
9-10 классы

1. Чемодан на платформе.

В небольшом городке «Инженерия» построили аэропорт для гостей фестиваля науки. Аэропорт строили опытные строители и запустили его ровно к открытию фестиваля. Гости фестиваля не упустили возможность воспользоваться самолетом и привезли с собой большие чемоданы. Гости прибывали «наплывами» и ближе к вечеру один из гостей уронил свой чемодан. Чемодан этого гражданина падал вертикально со скоростью $u = 10$ м/с на тяжелую ленту (горизонтальную платформу), движущуюся со скоростью $v = 1$ м/с. При каком наименьшем коэффициенте трения чемодан не будет скользить по платформе?

Силой тяжести чемодана по сравнению с возникающей нормальной силой реакции можно пренебречь. Считать также, что чемодан не отскакивает от платформы.



Требования к ответу:

Ответ представьте в виде числа без указания единиц измерения.

Возможное решение:

1. В пренебрежении силой тяжести при контакте груза с платформой (из-за малого времени набора скорости груза при трении о платформу) на него действуют нормальная сила реакции и сила трения, между которыми справедливо соотношение: $F_{\text{тр}} \leq \mu N$ причем знак равенства достигается при скольжении.

2. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси:

$$m\Delta v_x = F_{\text{тр}} dt \leq \mu N \Delta t,$$

$$m\Delta v_y = N \Delta t$$

откуда

$$\Delta v_x \leq \mu \Delta v_y$$

3. Так как скорость груза по x менялась от нуля до v , а по y — от $-u$ до нуля, то проскальзывание будет отсутствовать при условии:

$$\mu > \frac{v}{u}$$

откуда искомое значение $\mu_{\min} = 0.1$ при $v=1$.

Ответ: 0.1

Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Записан критерий отсутствия проскальзывания — 5 баллов.
3. Применение второго закона Ньютона — 7 баллов.
4. Выполнено суммирование изменений импульса вдоль нормали и касательной — 8 баллов.

Максимум баллов за эту задачу: 25 баллов.

2. Пожарный шланг.

Пожарник Василий приехал со своей бригадой на вызов, в этот раз горел торговый центр. Василий был очень смелый и сразу бросился тушить пожар. Струя воды бьет из пожарного шланга с площадью поперечного сечения $S=10 \text{ см}^2$ под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите площадь поперечного сечения струи в ее верхней точке.



Требования к ответу:

Площадь поперечного сечения струи представьте в виде числа без указания единиц измерения.

Возможное решение:

1. Так как количество воды, проходящее через любое сечение струи в единицу времени, одинаково для любого сечения, то

$$Sv_0 = S'v$$

2. Скорость струи в верхней точке горизонтальна и равна $v_0 \cos \alpha$. Отсюда получаем

$$S' = \frac{S}{\cos \alpha} = 20 \text{ см}^2. \text{ (при } S=10)$$

Ответ: 20.

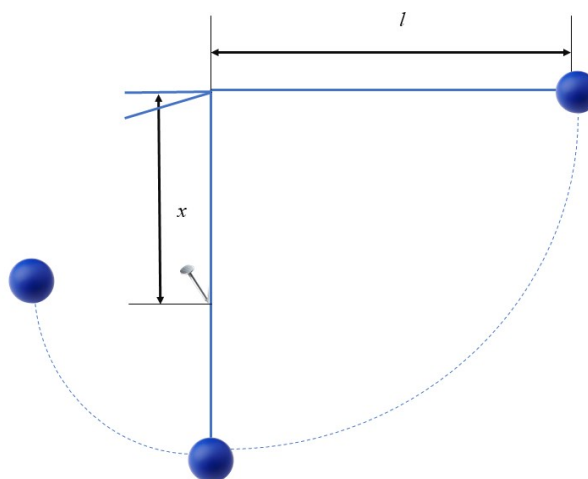
Критерии.

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
2. Записан закон сохранения потока — 2 балла.
3. Записан закон сохранения горизонтальной скорости — 3 балла.
4. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ — 5 баллов.

Максимум баллов за эту задачу: 15 баллов.

3. Маятник.

Неупругая легкая нить длиной $l = 1$ м с маленьким шариком прикреплена к стене и образует маятник. Под точкой подвеса вбили гвоздь на расстоянии $x < l$ от нее и отвели маятник до горизонтального положения нити (см. рис.). Трение шарика о стену отсутствует. При каком минимальном x нить в процессе движения шарика все время будет оставаться натянутой?



Требования к ответу:

Представьте ответ в виде числа, округлив до сотых, без указания единиц измерения.

Возможное решение:

1. По закону сохранения энергии скорость шарика в верхней точке траектории после касания нити с гвоздем равна

$$v = \sqrt{2g(2x - l)}$$

2. Чтобы нить в этой точке оставалась натянутой, необходимо, чтобы

$$m \frac{v^2}{l - x} \geq mg$$

3. Из двух уравнений получаем $x_{min} = \frac{3}{5}l = 0.6$ м.

Ответ: 0.6.

Критерии

1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
 2. Правильно записан и использован закон сохранения энергии для вычисления значения скорости в верхней точке — 7 баллов.
 3. Использован второй закон Ньютона для верхней точки — 8 баллов
 4. Выполнен анализ – при минимальной скорости сила натяжения в верхней точке равна нулю — 5 баллов
 5. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ — 5 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: 30 баллов.**

4. Метание снарядов.

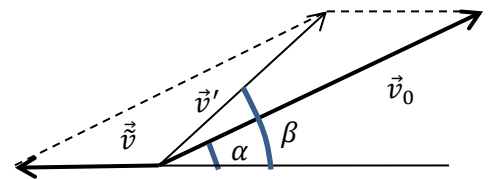
Дети устроили турнир по метанию снарядов из пушек. Для этого каждый ребенок сконструировал свою пушку и принес снаряды. Масса пушки в $k = 200$ раз больше массы ее снаряда. Если пушка не закреплена, то она стреляет с откатом. На сколько процентов увеличится дальность выстрела, если пушку жестко закрепить?

Требования к ответу:

Ответ представьте в виде числа, округлив до тысячных, без указания %.

Возможное решение:

1. Обозначим \vec{v}_0 – скорость снаряда относительно пушки, \vec{v}' – скорость снаряда относительно земли при незакрепленной пушке, \vec{v} – начальная скорость отката пушки.



2. Закон сохранения импульса в СО, связанной с землей, в проекции на горизонтальную ось имеет вид ($k = \frac{M}{m}$):

$$k\vec{v} = v' \cos\beta$$

Проектирование векторов скорости на вертикальную и горизонтальную оси дает:

$$v' \sin\beta = v_0 \sin\alpha$$

$$v' \cos\beta + \vec{v} = v_0 \cos\alpha \rightarrow \left(1 + \frac{1}{k}\right) v' \cos\beta = v_0 \cos\alpha$$

Здесь α – угол наклона ствола, β – угол, под которым вылетает снаряд относительно земли. Очевидно, $\beta > \alpha$ за счет отката пушки.

3. Используем формулу дальности полета для двух случаев:

$$L_0 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha, \quad L' = \frac{v'^2}{g} \sin 2\beta$$

4. Поделив одно на другое, получаем, записав результат в виде:

$$\frac{L_0}{L'} = \frac{v_0 \sin\alpha}{v' \sin\beta} \cdot \frac{v_0 \cos\alpha}{v' \cos\beta} = 1 + \frac{1}{k} = 1,005$$

Таким образом, дальность увеличится на 0,5 процентов независимо от угла выстрела.

Ответ: 0.5.

Критерии.

-
1. Ответ верный, но решения нет (в загруженном файле решение отсутствует) — 5 баллов.
 2. Записан закон сохранения импульса в проекции на горизонтальную ось — 5 баллов.
 3. Записаны проекции векторов скорости на вертикальную и горизонтальную — 5 баллов.
 4. Приведена формула дальности полета для двух случаев — 5 баллов
 3. Получена итоговая формула для расчетов — 5 баллов.
 4. Выполнены все пункты и получен правильный численный ответ — 5 баллов.
- Максимум баллов за эту задачу: 30 баллов.**