# 11-ый класс

## Задача 1. Сближение кораблей.

|  |
| --- |
| korabli2      В море два корабля находятся на расстоянии *L* = 10 км друг от друга на одном меридиане с севера на юг. Затем "северный" корабль начинает двигаться в восточном направлении со скоростью *V*1 = 15 км/ч, а другой одновременно - со скоростью *V*2 = 20 км/ч в северном направлении. Найдите минимальное расстояние *L*min между кораблями, которое достигается при их движении, если они не меняют своего направления движения. |
| korabli2_      *Решение:*  Перейдем в систему отсчета одного из кораблей, например, второго. В ней второй корабль покоится, а первый движется с относительной скоростью  *V*отн = (*V*12 + *V*22)1/2  под таким углом α от направления на первый корабль, что  sin α = *V*1/*V*отн = *V*1/(*V*12 + *V*22)1/2.  Минимальное расстояние равно длине перпендикуляра, опущенного от второго корабля на направление первого,  *L*min = *L* sin α = *LV*1/(*V*12 + *V*22)1/2 = 6 км. |
| *Ответ: L*min = *LV*1/(*V*12 + *V*22)1/2 = 6 км. |

|  |  |
| --- | --- |
| *Критерии оценивания:* | |
| **Шаги выполнения задания** | **Число баллов** |
| Переход в систему отсчета одного из кораблей | 2 |
| *V*отн = (*V*12 + *V*22)1/2 | 3 |
| sin α = *V*1/*V*отн = *V*1/(*V*12 + *V*22)1/2 | 2 |
| *L*min = *L* sin α = *LV*1/(*V*12 + *V*22)1/2 = 6 км | 3 |
| **Сумма баллов:** | **10** |

## Задача 2. Подъем на непрочной веревке.

|  |
| --- |
| gruz_na_niti2      Веревка выдерживает груз массой *m*1 = 12 кг, если груз висит неподвижно. На этой веревке вертикально вверх равноускоренно поднимают груз массой *m*2 = 10 кг. На какую предельную высоту *h* можно поднять этот груз за время *t* = 5 с, чтобы веревка не разорвалась? Ускорение свободного падения примите равным *g* = 10 м/с2. |
| *Решение:*  Пусть *T* - максимальная сила натяжения веревки, которую она выдерживает, *a* - ускорение груза при его подъеме. Тогда из второго закона Ньютона для двух случаев после исключения *T* находим ускорение:  *T* - *m*1*g* = 0,  *T* - *m*2*g* = *m*2*a*,  *a* = g (*m*1 - *m*2)/*m*2.  Далее с учетом кинематики равноускоренного движения окончательно получаем  h = *at*2/2 = (*m*1 - *m*2)*gt*2/(2*m*2) = 25 м. |
| *Ответ: h* = (*m*1 - *m*2)*gt*2/(2*m*2) = 25 м. |

|  |  |
| --- | --- |
| *Критерии оценивания:* | |
| **Шаги выполнения задания** | **Число баллов** |
| *T* - *m*1*g* = 0 | 1 |
| *T* - *m*2*g* = *m*2*a* | 3 |
| *a* = g (*m*1 - *m*2)/*m*2 | 1 |
| h = *at*2/2 | 2 |
| *h* = (*m*1 - *m*2)*gt*2/(2*m*2) = 25 м | 3 |
| **Сумма баллов:** | **10** |

## Задача 3. Стрельба по движущейся мишени.

|  |
| --- |
| pulya_v_shar      Небольшой шар массой *M* = 100 г висит на нити длиной *L* = 40 см. Нить с шаром отклоняют от вертикали на угол α = 60° и отпускают без начальной скорости. В момент прохождения шаром нижнего положения равновесия в него попадает горизонтально летящая навстречу пуля массой *m* = 10 г. После попадания пули в шар она пробивает его и продолжает двигаться в горизонтальном направлении, а нить с шаром отклоняется от вертикали на прежний угол α. На какую величину Δ*V* уменьшилась скорость пули после попадания в шар? Считайте, что сопротивлением воздуха можно пренебречь, ускорение свободного падения *g* = 10 м/с2. |
| *Решение:*  Из закона сохранения энергии для шара  *MgL*(1 - cos α) = MV2/2  следует, что скорость шара в самом нижнем положении до и после попадания в него пули равна  *V* = [2*gL*(1 - cos α)]1/2.  Из закона сохранения импульса для системы  *mV*1 - *MV* = *mV*2 + *MV*,  где *V*1 и *V*2 - скорость пули до и после ее попадания в шар соответственно, окончательно с учетом выражения для *V* находим  Δ*V* = *V*1 - *V*2 = 2*VM*/*m* = 2[2*gL*(1 - cos α)]1/2*M*/*m* = 40 м/с. |
| Ответ: Δ*V* = 2[2*gL*(1 - cos α)]1/2*M*/*m* = 40 м/с. |

|  |  |
| --- | --- |
| *Критерии оценивания:* | |
| **Шаги выполнения задания** | **Число баллов** |
| Закон сохранения энергии *MgL*(1 - cos α) = MV2/2 | 2 |
| Равенство скоростей шара до и после попадания пули | 2 |
| *V* = [2*gL*(1 - cos α)]1/2 | 2 |
| *mV*1 - *MV* = *mV*2 + *MV* | 2 |
| Δ*V* = *V*1 - *V*2 = 2*VM*/*m* = 2[2*gL*(1 - cos α)]1/2*M*/*m* = 40 м/с | 2 |
| **Сумма баллов:** | **10** |

## Задача 4. Забор жидкости с помощью трубки.

|  |
| --- |
| Тонкую трубку длиной *L* = 100 см, открытую с обоих концов, в вертикальном положении наполовину погружают в жидкую ртуть. Затем закрывают сверху и осторожно вынимают. Какой длины *X* столбик ртути останется в трубке, если атмосферное давление равно *H* = 760 мм. рт. ст.? Температуру можно считать постоянной и капиллярными явлениями пренебречь. |
| *Решение:*  Пусть ρ - плотность ртути, *g* - ускорение свободного падения, *S* - внутренняя площадь поперечного сечения трубки. Тогда *P*0 = ρ*gH* - атмосферное давление воздуха в открытой трубке. Давление воздуха в трубке с ртутью  *P* = (*P*0 - ρ*gX*) = ρ*g*(*H* - *X*).  Если еще учесть, что начальный и конечный объемы воздуха в трубке соответственно равны *V*0 = S(*L*/2), *V* = S(*L* - *X*), то из уравнения Бойля-Мариотта для воздуха в трубке получаем:  P0V0 = PV,  ρgHS*L*/2 = ρ*g*(*H* - *X*)*S*(*L* - *X*),  H*L*/2 = (*H* - *X*)(*L* - *X*),  *X*2 - 2(*H* + *L*)*X* + 2 *HL* = 0,  *X* = [*H* + *L* - (*H*2 + *L*2)1/2 ]/2 ≈ 252 мм. Отметим, что при этом взято решение квадратного уравнения со знаком "-", так как решение со знаком "+" дает физически неподходящее значение, большее *L*. |
| *Ответ: X* = [*H* + *L* - (*H*2 + *L*2)1/2]/2 ≈ 252 мм. |

|  |  |
| --- | --- |
| *Критерии оценивания:* | |
| **Шаги выполнения задания** | **Число баллов** |
| *P*0 = ρ*gH* | 1 |
| *P* = (*P*0 - ρ*gX*) = ρ*g*(*H* - *X*) | 2 |
| *V*0 = S(*L*/2), *V* = S(*L* - *X*), | 1 |
| P0V0 = PV | 1 |
| ρgHS*L*/2 = ρ*g*(*H* - *X*)*S*(*L* - *X*), | 2 |
| *X* = [*H* + *L* - (*H*2 + *L*2)1/2]/2 ≈ 252 мм | 3 |
| **Сумма баллов:** | **10** |

## Задача 5. Какой конденсатор «победит».

|  |
| --- |
| W_R3      Два конденсатора емкостью *C*1 = 10 мкФ и *C*2 = 40 мкФ зарядили до напряжения *U*0 = 20 В каждый и соединили между собой их пластины разной полярности, а другие пластины соединили между собой через резистор *R*. а) Какое напряжение *U* установится на конденсаторах? б) Какое количество теплоты *W*R выделится на резисторе? |
| *Решение:*  После подключения резистора через некоторый промежуток времени протекание тока через него станет пренебрежимо малым. Поэтому напряжения на конденсаторах станут одинаковыми и, следовательно, конденсаторы будут соединены параллельно. Их емкость равна *C*1 + *C*2, а полный заряд на этих параллельно соединенных конденсаторах равен разности величин первоначальных зарядов конденсаторов:  *q* = *C*2U0 - *C*1U0.  Тогда напряжение на этих параллельно соединенных конденсаторах равно  *U* = *q*/(*C*1 + *C*2) = *U*0(*C*2 - *C*1) /(*C*1 + *C*2) = 12 В.  Полная энергия этих конденсаторов равна  *W* = *q*2/[2(*C*1 + *C*2)] = (*C*2 - *C*1)2U02/[2(*C*1 + *C*2)].  Еще учтем, что до подключения резистора первоначальная энергия конденсаторов равна  *W*0 = *C*1U02/2 + *C*2U02/2.  Тогда в соответствии с законом сохранения энергии  *W*R = *W*0 - *W* = 2*C*1*C*2U02/(*C*1 + *C*2) = 6,4 мДж. |
| *Ответ:* а) *U* = *q*/(*C*1 + *C*2) = *U*0(*C*2 - *C*1) /(*C*1 + *C*2) = 12 В, б) *W*R = 2*C*1*C*2U02/(*C*1 + *C*2) = 6,4 мДж. |

|  |  |
| --- | --- |
| *Критерии оценивания:* | |
| **Шаги выполнения задания** | **Число баллов** |
| *q* = *C*2U0 - *C*1U0 | 2 |
| *U* = *q*/(*C*1 + *C*2) = *U*0(*C*2 - *C*1) /(*C*1 + *C*2) = 12 В | 2 |
| *W* = *q*2/[2(*C*1 + *C*2)] = (*C*2 - *C*1)2U02/[2(*C*1 + *C*2)] | 2 |
| *W*0 = *C*1U02/2 + *C*2U02/2 | 2 |
| *W*R = *W*0 - *W* = 2*C*1*C*2U02/(*C*1 + *C*2) = 6,4 мДж | 2 |
| **Сумма баллов:** | **10** |