

Подготовка к олимпиадам по физике

Грачев Александр Васильевич

Вышла в свет тетрадь для
лабораторных работ для 10 класса



Работа с тетрадями поможет:

1. Научиться правильно планировать и проводить эксперимент (правильно проводить измерения и работать с погрешностями)
2. Научиться правильно оформлять работу
3. Научиться сопоставлять полученные экспериментально результаты с теорией
4. Научиться формулировать выводы

Особо полезными (на наш взгляд) помимо фронтальных будут домашние лабораторные работы (в тетради для 9 класса – 10 домашних работ, в тетрадях для 10 и 11 классов – по 15).

В старшей школе домашняя работа, как правило, содержит теоретическую задачу (проблему) и алгоритм ее экспериментальной проверки.

Изучение упругих свойств сложных систем

Цели работы: 1) определить экспериментально коэффициенты жёсткости (упругости) простых систем; 2) рассчитать теоретически коэффициенты жёсткости (упругости) сложных систем и проверить полученные результаты экспериментально.

Средства измерения и материалы: три пружинки, две из которых имеют одинаковую длину, но разный диаметр (так, чтобы одну из них можно было вставить внутрь другой), линейка с миллиметровыми делениями, грузик известной массы (например, лёгкий полиэтиленовый пакет с известным количеством воды), достаточно жёсткая проволока (например, из металлических канцелярских скрепок) для изготовления крючков, прикрепляемых к концам шнуров (или пружинок, если у них нет крючков на концах), гвоздь, плоскогубцы.

Внимание! Если требуемые пружинки найти не удалось, то вместо них можно использовать три резиновых шнура длиной 10—15 см каждый.

Дополнительные сведения

Повторите материал, изложенный в § 18, 19 учебника.

Вопросы по теории

- Решите задачу 3 из упражнения § 18 учебника. Сравните полученные результаты с ответами, приведёнными в учебнике. Проведите их анализ. Сформулируйте вывод и запишите его.

Решение.

Ответ: _____

- Решите задачу 4 из упражнения § 18 учебника. Сравните полученные результаты с ответами, приведёнными в учебнике. Проведите их анализ. Сформулируйте вывод и запишите его.

Решение.

Ответ: _____

- Решите следующие задачи.

А) Однородный резиновый шнур с коэффициентом жёсткости k разрезали пополам. Определите коэффициент жёсткости одной из половинок шнура. Проверьте полученное выражение (см. рубрику «Ответы к задачам») и проведите его анализ.

Решение.

Ответ: _____

Б) Однородный резиновый шнур с коэффициентом жёсткости k сложили пополам. Определите коэффициент жёсткости полученной системы. Проверьте полученное выражение (см. рубрику «Ответы к задачам») и проведите его анализ.

Решение.

Ответ: _____

В)* Выполните задание 13 к § 18 из рабочей тетради № 1 10 класса.

Решение.

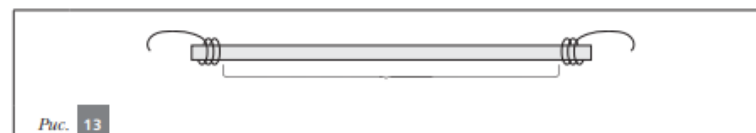
Ответ: _____

Порядок выполнения

Задание 1. Экспериментальное определение коэффициентов жёсткости (упругости) простых систем (резиновых шнуров или пружин)

Внимание! Если имеется набор пружин с крючками на концах, то переходите сразу к п. 3. Если такого набора нет, то начните с п. 1.

1. От имеющихся резинок с помощью ножниц отрежьте два куска шнура одинаковой длины (приблизительно 10–15 см).
2. С помощью проволоки изготовьте крючки и прикрепите их к концам всех резинок (двух одинаковой длины и третьей), намотав проволоку на резинки. Следите за тем, чтобы для двух шнуров одинаковой длины расстояние l_0 между ближайшими витками проволоки, намотанными на противоположные концы, было одинаковым (рис. 13). При необходимости аккуратно сожмите витки проволоки плоскогубцами для закрепления.



3. Измерьте с помощью линейки расстояние l_0 (длину недеформированной системы) для каждого из трёх шнуров (пружинок) и запишите её значение в табл. 13.

Таблица 13

Номер шнура (пружинки)	l_0 , см	l_1 , см	Δl , см	mg , Н	$k_{\text{эксп}}$, Н/см
1					
2					
3					

4. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него первый шнур (пружинку) за один из крючков. На второй крючок этого шнура (пружинки) подвесьте груз известной массы.

Внимание! Деформация шнура не должна превышать 50% его длины. В противном случае используйте груз меньшей массы.

Задание 2. Экспериментальное определение коэффициента жёсткости (упругости) сложной системы, состоящей из двух параллельно соединённых резиновых шнуров (пружины) одинаковой длины

1. Если вы работаете с пружинами, то возьмите две пружины одинаковой длины, но разного диаметра. Вставьте одну из них в другую. Если вы работаете с резиновыми шнурами, то сложите два шнура одинаковой длины вместе. Выполните п. 2 из задания 1.
2. Измерьте с помощью линейки расстояние l_0 (длину недеформированной системы) для полученной системы. Запишите полученное значение в табл. 14.
3. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него параллельно соединённые шнуры (пружины) за их крючки. На крючки с противоположной стороны подвесьте груз известной массы.
4. Измерьте с помощью линейки длину l_1 деформированной системы. Запишите измеренное значение в табл. 14.

Таблица 14

l_0 , см	l_1 , см	Δl , см	mg , Н	$k_{\text{эксп}}$, Н/см	$k_{\text{теор}}$, Н/см

5. Рассчитайте деформацию растяжения Δl системы. Запишите полученное значение в табл. 14.

6. Рассчитайте значение модуля силы тяжести, действующей на подвешенный груз. Запишите полученное значение в табл. 14.

7. Вычислите значение коэффициента жёсткости (упругости) $k_{\text{эксп}}$ исследуемой системы. Запишите рассчитанное значение в табл. 14.

-
-
-
8. Используя результаты задания 1 и решенной вами задачи из п. 2 рубрики «Вопросы по теории», рассчитайте теоретическое значение коэффициента жёсткости (упругости) $k_{\text{теор}}$ исследуемой вами системы. Запишите полученное значение в табл. 14.
9. Сравните теоретическое и экспериментальное значения коэффициента жёсткости (упругости) исследуемой вами системы. Сформулируйте вывод и запишите его.
-
-
-

10*. Оцените погрешности полученных значений $k_{\text{эксп}}$ и $k_{\text{теор}}$. Представьте результаты на одной координатной оси с указанием доверительных интервалов. Сформулируйте вывод и запишите его.

Задание 3. Экспериментальное определение коэффициента жёсткости (упругости) сложной системы, состоящей из двух последовательно соединённых резиновых шнуров (пружин)

1. Возьмите два шнура (две пружины) разной длины и соедините их последовательно.
2. Измерьте с помощью линейки расстояние l_0 (длину недеформированной системы) для полученной системы. Запишите значение длины l_0 недеформированной системы в табл. 15.
3. Удерживая гвоздь в руке горизонтально, подвесьте на него за свободный крючок одного из шнуров (одной из пружин) последовательно соединённые шнуры (пружины). На свободный крючок второго шнура (второй пружины) с противоположной стороны подвесьте груз известной массы.

 Для дополнительного изучения

Задание 4. Экспериментальное определение коэффициентов жёсткости (упругости) сложных систем

Вариант 1

1. Используя один из шнуров с крючками на концах (одну из пружин), спланируйте и проведите эксперимент, аналогичный описанному в задании Б) п. 4 (рубрика «Вопросы по теории»).
-
-
-
-
-

2. Сравните полученный экспериментально результат с результатом, полученным при решении задачи из задания Б) п. 3 (рубрика «Вопросы по теории»).
-
-
-

3. Представьте полученные результаты на одной координатной оси с указанием доверительных интервалов. Сформулируйте вывод и запишите его.

Нам интересен «массовый спорт»

Окружные, городские, региональные, под патронажем университетов

- Олимпиада «Ломоносов» (МГУ) **онлайн тур открывается завтра (13.11)**
- Шаг в будущее (МГТУ)
- Физтех (МФТИ)
- и т.д.

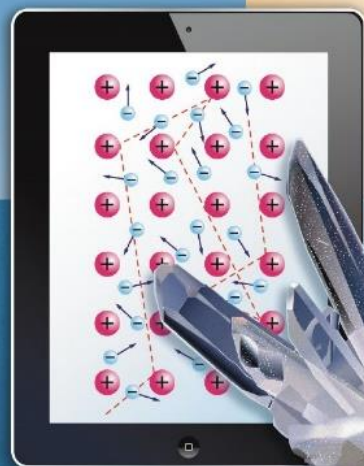
Подготовка к таким олимпиадам идет параллельно

- ❖ изучению курса физики
- ❖ подготовке к ЕГЭ
- ❖ подготовке к вступительным испытаниям.



Физика 10

Рабочая тетрадь № 4




вентана
граф

ozon.ru

В подготовке школьников к олимпиадам,
ЕГЭ, вступительным испытаниям и просто
в изучении физики Вам помогут рабочие
тетради нашего УМК
Простые задания
Задания на отработку
Сложные задания
Очень сложные

Олимпиады по физике

Первоочередная задача – умение решать задачи

Что необходимо для успеха?

Основы успеха

1. Понимание логической структуры раздела

(Откуда? Что? Почему?)

Помощь: логически-структурные таблицы в хороших УМК (с 7 по 11)

Примеры:

2. Корректные, понятные, удобные в применении определения физических величин и формулировки законов

При логически последовательном изложении материала вытекают сами собой.

Пример: любой закон сохранения – частный случай закона изменения, в котором сформулированы условия сохранения

Второй закон Ньютона

Решение задач

- Невозможно понять физику, не научившись решать задачи.
- Решение задач – следствие правильного понимания физических законов (**от теории к практике**).
- Опыт, накапливаемый при решении задач, позволяет более глубоко осознавать физические теории (**от практики к теории**).

Основа успеха

- Глубокое понимание сути физических явлений.
- Правильная, выверенная последовательность действий при решении задач (т.е. **наличие** четко спланированного руководства к действию – **алгоритма**).

Место алгоритмов в УМК

Алгоритмы решения задач приводятся:

- В учебнике, при рассмотрении примеров решения задач
- В рабочей тетради в виде шагов с названиями этапов (в начале изучения темы) или только номерами шагов (соответственно, в конце изучения темы)

Цели задания алгоритмов:

- Приучить учащихся к правильной последовательности действий при решении задач
- Помощь в самостоятельной работе учащихся

Алгоритм решения задач с
применением законов динамики

Задача 1

По горизонтальной дороге разгоняется автомобиль массой m (рис. 129). Все колёса автомобиля ведущие. Коэффициент трения между колёсами и поверхностью дороги равен μ . Определите максимально возможное ускорение автомобиля.

Решение.

Шаг 0. Выбор модели.

Будем считать автомобиль материальной точкой, а влияние воздуха на движение пренебрежимо малым.

Шаг 1. Выбор ИСО.



Рис. 129

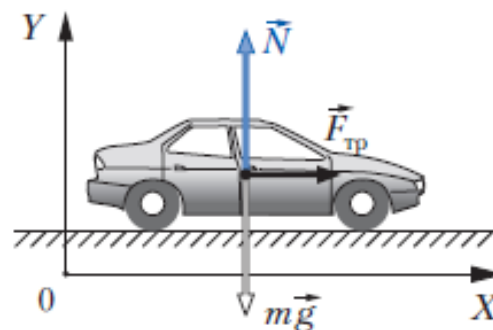


Рис. 130

Выберем в качестве тела отсчёта Землю. Ось X направим горизонтально вдоль дороги по ходу движения автомобиля, ось Y — вертикально вверх (рис. 130). Часы включим в момент начала разгона.

Шаг 2. Изображение на рисунке сил, действующих на тело.

Прежде чем изображать действующие на автомобиль силы, выясним причину появления у автомобиля ускорения. Каждый из вас знает, что если автомобиль с изношенными (практически гладкими) покрышками колёс стоит на гладком льду, то он не может стронуться с места без посторонней помощи. При этом работающий двигатель раскручивает колёса, которые проскальзывают, не создавая силы, вызывающей ускоре-

ние автомобиля. Если же сила трения между покрышками колёс и поверхностью дороги отлична от нуля, то вращаемые двигателем колёса толкают поверхность дороги с силой трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$ в направлении, противоположном направлению движения автомобиля (рис. 131). В соответствии с третьим законом Ньютона поверхность дороги также действует на вращаемые двигателем колёса в противоположном направлении с силой $\vec{F}_{\text{тр}2}$, равной по модулю силе $\vec{F}_{\text{тр}1}$. Действие этой силы и приводит к появлению у автомобиля ускорения. Именно по этой причине в гололёд рекомендуется использовать покрышки с шипами.

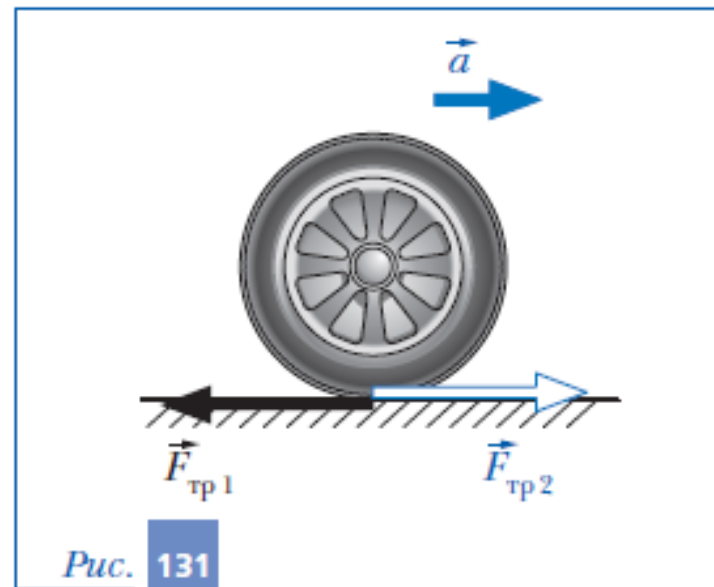


Рис. 131



Автомобиль разгоняется в результате действия на его ведущие колёса сил трения со стороны дороги.

Изобразим силы действующие на автомобиль: силу тяжести $m\vec{g}$, силу реакции опоры $\vec{N}$, силу трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ со стороны дороги (см. рис. 130).

Шаг 3. Определение проекций сил на координатные оси.

Рассмотрим вначале проекции сил на ось Y . Сила $\vec{F}_{\text{тр}}$ перпендикулярна этой оси, поэтому её проекция на ось Y равна нулю.

Направление силы $\vec{N}$ совпадает с положительным направлением оси Y . Поэтому её проекция на эту ось положительна и равна модулю этой силы: $N_y = N$. Напротив, направление силы тяжести $m\vec{g}$ противоположно положительному направлению оси Y . Поэтому её проекция на ось Y отрицательна: $mg_y = -mg$.

Таким образом, сумма проекций на ось Y всех сил, действующих на автомобиль, равна $N - mg$.

Теперь рассмотрим проекции сил на ось X . Проекция силы $\vec{F}_{\text{тр}}$ на ось X положительна и равна её модулю: $F_{\text{тр}x} = F_{\text{тр}}$. Проекции сил $\vec{N}$ и $m\vec{g}$ на ось X равны нулю, так как эти силы перпендикулярны оси X .

Следовательно, сумма проекций на ось X всех действующих на автомобиль сил равна $F_{\text{тр}}$.

Шаг 4. Запись уравнений движения по координатным осям.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на координатные оси:

$$F_{\text{тр}} = ma_x, \quad (\text{на ось } X)$$

$$N - mg = ma_y. \quad (\text{на ось } Y)$$

Шаг 5. Использование индивидуальных свойств сил.

На этом шаге в виде уравнений записывают выражения для сил, которые известны. Ускорение автомобиля в направлении движения создаётся только силой $\vec{F}_{\text{тр}}$. Поэтому, чем больше модуль силы трения, тем большим будет ускорение автомобиля. Поскольку по условию задачи все колёса автомобиля ведущие, то модуль максимально возможной силы трения определяется модулем действующей на автомобиль суммарной силы реакции опоры и коэффициентом трения μ :

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$

Шаг 6. Уравнения кинематических связей.

На этом шаге в виде уравнений записывают условия для проекций ускорения (кинематических величин) тела, которые следуют из данных задачи. В задаче проекция $a_y = 0$. Это следует из того, что в выбранной системе отсчёта автомобиль движется только вдоль оси X .

Отметим, что шаги 5 и 6 не всегда используют при решении задач. Необходимость применения этих шагов определяется условием каждой конкретной задачи.

Шаг 7. Составление системы уравнений.

Сведём полученные уравнения в систему и присвоим каждому из них номер и название.

$$N - mg = ma_y; \quad (1) \text{ (проекция второго закона Ньютона на ось } Y)$$

$$F_{\text{тр}} = ma_x; \quad (2) \text{ (проекция второго закона Ньютона на ось } X)$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N; \quad (3) \text{ (выражение для модуля максимальной силы трения)}$$

$$a_y = 0. \quad (4) \text{ (отсутствие ускорения вдоль оси } Y)$$

Шаг 8. Решение системы уравнений.

Подставив уравнение (4) в (1), получим: $N = mg$. Отсюда, с учётом уравнения (3), определяем модуль максимальной силы трения: $F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$. Подставив это значение $F_{\text{тр}}$ в уравнение (2), получаем:

$$\mu mg = ma_x.$$

Следовательно, $a_x = \mu g$.

Шаг 9. Анализ полученного результата и расчёт численного ответа.

Прежде всего отметим, что размерность ответа имеет размерность ускорения. Поэтому с точки зрения размерности полученный ответ верен.

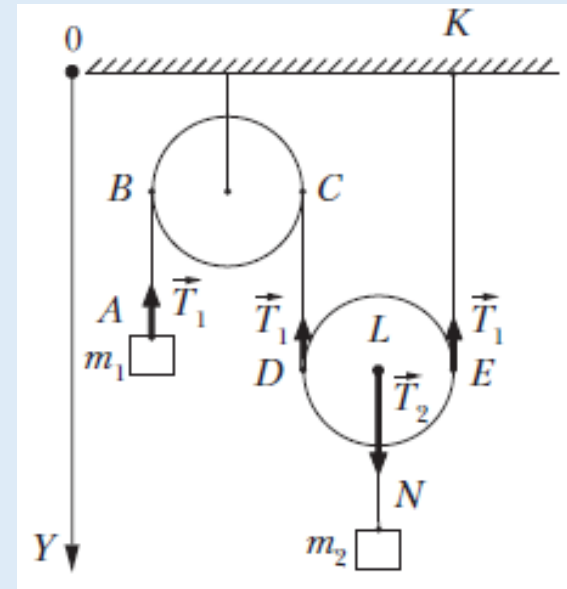
Алгоритм

Итоги

Все задачи динамики движения материальной точки решаются по одной схеме: 1) выбор ИСО; 2) запись действующих сил; 3) определение проекций на координатные оси выбранной ИСО действующих на тело сил; 4) запись уравнений движения

по координатным осям (запись второго закона Ньютона в проекциях на координатные оси); 5) запись индивидуальных свойств сил; 6) запись уравнений кинематических связей; 7) составление системы уравнений с учётом шагов 2–6; 8) решение системы уравнений; 9) проведение анализа результата и расчёт численного ответа.

О составлении уравнений кинематической связи



К шагу 6. Определим, как связаны между собой проекции на ось Y ускорений первого и второго грузов. Пусть второй груз, например, опустился на Δy_2 . Так как нить LN нерастяжима, то подвижный блок также опустится на Δy_2 . В результате участок EK первой нити увеличится на Δy_2 . Поскольку другой блок неподвижен, то участок CD первой нити также увеличится на Δy_2 . Нить $ABCDEK$ нерастяжима. Поэтому увеличение длин участков EK и CD приведёт к уменьшению длины участка AB на $2\Delta y_2$. В результате первый груз поднимется, а изменение его координаты будет равно $\Delta y_1 = -2\Delta y_2$. Следовательно, соотношение проекций скоростей грузов на ось Y в любой момент времени будет иметь вид: $v_{1y} = -2v_{2y}$. Поэтому соотношение проекций ускорений грузов на ось Y имеет вид: $a_{1y} = -2a_{2y}$.

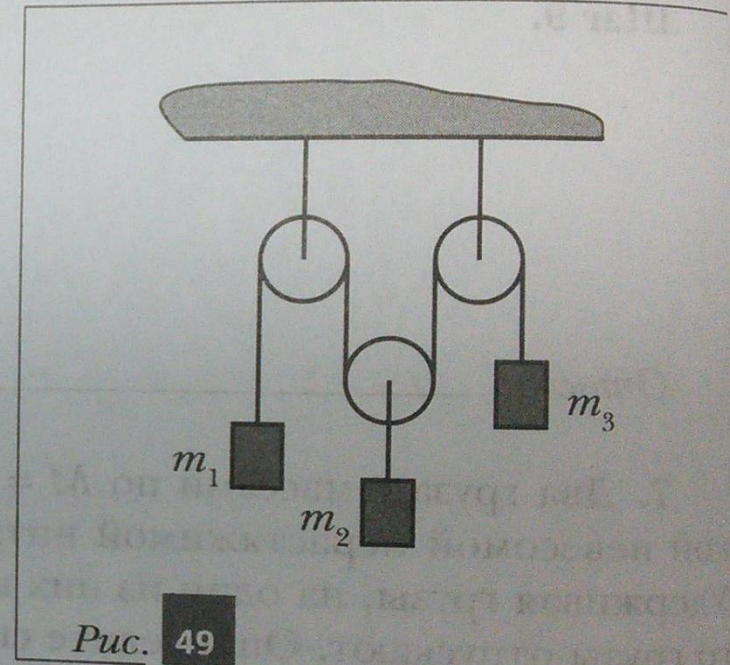
Разберем задачу

- Рабочая тетрадь «Физика-10» часть 2, страница 12, задача №8

8*. Определите ускорения грузов в системе, изображённой на рис. 49, считая блоки лёгкими, а нити гладкими, лёгкими и нерастяжимыми. При решении задачи укажите названия шагов.

Указание. Перед решением задачи ознакомьтесь с приёмами, рассмотренными в шагах 4 и 6 задачи 3 из § 22 учебника «Физика. 10 класс». Используя условие задачи, составьте уравнение, связывающее проекции ускорений всех трёх грузов.

Решение.



Алгоритм решения задач на
применение закона сохранения
импульса

На рис. 161 показано схематическое устройство ракеты. В камеру сгорания 1 поступают топливо 2 и окислитель 3. Продукты сгорания выбрасываются из сопла 4.

В заключение рассмотрим пример решения задачи с использованием закона сохранения импульса.

Задача

Ядро массой $m = 10$ кг летит вниз под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, попадает в стоящую на гладкой горизонтальной площадке платформу с песком и застревает в песке (рис. 162). После этого платформа скользит поступательно. Модуль скорости ядра в момент падения $v = 400$ м/с. Масса платформы с песком $M = 0,99$ т. Определите модуль скорости скольжения платформы с застрявшим в песке ядром.

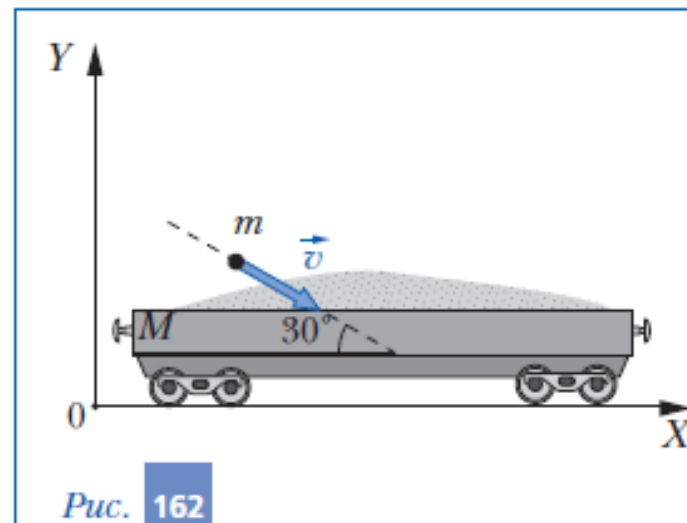


Рис. 162

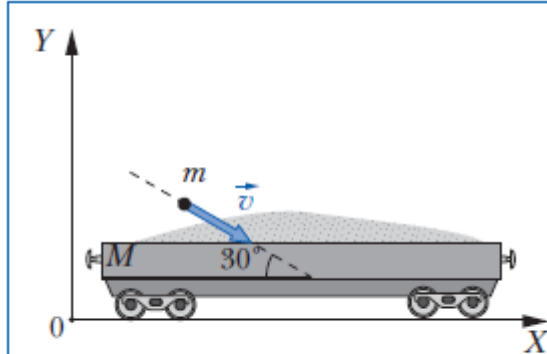


Рис. 162

Решение.

Шаг 0. Будем считать платформу с песком и ядро материальными точками.

Шаг 1. Инерциальную систему отсчёта свяжем с поверхностью Земли.

Шаг 2. Будем рассматривать платформу с песком и ядро как систему тел. Поскольку поверхность площадки гладкая, то в течение интересующего нас промежутка времени торможения ядра в песке на тела системы вдоль оси X действуют только силы их взаимодействия. Поэтому проекция суммы всех внешних сил на эту ось равна нулю.

Шаг 3. Из шага 2 по закону сохранения проекции импульса следует, что проекция на ось X начального импульса $\vec{p}_0$ системы (в момент времени перед касанием ядром песка) равна проекции на ту же ось конечного импульса $\vec{p}_k$ системы (в момент времени сразу после застревания ядра в песке):

$$p_{0x} = p_{kx}. \quad (1)$$

Шаг 4. В начальный момент времени, когда ядро движется со скоростью $\vec{v}$, платформа покоится. Поэтому проекция начального импульса системы тел на ось X равна:

$$p_{0x} = mv \cos \alpha + M \cdot 0 = mv \cos \alpha. \quad (2)$$

После застревания ядра в песке ядро и платформа движутся как одно тело массой $M + m$. Поэтому проекция конечного импульса системы тел на ось X равна:

$$p_{kx} = (M + m) v_k. \quad (3)$$

Шаг 5. Подставив уравнения (2) и (3) в уравнение (1), получим:

$$mv \cos \alpha = (M + m) v_{\text{к}}, \text{ откуда}$$

$$v_{\text{к}} = \frac{mv \cos \alpha}{M + m}. \quad (4)$$

Шаг 6. Проведём анализ полученного результата.

1) Выражение имеет размерность скорости. Поэтому с точки зрения размерности полученный результат верен.

2) Увеличение массы ядра или модуля его скорости приведёт к увеличению числителя дроби. Так как при этом масса платформы с песком много больше массы ядра, то знаменатель практически не изменится. В результате модуль скорости платформы с песком и ядром увеличится.

3) Если увеличить только массу платформы с песком, то знаменатель дроби увеличится при неизменном числителе. В результате модуль скорости платформы с песком и ядром уменьшится.

4) Увеличение угла между вектором скорости ядра и горизонтом приведёт к уменьшению косинуса этого угла. Косинус угла стоит в числителе. Поэтому модуль конечной скорости системы уменьшится.

Полученный ответ имеет физический смысл.

Разберем задачу

- Рабочая тетрадь «Физика-10» часть 2, страница 60, задача №6

6. Тележка массой M движется без трения по горизонтальным рельсам со скоростью, модуль которой равен v_0 . На тележке стоит человек массой m . В некоторый момент времени человек прыгает с тележки. Горизонтальная составляющая скорости человека относительно Земли сразу после отрыва от тележки направлена в противоположную движению тележки сторону, а её модуль равен $v_{\text{ч}}$. Оцените модуль скорости тележки сразу после прыжка человека.

Решение.

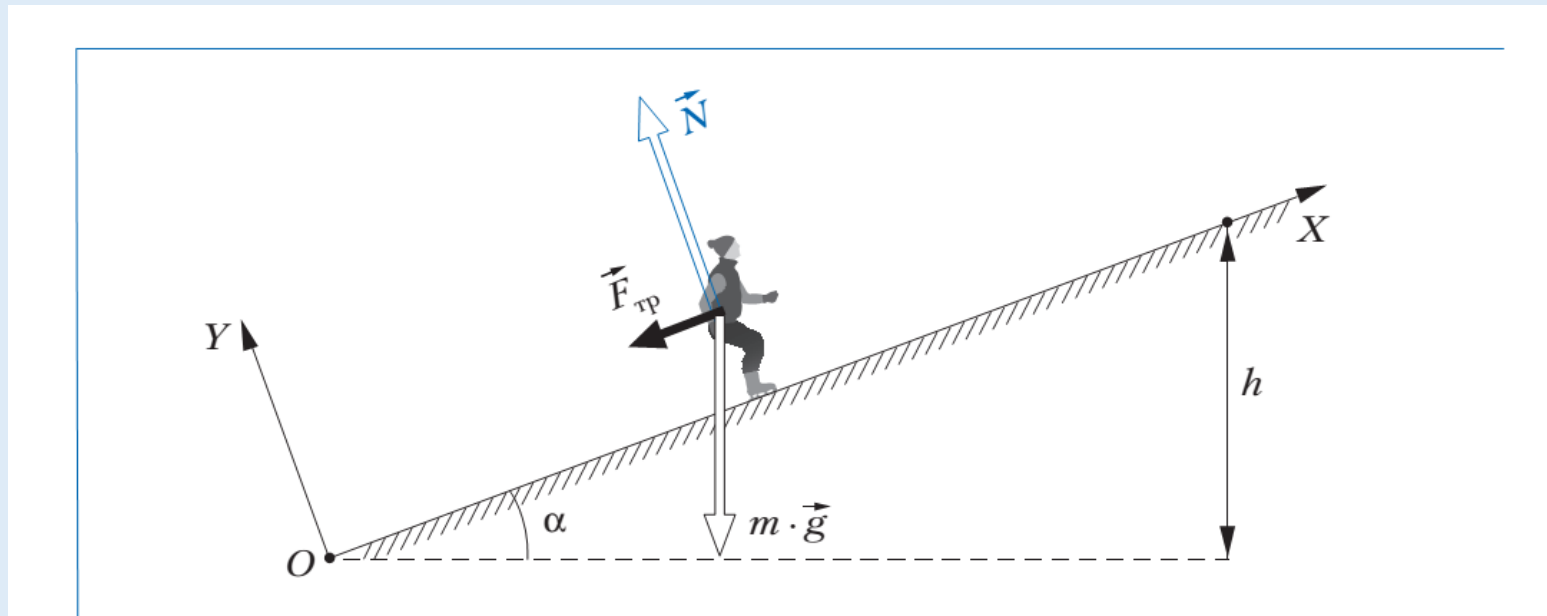
Алгоритм решения задач с
применением закона сохранения
(изменения) механической
энергии

Задача 2

Конькобежец массой m разогнался до скорости $\vec{v}_0$ и въехал на ледяную горку, наклон которой составляет угол α с горизонтом (рис. 112). Определите максимальную высоту h , на которую въедет конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд равен μ .

Решение.

Шаг 0. Рассмотрим систему тел «конькобежец — Земля». Будем считать конькобежца материальной точкой.



Шаг 1. Выберем систему отсчёта, связанную с горкой так, как показано на рис. 112.

Шаг 2. Изобразим силы, которые действуют на въезжающего вверх на горку конькобежца: силу тяжести $m \cdot \vec{g}$, силу реакции опоры горки $\vec{N}$ и силу трения скольжения $\vec{F}_{\text{тр}}$.

Шаг 3. Внешних сил нет. Для расчёта работы силы трения определим её проекцию на направление перемещения конькобежца, т. е. на координатную ось X . Для этого определим модуль силы реакции опоры $\vec{N}$. Сумма проекций на ось Y сил, действующих на конькобежца, равна нулю. Следовательно, модуль силы реакции опоры $N = m \cdot g \cdot \cos \alpha$. Проекция на ось X силы трения скольжения отрицательна: $F_{\text{тр}x} = -\mu \cdot N = -\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$.

Шаг 4. Запишем выражение для начальных и конечных кинетических и потенциальных энергий:

$$P_0 = m \cdot g \cdot 0 = 0, \quad K_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2};$$

$$P_k = m \cdot g \cdot h, \quad K_k = \frac{m \cdot 0^2}{2} = 0.$$

Модуль перемещения Δx конькобежца равен отношению высоты h к $\sin \alpha$. Поэтому работа силы трения за время подъёма конькобежца:

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}x} \cdot \Delta x = -\mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha}.$$

Шаг 5. Воспользуемся законом изменения механической энергии:

$$K_0 + \Pi_0 + A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}} = K_{\text{к}} + \Pi_{\text{к}}.$$

Работа внешних сил равна нулю, поэтому с учётом результата шага 4 получаем:

$$\frac{m \cdot v_0^2}{2} + 0 - \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \frac{h}{\sin \alpha} + 0 = 0 + m \cdot g \cdot h.$$

Следовательно, $h = \frac{v_0^2}{2g \cdot (\mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha + 1)}.$

Ответ: максимальная высота $h = \frac{v_0^2}{2g \cdot (\mu \cdot \operatorname{ctg} \alpha + 1)}.$

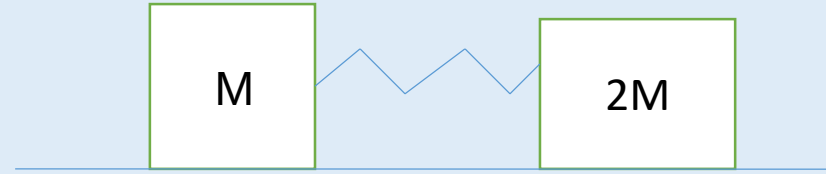
Разберем задачу

- Рабочая тетрадь «Физика-10» часть 2, страница 92, задача №7

7. Санки, скатившись с одной горы, въезжают на другую. Угол наклона второй горы к горизонту равен α . Коэффициент трения санок о снег равен μ . Определите максимальную высоту h подъёма санок на вторую гору, если модуль скорости санок у основания второй горы равен v . Укажите названия шагов решения задачи.

Решение.

Совместное применение законов
сохранения



Задача 1. На гладкой горизонтальной поверхности стоят два связанных нитью бруска. Масса первого бруска равна M , а второго — $2M$. Между брусками вставлена лёгкая пружина жёсткостью k . Пружина сжата на величину Δl . После того как нить пережигают, бруски под действием пружины разъезжаются в противоположные стороны. Определите скорости движения брусков, если известно, что они движутся поступательно.

Решение.

Шаг 0. Рассмотрим систему тел «бруски — пружина». После пережигания нити бруски движутся поступательно, поэтому будем считать их материальными точками. Влиянием сил сопротивления со стороны воздуха пренебрежём.

Шаг 1. Инерциальную систему отсчёта свяжем с поверхностью стола. Ось X направим параллельно нити и оси пружины от первого бруска ко второму.

Шаг 2. На бруски действуют силы тяжести, силы реакции опоры и силы упругости пружины.

Шаг 3. Силы тяжести и реакции опоры перпендикулярны направлению движения брусков, а действующие на бруски силы упругости направлены вдоль оси X .

Шаг 4. По условию задачи массой пружины следует пренебречь. Поэтому её кинетическая энергия и импульс равны нулю. Сразу после пережигания нити (в начальный момент времени) бруски покоятся. Поэтому начальные кинетическая энергия и импульс системы равны нулю:

$$K_0 = 0, p_0 = 0.$$

В начальный момент времени пружина сжата на Δl . Поэтому начальная потенциальная энергия пружины равна:

$$П_0 = \frac{k \cdot \Delta l^2}{2}.$$

Пусть v_1 и v_2 — проекции на ось X скоростей первого и второго брусков после того как пружина разожмётся и перестанет действовать на них. Тогда кинетическая энергия системы, потенциальная энергия пружины и проекция импульса системы на ось X в этот момент времени будут соответственно равны:

$$K_k = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{2Mv_2^2}{2}; П_k = 0; p_k = Mv_1 + 2Mv_2.$$

Шаг 5. Поскольку внешние силы — силы тяжести и реакции опоры — перпендикулярны направлению движения брусков, то работа этих сил равна нулю. По этой же причине они не изменяют импульса системы тел. Силы упругости пружины являются внутренними потенциальными силами. Поэтому они не изменяют ни импульс, ни механическую энергию системы. Силы трения отсутствуют. Запишем законы сохранения механической энергии и проекции импульса на ось X :

$$K_0 + \Pi_0 = K_{\kappa} + \Pi_{\kappa}, p_0 = p_{\kappa}.$$

С учётом результатов шага 4, имеем:

$$0 + \frac{k \cdot \Delta l^2}{2} = \frac{Mv_1^2}{2} + \frac{2Mv_2^2}{2} + 0; \quad (1)$$

$$0 = Mv_1 + 2Mv_2. \quad (2)$$

Выразив v_1 из уравнения (2) и подставив его в (1), получаем:

$$v_1 = -\sqrt{\frac{2k}{3M}} \cdot \Delta l, \quad v_2 = \sqrt{\frac{k}{6M}} \cdot \Delta l.$$

Шаг 6. Проанализируем полученный результат. Прежде всего отметим, что полученные выражения имеют размерность скорости:

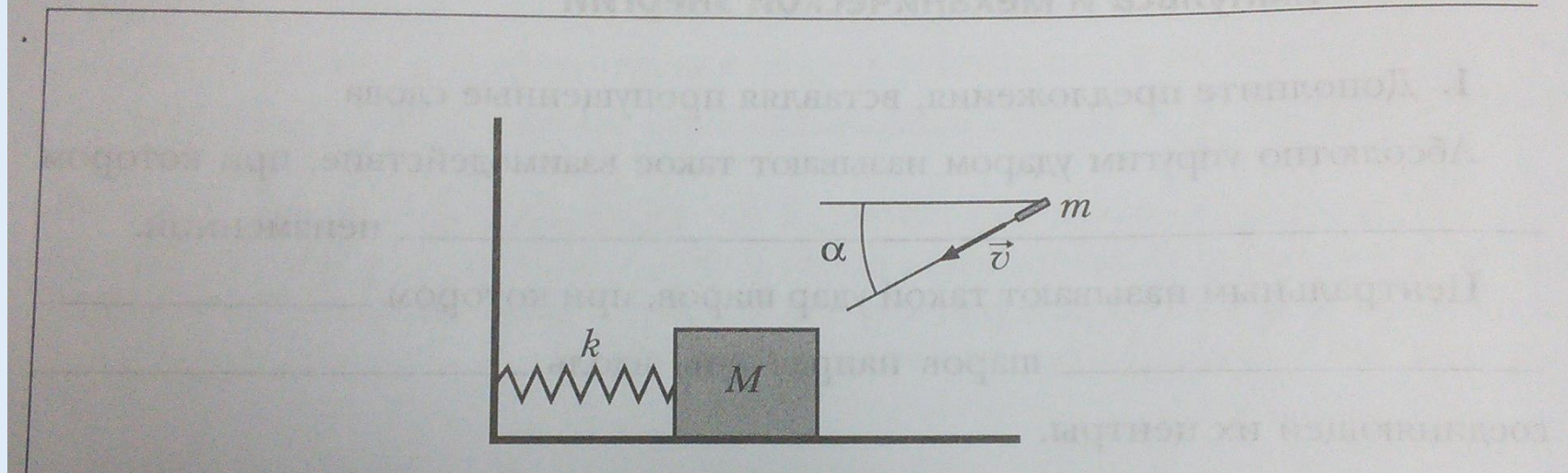
$$\left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right] = \sqrt{\frac{[\text{Н/м}]}{[\text{кг}]}} \cdot [\text{м}] = \sqrt{\frac{[\text{кг} \cdot \text{м}]}{[\text{кг} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}]}} \cdot [\text{м}].$$

Разберем задачу

- Рабочая тетрадь «Физика-10» часть 2, страница 63, задача №3

3. На гладком горизонтальном полу стоит ящик с песком массой M , прикрепленный к стене легкой пружиной жесткостью k . В ящик попадает и застревает в нём пуля массой m , летевшая под углом α к горизонту со скоростью $\vec{v}$ (рис. 63). Определите максимально возможное сжатие пружины.

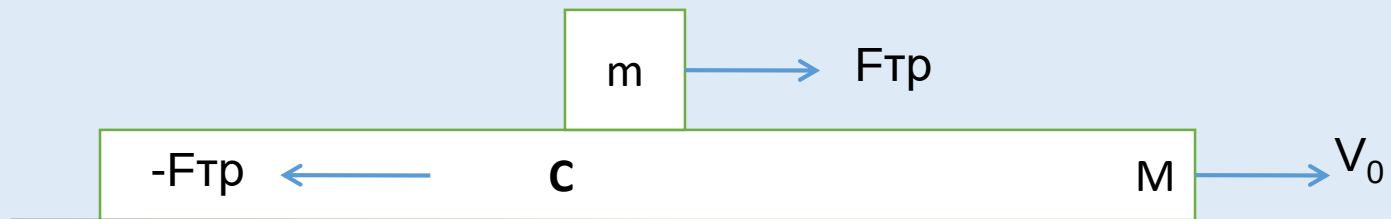
Указание. Считайте, что пуля застревает в песке практически мгновенно.



Шаг	Динамика	ЗСИ	ЗСМЭ	ЗСИ+ЗСМЭ
0	Выбор модели	Выбор модели	Выбор модели	Выбор модели
1	Выбор ИСО	Выбор ИСО	Выбор ИСО	Выбор ИСО
2	Изображение сил	Выбор тел системы, рассмотрение сил	Рассмотрение сил	Рассмотрение сил
3	Определение проекций сил	Запись ЗСИ	Установление сил, совершающих работу	Установление сил, совершающих работу
4	Запись уравнений движения и III закона Ньютона	Запись начальных и конечных значений импульсов тел системы	Запись начальных и конечных значений энергий	Запись начальных и конечных значений импульсов и энергий
5	Использование свойств сил	Составление уравнения, его решение	Запись ЗСМЭ (ЗИМЭ при наличии сил трения или внешних сил), решение уравнения	Запись ЗСИ, ЗСМЭ, решение системы уравнений
6	Уравнение кинематической связи	Анализ ответа	Анализ ответа	Анализ ответа
7	Система уравнений			
8	Решение системы			
9	Анализ ответа			

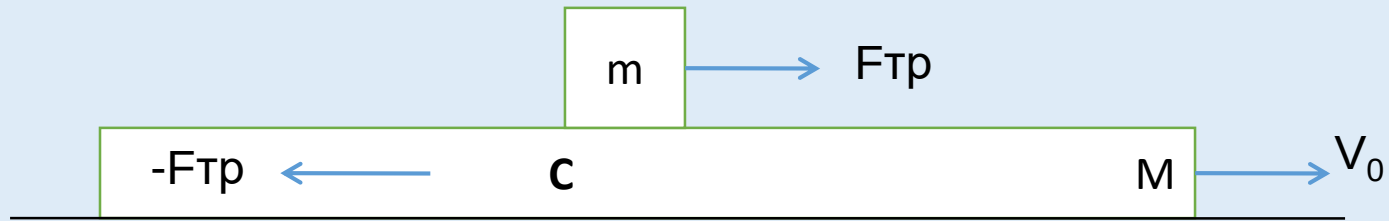
Ломоносов-2015

Достаточно длинная доска массой M движется поступательно по горизонтальной гладкой поверхности вдоль своей длинной стороны со скоростью v_0 . В центр доски аккуратно кладут маленький брусок массой m . Коэффициент трения между бруском и доской μ . Определите максимальное смещение бруска относительно доски.



$$F_{\text{тр}} = ma_{\text{Б}} = \mu mg$$

$$-F_{\text{тр}} = Ma_{\text{Д}} = -\mu mg$$



$$V_{\text{Б}} = 0 + \mu g t$$

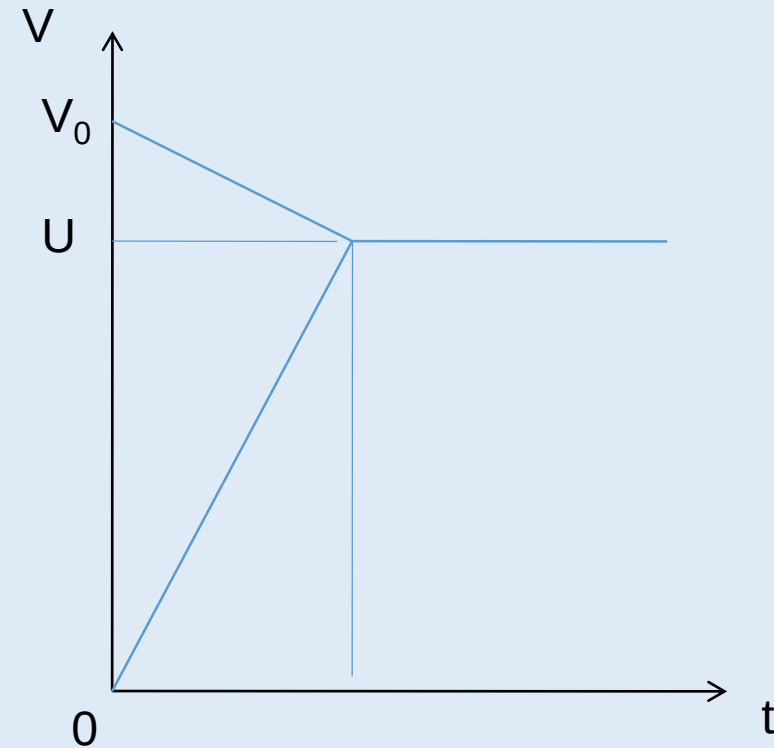
$$V_{\text{Д}} = V_0 - \mu m g t / M$$

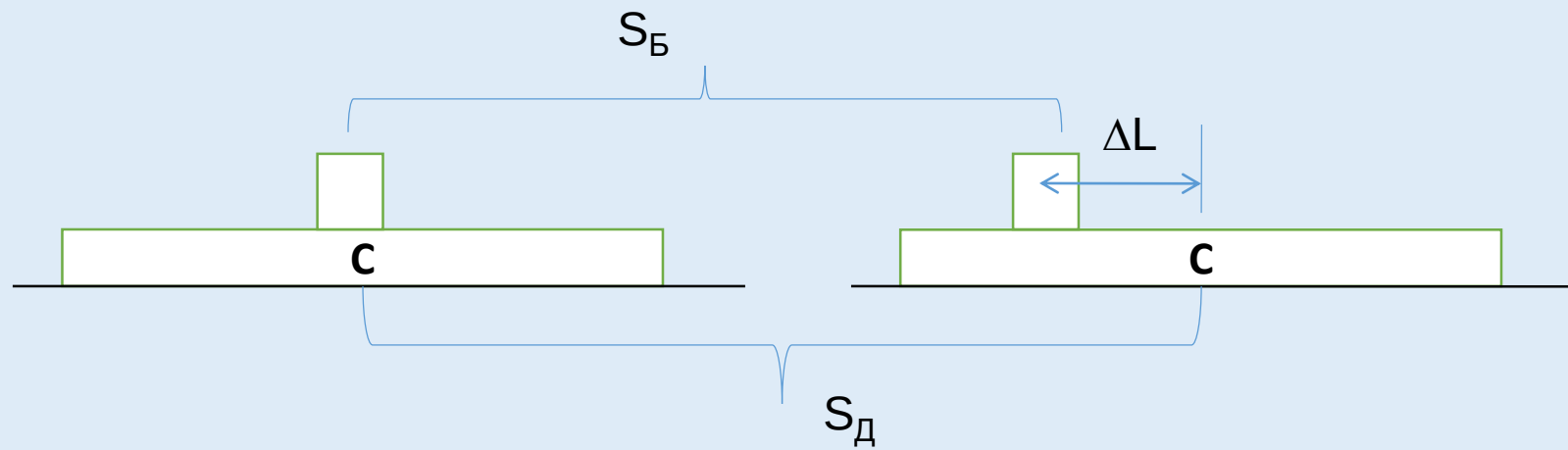
$$S_{\text{Б}} = \mu g t^2 / 2$$

$$S_{\text{Д}} = V_0 t - \mu m g t^2 / 2M$$

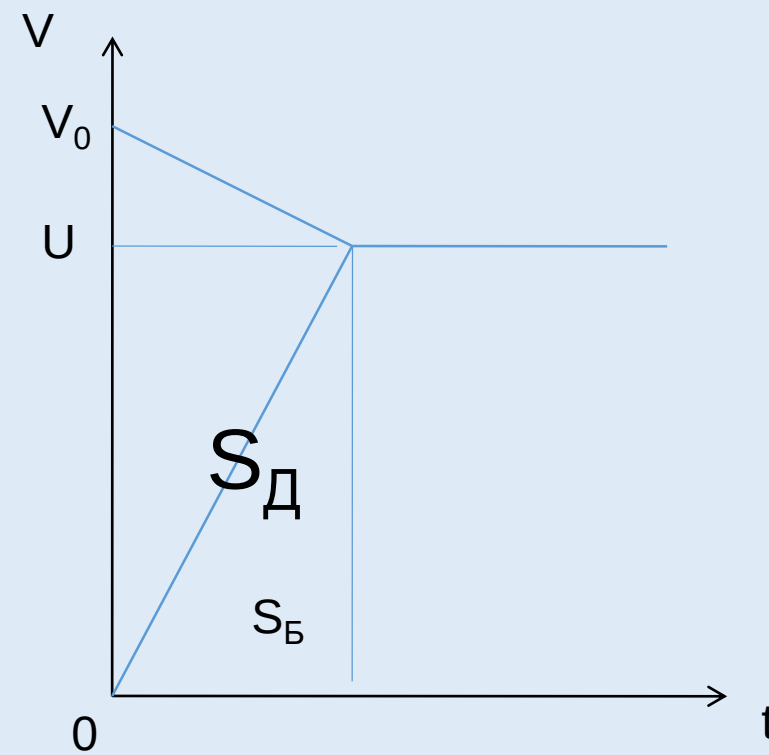
$$V_0 - \mu m g t / M = 0 + \mu g t$$

$$\Delta L = S_{\text{Д}} - S_{\text{Б}}$$





$$\Delta L = S_D - S_B$$



Применим законы сохранения

$$mV_0 + M \cdot 0 = (m + M)U$$

$$\Pi_0 + K_0 + A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}} = \Pi_k + K_k$$

$$\Pi_0 = \Pi_k = 0$$

$$A_{\text{ex}} = 0$$

$$A_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} S_{\text{Б}} - F_{\text{тр}} S_{\text{Д}} = -\mu mg \Delta L$$

$$mV_0^2/2 - \mu mg \Delta L = (m + M)U^2/2$$

Задача. Два одинаковых точечных заряда $q = 10^{-7}$ Кл находятся на расстояниях $a = 1$ м от центра заземлённой проводящей сферы радиуса $R = 5$ см (рис. 23). Отрезки, проведённые из центра сферы к зарядам, взаимно перпендикулярны. Расстояния от зарядов и сферы до окружающих тел достаточно велики. Определите модуль F силы, с которой заряды действуют на сферу. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

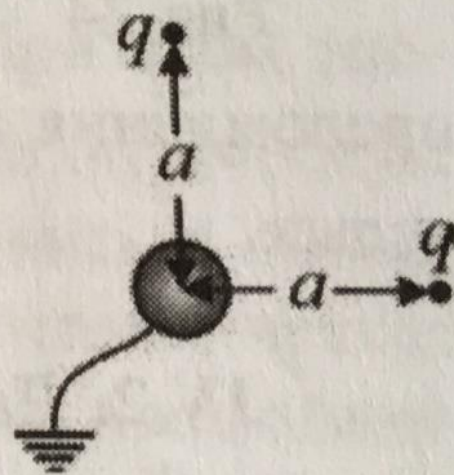
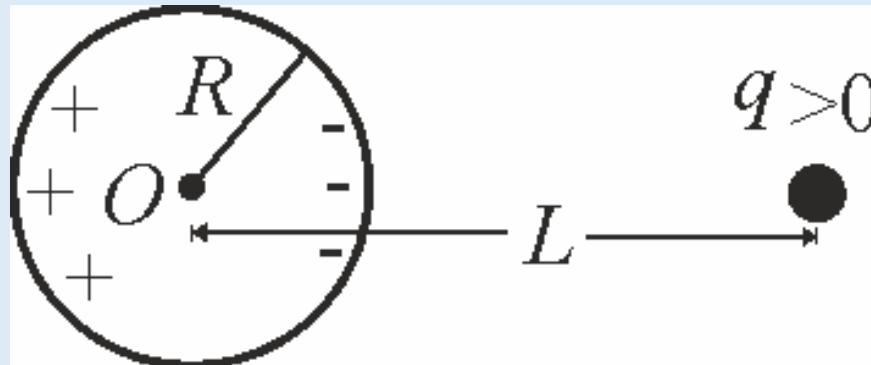


Рис. 23

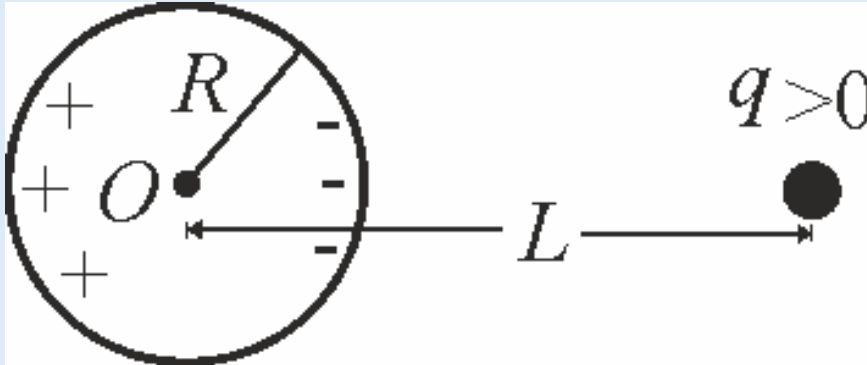
Задачи о расчёте потенциалов и зарядов протяжённых тел, находящихся вблизи других заряженных тел

Задача 1.

На расстоянии L от центра металлического незаряженного шара радиуса R находится точечный заряд q . Определите потенциал этого шара, считая потенциал бесконечно удаленной точки равным нулю.



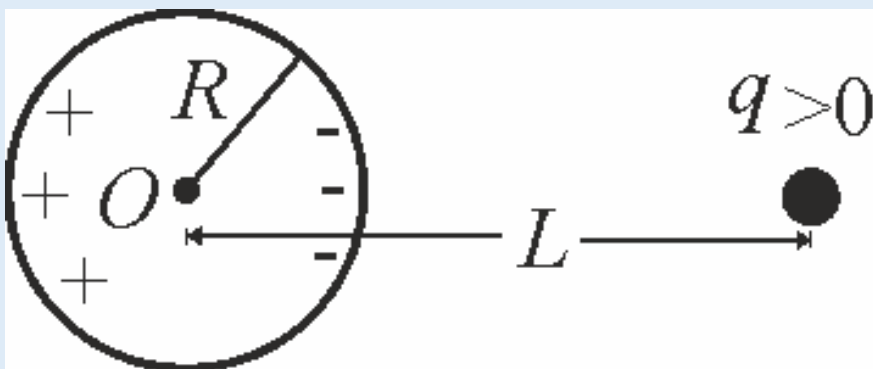
1. Т.к. напряженность поля внутри шара равна нулю (проводник), то шар является эквипотенциальным объемом. Поэтому при расчете его потенциала можно рассчитывать потенциал любой его точки. Например – центра O .
2. Потенциал в точке O есть сумма потенциалов, создаваемых зарядом q и зарядами, индуцированными на поверхности шара (удаленными от O на расстояние R)



$$\varphi_{ш} = \varphi_O = k \cdot \left(\frac{q}{L} + \sum \frac{q_i}{R} \right) = k \cdot \frac{q}{L}$$

Задача 2.

На расстоянии L от центра металлического шара радиуса R находится точечный заряд q . Определите потенциал этого шара, считая потенциал бесконечно удаленной точки равным нулю, если заряд шара равен Q .

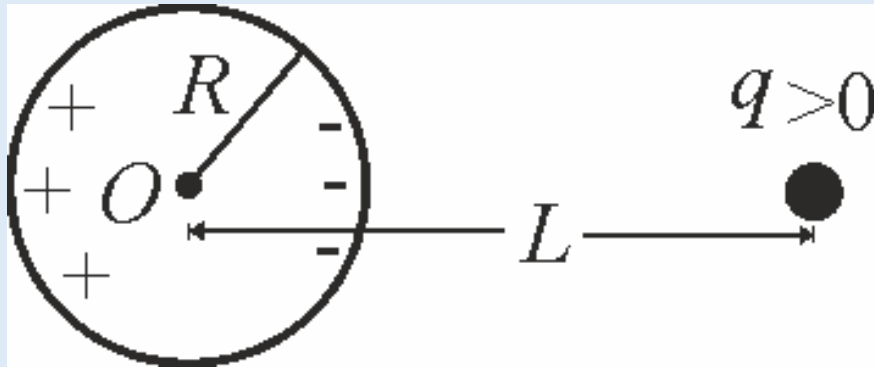


$$\varphi_{III} = \varphi_O = k \cdot \left(\frac{q}{L} + \sum \frac{q_i}{R} \right) = k \cdot \frac{q}{L} + k \cdot \frac{Q}{R}$$

Задача 3.

Рассмотренный в предыдущей задаче шар заземляют тонким длинным проводом.

Считая, что шар и точечный заряд находятся достаточно далеко от других тел, определите заряд шара.



Потенциал шара равен нулю.

$$\varphi_{ш} = \varphi_O = k \cdot \left(\frac{q}{L} + \sum \frac{q_i}{R} \right) = k \cdot \frac{q}{L} + k \cdot \frac{Q}{R} = 0$$

Ответ:

$$Q = \sum q_i = -qR/L$$

Задача. Два одинаковых точечных заряда $q = 10^{-7}$ Кл находятся на расстояниях $a = 1$ м от центра заземлённой проводящей сферы радиуса $R = 5$ см (рис. 23). Отрезки, проведённые из центра сферы к зарядам, взаимно перпендикулярны. Расстояния от зарядов и сферы до окружающих тел достаточно велики. Определите модуль F силы, с которой заряды действуют на сферу. Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

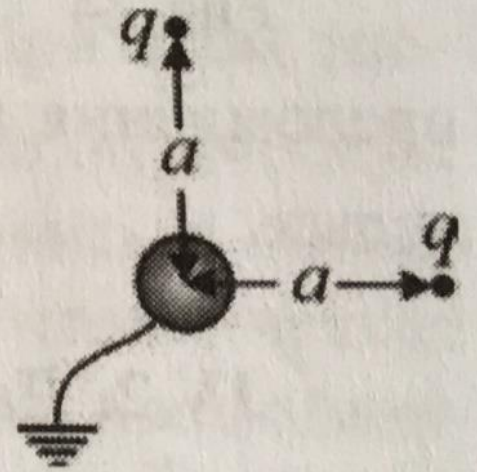


Рис. 23

Решение

Поскольку сфера заземлена, из принципа суперпозиции для потенциалов следует

$$\varphi_{\text{сф}} = 2 \cdot \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a} + \frac{Q_{\text{сф}}}{4\pi\epsilon_0 R} = 0 \quad (1)$$

$$\Rightarrow Q_{\text{сф}} = -\frac{2qR}{a} \quad (2)$$

Считая, что $R \ll a$

$$F_1 = F_2 = \frac{qQ_{\text{сф}}}{4\pi\epsilon_0 a} \Rightarrow \text{с учетом (2)}$$

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \frac{\sqrt{2}q^2 R}{2\pi\epsilon_0 a^3} \approx 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$