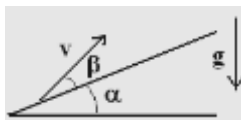
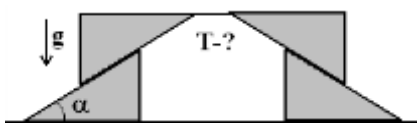


Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



1. Плоскость образует угол α с горизонталью. С неё бросают вверх по склону мешок с песком со скоростью v под углом β к плоскости. Какое время t_1 мешок будет лететь по воздуху? Какое время t_2 он будет скользить по плоскости до возвращения в исходную точку? Трения с плоскостью нет, ускорение свободного падения g , воздействием воздуха пренебречь.

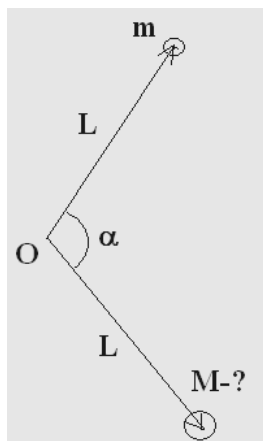
2. Положительные заряды Q_1 и Q_2 закреплены на расстоянии L . К ним привязаны концы непроводящей нити, продетой через небольшое невесомое колечко с зарядом того же знака. При какой длине нити она образует прямой угол в состоянии равновесия? Трения нет.



3. На горизонтальном столе стоит симметричная фигура из четырёх одинаковых клиньев с углом α при основании и массой m каждый. Верхние клинья связаны нерастяжимой нитью, а нижние удерживают неподвижными. Найдите натяжение нити, после того как нижние клинья отпустили. Трения нет, ускорение свободного падения g .



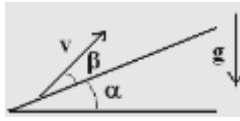
4. Воздух с примесью угарного газа стационарно протекает по трубе сечения S . При прохождении слоя пористого катализатора угарный газ окисляется кислородом воздуха и превращается в углекислый газ в результате реакции: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$. Какое количество молей угарного газа за единицу времени вступает в реакцию? Давление, температура и скорость воздуха на входе P_0 , T_0 и v_0 , а на выходе P , T и v .



5. Двигающаяся по горизонтальному столу шайба массы m налетает на вторую исходно неподвижную шайбу. После упругого столкновения шайбы останавливаются на одинаковом расстоянии L от точки удара. Угол между перемещениями шайб α . Найдите массу M второй шайбы, если коэффициент трения шайб со столом одинаков и равен μ . Какова величина скорости первой шайбы перед моментом удара? Ускорение свободного падения g .

Задача не считается решённой, если приводится только ответ!
Желаем успеха!

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



1. Плоскость образует угол α с горизонталью. С неё бросают вверх по склону мешок с песком со скоростью v под углом β к плоскости. Какое время t_1 мешок будет лететь по воздуху? Какое время t_2 он будет скользить по плоскости до возвращения в исходную точку? Трения с плоскостью нет, ускорение свободного падения g , воздействием воздуха пренебречь.

Возможное решение

1. Рассмотрим движение в проекциях вдоль плоскости и по нормали к ней. В полёте ускорение вдоль $g \sin \alpha$, а по нормали $g \cos \alpha$. <1>
2. Начальная составляющая скорости по нормали равна $v \sin \beta$ <1>
3. Поскольку перемещение по нормали за время полёта t_1 будет равно нулю, то $v \sin \beta \cdot t_1 - g \cos \alpha \cdot t_1^2 / 2 = 0$ и $t_1 = 2v \sin \beta / g \cos \alpha$. <2>
4. При отсутствии трения при ударе мешка с песком погасится нормальная к плоскости составляющая скорости, а составляющие скорости и ускорения вдоль плоскости не изменятся. <1>
5. Поскольку начальная составляющая скорости вдоль плоскости $v \sin \beta$, а ускорение $g \sin \alpha$, то полное время движения до возвращения в исходную точку равно $T = 2v \cos \beta / g \sin \alpha$. <1 + 2>
6. Поскольку $T = t_1 + t_2$, то $t_2 = (2v/g)(\cos \beta / \sin \alpha - \sin \beta / \cos \alpha)$. <2>

Разбалловка по этапам

| | Этапы решения | соотношения | Балл |
|---|--|--|------|
| 1 | Ускорение вдоль и поперёк плоскости | Вдоль $g \sin \alpha$, по нормали $g \cos \alpha$. | 1 |
| 2 | Начальная скорость по нормали | $v_n = v \sin \beta$ | 1 |
| 3 | Нахождение t_1 | $v \sin \beta \cdot t_1 - g \cos \alpha \cdot t_1^2 / 2 = 0$; $t_1 = 2v \sin \beta / g \cos \alpha$. | 2 |
| 4 | Отсутствие влияния удара на движение вдоль плоскости (трения нет!) | | 1 |
| 5 | Нахождение T | $T = 2v \cos \beta / g \sin \alpha$. | 1+2 |
| 6 | Нахождение t_2 | $T = t_1 + t_2$; $t_2 = (2v/g)(\cos \beta / \sin \alpha - \sin \beta / \cos \alpha)$ (аналог) | 2 |

Комментарий: Возможно участники будут находить t_2 другим образом, найдут скорость после удара, а затем из условия возвращения получают выражение для t_2 . Если всё сделают правильно, то должны получить полный балл. В целом за t_1 4 балла, за t_2 6.

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс

2. Положительные заряды Q_1 и Q_2 закреплены на расстоянии L . К ним привязаны концы непроводящей нити, продетой через небольшое невесомое колечко с зарядом того же знака. При какой длине нити она образует прямой угол в состоянии равновесия? Трения нет.

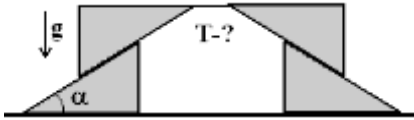
Возможное решение

1. Пусть расстояния от колечка до первого заряда l_1 , до второго l_2 . По теореме Пифагора $l_1^2 + l_2^2 = L^2$. <1>
2. Трения нет, поэтому натяжение вдоль нити везде одинаково. <2>
3. Из равновесия бусинки получаем, что силы электростатического отталкивания, направленные вдоль отрезков нити, равны натяжениям на этих отрезках нити <2>
4. А так как натяжения по обе стороны колечка одинаковы, то силы электростатического отталкивания равны между собой <2>
5. Отсюда имеем $\frac{Q_1}{l_1^2} = \frac{Q_2}{l_2^2}$ <1>
6. Получаем уравнения для l_1^2 и l_2^2 , из решения которых находим $l = l_1 + l_2 = L \frac{\sqrt{Q_1} + \sqrt{Q_2}}{\sqrt{Q_1 + Q_2}}$. <2>

Разбалловка по этапам

| | Этапы решения | соотношения | Балл |
|---|---|--|------|
| 1 | Связь расстояний l_1 , l_2 и L | $l_1^2 + l_2^2 = L^2$ | 1 |
| 2 | Равенство натяжений слева и справа | | 2 |
| 3 | Вывод равенства сил отталкивания натяжениям | | 2 |
| 4 | Равенство сил отталкивания | | 2 |
| 5 | Связь расстояний l_1 , l_2 и зарядов | $\frac{Q_1}{l_1^2} = \frac{Q_2}{l_2^2}$ | 1 |
| 6 | Нахождение l | $l = l_1 + l_2 = L \frac{\sqrt{Q_1} + \sqrt{Q_2}}{\sqrt{Q_1 + Q_2}}$ | 2 |

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



3. На горизонтальном столе стоит симметричная фигура из четырёх одинаковых клиньев с углом α при основании и массой m каждый. Верхние клинья связаны нерастяжимой нитью, а нижние удерживают неподвижными. Найдите натяжение нити, после того как нижние клинья отпустили. Трения нет, ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1. Верхние клинья опускаются вертикально вниз с некоторым ускорением A , нижние клинья двигаются навстречу по горизонтали с некоторым ускорением a . Из условия соприкосновения имеем $A = atg\alpha$ <2>.
2. Ускорение по горизонтали верхних клиньев нулевое, тогда натяжение нити уравнивается горизонтальной составляющей силы нормального давления N со стороны нижнего клина: $T = N\sin\alpha$ <2>
3. Из 2-го закона Ньютона для нижнего клина имеем $ma = N\sin\alpha$ <2>;
4. Из 2-го закона Ньютона для верхнего клина имеем $mA = mg - N\cos\alpha$ <2>
5. Исключая ускорения, находим $T = mgsin\alpha\cos\alpha$ <2>.

Разбалловка по этапам

| | Этапы решения | соотношения | Балл |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------|
| 1 | Связь ускорений | $A = atg\alpha$ | 2 |
| 2 | Связь натяжения с силой N | $T = N\sin\alpha$ | 2 |
| 3 | 2-й закон Ньютона для нижнего клина | $ma = N\sin\alpha$ | 2 |
| 4 | 2-й закон Ньютона для верхнего клина | $mA = mg - N\cos\alpha$ | 2 |
| 5 | Нахождение T (вывод, ответ) | $T = mgsin\alpha\cos\alpha$ (аналог) | 1+1 |

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



4. Воздух с примесью угарного газа стационарно протекает по трубе сечения S . При прохождении слоя пористого катализатора угарный газ окисляется кислородом воздуха и превращается в углекислый газ в результате реакции: $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$. Какое количество молей угарного газа за единицу времени вступает в реакцию? Давление, температура и скорость воздуха на входе P_0 , T_0 и v_0 , а на выходе P , T и v .

Возможное решение

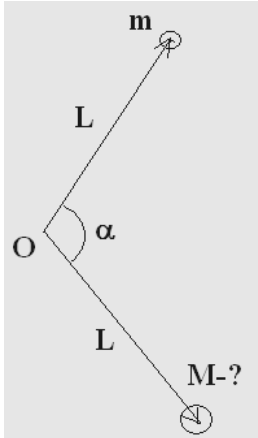
1. Из уравнения состояния идеального газа ($PV = \nu RT$) найдём число молей воздуха ν_0 приходящего к слою катализатора за время t , и число молей воздуха ν , выходящего за это время из слоя. <2>
2. Поступивший объём $V_0 = \nu_0 St$ и тогда $\nu_0 = P_0 \nu_0 St / RT_0$. Аналогично получаем $\nu = P \nu St / RT$. <2+2>
3. Из уравнения реакции находим, что на каждый моль прореагировавшего CO общее число молей газа сокращается на полмоля. Таким образом, если ν_1 число молей CO , вступивших в реакцию за время t , то $\nu_1 = 2(\nu_0 - \nu)$. <2>
4. Тогда искомая величина $\nu_1/t = 2(S/R)(P_0 \nu_0 / T_0 - P \nu / T)$. <2>

Разбалловка по этапам

| | Этапы решения | соотношения | Балл |
|---|---|---|------|
| 1 | Идея использовать уравнение состояния для расчёта числа молей | | 2 |
| 2 | Нахождение числа молей через параметры на входе и выходе | $\nu_0 = P_0 \nu_0 St / RT_0$; $\nu = P \nu St / RT$ | 2+2 |
| 3 | Вывод связи ν_1 , ν_0 и ν | $\nu_1 = 2(\nu_0 - \nu)$ | 2 |
| 4 | Получение ответа | $\nu_1/t = 2(S/R)(P_0 \nu_0 / T_0 - P \nu / T)$. | 2 |

Комментарий: Все соотношения могут быть сразу отнесены к единице времени. Оценка та же.

Заключительный этап
Всесибирской открытой олимпиады школьников по физике
5 марта 2017 г.
Решения и критерии оценки
10 класс



5. Двигающаяся по горизонтальному столу шайба массы m налетает на вторую исходно неподвижную шайбу. После упругого столкновения шайбы останавливаются на одинаковом расстоянии L от точки удара. Угол между перемещениями шайб α . Найдите массу M второй шайбы, если коэффициент трения шайб со столом одинаков и равен μ . Какова величина скорости первой шайбы перед моментом удара? Ускорение свободного падения g .

Возможное решение

1. Поскольку $v^2 = 2\mu gL$, то скорости шайб после удара одинаковы <2>.
2. Из сохранения импульса имеем $m^2u^2 = (m^2 + M^2 + 2mM\cos\alpha)v^2$ <3>.
3. Из сохранения энергии для упругого удара $mu^2 = (m + M)v^2$ <1>.
4. Разделив первое равенство на второе, исключаем скорости и находим массу второй шайбы $M = m(1 - 2\cos\alpha)$ <2>.
5. Из сохранения энергии для искомой скорости u находим $u^2 = 2(1 - \cos\alpha)v^2 = 4(1 - \cos\alpha)\mu gL$ и $u = 2\sin(\alpha/2)\sqrt{2\mu gL}$ <2>.

Разбалловка по этапам

| | Этапы решения | соотношения | Балл |
|---|--|--|------|
| 1 | Вывод о равенстве скоростей шайб после удара | $v^2 = 2\mu gL$ | 2 |
| 2 | Использование сохранения импульса | $m^2u^2 = (m^2 + M^2 + 2mM\cos\alpha)v^2$ (аналог) | 3 |
| 3 | Использование сохранения энергии | $mu^2 = (m + M)v^2$ | 1 |
| 4 | Нахождение M | $M = m(1 - 2\cos\alpha)$ | 2 |
| 5 | Нахождение начальной скорости (вывод, ответ) | $u^2 = 2(1 - \cos\alpha)v^2 = 4(1 - \cos\alpha)\mu gL$; $u = 2\sin(\alpha/2)\sqrt{2\mu gL}$ (аналог) | 1+1 |

Комментарий: 2-й этап: указание на сохранение импульса 1 балл, сложение векторов или рассмотрение проекций 1 балл, получение окончательного соотношения или его эквивалента 1 балл.