

## Импульс

ЗАДАЧА 1. («Физтех», 2014, 11) По гладкой горизонтальной поверхности движутся с перпендикулярными скоростями два маленьких шарика. Массы шариков  $3m$  и  $2m$ , их скорости  $1$  м/с и  $2$  м/с соответственно. Шарики сталкиваются и прилипают друг к другу. Найдите скорость образовавшегося тела.

3/11 1

ЗАДАЧА 2. (Всеросс., 2017, ШЭ, 10) Частица, имеющая массу  $m = 0,1$  г и начальную скорость  $V = 100$  м/с, попадает в область, в которой на неё в течение некоторого времени действует постоянная по модулю и направлению сила  $F$ . К моменту прекращения действия силы частица приобретает скорость  $2V$  в направлении, перпендикулярном первоначальному. Под каким углом к первоначальному направлению движения частицы направлена сила  $F$ ? Какую работу совершила сила  $F$  над частицей за время своего действия? Влиянием других сил можно пренебречь.

$$\cos \alpha = \frac{v_x}{v} = \frac{v \cos \alpha}{2v} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ$$

ЗАДАЧА 3. (МФТИ, 2007) К неподвижной тележке, находящейся на горизонтальной поверхности, бегут мальчик массой  $m$  и девочка массой  $0,8m$ . Мальчик запрыгивает на тележку. Девочка нагоняет уже движущуюся тележку и тоже запрыгивает на неё. Скорость тележки увеличивается на 60%. Во сколько раз масса тележки больше суммарной массы мальчика и девочки? Горизонтальные составляющие скоростей мальчика и девочки относительно поверхности Земли перед попаданием на тележку одинаковы. Сопротивлением движению тележки пренебречь. Направления всех движений находятся в одной вертикальной плоскости.

В 3 раза

ЗАДАЧА 4. (МФТИ, 1991) Неподвижный снаряд разорвался на четыре осколка. Осколки массами  $m_1 = 3$  кг,  $m_2 = 2$  кг,  $m_3 = 4$  кг полетели соответственно со скоростями  $v_1 = 200$  м/с вертикально вверх,  $v_2 = 150$  м/с горизонтально на север и  $v_3 = 100$  м/с горизонтально на восток. Под каким углом к горизонту полетел четвёртый осколок?

$$\alpha \approx \arctan \frac{v_3}{v_2} = \arctan \frac{100}{150} \approx 33^\circ$$

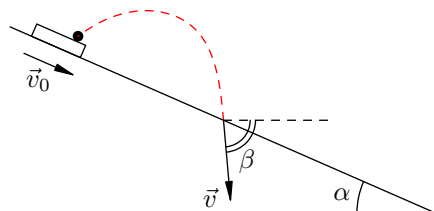
ЗАДАЧА 5. (МФТИ, 1991) Искусственный спутник Луны массой  $M = 8$  кг движется вблизи её поверхности по круговой орбите. Метеорит массой  $m = 0,1$  г, летящий со скоростью  $v = 40$  км/с, перпендикулярной скорости спутника, попадает в спутник и застревает в нём. На какой угол повернётся из-за этого вектор скорости спутника? Радиус Луны  $R = 1740$  км. Ускорение свободного падения на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле.

$$\alpha \approx \arctan \frac{v}{v_0} = \arctan \frac{40000}{1740 \cdot 6} \approx 10^\circ$$

ЗАДАЧА 6. (МФТИ, 1991) Космический аппарат массы  $M = 40$  кг движется по круговой орбите радиуса  $R = 6800$  км вокруг Марса. В аппарат попадает и застревает в нём метеорит, летевший со скоростью  $v = 50$  км/с перпендикулярно направлению движения аппарата. При какой массе метеорита отклонение в направлении движения аппарата не превысит угол  $\alpha = 10^{-4}$  рад? Масса Марса  $M_0 = 6,4 \cdot 10^{23}$  кг. Гравитационная постоянная  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг · с<sup>2</sup>).

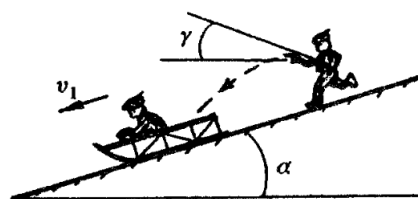
$$\alpha \approx \frac{v}{v_0} \approx \frac{v}{\sqrt{\frac{\gamma M_0}{R^3}}} \approx \frac{v R^{3/2}}{\sqrt{\gamma M_0}} \approx \alpha$$

ЗАДАЧА 7. (МФТИ, 1991) Сани с седоком и собакой общей массой  $M$  съезжают с постоянной скоростью  $v_0$  с горы, имеющей уклон  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 6/7$ ). Собака массой  $m$  прыгает с саней вперёд по ходу их движения и приземляется на склон, имея скорость  $v$ , направленную под углом  $\beta$  к горизонту ( $\cos \beta = 3/7$ ). Сани после этого продолжают двигаться по горе вниз. Найти скорость саней с седоком после прыжка собаки.



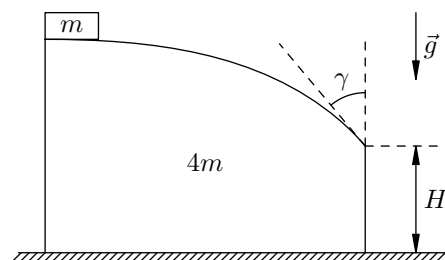
$$\frac{(u - v) \cos \alpha}{u \cos \alpha - v \cos \alpha} = \frac{v \cos \alpha (u - v)}{g \sin \alpha (u - v) - v \cos \alpha} = n$$

ЗАДАЧА 8. (МФТИ, 1991) Мальчик массой  $m$  съезжает на санках массой  $M$  с постоянной скоростью  $v_1$  (см. рисунок) с горы, имеющей уклон  $\alpha$  ( $\cos \alpha = 8/9$ ). Другой мальчик такой же массы  $m$  бежит за санками и запрыгивает в них, имея в начале прыжка скорость, направленную под углом  $\gamma$  ( $\cos \gamma = 7/9$ ) к горизонту. В результате этого санки с мальчиками движутся по горе со скоростью  $v_2$ . Найти скорость прыгнувшего мальчика в начале прыжка.



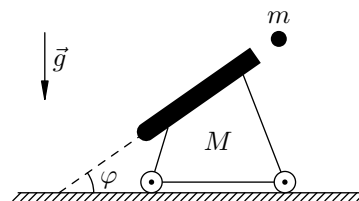
$$\frac{v \cos \alpha}{v_2 \cos \alpha} = \frac{u \cos \alpha (v_2 + v) - v \cos \alpha (v_2 + v)}{g \sin \alpha (v_2 + v) - v \cos \alpha} = n$$

ЗАДАЧА 9. (МФТИ, 2002) Горка массой  $4m$  с шайбой массой  $m$  покоятся на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). От незначительного толчка шайба начинает скользить по горке без трения, не отрываясь от неё, и покидает горку. Горка, не отрывавшаяся от стола, приобретает скорость  $u$ . С какой скоростью шайба упадёт на стол? Нижняя часть поверхности горки составляет угол  $30^\circ$  с вертикалью и находится на расстоянии  $H$  от поверхности стола. Направления всех движений параллельны плоскости рисунка.



$$u^2 + v^2 = 2gH$$

Задача 10. (МФТИ, 2002) Игрушечная пушка может скользить по рельсам, укрепленным на горизонтальном полу. Ствол пушки наклонен под углом  $\varphi$  к горизонту (см. рисунок). Масса пушки без снаряда равна  $M$ , масса снаряда —  $m$ . Из покоившейся пушки произведен выстрел. В результате пушка, не отрывавшаяся от рельсов, получила скорость  $u$ . На каком расстоянии от места выстрела снаряд упал на пол? Высоту пушки не учитывать. Направления всех движений параллельны плоскости рисунка.



$$\frac{6}{\tau} \frac{u^2 m}{(u+V)M\tau} = 7$$

Задача 11. (Всеросс., 2014, МЭ, 10–11) Приспособление, позволяющее человеку балансировать над поверхностью водоёма, состоит из платформы, к которой снизу подходит шланг. По этому шлангу насос, установленный на плавающей поблизости лодке, может прокачивать воду с максимальной скоростью  $v = 7$  м/с. Вода бьёт в платформу вертикально вверх, ударяется о платформу и разлетается горизонтально во все стороны. Внутренний радиус шланга  $r = 8$  см. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Человека какой массой  $M$  способно удерживать это приспособление? Массой платформы и шлангов можно пренебречь. Предложите и разъясните способ управления высотой «полёта».

$$\frac{6}{\tau} \frac{v^2}{\tau^2} = M$$

Задача 12. («Росатом», 2016, 11) Три точечных тела, заряженные разными зарядами, но имеющие одинаковые массы, представляют собой замкнутую систему. В некоторый момент времени тела оказываются на одной прямой, при этом ускорение одного из них (неизвестно какого — крайнего или среднего) равно  $a$ , второго (тоже неизвестно какого) —  $3a$ . Найти ускорение третьего тела в этот момент. Между телами действуют только кулоновские силы.

$$a \text{ или } 2a$$