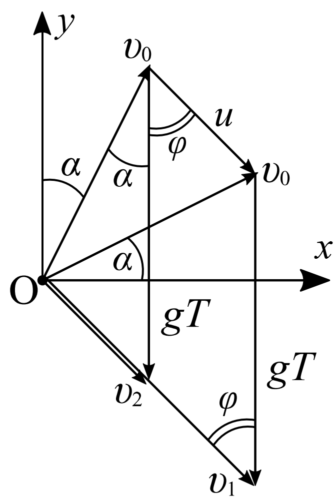
Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-01.

Решение задачи 1



В равнобедренном треугольнике (длины сторон v_0, u, v_0) сумма углов $90^0 - 2\alpha + 2(\varphi + \alpha) = 180^0$, $\varphi = 45^0$.
В треугольнике (длины сторон v_0, gT, v_1) длина высоты $v_0 \cos\alpha = v_1 \sin 45^0$, отсюда

$$\cos\alpha = \frac{v_1}{v_0}\sin 45^0 = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH}}{\sqrt{2}v_0},$$

продолжительность полета $T = \frac{v_0}{g}(\sin\alpha + \cos\alpha)$, относительная скорость $u = \frac{v_0}{\sin 45^0}(\cos\alpha - \sin\alpha)$. Максимальное расстояние между осколками

$$d = uT = \frac{v_0^2}{\sin 45^0 g}(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha) = \frac{v_0^2}{\sin 45^0 g}(2\cos^2\alpha - 1) =$$

$$= \sqrt{2}\frac{v_0^2}{g}\left(2\left(\frac{v_1}{v_0}\sin 45^0\right)^2 - 1\right) = \sqrt{2}\frac{v_0^2}{g}\left(2\left(\frac{\sqrt{v_0^2 + 2gH}}{\sqrt{2}v_0}\right)^2 - 1\right) = 2\sqrt{2}H$$

Справедливы и другие формулы для u и T в формуле $d = uT$, например,

$$u = 2v_0 \sin\left[0{,}5\left(90^0 - 2\alpha\right)\right], \quad T = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} + \sqrt{\left(\frac{v_0\sin\alpha}{g}\right)^2 + \frac{2H}{g}},$$

которые приводят к тому же численному ответу.
Задача 1. <u>*Числовые ответы*</u> $\varphi = 45^0$, $V_1 = 14$ м/с, $\cos\alpha \approx 0{,}9$, $d \approx 10{,}6$ м.

Решение задачи 2

По закону сохранения энергии

$$MgH = (M - 4m)\frac{V^2}{2} + 4mV^2, V^2 = 2\left(\frac{M}{M + 4m}g\sin\alpha\right)x, \; a = \frac{g\sin\alpha}{1 + 4\frac{m}{M}} = \beta g\sin\alpha,$$

здесь $\beta = \frac{1}{1 + 4\frac{m}{M}}$. Силы, с которыми на клин действует горизонтальная плоскость: трения $F_{TP} = Ma\cos\alpha$, нормальной реакции $N = 2Mg - Ma\sin\alpha$. Коэффициент трения скольжения

$$\mu \geq \frac{F_{TP}}{N} = \frac{Ma\cos\alpha}{2Mg - Ma\sin\alpha} = \frac{a\cos\alpha}{2g - a\sin\alpha}.$$

Задача 2 <u>*Числовые ответы*</u> $a \approx 5$ м/с^2, $F_{TP} \approx 7$ Н, $\mu \geq 0,22$

Решение задачи 3

Закон сохранения энергии $\frac{3}{2}P_0V_0 = \frac{3}{2}P_1nV_0 + \frac{P_1\tilde{S}\Delta x}{2} = \frac{3}{2}P_1nV_0 + \frac{P_1(n-1)V_0}{2}$, здесь $\tilde{S}$ – площадь поперечного сечения цилиндра. Давление в конечном состоянии $P_1 = \frac{3}{4n-1}P_0$, далее $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{3}{4n-1}P_0\frac{nV_0}{T_1}$, тогда $T_1 = \frac{3n}{4n-1}T_0$.

Центр масс не смещается $2(S + 0,5d) = nd$, $S = 0,5(n-1)d$.

Задача 3 <u>*Числовые ответы*</u> $T_1 = 300$ K, S = 5 см.

Решение задачи 4

В начальном состоянии пар в цилиндре является насыщенным, число моль воздуха равно числу моль пара, тогда парциальное давление P_{CB} сухого воздуха в начальном состоянии равно $P_{CB} = P_H$. При изотермическом увеличении объема смеси в 4 раза вся вода испарится, в этот момент пар насыщенный. Для того, чтобы относительная влажность воздуха уменьшилась до 40%, следует увеличить объем смеси еще в два с половиной раза. Таким образом, конечный объем смеси в десять раз больше начального. Тогда в конечном состоянии давление в цилиндре

$$P = 0,1P_{CB} + 0,4P_H = P_H(0,1 + 0,4) = 0,5P_H = 0,5 \cdot 1400 = 700 \text{ Па}.$$

Решение задачи 5

1. Напряженность электрического поля однородно заряженной сферы во всех точках полусферы $E_q = k\frac{q}{R^2}$, давление $p = E\sigma$, здесь $\sigma = \frac{Q}{2\pi R^2}$ – поверхностная плотность заряда на полусфере. Сумма сил давления равна по величине силе давления на «дно» полусферы

$$F_1 = p\pi R^2 = k\frac{q}{R^2} \cdot \frac{Q}{2\pi R^2} \cdot \pi R^2 = k\frac{qQ}{2R^2}.$$

2. Из ответа на первый вопрос следует: если в центр уединенной полусферы (радиус R, заряд Q) поместить точечный заряд q, то на него будет действовать сила $F_1 = k\frac{qQ}{2R^2}$, отсюда находим напряженность электрического поля полусферы в ее центре $E_1 = \frac{F_1}{q} = k\frac{Q}{2R^2}$. По принципу суперпозиции

$$E = \frac{k}{2}\left|\frac{Q}{R^2} - \frac{0,5q}{r^2}\right|.$$

3. Если к системе двух полусфер добавить полусферу (радиус R, заряд Q, см.рис.1), то сила, действующая на полусферу радиуса r, будет равна нулю, поскольку поле внутри заряженной сферы отсутствует. Таким образом, правая и левая половинки сферы действуют на маленькую полусферу с равными по величине и противоположно направленными силами F.

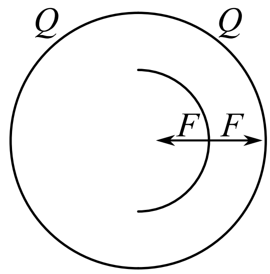


рис.1

Вернемся к двум полусферам. Теперь добавим к первоначальным полусферам полусферу радиусом r с зарядом $0,5q$ (рис.2). Из предыдущего следует, что полусферы с зарядами $0,5q$ будут действовать на полусферу с зарядом Q с равными по величине и сонаправленными силами F_2, так что $2F_2 = F_1$, отсюда $F_2 = k\dfrac{qQ}{4R^2}$.

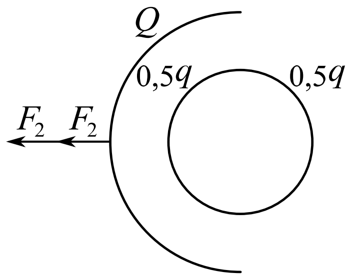


рис.2

Задача 5 <u>*Ответы*</u>: 1. $F_1 = k\dfrac{qQ}{2R^2}$, 2. $E = \dfrac{k}{2}\left|\dfrac{Q}{R^2} - \dfrac{0,5q}{r^2}\right|$,

3. $F_2 = k\dfrac{qQ}{4R^2}$.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-02.

(см. решения вар. 10-1)

Задача 1 <u>*Числовые ответы*</u> $\varphi = 45^0$, $V_1 = 28$ м/с, $\cos\alpha \approx 0,9$, $d \approx 42$ м.

Задача 2 <u>*Числовые ответы*</u> $a = 3$ м/с^2, $F_{TP} \approx 2,6$ Н, $\mu \geq 0,14$

Задача 3 <u>*Числовые ответы*</u> $T_1 = 270$K, $S = 15$ см.

Решение задачи 4

В начальном состоянии пар в цилиндре является насыщенным, число моль воздуха в два раза больше числа моль пара, тогда парциальное давление P_{CB} сухого воздуха в начальном состоянии равно $P_{CB} = 2P_H$. При изотермическом увеличении объема смеси в 2 раза вся вода испарится, в этот момент пар насыщенный. Для того, чтобы относительная влажность воздуха уменьшилась до 20%, следует увеличить объем смеси еще в пять раз. Таким образом, конечный объем смеси в десять раз больше начального. Тогда в конечном состоянии давление в цилиндре

$$P = 0,1P_{CB} + 0,2P_H = P_H\left(0,1\cdot 2 + 0,2\right) = 0,4P_H = 0,4\cdot 10\cdot 10^3 = 4\cdot 10^3 \text{ Па}.$$

Задача 5 <u>*Ответы*</u>: 1. $F_1 = k\dfrac{qQ}{R^2}$, 2. $E = \dfrac{k}{2}\left(\dfrac{Q}{R^2} + \dfrac{q}{r^2}\right)$, 3. $F_2 = k\dfrac{qQ}{2R^2}$.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-03.

(см. решения вар. 10-1)

Задача 1 <u>*Числовые ответы*</u> $\varphi = 45^0$, $V_1 = 19$ м/с, $\cos\alpha \approx 0,8$, $d \approx 10,2$ м.

Задача 2 <u>*Числовые ответы*</u> $a = 4,5$ м/с^2, $F_{TP} \approx 4,3$ Н, $\mu \geq 0,21$

Задача 3 <u>*Числовые ответы*</u> $T_1 = 320\,\text{K}$, S = 12 см.

Решение задачи 4

В начальном состоянии пар в цилиндре является насыщенным, число моль воздуха в три раза больше числа моль пара, тогда парциальное давление P_{CB} сухого воздуха в начальном состоянии равно $P_{CB} = 3P_H$. При изотермическом увеличении объема смеси в 3 раза вся вода испарится, в этот момент пар насыщенный. Для того, чтобы относительная влажность воздуха уменьшилась до 50%, следует увеличить объем смеси еще в два раза. Таким образом, конечный объем смеси в 6 раз больше начального. Тогда в конечном состоянии давление в цилиндре

$$P = \frac{1}{6}P_{CB} + 0,5P_H = P_H\left(\frac{1}{6}\cdot 3 + 0,5\right) = P_H = 15 \text{ кПа}.$$

Задача 5 <u>*Ответы*</u>: 1. $F_1 = k\dfrac{3qQ}{2R^2}$, 2. $E = \dfrac{k}{2}\left|\dfrac{Q}{R^2} - \dfrac{1,5q}{r^2}\right|$, 3. $F_2 = k\dfrac{3qQ}{4R^2}$.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-04.

(см. решения вар. 10-1)

Задача 1 <u>*Числовые ответы*</u> $\varphi = 45^0$, $V_1 = 42$ м/с, $\cos\alpha \approx 0,9$, $d \approx 95,5$ м.

Задача 2 <u>*Числовые ответы*</u> $a \approx 5,7$ м/с^2, $F_{TP} \approx 6,4$ Н, $\mu \geq 0,25$.

Задача 3 <u>*Числовые ответы*</u> $T_1 = 300\,\text{K}$, S = 14 см.

Решение задачи 4

В начальном состоянии пар в цилиндре является насыщенным, число моль воздуха в четыре раза больше числа моль пара, тогда парциальное давление P_{CB} сухого воздуха в начальном состоянии равно $P_{CB} = 4P_H$. При изотермическом увеличении объема смеси в два с половиной раза вся вода испарится, в этот момент пар насыщенный. Для того, чтобы относительная влажность воздуха уменьшилась до 25%, следует увеличить объем смеси еще в четыре раза.

Таким образом, конечный объем смеси в десять раз больше начального. Тогда в конечном состоянии давление в цилиндре

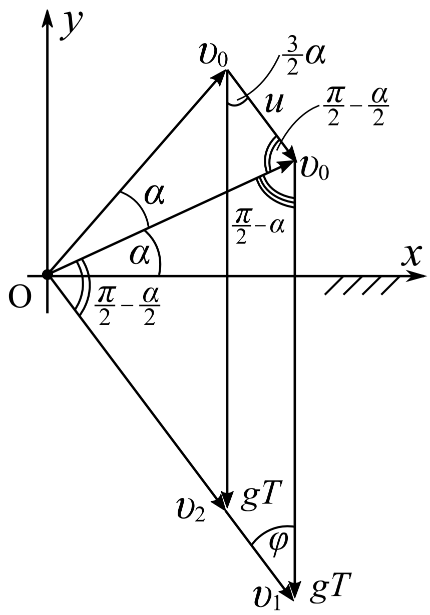
$$P = 0{,}1P_{CB} + 0{,}25P_H = P_H\left(0{,}1\cdot 4 + 0{,}25\right) = 0{,}65P_H = 0{,}65\cdot 20 = 13\ \text{кПа}.$$

Задача 5 <u>*Ответы*</u>: 1. $F_1 = k\dfrac{qQ}{2R^2}$, 2. $E = \dfrac{k}{2}\left(\dfrac{Q}{R^2} + \dfrac{0{,}5q}{r^2}\right)$, 3. $F_2 = k\dfrac{qQ}{4R^2}$.

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-05.

Решение задачи 1

Кинематические векторы показаны на рисунке.



1. $\varphi = \dfrac{3}{2}\alpha$, $\alpha = \dfrac{2}{3}\varphi = \dfrac{2}{3}\cdot 45^0 = 30^0$.

2. $v_1 = \sqrt{2}v_0\cos\alpha = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$,

$H = \dfrac{v_0^2}{4g}$.

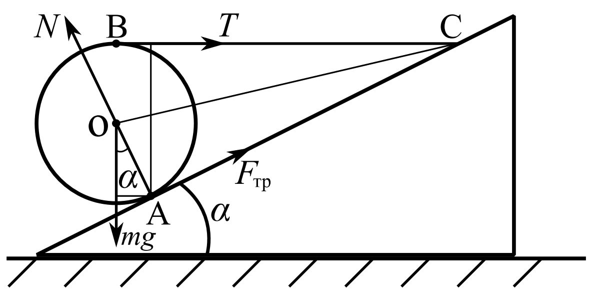
3. По условию $\varphi = 45^0$.

В треугольнике сдлинами сторон v_0, gT, v_1 по теореме синусов $\dfrac{v_0}{\sin 45^0} = \dfrac{gT}{\sin\left(90^0 - \dfrac{\alpha}{2}\right)}$, отсюда находим продолжительность полета $T = \dfrac{v_0}{g}\dfrac{\cos\dfrac{\alpha}{2}}{\sin 45^0}$. Относительная скорость $u = 2v_0\sin\dfrac{\alpha}{2}$. Максимальное расстояние между осколками в процессе полета

$$d = uT = 2v_0\sin\frac{\alpha}{2}\frac{v_0}{g}\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin 45^0} = \frac{v_0^2}{g}\frac{\sin\alpha}{\sin 45^0} = \frac{v_0^2}{g}\frac{\sqrt{2}}{2}.$$

<u>*Числовые ответы*</u> $\alpha = 30^0$, $H = 2{,}5$ м, $d \approx 7$ м.

Решение задачи 2



1. Уравнение моментов относительно оси, проходящей перпендикулярно плоскости чертежа через точку А, $TR\left(1+\cos\alpha\right)=mgR\sin\alpha$, отсюда

$$T=mg\frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha}.$$

2. Кинетическая энергия катящейся без проскальзывания трубы равна mV^2, здесь V – скорость центра масс трубы. Потерь энергии нет. Убыль потенциальной энергии равна приращению кинетической $mV^2=mg\,x\sin\alpha$, здесь x – перемещение центра масс трубы вдоль наклонной плоскости, далее $V^2=2\left(0,5g\sin\alpha\right)x$, ускорение центра масс трубы $a=0,5g\sin\alpha$, горизонтальная проекция ускорения центра масс трубы $0,5g\sin\alpha\cdot\cos\alpha$, тогда

$$S=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}g\sin\alpha\cdot\cos\alpha\right)\tau^2,\quad \tau=1\text{ с.}$$

3. Сила трения, с которой на клин действует горизонтальная плоскость, $f_{TP}=ma\cos\alpha=\frac{1}{2}mg\sin\alpha\cos\alpha$,

клин действует на горизонтальную плоскость с такой же по модулю силой.

4. $\alpha=45^0$.

5. $\tilde{f}_{TP}=\frac{1}{4}mg$.

<u>Числовые ответы</u> $T=8$ Н, $S=1,2$ м, $f_{TP}=5,76$ Н, $\alpha=45^0$, $\tilde{f}_{TP}=6$ Н.

Решение задачи 3

Теплообмен отсутствует. Следуем первому началу термодинамики

$$\Delta Q=0=\Delta U+\Delta A_{ГАЗА}=\frac{3}{2}P\cdot\Delta V+\frac{3}{2}V\cdot\Delta P+P\cdot\Delta V=\frac{5}{2}P\cdot\Delta V+\frac{3}{2}V\cdot\Delta P,$$

Отсюда $\Delta A=-P\cdot\Delta V=\frac{3}{5}V\cdot\Delta P=\frac{3}{5}PV\cdot\frac{\Delta P}{P}=\frac{3}{5}\nu RT\cdot\delta$. Начальная температура газа $$T=\frac{5}{3}\frac{\Delta A}{\nu R\delta}\approx 300,8\text{ К.}$$

В рассматриваемом процессе приращение внутренней энергии равно работе внешних сил над газом $\frac{3}{2}\nu R\Delta T=\Delta A$, отсюда $\Delta T=\frac{2}{3}\frac{\Delta A}{\nu R}$.

Искомая температура $\tilde{T} = T + \Delta T = \Delta T = \frac{\Delta A}{3\nu R}\left(\frac{5}{\delta} + 2\right) \approx 303,2$ К.

Приращение температуры можно вычислить иначе. В рассматриваемом процессе $\frac{\Delta V}{V} = -\frac{3}{5} \cdot \frac{\Delta P}{P}$, тогда в этом процессе

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta V}{V} = \frac{2}{5}\frac{\Delta P}{P} = \frac{2}{5} \cdot \frac{2}{100} = \frac{1}{125}, \text{ далее } \Delta T = \frac{T}{125} \approx 2,4 \text{K}.$$

Решение задачи 4

1. По условию температура пара $t_{100} = 100\ ^0$С.

Весь пар при конденсации может отдать $M \cdot r = 5 \cdot 2260 = 11300$ Дж теплоты. Для нагревания воды массой $m = 10$ г от 0 ^{0}С до 100 ^{0}С к ней следует подвести $mc\left(t_{100} - t_0\right) = 10 \cdot 4,2 \cdot 100 = 4200$ Дж теплоты, 4200 Дж < 11300 Дж. Так что сконденсируется только часть пара, тогда

$t_1 = 100\ ^0$С.

2. По закону сохранения энергии в тепловых процессах находим массу сконденсировавшегося пара

$\left|\Delta M\right| = m\frac{c\left(t_{100} - t_0\right)}{r} = 10 \cdot \frac{4,2 \cdot 100}{2260} \approx 1,86$ г. Масса воды в цилиндре в равновесном состоянии

$M_B = m + \left|\Delta M\right| = 10 + 1,86 = 11,86$ г.

3. Плотность насыщенного водяного пара при $t_{100} = 100\ ^0$С

$\rho = \frac{P\mu}{RT} = \frac{10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 373} \approx 0,58$ кг/м^3, тогда $\frac{\left|\Delta M\right|}{\rho} = S \cdot H$, отсюда находим перемещение поршня $H = \frac{\left|\Delta M\right|}{\rho S} = \frac{1,86 \cdot 10^{-3}}{0,58 \cdot 100 \cdot 10^{-4}} \approx 0,32$ м.

Решение задачи 5

1. Напряженность электрического поля в пространстве между сферами $E_r = k\frac{Q}{r^2}$, в этой области потенциал $\varphi\left(r\right) = k\frac{Q}{r} + C$. Константу C найдем из

условия обращения в ноль потенциала заземленной сферы $\varphi(2R) = k\dfrac{Q}{2R} + C = 0$, $C = -k\dfrac{Q}{2R}$. Тогда $\varphi(r) = k\dfrac{Q}{r} - k\dfrac{Q}{2R}$. По условию $\varphi(R) = \varphi_0 = k\dfrac{Q}{R} - k\dfrac{Q}{2R} = k\dfrac{Q}{2R}$, $Q = 2\dfrac{\varphi_0 R}{k} = 2\cdot\dfrac{9\cdot 0,1}{9\cdot 10^9} = 2\cdot 10^{-10}$ Кл.

2. Напряженность поля вблизи поверхности сферы $E_r(R) = k\dfrac{Q}{R^2} = \dfrac{Q}{\varepsilon_0 4\pi R^2} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$, здесь $\sigma = \dfrac{Q}{4\pi R^2}$ – поверхностная плотность заряда на сфере. По принципу суперпозиции $\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0} + E_{OCT}$, здесь первое слагаемое – напряженность поля, созданного зарядами элементарной площадки вблизи этой площадки на расстояниях много меньших ее размеров. Тогда напряженность поля, созданного в рассматриваемой области остальными зарядами сферы, $E_{OCT} = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Элементарная сила, с которой на рассматриваемые заряды сферы действуют все остальные заряды сферы, равна

$$\Delta F = \Delta q E_{OCT} = \sigma\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\Delta S = \frac{1}{2\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{4\pi R^2}\right)^2\Delta S.$$

Заметим, что это сила радиальная и ее удобно представить в виде

$\Delta F = \dfrac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}\Delta S = P\Delta S$, здесь $P = \dfrac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$ – давление.

3. Сумма радиальных сил давления на полусферу равна сумме сил давления на «дно» полусферы

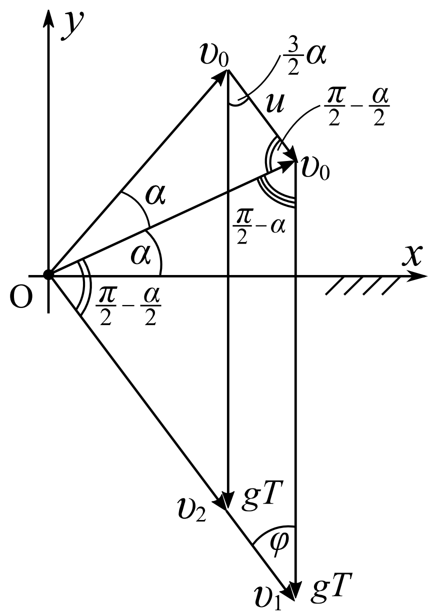
$$F = P\pi R^2 = k\frac{Q^2}{8R^2} = \frac{\varphi_0^2}{2k} = \frac{9\cdot 9}{2\cdot 9\cdot 10^9} = 4,5\cdot 10^{-9}\text{ Н}.$$

4. Разрыв по периметру большого круга: сумма сил давления равна по величине сумме упругих сил $k\dfrac{Q_{MAX}^2}{8R^2} = 2\pi R d\sigma_{ПРЕД}$, отсюда

$$Q_{MAX} = 4R\sqrt{\frac{\pi}{k}Rd\sigma_{ПРЕД}} = 4\cdot 0,1\cdot\sqrt{\frac{3,14}{9\cdot 10^9}\cdot 0,1\cdot 0,2\cdot 10^{-2}\cdot 2\cdot 10^9} \approx 4,7\cdot 10^{-3}\text{ Кл}.$$

Олимпиада «Физтех». 2026 г. Физика. Решения. Вариант 10-06.

Решение задачи 1



Кинематические векторы показаны на рисунке.

1. $\varphi = \frac{3}{2}\alpha$, $\varphi = \frac{3}{2}\cdot 30^0 = 45^0$.

2. $v_1 = \sqrt{2}v_0\cos\alpha = \sqrt{v_0^2 + 2gH}$, $H = \frac{v_0^2}{4g}$,

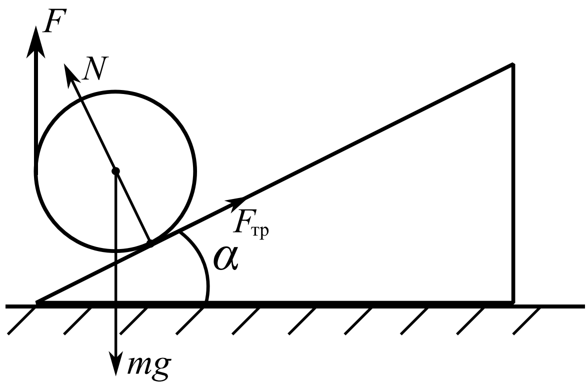
$v_0 = 2\sqrt{gH}$.

3. В треугольнике с длинами сторон v_0, gT, v_1 по теореме синусов $\frac{v_0}{\sin 45^0} = \frac{gT}{\sin\left(90^0 - \frac{\alpha}{2}\right)}$, отсюда находим продолжительность полета $T = \frac{v_0}{g}\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin 45^0}$. Относительная скорость $u = 2v_0\sin\frac{\alpha}{2}$. Максимальное расстояние между осколками в процессе полета

$$d = uT = 2v_0\sin\frac{\alpha}{2}\frac{v_0}{g}\frac{\cos\frac{\alpha}{2}}{\sin 45^0} = \frac{v_0^2}{g}\frac{\sin\alpha}{\sin 45^0} = \frac{v_0^2}{g}\frac{\sqrt{2}}{2} = 2\sqrt{2}H.$$

Числовые ответы $\varphi = 45^0$, $v_0 = 20$ м/с, $d \approx 28$ м.

Решение задачи 2



1. Уравнение моментов относительно оси, проходящей через центр масс трубы перпендикулярно плоскости чертежа, $FR = F_{TP}R$, отсюда $F = F_{TP}$. Сумма проекций сил на направление наклонной плоскости $F\sin\alpha + F_{TP} - mg\sin\alpha = 0$, тогда

$F = mg\frac{\sin\alpha}{1+\sin\alpha}$.

2. Кинетическая энергия катящейся без проскальзывания трубы равна mV^2, здесь V – скорость центра масс трубы. Потерь энергии нет. Убыль потенциаль-

ной энергии равна приращению кинетической $mV^2 = mgx\sin\alpha$, здесь x – перемещение центра масс трубы вдоль наклонной плоскости, ускорение центра масс трубы $a = 0,5g\sin\alpha$, модуль проекции ускорения центра масс на вертикаль $0,5g\sin^2\alpha$, тогда $H = \left(0,5g\sin^2\alpha\right)\dfrac{T^2}{2}$, отсюда

$$T = \frac{2}{\sin\alpha}\sqrt{\frac{H}{g}}.$$

3. Сила трения, с которой на клин действует горизонтальная плоскость, $f_{TP} = ma\cos\alpha = \dfrac{1}{4}mg\sin 2\alpha$, клин действует на горизонтальную плоскость с такой же по величине силой.

4. $\alpha = 45^0$.

5. $\tilde{f}_{TP} = \dfrac{1}{4}mg$.

<u>Числовые ответы</u> $F = 10$ Н, $T = 0,8$ с, $f_{TP} \approx 6,5$ Н, $\alpha = 45^0$, $\tilde{f}_{TP} = 7,5$ Н.

Решение задачи 3 (см. решение задачи 3 Вариант10-05)

Начальная температура газа $T = \dfrac{5}{3}\dfrac{\Delta A}{\nu R\delta} \approx 200,6$ К, $\Delta T = -\dfrac{2}{3}\dfrac{\Delta A}{\nu R} \approx -3,2$ К.

Иначе $\dfrac{\Delta T}{T} = \dfrac{\Delta P}{P} + \dfrac{\Delta V}{V} = \dfrac{2}{5}\dfrac{\Delta P}{P} = \dfrac{2}{5}\cdot\dfrac{(-4)}{100} = \dfrac{-1,6}{100}$, отсюда $\Delta T \approx -3,2$К.

Искомая температура $\tilde{T} = T + \Delta T \approx 197,4$ К.

Решение задачи 4

1. По условию температура пара $t_{100} = 100\ ^0$С. Весь пар при конденсации может отдать $M \cdot r = 6 \cdot 2260 = 13560$ Дж теплоты. Для расплавления льдинки к ней следует подвести $m\lambda = 5 \cdot 336 = 1680$ Дж теплоты, для нагревания воды из льда от 0 ^{0}С до 100 ^{0}С к ней следует подвести $mc\left(t_{100} - t_0\right) = 5 \cdot 4,2 \cdot 100 = 2100$ Дж теплоты, суммарно (плавление + нагревание) $1680 + 2100 = 3780$ Дж < 13560 Дж. Так что сконденсируется только часть пара, тогда

$t_1 = 100\ ^0$С.

2. По закону сохранения энергии в тепловых процессах находим массу сконденсировавшегося пара $\left|\Delta M\right| = m\dfrac{\lambda + c\left(t_{100} - t_0\right)}{r} = 5\cdot\dfrac{336 + 4,2\cdot 100}{2260} \approx 1,67$ г, масса $M_В$ воды в цилиндре в равновесном состоянии

$M_B = m + \left|\Delta M\right| = 5 + 1,67 = 6,67$ г.

3. Плотность насыщенного водяного пара при $t_{100} = 100\ ^0$C

$\rho = \dfrac{P\mu}{RT} = \dfrac{10^5\cdot 18\cdot 10^{-3}}{8,31\cdot 373} \approx 0,58$ кг/м^3, тогда $\dfrac{\left|\Delta M\right|}{\rho} = S\cdot H$, отсюда

$H = \dfrac{\left|\Delta M\right|}{\rho S} = \dfrac{1,67\cdot 10^{-3}}{0,58\cdot 200\cdot 10^{-4}} \approx 0,14$ м.

Решение задачи 5

1. Введем обозначение Q – заряд внутренней сферы. Напряженность электрического поля в пространстве между сферами $E_r = k\dfrac{Q}{r^2}$, в этой области потенциал $\varphi(r) = k\dfrac{Q}{r} + C$. Константу C найдем из условия нулевого потенциала заземленной сферы $\varphi(3R) = k\dfrac{Q}{3R} + C = 0$, $C = -k\dfrac{Q}{3R}$. Тогда $\varphi(r) = k\dfrac{Q}{r} - k\dfrac{Q}{3R}$. По условию $\varphi(R) = \varphi_0 = k\dfrac{Q}{R} - k\dfrac{Q}{3R} = k\dfrac{2Q}{3R}$, $Q = \dfrac{3}{2}\dfrac{\varphi_0 R}{k}$. За пределами заземленной сферы $\vec{E} = \vec{0}$, тогда

$Q_{3R} = -Q = -\dfrac{3}{2}\dfrac{\varphi_0 R}{k} = -\dfrac{3}{2}\cdot\dfrac{3\cdot 0,2}{9\cdot 10^9} = -1\cdot 10^{-10}$ Кл.

2. Напряженность поля вблизи поверхности сферы $E_r(R) = k\dfrac{Q}{R^2} = \dfrac{Q}{\varepsilon_0 4\pi R^2} = \dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}$, здесь $\sigma = \dfrac{Q}{4\pi R^2}$ – поверхностная плотность заряда на сфере. По принципу суперпозиции $\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0} = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0} + E_{ОСТ}$, здесь первое слагаемое – напряженность поля, созданного зарядами элементарной площадки вблизи этой площадки на расстояниях много меньше ее размеров. Тогда напряженность поля, созданного в рассматриваемой области остальными зарядами сферы $E_{ОСТ} = \dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$. Элементарная сила, с которой на заряд элементарной площадки действуют все остальные заряды сферы, равна

$$\Delta F = \Delta q \cdot E_{ОСТ} = \sigma \cdot \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \cdot \Delta S = \frac{1}{2\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{Q}{4\pi R^2} \right)^2 \cdot \Delta S .$$

Заметим, что это сила радиальная и ее удобно представить в виде

$\Delta F = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} \cdot \Delta S = P \cdot \Delta S$, здесь $P = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$ – давление.

3. Сумма радиальных сил давления на полусферу равна сумме сил давления на «дно» полусферы

$F = P\pi R^2 = k\frac{Q^2}{8R^2} = \frac{9\varphi_0^2}{32k} = \frac{9 \cdot 3^2}{32 \cdot 9 \cdot 10^9} \approx 0,28 \cdot 10^{-9}$ Н.

4. Разрыв по периметру большого круга: сумма сил давления равна по величине сумме упругих сил $k\frac{Q_{MAX}^2}{8R^2} = 2\pi R d \sigma_{ПРЕД}$, отсюда

$Q_{MAX} = 4R\sqrt{\frac{\pi}{k} R d \sigma_{ПРЕД}} = 4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{\frac{3,14}{9 \cdot 10^9} \cdot 0,2 \cdot 0,001 \cdot 4 \cdot 10^9} \approx 1,3 \cdot 10^{-2}$ Кл.