



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Мяч, посланный теннисистом вертикально вверх, поднимается на максимальную высоту за $T = 2$ с.

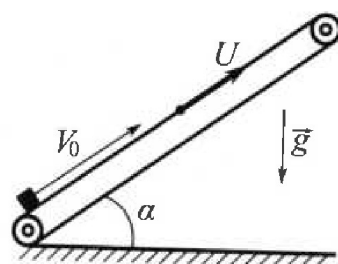
1) Найдите начальную скорость V_0 мяча.

2) Теннисист посылает мяч с начальной скоростью V_0 под различными углами к горизонту в направлении высокой вертикальной стенки, находящейся на расстоянии $S = 20$ м от места броска. На какой максимальной высоте мяч ударяется о стенку?

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Мяч движется в плоскости перпендикулярной стенке. Сопротивление воздуха считайте пренебрежимо малым. Все высоты отсчитываются от точки старта.

2. Лента транспортера, предназначенного для подъема грузов, образует с горизонтальной плоскостью угол α такой, что $\sin \alpha = 0,8$ (см. рис.).

В первом опыте небольшую коробку ставят на покоящуюся ленту транспортера и сообщают коробке начальную скорость $V_0 = 4$ м/с. Коэффициент трения скольжения коробки по ленте $\mu = \frac{1}{3}$. Движение коробки прямолинейное.



1) За какое время T после старта коробка пройдет в первом опыте путь $S = 1$ м?

Во втором опыте коробку ставят на ленту транспортера, движущуюся со скоростью $U = 2$ м/с, и сообщают коробке скорость $V_0 = 4$ м/с.

2) На каком расстоянии L от точки старта скорость коробки во втором опыте будет равна $U = 2$ м/с?

3) На какой высоте H , отсчитанной от точки старта, скорость коробки во втором опыте станет равной нулю? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Все кинематические величины измерены в лабораторной системе отсчета.

3. Санки дважды разгоняют из состояния покоя до одной и той же скорости V_0 за одинаковое время.

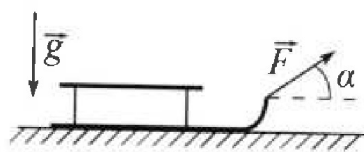
В первом случае санки тянут, действуя постоянной по модулю силой, направленной под углом α к горизонту (см. рис.).

Во втором случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. После достижения скорости V_0 действие внешней силы прекращается.

1) Найдите коэффициент μ трения скольжения санок по горизонтальной поверхности.

2) Через какое время T после прекращения действия силы санки остановятся? Ускорение свободного падения g .

Санки находятся на горизонтальной поверхности. Движение санок прямолинейное.





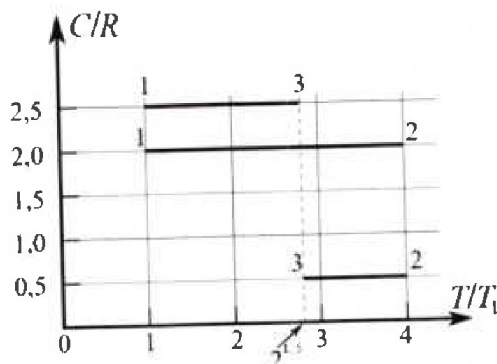
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 10-01

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



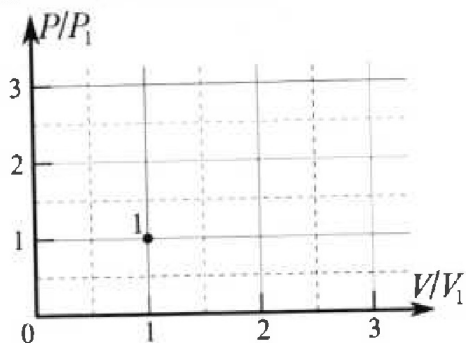
4. Тепловой двигатель работает по циклу 1-2-3-1. Рабочее вещество – один моль одноатомного идеального газа. Для вычисления КПД цикла ученик десятого класса построил график зависимости молярной теплоемкости C газа (в единицах универсальной газовой постоянной R) от температуры в процессах: 1-2, 2-3, 3-1 (см. рис.). Температура газа в состоянии 1 $T_1 = 400$ К, универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К).



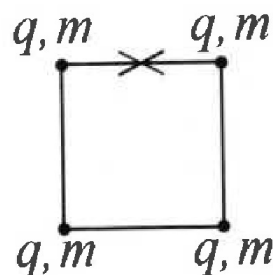
1) Найдите работу A_{12} газа в процессе 1-2.

2) Найдите КПД η цикла.

3) Постройте график цикла в координатах $(P/P_1, V/V_1)$, где P_1 и V_1 давление и объём в состоянии 1. Для построения графика перенесите шаблон (см. ниже) в чистовик своей работы. Точка 1 на графике соответствует состоянию 1 газа в цикле.



5. Четыре заряженных шарика связаны легкими нерастяжимыми нитями так, что шарики находятся в вершинах квадрата со стороной b (см. рис.). Масса каждого шарика m , заряд q .



1) Найдите силу T натяжения нитей.

Одну нить пережигают.

2) Найдите скорость V любого, выбранного Вами шарика, в тот момент, когда шарики будут находиться на одной прямой.

3) На каком расстоянии d от точки старта будет находиться в этот момент любой из двух шариков, изначально расположенных сверху (на рисунке)?

Коэффициент пропорциональности в законе Кулона k . Действие сил тяжести считайте пренебрежимо малым.



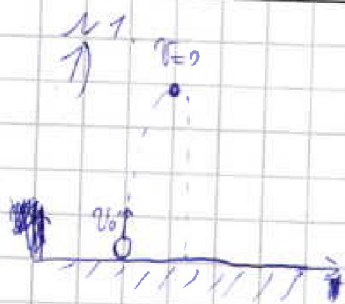
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Максимальная высота будет достигнута в момент, когда скорость станет нулевой (т.е. груз достигнет пика)

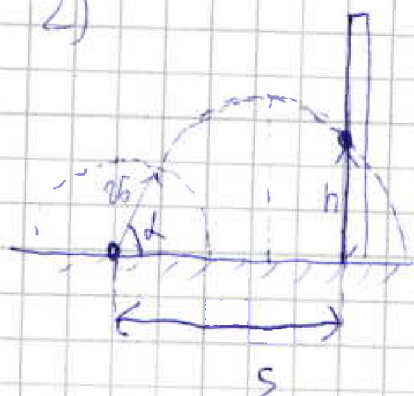
След: По формуле: $v_k = v_0 - at$
 $0 = v_0 - g \cdot T$

Где T — время, которое дано в условии

$$v_0 = g \cdot T = 10 \frac{м}{с^2} \cdot 2с = 20 \frac{м}{с}$$

Ответ: $v_0 = 20 \frac{м}{с}$

2)



h — высота, на которой мяч ударяется о стену.

α — угол между v_0 и горизонтом

Положим плоскость проекции скорости

$$v_{OS} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_n, \text{ где } t_n \text{ — время полета}$$

$$(2) h = v_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{g t_n^2}{2}$$

из (1)

$$t_n = \frac{s}{v_0 \cos \alpha} \Rightarrow (2): h = v_0 \sin \alpha \cdot \frac{s}{v_0 \cos \alpha} - \frac{g \frac{s^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha}}{2}$$

$$= s \cdot \tan \alpha - \frac{g s^2}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

$$\frac{h}{s} = \tan \alpha - \frac{g h}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

Положим $h(\alpha) = s \left(\tan \alpha - \frac{g s}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} \right)$ — запишем эту функцию

И найдем максимальную высоту: $H_{max} = v_0 \sin \alpha \cdot t_n - \frac{g t_n^2}{2}$, где t_n — время полета до удара о стену

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



№1 (продолжение №7)

$$r = v_0 \sin \alpha - g t_{n2} \Rightarrow t_{n2} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$H_{\min} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = \frac{g \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$L_{\text{ср}}$ - высота центра тяжести и координату вертикального движения

$$L_{\text{ср}} = v_0 \cos \alpha + \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$\text{Выс: } h - H_{\min} = \frac{g t_{n2}^2}{2}$$

$$\Rightarrow h = \frac{g (L_{\text{ср}} - v_0 \cos \alpha)^2}{2g} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$= \frac{g \left(\frac{g S}{v_0^2} - v_0^2 \cos^2 \alpha \right)^2}{2g} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{(g S - v_0^2 \cos^2 \alpha)^2}{2g v_0^2 \cos^2 \alpha} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$= \frac{(g S - v_0^2 \cos^2 \alpha)^2}{2g v_0^2 \cos^2 \alpha} + \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{1}{2g} \left(\frac{g^2 S^2}{v_0^2 \cos^2 \alpha} - 2g S \cos \alpha + v_0^2 \sin^2 \alpha \right)$$

Надо, чтобы минимизировать:

$$h = S \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{g S}{v_0^2 \cos^2 \alpha} \right) = S \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{10 \cdot 20}{2 \cdot 20^2 \cos^2 \alpha} \right) = S \left(\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{5}{\cos^2 \alpha} \right)$$

$$L=30: h = S \left(\frac{1}{\frac{1}{3}} - \frac{5}{\frac{1}{3}} \right) = S \left(\frac{1}{\frac{1}{3}} - \frac{20}{3} \right) < 0$$

$$L=60: h = S \left(\frac{1}{\frac{1}{3}} - \frac{5}{\frac{1}{3}} \right) = S (10 - 20) < 0$$



h будет максимумом при минимуме

Тогда, что миним будет у $\frac{1}{\cos^2 \alpha} - \frac{5}{\cos^2 \alpha}$ минимум

$$t_n = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h = \frac{(v_0 \sin \alpha)^2}{2g} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \Rightarrow \text{min}$$

$$v_0 \cos \alpha + t_n = S \Rightarrow \sin \alpha = \frac{2g S}{v_0^2} \Rightarrow \alpha = \arcsin \left(\frac{2g S}{v_0^2} \right) = \frac{1}{2}$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \left(\arcsin \left(\frac{2g S}{v_0^2} \right) \right) = \frac{1}{2}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

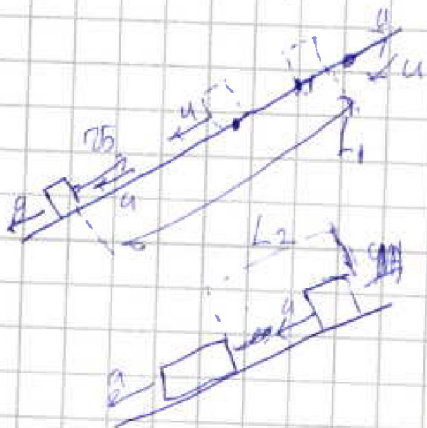
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

КЗ 3)

Тогда тело идет в вер $\alpha = g$, когда время $a = \frac{6}{10}g$



$$L_1 = \frac{(v_0 - u)^2}{2a} = \frac{1}{5} \text{ м}$$

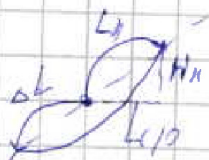
$$t_1 = \frac{v_0 - u}{a} = \frac{1}{5}$$

$$L_2 = \frac{a t_2^2}{2} ; t_2 \cdot a = u \Rightarrow t_2 = \frac{u}{a}$$

$$L_2 = \frac{u^2}{2a} = \frac{2^2}{2 \cdot 6} = \frac{2}{3} \text{ м} = \frac{2}{3} \cdot \frac{10}{10} = \frac{20}{30}$$

$$\Delta L = L_1 - L_2 = \frac{3}{15} - \frac{8}{15} = -\frac{2}{15} \text{ м}$$

При этом $L_{\text{с/о}} = (t_1 + t_2) \cdot u = \frac{16}{15} \text{ м}$



Всего путь $L_{\text{с/о}}$ земли тело пройдет

$$L_{\text{с/о}} = L_{\text{с/о}} - \Delta L = \frac{14}{15} \text{ м}$$

Тогда $H_{\text{н}} = L_{\text{с/о}} \cdot \sin \alpha = \frac{14}{15} \cdot \frac{8}{10} =$

$$= \frac{112}{150} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м} = \frac{56}{75} \text{ м}$$

Ответ: $H = \frac{56}{75} \text{ м}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ

2-е предположение (1 и 2)

$v_{max} = v_0 + u$



$N = mg \cos \alpha$

III: $ma = \mu mg \cos \alpha - mg \sin \alpha$

Можно, возможно, вверх:



Вотта слияния поднимется +
ноль что значит
восстановит
энергия

Восстановит 2-й участок, и скажем
что тело тем тем больше не ~~поднимется~~
вверх $L = \frac{5}{2} m$

Найдем максимальную высоту подъема

1)

$H_{max} = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{16}{2 \cdot 10} = \frac{4}{5} m$

след, тело ~~поднимется~~ пройдет $\frac{1}{2}$ участка, кар
и еще ~~поднимется~~ на $\frac{1}{5}$ м (до горизонтальной линии
вс)

поэтому: $\frac{4}{5} m = \frac{v_0^2}{2g} + \frac{v^2}{2g}$ $t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{4}{10} = 0.4 \text{ сек}$

$\frac{1}{5} m = \frac{v^2}{2g}$ $\frac{2}{g} t_2^2 = \frac{6}{2} t_2^2$

$\frac{1}{5} = 3 \cdot t_2^2 \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{1}{15}}$

$T = t_1 + t_2 = 0.4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ сек}$ Ответ: $T = 0.4 + \sqrt{\frac{1}{15}} \text{ сек}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

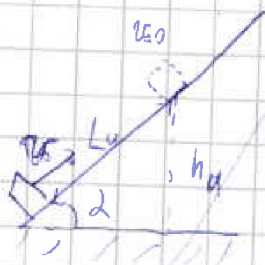
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№2.

1)

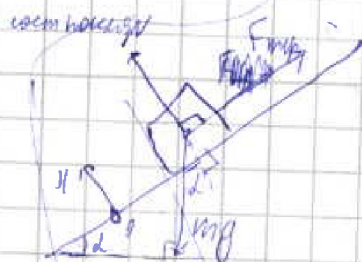


Пусть тело находится на высоте h и
имеет скорость v_0.

Получаю по 3(-):

$$\frac{mv_0^2}{2} - F_{fr} = mgh$$

где, что $\frac{h}{L} = \sin \alpha$



23M впр. на III:

$$0 = N - mg \cos \alpha \Rightarrow N = mg \cos \alpha$$

$$\frac{mv_0^2}{2} - \mu mg \cos \alpha L = mgh$$

F_friction - сила трения скольжения

$$23M: III: 0 = N - mg \cos \alpha$$

$$N = mg \cos \alpha$$

a - ускорение по Oy

$$F_{fr} = \mu mg \cos \alpha$$

$$Oy: -ma = -F_{fr} - mg \sin \alpha$$

$$a = \mu mg \cos \alpha + g \sin \alpha$$

$$a = g \left(\frac{1}{3} \sqrt{1 - \left(\frac{2}{10} \right)^2} + 0,8 \right) = g \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{8}{10} + \frac{8}{10} \right)$$

$$= g \quad \text{ускорение a} \Rightarrow \text{при спуске } a = g \left(\frac{2}{10} + \frac{8}{10} \right) = \frac{6}{10}g$$

$$S = 1x = v_0 t_0 + \frac{at_0^2}{2} \Rightarrow 5t_0^2 = 4t_0 - 1 \Rightarrow$$

$$t_0 = \frac{2 \pm \sqrt{2^2 - 5}}{5} = \frac{2 \pm 3}{5} = 1 \text{ сек} \quad \text{Ожидаем: 1 сек}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

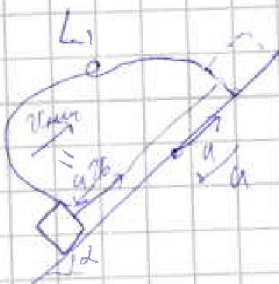
МФТИ



12. ~~преобразование~~

2) скорость человека относительно земли u , величина которой
поэтому представляет элемент скорости от земли

значит преобразование в ф. локтис:



$$\text{Тогда } V_{\text{маш}} = V_0 - u - V_{\text{машиниста}}$$

L_1 - путь, пройденный человеком от земли

$$V_{\text{м}} = V_{\text{маш}} - u$$

$$t = \frac{V_{\text{маш}} - 0}{g} - \text{средняя длина пути}$$

$$L_1 = V_{\text{маш}} t - \frac{g t^2}{2} = \frac{V_{\text{маш}}^2}{2g} = \frac{(V_0 - u)^2}{2g} = \frac{(4 - 2)^2}{2 \cdot 10} = \frac{4}{10} \text{ м.}$$

Тем же, что средняя t человек движется на $L_2 = u \cdot t$

$$= 2 \cdot \frac{(4 - 2)}{10} = \frac{4}{10}$$

$$\text{Тогда } L = L_1 + L_2 = \frac{4}{10} \text{ м} - \text{используем формулу}$$

$$\text{Ответ: } L = \frac{4}{10} \text{ м} = \frac{2}{5} \text{ м} \quad (\text{ответ на 2-й пункт})$$

3) Очевидно, что если V_0 направлена вверх, то скорость
поэтому человек движется кверху

Тогда человек движется кверху и человек падает
поэтому человек движется кверху 2 м/с (чтобы 0,5/10/20/30/40/50/60/70/80/90/100/110/120/130/140/150/160/170/180/190/200/210/220/230/240/250/260/270/280/290/300/310/320/330/340/350/360/370/380/390/400/410/420/430/440/450/460/470/480/490/500/510/520/530/540/550/560/570/580/590/600/610/620/630/640/650/660/670/680/690/700/710/720/730/740/750/760/770/780/790/800/810/820/830/840/850/860/870/880/890/900/910/920/930/940/950/960/970/980/990/1000/1010/1020/1030/1040/1050/1060/1070/1080/1090/1100/1110/1120/1130/1140/1150/1160/1170/1180/1190/1200/1210/1220/1230/1240/1250/1260/1270/1280/1290/1300/1310/1320/1330/1340/1350/1360/1370/1380/1390/1400/1410/1420/1430/1440/1450/1460/1470/1480/1490/1500/1510/1520/1530/1540/1550/1560/1570/1580/1590/1600/1610/1620/1630/1640/1650/1660/1670/1680/1690/1700/1710/1720/1730/1740/1750/1760/1770/1780/1790/1800/1810/1820/1830/1840/1850/1860/1870/1880/1890/1900/1910/1920/1930/1940/1950/1960/1970/1980/1990/2000/2010/2020/2030/2040/2050/2060/2070/2080/2090/2100/2110/2120/2130/2140/2150/2160/2170/2180/2190/2200/2210/2220/2230/2240/2250/2260/2270/2280/2290/2300/2310/2320/2330/2340/2350/2360/2370/2380/2390/2400/2410/2420/2430/2440/2450/2460/2470/2480/2490/2500/2510/2520/2530/2540/2550/2560/2570/2580/2590/2600/2610/2620/2630/2640/2650/2660/2670/2680/2690/2700/2710/2720/2730/2740/2750/2760/2770/2780/2790/2800/2810/2820/2830/2840/2850/2860/2870/2880/2890/2900/2910/2920/2930/2940/2950/2960/2970/2980/2990/3000/3010/3020/3030/3040/3050/3060/3070/3080/3090/3100/3110/3120/3130/3140/3150/3160/3170/3180/3190/3200/3210/3220/3230/3240/3250/3260/3270/3280/3290/3300/3310/3320/3330/3340/3350/3360/3370/3380/3390/3400/3410/3420/3430/3440/3450/3460/3470/3480/3490/3500/3510/3520/3530/3540/3550/3560/3570/3580/3590/3600/3610/3620/3630/3640/3650/3660/3670/3680/3690/3700/3710/3720/3730/3740/3750/3760/3770/3780/3790/3800/3810/3820/3830/3840/3850/3860/3870/3880/3890/3900/3910/3920/3930/3940/3950/3960/3970/3980/3990/4000/4010/4020/4030/4040/4050/4060/4070/4080/4090/4100/4110/4120/4130/4140/4150/4160/4170/4180/4190/4200/4210/4220/4230/4240/4250/4260/4270/4280/4290/4300/4310/4320/4330/4340/4350/4360/4370/4380/4390/4400/4410/4420/4430/4440/4450/4460/4470/4480/4490/4500/4510/4520/4530/4540/4550/4560/4570/4580/4590/4600/4610/4620/4630/4640/4650/4660/4670/4680/4690/4700/4710/4720/4730/4740/4750/4760/4770/4780/4790/4800/4810/4820/4830/4840/4850/4860/4870/4880/4890/4900/4910/4920/4930/4940/4950/4960/4970/4980/4990/5000/5010/5020/5030/5040/5050/5060/5070/5080/5090/5100/5110/5120/5130/5140/5150/5160/5170/5180/5190/5200/5210/5220/5230/5240/5250/5260/5270/5280/5290/5300/5310/5320/5330/5340/5350/5360/5370/5380/5390/5400/5410/5420/5430/5440/5450/5460/5470/5480/5490/5500/5510/5520/5530/5540/5550/5560/5570/5580/5590/5600/5610/5620/5630/5640/5650/5660/5670/5680/5690/5700/5710/5720/5730/5740/5750/5760/5770/5780/5790/5800/5810/5820/5830/5840/5850/5860/5870/5880/5890/5900/5910/5920/5930/5940/5950/5960/5970/5980/5990/6000/6010/6020/6030/6040/6050/6060/6070/6080/6090/6100/6110/6120/6130/6140/6150/6160/6170/6180/6190/6200/6210/6220/6230/6240/6250/6260/6270/6280/6290/6300/6310/6320/6330/6340/6350/6360/6370/6380/6390/6400/6410/6420/6430/6440/6450/6460/6470/6480/6490/6500/6510/6520/6530/6540/6550/6560/6570/6580/6590/6600/6610/6620/6630/6640/6650/6660/6670/6680/6690/6700/6710/6720/6730/6740/6750/6760/6770/6780/6790/6800/6810/6820/6830/6840/6850/6860/6870/6880/6890/6900/6910/6920/6930/6940/6950/6960/6970/6980/6990/7000/7010/7020/7030/7040/7050/7060/7070/7080/7090/7100/7110/7120/7130/7140/7150/7160/7170/7180/7190/7200/7210/7220/7230/7240/7250/7260/7270/7280/7290/7300/7310/7320/7330/7340/7350/7360/7370/7380/7390/7400/7410/7420/7430/7440/7450/7460/7470/7480/7490/7500/7510/7520/7530/7540/7550/7560/7570/7580/7590/7600/7610/7620/7630/7640/7650/7660/7670/7680/7690/7700/7710/7720/7730/7740/7750/7760/7770/7780/7790/7800/7810/7820/7830/7840/7850/7860/7870/7880/7890/7900/7910/7920/7930/7940/7950/7960/7970/7980/7990/8000/8010/8020/8030/8040/8050/8060/8070/8080/8090/8100/8110/8120/8130/8140/8150/8160/8170/8180/8190/8200/8210/8220/8230/8240/8250/8260/8270/8280/8290/8300/8310/8320/8330/8340/8350/8360/8370/8380/8390/8400/8410/8420/8430/8440/8450/8460/8470/8480/8490/8500/8510/8520/8530/8540/8550/8560/8570/8580/8590/8600/8610/8620/8630/8640/8650/8660/8670/8680/8690/8700/8710/8720/8730/8740/8750/8760/8770/8780/8790/8800/8810/8820/8830/8840/8850/8860/8870/8880/8890/8900/8910/8920/8930/8940/8950/8960/8970/8980/8990/9000/9010/9020/9030/9040/9050/9060/9070/9080/9090/9100/9110/9120/9130/9140/9150/9160/9170/9180/9190/9200/9210/9220/9230/9240/9250/9260/9270/9280/9290/9300/9310/9320/9330/9340/9350/9360/9370/9380/9390/9400/9410/9420/9430/9440/9450/9460/9470/9480/9490/9500/9510/9520/9530/9540/9550/9560/9570/9580/9590/9600/9610/9620/9630/9640/9650/9660/9670/9680/9690/9700/9710/9720/9730/9740/9750/9760/9770/9780/9790/9800/9810/9820/9830/9840/9850/9860/9870/9880/9890/9900/9910/9920/9930/9940/9950/9960/9970/9980/9990/10000/10010/10020/10030/10040/10050/10060/10070/10080/10090/10100/10110/10120/10130/10140/10150/10160/10170/10180/10190/10200/10210/10220/10230/10240/10250/10260/10270/10280/10290/10300/10310/10320/10330/10340/10350/10360/10370/10380/10390/10400/10410/10420/10430/10440/10450/10460/10470/10480/10490/10500/10510/10520/10530/10540/10550/10560/10570/10580/10590/10600/10610/10620/10630/10640/10650/10660/10670/10680/10690/10700/10710/10720/10730/10740/10750/10760/10770/10780/10790/10800/10810/10820/10830/10840/10850/10860/10870/10880/10890/10900/10910/10920/10930/10940/10950/10960/10970/10980/10990/11000/11010/11020/11030/11040/11050/11060/11070/11080/11090/11100/11110/11120/11130/11140/11150/11160/11170/11180/11190/11200/11210/11220/11230/11240/11250/11260/11270/11280/11290/11300/11310/11320/11330/11340/11350/11360/11370/11380/11390/11400/11410/11420/11430/11440/11450/11460/11470/11480/11490/11500/11510/11520/11530/11540/11550/11560/11570/11580/11590/11600/11610/11620/11630/11640/11650/11660/11670/11680/11690/11700/11710/11720/11730/11740/11750/11760/11770/11780/11790/11800/11810/11820/11830/11840/11850/11860/11870/11880/11890/11900/11910/11920/11930/11940/11950/11960/11970/11980/11990/12000/12010/12020/12030/12040/12050/12060/12070/12080/12090/12100/12110/12120/12130/12140/12150/12160/12170/12180/12190/12200/12210/12220/12230/12240/12250/12260/12270/12280/12290/12300/12310/12320/12330/12340/12350/12360/12370/12380/12390/12400/12410/12420/12430/12440/12450/12460/12470/12480/12490/12500/12510/12520/12530/12540/12550/12560/12570/12580/12590/12600/12610/12620/12630/12640/12650/12660/12670/12680/12690/12700/12710/12720/12730/12740/12750/12760/12770/12780/12790/12800/12810/12820/12830/12840/12850/12860/12870/12880/12890/12900/12910/12920/12930/12940/12950/12960/12970/12980/12990/13000/13010/13020/13030/13040/13050/13060/13070/13080/13090/13100/13110/13120/13130/13140/13150/13160/13170/13180/13190/13200/13210/13220/13230/13240/13250/13260/13270/13280/13290/13300/13310/13320/13330/13340/13350/13360/13370/13380/13390/13400/13410/13420/13430/13440/13450/13460/13470/13480/13490/13500/13510/13520/13530/13540/13550/13560/13570/13580/13590/13600/13610/13620/13630/13640/13650/13660/13670/13680/13690/13700/13710/13720/13730/13740/13750/13760/13770/13780/13790/13800/13810/13820/13830/13840/13850/13860/13870/13880/13890/13900/13910/13920/13930/13940/13950/13960/13970/13980/13990/14000/14010/14020/14030/14040/14050/14060/14070/14080/14090/14100/14110/14120/14130/14140/14150/14160/14170/14180/14190/14200/14210/14220/14230/14240/14250/14260/14270/14280/14290/14300/14310/14320/14330/14340/14350/14360/14370/14380/14390/14400/14410/14420/14430/14440/14450/14460/14470/14480/14490/14500/14510/14520/14530/14540/14550/14560/14570/14580/14590/14600/14610/14620/14630/14640/14650/14660/14670/14680/14690/14700/14710/14720/14730/14740/14750/14760/14770/14780/14790/14800/14810/14820/14830/14840/14850/14860/14870/14880/14890/14900/14910/14920/14930/14940/14950/14960/14970/14980/14990/15000/15010/15020/15030/15040/15050/15060/15070/15080/15090/15100/15110/15120/15130/15140/15150/15160/15170/15180/15190/15200/15210/15220/15230/15240/15250/15260/15270/15280/15290/15300/15310/15320/15330/15340/15350/15360/15370/15380/15390/15400/15410/15420/15430/15440/15450/15460/15470/15480/15490/15500/15510/15520/15530/15540/15550/15560/15570/15580/15590/15600/15610/15620/15630/15640/15650/15660/15670/15680/15690/15700/15710/15720/15730/15740/15750/15760/15770/15780/15790/15800/15810/15820/15830/15840/15850/15860/15870/15880/15890/15900/15910/15920/15930/15940/15950/15960/15970/15980/15990/16000/16010/16020/16030/16040/16050/16060/16070/16080/16090/16100/16110/16120/16130/16140/16150/16160/16170/16180/16190/16200/16210/16220/16230/16240/16250/16260/16270/16280/16290/16300/16310/16320/16330/16340/16350/16360/16370/16380/16390/16400/16410/16420/16430/16440/16450/16460/16470/16480/16490/16500/16510/16520/16530/16540/16550/16560/16570/16580/16590/16600/16610/16620/16630/16640/16650/16660/16670/16680/16690/16700/16710/16720/16730/16740/16750/16760/16770/16780/16790/16800/16810/16820/16830/16840/16850/16860/16870/16880/16890/16900/16910/16920/16930/16940/16950/16960/16970/16980/16990/17000/17010/17020/17030/17040/17050/17060/17070/17080/17090/17100/17110/17120/17130/17140/17150/17160/17170/17180/17190/17200/17210/17220/17230/17240/17250/17260/17270/17280/17290/17300/17310/17320/17330/17340/17350/17360/17370/17380/17390/17400/17410/17420/17430/17440/17450/17460/17470/17480/17490/17500/17510/17520/17530/17540/17550/17560/17570/17580/17590/17600/17610/17620/17630/17640/17650/17660/17670/17680/17690/17700/17710/17720/17730/17740/17750/17760/17770/17780/17790/17800/17810/17820/17830/17840/17850/17860/17870/17880/17890/17900/17910/17920/17930/17940/17950/17960/17970/17980/17990/18000/18010/18020/18030/18040/18050/18060/18070/18080/18090/18100/18110/18120/18130/18140/18150/18160/18170/18180/18190/18200/18210/18220/18230/18240/18250/18260/18270/18280/18290/18300/18310/18320/18330/18340/18350/18360/18370/18380/18390/18400/18410/18420/18430/18440/18450/18460/18470/18480/18490/18500/18510/18520/18530/18540/18550/18560/18570/18580/18590/18600/18610/18620/18630/18640/18650/18660/18670/18680/18690/18700/18710/18720/18730/18740/18750/18760/18770/18780/18790/18800/18810/18820/18830/18840/18850/18860/18870/18880/18890/18900/18910/18920/18930/18940/18950/18960/18970/18980/18990/19000/19010/19020/19030/19040/19050/19060/19070/19080/19090/19100/19110/19120/19130/19140/19150/19160/19170/19180/19190/19200/19210/19220/19230/19240/19250/19260/19270/19280/19290/19300/19310/19320/19330/19340/19350/19360/19370/19380/19390/19400/19410/19420/19430/19440/19450/19460/19470/19480/19490/19500/19510/19520/19530/19540/19550/19560/19570/19580/19590/19600/19610/19620/19630/19640/19650/19660/19670/19680/19690/19700/19710/19720/19730/19740/19750/19760/19770/19780/19790/19800/19810/19820/19830/19840/19850/19860/19870/19880/19890/19900/19910/19920/19930/19940/19950/19960/19970/19980/19990/20000/20010/

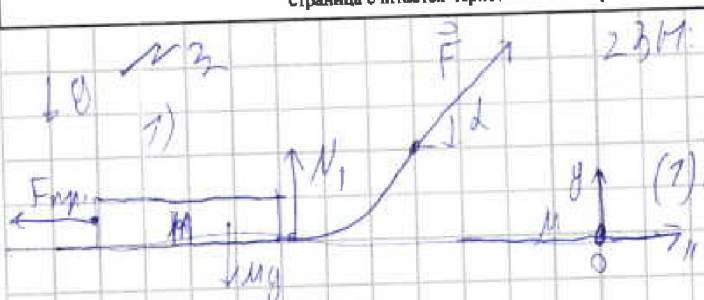
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

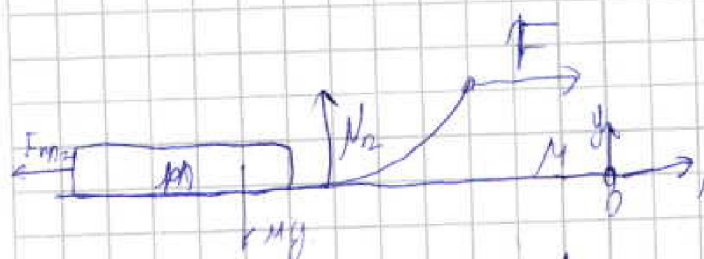
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



2311: ОУ: $0 = N_1 + F \sin \alpha - Mg$
 $N_1 = Mg - F \sin \alpha$
 ОИ: $m_{aH} = F \cos \alpha - \mu N_1$
 (1) $m_{aH} = F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha)$

N_1 - сила реакции опоры в 1-м случае
 N_2 - то 2-м случае
 $F_{тр1}$ - сила тр. в 1-м случае
 $F_{тр2}$ - то 2-м
 a_H - ускорение по ОИ, когда
 движение будет равномерным.



2-й случай: 2311: ОУ: $N_2 = Mg$

(2) ОИ: $m_{aH} = F - \mu N_2 = F - \mu Mg$

Приравняем (1) и (2)

$F \cos \alpha - \mu (Mg - F \sin \alpha) = F - \mu Mg$

$\mu = \frac{F - F \cos \alpha}{F \sin \alpha} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

Ответ: $\mu = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha}$

2) найти μ -коэффициент По 317:



$\frac{M v_0^2}{2} - A F_{тр} = 0$

$\frac{M v_0^2}{2} = \mu Mg \cdot L_{трения}$

$L_{трения} = \frac{v_0^2}{2 \mu g} = v_0 \cdot T_u - \frac{a \cdot T_u^2}{2} = \frac{v_0^2}{2 a}$

$v_{конечная} = 0$
 $v_{нач} = v_0$
 $a = \mu g$

$T_u = \frac{v_{нач} - v_{конечная}}{a} = \frac{v_0}{\mu g}$

$\mu = \frac{v_0}{g T_u} = \frac{v_0}{g \left(\frac{v_0}{\mu g} \right)} = \mu$
 Ответ: $\mu = \frac{v_0 \sin \alpha}{g (1 - \cos \alpha)}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

Или продолжить.

$$\eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}} = \frac{\frac{3}{2}RT_1 + 2RT_1(2-\sqrt{2}) + RT_1(1-2^{1.5})}{\frac{3}{2}RT_1 + RT_1(\sqrt{2}-2) + \frac{3}{2}RT_1(1-2^{1.5})}$$

$$= \frac{\frac{3}{2} + 4 - 2\sqrt{2} + 1 - 2\sqrt{2}}{6 + \sqrt{2} - 2 + \frac{3}{2} - 3\sqrt{2}} = \frac{3 + 8 - 4\sqrt{2} + 2 - 4\sqrt{2}}{7.5 + 2\sqrt{2} - 4 + 3 - 6\sqrt{2}} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{11 - 4\sqrt{2}}$$

Ответ: $\eta = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{11 - 4\sqrt{2}}$

3) Процессы 1-2 и 3-2 - политропные, а процесс 1-3 - изобарический

$$Q = \frac{5}{2}OR\Delta T + P\Delta V = \frac{5}{2}OR\Delta T + OR\Delta T = \frac{7}{2}OR\Delta T$$

$$C_p = \frac{Q}{\Delta T} = \left(\frac{7}{2}R\right) \approx 3.5R$$

Поскольку закон сохранения энергии выполнен, то процесс 1-3

$$P_1 V_1 = ORT_1$$

$$P_1 V_3 = OR2^{1.5}T_1 \quad \Rightarrow \quad V_3 = 2\sqrt{2}V_1 \Rightarrow 2.5V_1 < V_3 < 3V_1$$

Значит, надо ввести изополитропный процесс. $PV^n = \text{const}$

$$C = \text{const} = \frac{\delta Q}{\delta T}$$

$$n = \frac{C_p + C_v}{2}$$

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T}$$

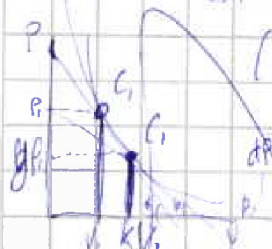
$$\delta Q = \frac{1}{2}OR\delta T + P\delta V$$

$$C = \frac{1}{2}OR + \frac{P\delta V}{\delta T}$$

$$\frac{1}{2}(P\delta V + (P-\delta P)(V-\delta V)) = PV$$

$$\frac{1}{2}(P\delta V + P\delta V - P\delta V - \delta P\delta V - \delta P\delta V - \delta P\delta V) = PV$$

$$PV = \frac{dP}{dV}$$



$$d\left(\frac{S}{2}\right) = \frac{P_1 + P_1 - \delta P}{2}(dV) = \frac{2P_1 dV - \delta P dV}{2} = P_1 dV$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



н.н. и т.д. и т.д.
Давление на границе течения.

$\Delta_{12} > 0$
 $\Delta_{23} > 0$ $\Rightarrow$ течения идут слева направо.



примечание
всего течения

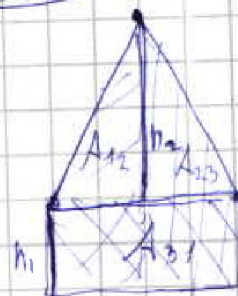
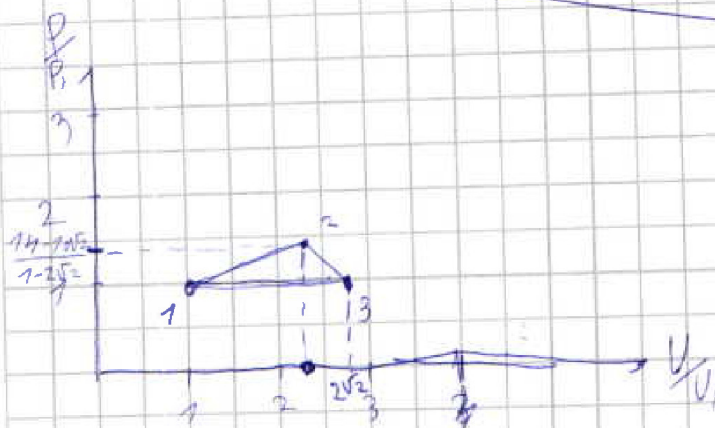
$$\Delta_{12} = h \cdot \Pi \cdot \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\Pi}{2} = \frac{\Delta_{12}}{h \cdot \Pi} = \frac{3}{2} R T_1 = \frac{3}{4} (2 - \sqrt{2})$$

$$\Rightarrow V_2 = \left(1 + \frac{3}{4(2 - \sqrt{2})} \right) V_1 \approx 2,25 V_1 \text{ (очень примерно)}$$

$$\frac{3}{2} R T_1 = (V_2 - V_1) \cdot \frac{P_1 + P_2}{2} = 2,25 V_1 \cdot P_1 + P_2 \cdot 2,25 V_1$$

$$3 R T_1 - 2,25 V_1 P_1 = 2,25 V_1 P_2 \Rightarrow 7,75 V_1 P_1 = 2,25 V_1 P_2$$

$$P_2 = \frac{7,75}{2,25} P_1 \approx \frac{3}{1} P_1$$



$$\Delta_{12} = \Delta_{23} - \Delta_{31} = \frac{1}{2} h \cdot \Pi$$

$$h_2 = 2 \frac{\Delta_{12} + \Delta_{23} - \Delta_{31}}{h_1} = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{1 - 2\sqrt{2}} R T_1 = \frac{13 - 8\sqrt{2}}{1 - 2\sqrt{2}} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} = \frac{P_2 - P_1}{P_1}$$

$$P_2 = \left(\frac{13 - 8\sqrt{2} + 1 - 2\sqrt{2}}{1 - 2\sqrt{2}} \right) P_1 = \left(\frac{14 - 10\sqrt{2}}{1 - 2\sqrt{2}} \right) P_1 \Rightarrow V_2 = \frac{3 R T_1}{P_1 + P_2} + V_1$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{3}{2} R + \frac{A}{\Delta T} = \frac{3}{2} R + \frac{A}{\Delta T}$$

$$\Delta Q = \frac{1}{2} R \Delta T + A$$

$$1-2: C = 2R$$

$$\Delta T = (4T_1 - T_1) = 3T_1$$

$$\Delta Q = C \cdot \Delta T = \frac{3}{2} R \Delta T + A_{1-2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 3T_1 \cdot 2R - \frac{3}{2} R \cdot 3T_1 = A_{1-2} = 3RT_1 \left(2 - \frac{3}{2}\right) = \frac{3}{2} RT_1 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 600 = 600 \cdot 8,31 = 4986 \text{ Дж.}$$

$$\begin{array}{r} 8,31 \\ \times 3 \\ \hline 24,93 \\ \hline 49,86 \end{array}$$

Искомое: $A_{12} = 4986 \text{ Дж.}$

Итак, $Q_{1-2} = (3T_1 = 6RT_1)$

Аналогично:

$$2-3: C = 0,5R \quad \Delta T = (2^{1,5} T_1 - 4T_1) < 0$$

$$\Delta Q_{научен} = C \Delta T = 0,5R \cdot 2T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$\Delta Q = RT_1 (\sqrt{2} - 2) = \frac{3}{2} R T_1 (\sqrt{2} - 2) + A_{2-3}$$

$$A_{2-3} = RT_1 (\sqrt{2} - 2) - \frac{3}{2} R T_1 (\sqrt{2} - 2) = -\frac{1}{2} R T_1 (\sqrt{2} - 2)$$

$$3-1: C = 2,5R \quad \Delta T = (T_1 - 2^{1,5} T_1) = 2RT_1 (2 - \sqrt{2})$$

$$\Delta Q_{научен} = C \Delta T = 2,5RT_1 (1 - 2^{1,5}) = \frac{3}{2} R T_1 (1 - 2^{1,5}) + A_{3-1}$$

$$A_{3-1} = (2,5 - 2,5)RT_1 (1 - 2^{1,5}) = 0$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

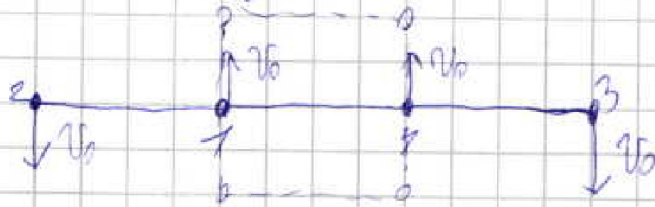
☐☐☐☐☒☐☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

15. Прогонжение

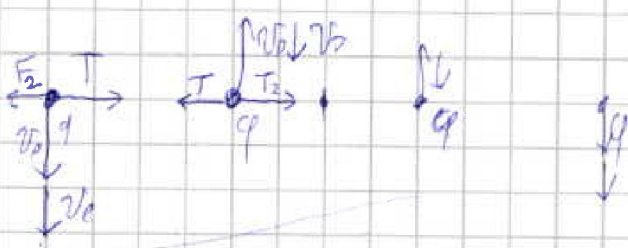
Пусть $v_0 = v_1 = v_2 < v_3 = v_4$



Заметим, что в ЦО 1 и 2 и движется по окружности с центром в (1) и (2) с угловой скоростью $2v_0$.

В ЦО 1 и 2.

$$\text{Получим: } \frac{(2v_0)^2}{b} = a = \frac{F - F_2}{m}$$



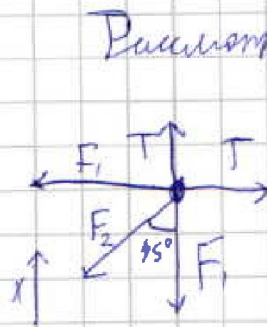
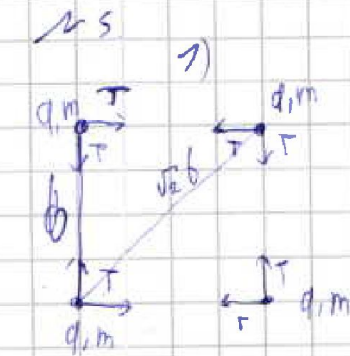
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Рассмотрим силу из углов

F_1 - сила F_2 с соседним

F_2 - сила F_2 с дальним

$$F_1 = k \frac{q^2}{b^2}$$

$$F_2 = k \frac{q^2}{2b^2}$$

$$234.021: T = F_1 + F_2 \cdot \cos 45^\circ$$

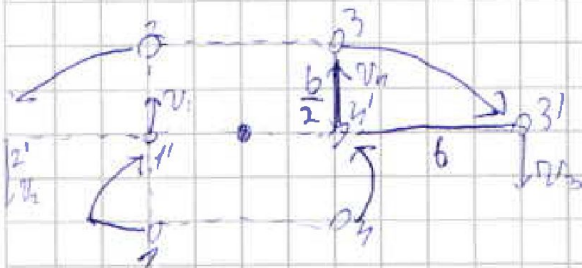
$$= k \frac{q^2}{b^2} + k \frac{q^2}{2b^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = k \frac{q^2}{b^2} \left(1 + \frac{1}{2\sqrt{2}} \right) = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right)$$

$$\text{Ответ } T = \frac{kq^2}{b^2} \left(\frac{2\sqrt{2} + 1}{2\sqrt{2}} \right)$$

2) Рассмотрим движение центра масс:
м.к. системы замкнутой, скорости u и v равны 0.

П.е. В центре центр тяжести находится
идеально, следовательно и в центре u и v будет
равно нулю.

А м.к. в замкнутой системе симметрии,
можно сказать, что в центре, могут все быть равны
или одной величиной, эти величины будут перпендикулярны
плоскости, проходящей через 2 из точек массы вращаясь



Почему очевидно, что
д 3-м пути: $d = \sqrt{b^2 + \frac{b^2}{4}} = \frac{b\sqrt{5}}{2}$

$$\text{Ответ к 3-му п.: } d = \frac{b\sqrt{5}}{2}$$

При этом из 3(и 4) того, что центр тяжести
не движется, имеем $v_1 = v_4$, $v_2 = v_3$; $\sum P = 0 \Rightarrow m(v_1 + v_2) = m(v_3 + v_4)$
м.к. $v_1 = v_2 = v_3 = v_4$