi \sqrt{\frac{2 m L^3}{k Q q}}, \text{ подставив}$$

$$\text{числовые значения получим} \quad T = \pi \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 1^3}{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}} = \pi/6 \text{ с} \approx \underline{\underline{0,52 \text{ с}}}.$$

336. Сила натяжения проходит через точку подвеса, следовательно, плечо силы равно нулю, соответственно и момент силы натяжения относительно точки подвеса равен 0.

337. Ток протекает только через первое и последнее сопротивления, которые соединены последовательно (два средних закорочены, поэтому ток через них не течет), т.е. $R_{\text{об}} = 2R$.

338. I закон термодинамики: $Q = \Delta U + A$. Необходимо найти процентное отношение $\frac{\Delta U}{Q} 100\%$.

Для одноатомного идеального газа $\Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu R \Delta T$ и $A = \nu R \Delta T$, тогда $Q = \frac{5}{2} \cdot \nu R \Delta T$.

Отношение $\frac{\Delta U}{Q} 100\% = \frac{3}{5} 100\% = 60\%$.

339. Т.к. металлический шарик имеет свободные заряды (электроны проводимости), то при помещении в электрическое поле произойдет разделение зарядов: отрицательные заряды сместятся против поля, а положительные заряды сместятся по полю, как показано на рисунке (это явление называется поляризацией тела). По причине неоднородности электрического поля, выталкивающая сила в область более слабого поля, действующая на положительный заряд *меньше*, чем втягивающая в область более сильного поля, действующая на отрицательный заряд. Следовательно, шарик придет в движение и будет втягиваться в область более сильного поля.

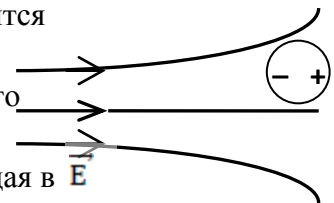


Рис.

340. Т.к. мощность на R_3 остаётся неизменной, то ток текущий в цепи не меняется, следовательно, при изменении сопротивлений R_1 и R_2 их общее сопротивление не меняется, т.е.

$$R_1 + R_2 + R_3 = R'_1 + R'_2 + R_3, \text{ или } R_1 + R_2 = R'_1 + R'_2 \quad (1)$$

Мощность, выделяемая на сопротивлении R_2 : $P = I^2 R_2$. После изменения сопротивления R_2 мощность на нем возросла в 2 раза, при неизменном токе. Т.е. $R'_2 = 2R_2 = 12 \text{ Ом}$. Подставив значения сопротивлений в (1) получим, что $R_1 = 3 \text{ Ом}$.

341. Видно, что изображение предмета обратное, следовательно, использовалась собирающая линза, а полученное изображение действительное. По рисунку непонятно, где предмет, а где изображение, но это и не важно, т.к. в случае построения действительного изображения в собирающей линзы – предмет и изображение взаимно обратимы. Пусть левая стрелка АВ – предмет, а правая A^1B^1 – её изображение. Прямые АВМ и B^1A^1K пересекаются в плоскости искомой линзы, как падающий луч AS и преломленный в линзе луч SB^1 . Лучи AA^1 и BB^1 пересекаются в точке О – оптическом центре линзы. Тогда прямая SOS_1 – это

линия, вдоль которой располагается собирающая линза LL_1 с оптическим центром в точке O . Проводим главную оптическую ось O_1O_2 и далее по точкам, например, A и A' находим фокусы. Задача решена.

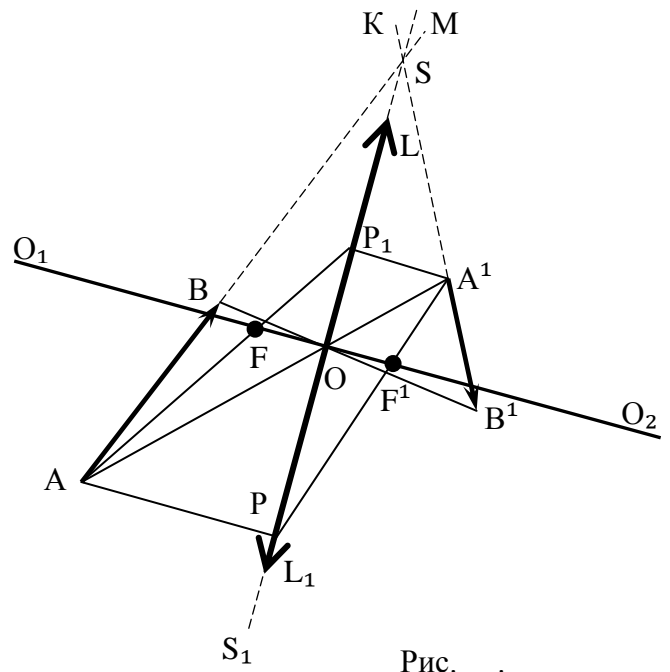


Рис.

342. В соответствии со вторым законом термодинамики тепло самопроизвольно передается от более нагретого тела к менее нагретому телу, то самое горячее тело внизу, самое холодное вверх. Следовательно, распределение температур будет следующим: **A** – 140°C , **B** – 280°C , **C** – 210°C , **D** – 420°C

343. Проведем на графике семейство трех изотерм (см. рис.), причем $T_1 < T_2 < T_3$, где K – точка касания изотермы с температурой T_3 и прямой графика процесса $1 \rightarrow 2$, соответствует максимальной температуре на графике $1 \rightarrow 2$. Тогда очевидно, что температура на участке $1 \rightarrow K$ будет повышаться, а, участке $K \rightarrow 2$ – понижаться.

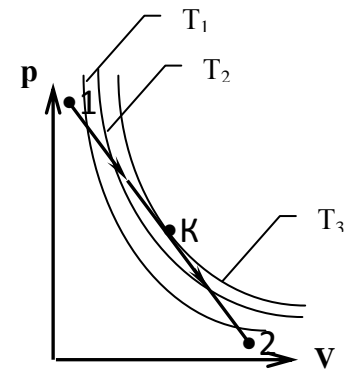


Рис.

344. Минимальная скорость будет при условии, что траектория камня будет проходить через край крыши и вектор мгновенной скорости будет составлять с плоской крышей угол 45° , что бы обеспечить максимальную дальность полета. В этом случае $L = \frac{v_k^2}{g}$, а из закона сохранения энергии следует, что $\frac{mv_0^2}{2} = mgH + \frac{mv_k^2}{2}$. Тогда $V_0 = \sqrt{(2H + L)g}$. Подставляя численные значения, получим $V_0 = 8 \text{ м/с}$

345. В результате попадания пули горизонтальная и вертикальная проекции импульса не изменятся, однако скорости как по оси x так и по оси y уменьшатся из-за увеличения массы тела. Уменьшение горизонтальной скорости разумеется, не влияет на время падения, а уменьшение вертикальной составляющей скорости приведет к увеличению времени падения.
346. а) Ян Дидерик Ван-дер-Ваальс;
 б) в Нидерландах;
 в) Ван-дер-Ваальс ввел конечный объем для каждой молекулы и силу притяжения между молекулами (не уточняя ее природы). Позже были выяснены детали, но слабое притяжение

нехимической природы между молекулами до сих пор часто называют силами Ван-дер-Ваальса.

347. а) Архимед. б) Сиракузы в Сицилии. в) Римской армией командовал Марцелл.

348. а) Речь идет о Большом адронном коллайдере (ЛHC);
б) Большой адронный коллайдер расположен на территории Швейцарии и Франции;
в) Большой адронный коллайдер рассчитан на энергию частиц 14 ТэВ;

349. Эрнст Мах. Ударные волны. Число Маха. Конус Маха.

350. Роберт Гук. Портреты Гука не сохранились. Они были уничтожены по указанию Ньютона как президента Королевского общества сразу после смерти Гука.

351. Для того, что бы снаряд упал на дно глубокого ущелья необходимо, что бы его горизонтальная составляющая скорости обратилась в ноль, тогда в дальнейшем снаряд будет свободно падать по вертикали.

На снаряд во время его полета действуют две силы: сила тяжести $-m\vec{g}$ и сила сопротивления (сила вязкого трения) \vec{F}_{Tp} , тогда основное уравнение динамики: $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_{Tp}$.

Проекция этого уравнения на горизонтальную ось Ох будет: $ma_x = (F_{Tp})_x$ или

$$m \cdot \frac{\Delta V_x}{\Delta t} = kV_x \cdot \text{откуда } m \cdot \Delta V_x = kV_x \cdot \Delta t, \text{ но т.к. } V_x \cdot \Delta t = \Delta x, \text{ то } m \cdot \Delta V_x = k \cdot \Delta x$$

Т.к. здесь справа и слева от знака равенства стоят конечные изменения: $\Delta V_x = V_{0x} - 0$, и $\Delta x = (L + \ell)$, то окончательно получим $m \cdot V_0 \cos \alpha = k \cdot (L + \ell)$, откуда

$$\ell = \frac{m \cdot V_0 \cos \alpha}{k} - L = \frac{25 \cdot \text{кг} \cdot 40 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \cos 60^\circ}{4 \cdot \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}} - 70 \text{ м} = \underline{\underline{55 \text{ м}}}$$

352. По первому закону термодинамики количество теплоты, подведенное к идеальному газу :

$$Q = \Delta U + A \quad (1), \quad \text{где } \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu R \cdot \Delta T \quad (2)$$

Работу найдем исходя из следующих соображений. По условию даны временные зависимости $p/p_0 = f_1(t)$ и $V/V_0 = f_2(t)$.

Найдем эти зависимости в явном виде, которые похожи на параболы. Легко проверить по точкам (см. рис. 84.), что $p/p_0 = 1 + t^2$ (3), $V/V_0 = 1 + 0,5 \cdot t^2$ (4)

Если из уравнений (3) и (4) исключить время, то получим зависимость $p(V)$

$$p = \frac{p_0}{V_0} (2V - V_0) \quad (5)$$

Получили линейную зависимость $p(V)$. Тогда работа, в этом случае равна площади трапеции (заштрихованной на рис.) под этой прямой, т.е. $A = \frac{1}{2} \cdot (p_2 + p_0) \cdot \Delta V$. (6)

Для удобства построим зависимость $p/p_0 = F(V/V_0)$.

Т.к. $\Delta V = V_2 - V_0$, где p_0, V_0 – давление и объем в начальный момент, а p_2, V_2 – давление и объем в конце второй секунды. По (3) и (4), найдем: $p_2 = 5p_0$, $V_2 = 3V_0$.

Подставляя в (6) получим $A = \frac{1}{2} \cdot (5p_0 + p_0) \cdot (3V_0 - V_0) = 6 p_0 V_0$ или в соответствии с уравнением Клапейрона-Менделеева $A = 6 \nu R T_1$. (7)

$$\text{В соответствии (2) получим: } \Delta U = \frac{3}{2} \cdot \nu R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) \text{ или } \Delta U = 21 \nu R T_1 \quad (8)$$

Подставив (7) и (9) в (1) получим $Q = 21 \nu R T_1 + 6 \cdot \nu R T_1 = 27 \cdot \nu R T_1 \approx \underline{\underline{269,2 \text{ кДж}}}$.

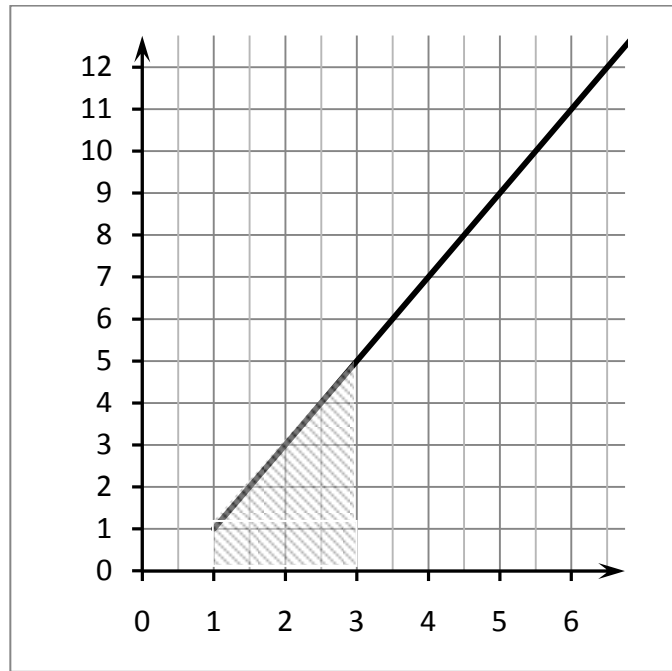


Рис. . Зависимость p/p_0 от V/V_0

353. Т.к. заряд движется по окружности радиуса r (см. Рис.) под действием электрического поля,

$$qE_0 = \frac{m v^2}{r_0} \quad (1),$$

под действием магнитного $qVB = \frac{m v^2}{r_0} \quad (2)$

Из этих двух уравнений легко получить, что $V = \frac{E_0}{B} \quad (3),$

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{rB} \quad (4), \text{ где } E_0 - \text{ напряженность электрического}$$

поля на траектории движения заряда. В расчете E_0 воспользуемся условием $d \ll a$. Поэтому, можно считать, что $a \approx r$, , а

дугообразный конденсатор можно считать плоским, тогда $E_0 = \frac{U}{d}$

Подставив в (3) и (4) получим $V = \frac{U}{B \cdot d}$ и $\frac{m}{q} = \frac{U}{B^2 \cdot r_0 \cdot d}$

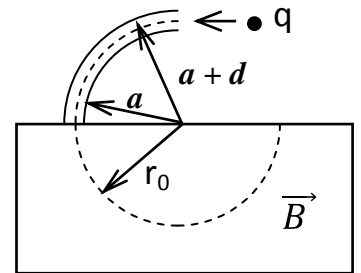


Рис.

354. По закону сохранения импульса $M_0 u = (M_0 + \rho LS) v_k$. где ρLS масса, прилипшей пыли за весь путь проделанный кораблем в облаке, v_k – скорость корабля в момент выхода из пылевого облака. Тогда $v_k = \frac{u}{1 - \frac{\rho SL}{M_0}}$.

Тогда $v_k = \frac{u}{1 - \frac{\rho SL}{M_0}}$.

Уравнение движения ракеты в отсутствии внешних сил $M \cdot a = \mu \cdot v \quad (1),$ где v – скорость корабля в данный момент, μ изменение массы корабля за секунду равно $\mu = \rho S v$. Т.к.

$a = \frac{dv}{dt}$. то уравнению (1) можно придать вид: $M \cdot dv = \rho S v^2 \cdot dt$. Разделив переменные,

получим $\frac{dv}{v^2} = \frac{\rho S}{M} \cdot dt$, после интегрирования получим: $-\frac{1}{v} = \frac{\rho S}{M} t + const$. В начальный момент $t = 0$, $v = u$, откуда следует, что $const = -\frac{1}{u}$, тогда $\frac{1}{v} = -\frac{\rho S}{M} t + \frac{1}{u}$. Когда

ракета пройдет пылевое облако, то $t = \tau$, $v = v_k$ Подставив значения v_k , и M и проведя

алгебраические преобразования получим, что $\tau = \frac{L}{u} \left(1 + \frac{\rho SL}{2M_0} \right)$.

355. Очевидно, что проекции скоростей V и u линию фала равны, т.е.

$$V \cdot \cos \alpha = u \cdot \cos \beta \quad \text{откуда следует, что} \quad u = V \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta}.$$

Условие $u > V$ выполняется при $\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} > 1$, что справедливо, если $\beta > \alpha$

356. Т.к. линза собирающая, то возможно два вида построения для действительного и мнимого изображений предмета (см. рис. а и рис. б.) Докажем для каждого вида построения.

Пусть a – расстояние от оптического центра до предмета; b – расстояние от оптического центра до изображения. В случае получения действительного изображения (рис. а) формула линзы имеет вид

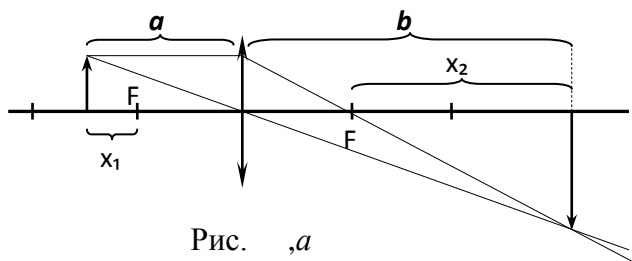


Рис. а

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (1)$$

Причем $a = F + x_1$, $b = F + x_2$. Подставим эти значения в (1):

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F + x_1} + \frac{1}{F + x_2}, \quad \text{приведем к общему}$$

знаменателю

$$F^2 + F \cdot x_1 + F \cdot x_2 + x_1 \cdot x_2 = F^2 + F \cdot x_2 + F^2 + F \cdot x_1 \quad \Leftrightarrow \quad \underline{x_1 \cdot x_2 = F^2 \quad \text{ч.т.д.}}$$

В случае получения мнимого изображения (рис. б) формула линзы имеет вид

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \quad (2)$$

Причем $a = F - x_1$, $b = x_2 - F$. Подставим эти значения в (2):

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F - x_1} - \frac{1}{x_2 - F}, \quad \text{приведем к общему знаменателю}$$

$$F \cdot x_2 - F^2 + F \cdot x_1 - x_1 \cdot x_2 = F \cdot x_2 - F^2 - F^2 + F \cdot x_1 \quad \Leftrightarrow$$

$$\underline{x_1 \cdot x_2 = F^2 \quad \text{ч.т.д.}}$$

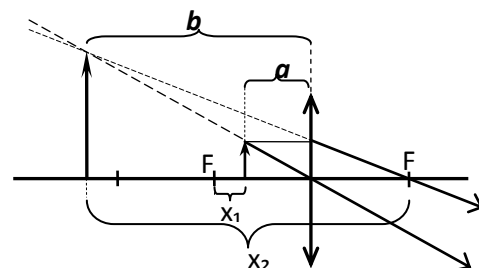
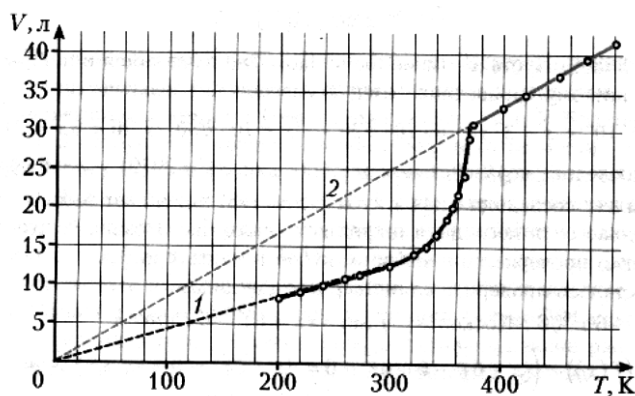


Рис. б



357. Догадка Глюка помогает решить проблему численно. При низких температурах, когда вода находится в твердом или даже в жидком состоянии давлением водяных паров можно пренебречь. Следовательно, на рисунке 87 первые 4-5 точек соответствуют изобарическому расширению исследуемого идеального газа. Прямая (1) на рисунке, проведенная через эти точки должна проходить через 0 К. Подставив значения одно из значений V и T для этой прямой, по

уравнению Клапейрона-Менделеева найдем количество молей идеального газа

$$\nu_1 = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-2} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 240 \text{ К}} \approx 1 \text{ моль}$$

При температурах более 380 К вода превращается в насыщенный пар, который так же является идеальным газом. Поэтому точки графика от 380 К и выше соответствуют изобарному процессу для смеси двух идеальных газов: водяных паров и воздуха.

Следовательно, точки лежащие при температурах выше 380 К так же лежат на прямой (2) рисунок, проходящей через 0 К. Подставив значения V и T для этой прямой, по уравнению Клапейрона-Менделеева найдем суммарное количество молей смеси идеального газа

$$\nu_1 + \nu_2 = \frac{pV}{RT} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 420 \text{ К}} \approx 2 \text{ моль}$$

Следовательно, водяного пара в смеси – 1 моль или 18 г, т.е. $m = 18 \text{ г}$

358. Вначале $F_{\text{тр покоя}} = F \cos \alpha$, когда $F_{\text{тр покоя}} = F_{\text{тр сколь}} = F_{\text{тр}}$. получим, что $F \cos \alpha = \mu N$

$F \cos \alpha = \mu (mg - F \sin \alpha)$. Откуда следует, что при этом значение силы $F = \frac{\mu m g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \approx 0,44 mg$. И далее при дальнейшем возрастании силы F сила трения уменьшается до 0, т.е. до тех пор пока тело не оторвется от плоскости, в это момент $F \sin 60^\circ = mg$. Следовательно, $F = 2 mg$. График приведен на рис.

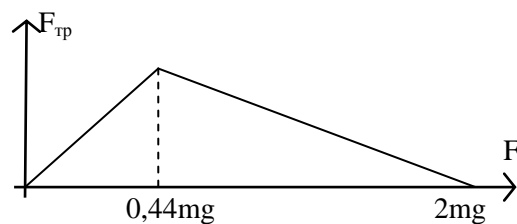


Рис.

359. Горячий лед - это горячая вода, затвердевшая при высоком давлении, свыше 6380 атм. Как известно, с повышением давления температура замерзания воды сначала падает (но только до давления 2200 атм). При дальнейшем увеличении давления точка замерзания воды начинает расти (см. рисунок)

График зависимости температуры замерзания воды от давления

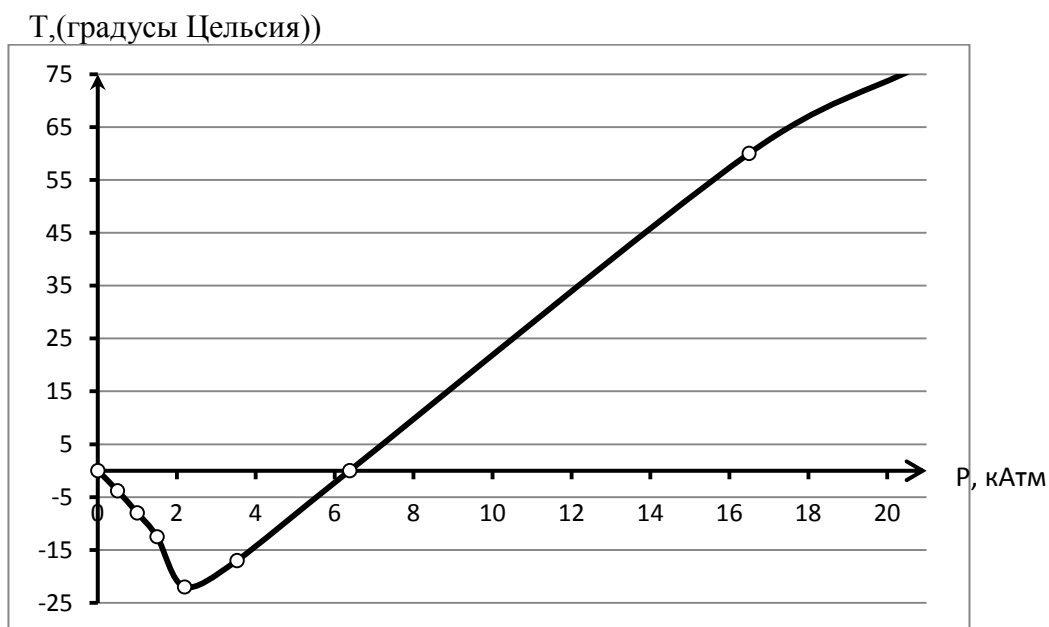


Рис.

Как видно, на графике зависимости **между давлением и точкой замерзания (плавления) воды**: с повышением давления температура замерзания падает (но только до давления 2200 атм). При дальнейшем увеличении давления точка замерзания воды начинает расти: при давлении 3530 атм вода замерзает при минус 17°C; при 6380 атм – при 0°C, при 14000 атм – 45°C, при 4516 500 атм – 60°C, а при 20 670 атм –76 °C. В последних трех случаях мы уже имеем **горячие льды**. При таком давлении человек не сможет вкушать радость горячего льда

P.S. Часто в научно-популярной литературе под горячим льдом понимают перенасыщенный раствор ацетата натрия? Его готовят как обычные перенасыщенные растворы. В горячей воде(желательно почти кипятком) растворяете ацетат натрия пока он не перестанет растворяться. Затем аккуратно охлаждаете раствор(что бы его ничего не "тревожило"). Это есть перенасыщенный раствор ацетата натрия. Теперь можете внести туда ещё крупинку ацетата натрия и сразу начнётся кристаллизация, т.е. жидкость, налитая в емкость от прикосновения человека почти мгновенно превращается в кусок льда при комнатной температуре, словно в фантастическом

романе Курта Воннегута «Колыбель для кошки». Затем загадочную жидкость льют в миску и капли становятся сосульками, образуя причудливые сталактиты. Ацетат натрия, легко получить в домашних условиях из уксуса и соды. Однако, такой горячий лед нельзя употреблять в пищу, отравление гарантировано

360. Капельки тумана могут оставаться жидкими при отрицательной температуре, если нет центров конденсации.

361. Очевидное уравнение $32000 = 20 \cdot t + \frac{0,05 \cdot t^2}{2} \Rightarrow t = 800 \text{ с.}$ $V = 60 \text{ м/с} = 216 \text{ км/ч}$

362. Т.к. подобие треугольника должно сохраняться, то заряды должны быть одинаковыми

Из того, что площадь правильного треугольника $S = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot a^2$, следует, что сторона треугольника должна увеличиться в два раза, и, следовательно, деформация каждой пружины равна длине стороны. Очевидно см. рисунок, что $F_{\text{Кул}} = F_{\text{упр}}$ или $\frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot l^2} = k \cdot \Delta l$ откуда следует, что $q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot k \cdot \Delta l \cdot l^2}$. Т.к. $l = 2a$, а $\Delta l = a$, то $q = 200 \text{ мкКл}$.

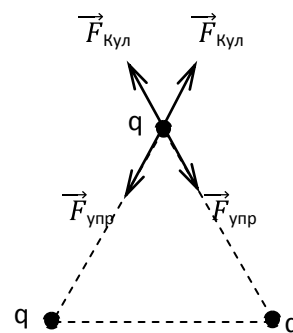


Рис. .

363. За сутки солнце совершает один полный оборот. Следовательно, за два часа до полудня солнце переместилось на $\frac{360 \text{ градусов}}{24 \text{ часа}} \cdot 2 \text{ часа} = 30 \text{ градусов}$. Это и есть угол падения солнечных лучей в 10 часов утра. Соответственно, в 15 часов (через 3 часа после полудня) угол падения солнечных лучей, будет равен 45 градусам.

Из рисунка видно, что диаметр шара $2R$, длина тени l и угол падения солнечных лучей связаны между собой соотношением: $2R = l_1 \cos \alpha_1$. Следовательно, длина тени в 15 часов $2R = l_2 \cos \alpha_2$ Получаем, что:

$$l_2 = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2} \cdot l_1 = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot l_1 = 85,7 \text{ см} \quad \text{радиус шара: } 30,3 \text{ см}$$

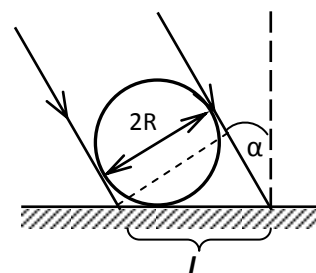


Рис.

364. Воздух охладится быстрее, чем вода. Давление воздуха в колбе понизится, и вода в колбе закипит при меньшей температуре.

365. Для первого случая $mg = F + F_A$; для второго случая $mg + F = F_A'$, откуда следует, что $2mg = F_A' + F_A$. Легко посчитать, что плотность шарика равна 600 кг/м^3 .

366. Будет, но только один раз в год, т.е. сутки равны одному году.

367. Продолжительность грома определяет разницу расстояний от наблюдателя до разных точек молнии. При этом некоторым неопределенным параметром является направление молнии — одинаковые длительности звучания грома будут у молний разной длины, но с оной и той же длиной проекции на направление от наблюдателя.

368. Это американский физик Джон Бардин. Первую премию он получил за исследование полупроводников и открытие транзисторного эффекта (совместно У. Шокли и У. Браттейном), а вторую за создание теории сверхпроводимости (БКШ — теории, совместно с Л. Купером и Д. Шриффером).

369. а) Джеймс Клерк Максвелл. б) Теория электромагнитного поля. в) Опыты Г. Герца по генерации и регистрации электромагнитных волн и опыт П.Н. Лебедева по измерению давления света. г) Статистическая физика: дал статистическое толкование второму началу термодинамики («Демон Максвелла»), установил связь между теплофизическими параметрами (соотношения Максвелла), ввел название «статистическая механика».

д) Электродинамика: создал теорию электромагнитного поля (уравнения Максвелла), которая связала в единое целое электричество, магнетизм и оптику. е) Физиологическая оптика: установил спектральные характеристики рецепторов цветового зрения человека и построил колориметрическую систему; сконструировал так называемый диск Максвелла. ж) Механика: сформулировал и доказал теорему Максвелла в теории упругости; показал, что кольца Сатурна состоят из отдельных метеоритов.

370. Левкипп и Демокрит.

371. Выдающийся американский физик – теоретик Ричард Фейнман, создатель а) современной квантовой электродинамики (нобелевская премия по физике 1965 года) б) графический метод решения нелинейных уравнений квантовой теории поля (диаграммы Фейнмана). в) Развил полуфеноменологическую картину генерации новых частиц в процессе столкновений (масштабная инвариантность). г) Предложил протонную модель нуклонов. д) Автор известного курса «Фейнмановские лекции по физике» (в соавторстве с Р. Лейтоном и М. Сэндосом).

372. а) «за открытие ускоренного расширения Вселенной посредством наблюдения дальних сверхновых» – Сол Перлмуттер, Брайан Шмидт, Адам Рисс
б) Речь идет о темной материи и темной энергии.