

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета**

Физико-математический
факультет
Современного естествознания
кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование
код и наименование направления

**«ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ
СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ (ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9-10 КЛАССОВ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ)»**

Руководитель

Н.Ф. Романцова
подпись

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия

Выпускник

В.З. Зер
подпись

К.И. Ворончихина
инициалы, фамилия

Лесосибирск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ЛЕСОСИБИРСКИЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал Сибирского федерального университета**

Физико-математический
факультет
Современного естествознания
кафедра

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

44.03.05 Педагогическое образование
код и наименование направления

**«ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ
СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ (ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 9-10 КЛАССОВ
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ)»**

Работа защищена «20» июня 2016 г. с оценкой «хорошо»

Председатель ГЭК


подпись

К.В. Сафонов
инициалы, фамилия

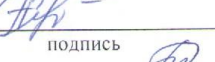
Члены ГЭК


подпись

Е.В. Киргизова
инициалы, фамилия


подпись

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия


подпись

А.М. Гилязутдинова
инициалы, фамилия


подпись

О.В. Жданова
инициалы, фамилия

Руководитель


подпись

Н.Ф. Романцова
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись

К.И. Ворончихина
инициалы, фамилия

Лесосибирск 2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Теоретико-прикладные аспекты изучения законов сохранения в механике (для учащихся 9-10 классов общеобразовательной школы)» содержит 73 страниц текстового документа, 50 использованных источника, 17 иллюстраций, 3 таблицы, 24 формул, 1 приложений.

Объект работы – законы сохранения в механике.

Предмет работы: методика преподавания законов сохранения в механике в общеобразовательной школе.

Цель работы – проанализировать законы сохранения в физике (раздел механика) и рассмотреть их методику изучения в школе.

В связи с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

1. Выявить значимость законов сохранения при изучении физики;
2. Рассмотреть сущность законов сохранения в механике;
3. Рассмотреть некоторые методики проведения уроков по изучению законов сохранения в курсе физики средней школы.

В результате проделанной работы был проведен научно-методический анализ законов сохранения импульса и полной механической энергии, основных понятий и определений по данной теме. Были изучены программы и школьные учебники, рассмотрена методика изучения законов сохранения в механике, выявлена значимость законов сохранения при изучении физики. Выводы в данной работе сделаны на основе проработки многих источников учебной и учебно-методической литературы. Была рассмотрена методика решения задач по данной теме, приведены лабораторные работы и демонстрационный эксперимент.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Законы сохранения в механике.....	7
1.1.Закон сохранения импульса.....	7
1.2.Закон сохранения полной механической энергии.....	10
2 Методика изучения законов сохранения в механике.....	28
2.1 Методика изучения закона сохранения импульса.....	28
2.2 Методика изучения закона сохранения полной механической энергии.....	32
2.3Методика решения задач на законы сохранения в механике.....	37
2.4.Лабораторные работы на законы сохранения в механике.....	45
2.5.Демонстрационный эксперимент на законы сохранения в механике.....	51
Заключение.....	55
Список использованных источников.....	56
Приложение А.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Законы сохранения занимают среди всех законов природы особое место. Общность и универсальность законов сохранения определяют их большое научное, методологическое и философское значение. Они являются основой важнейших расчетов в физике и ее технических приложениях, позволяют в ряде случаев предсказывать эффекты и явления при исследовании разнообразных физико – химических систем и процессов. С законами сохранения связано введение в современную физику идей, имеющих принципиальное значение.

Актуальность работы состоит в том, что законы сохранения энергии при изучении физики играют большую роль в формировании научного мировоззрения учащихся и в практическом применении в науке и технике.

Объект исследования: законы сохранения в механике.

Предмет исследования: методика преподавания законов сохранения в механике в общеобразовательной школе.

В данной выпускной работе была поставлена цель: проанализировать законы сохранения в физике (раздел механика) и рассмотреть их методику изучения в школе.

Задачи исследования:

1. Выявить значимость законов сохранения при изучении физики;
2. Рассмотреть сущность законов сохранения в механике;
3. Рассмотреть некоторые методики проведения уроков по изучению законов сохранения в курсе физики средней школы.

Для решения поставленных задач нами применялись следующие методы исследования:

1. Анализ научно-методической литературы
2. Анализ школьных учебников
3. Беседы с учителями физики

Практическая значимость: работа будет полезна как студентам педагогических вузов, выходящим на педагогическую практику или при

подготовке к практическим занятиям, так и начинающим учителям физики в школе.

ГЛАВА 1 ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

1.1 Закон сохранения импульса

Импульс обладает важнейшим свойством, которое имеется лишь у немногих физических величин. Это свойство сохранения.

Свойство сохраняться — это свойство оставаться неизменным. Относится оно к случаю, когда два или более тел взаимодействуют друг с другом, но на них не действуют внешние силы. Такая группа тел, или система тел, называется замкнутой. Замкнутой системой тел, называют совокупность тел, которые взаимодействуют между собой, но не взаимодействуют с другими телами.

С помощью опытов поясним понятие замкнутой системы и свойство сохранения импульса [26].

Поставим на горизонтальные рельсы две тележки одинаковой массы. К торцу одной из них прикреплен шарик из пластилина, и к каждой из них на торцах прикреплены пружинные буфера (рис. 1). Пусть сначала тележки обращены друг к другу торцами, лишенными пружин. Сообщим обеим тележкам одинаковые по модулю скорости навстречу одна другой [17].

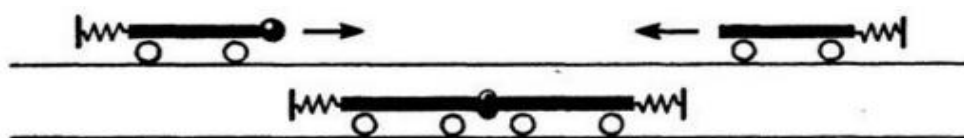


Рисунок 1 – Две тележки одинаковой массы

Тележки встретятся, пластилин соединит их, и тележки остановятся. Две сталкивающиеся тележки — это система двух взаимодействующих тел. Ее можно считать замкнутой системой, потому что действия на них других тел — Земли и опоры скомпенсированы. До встречи импульсы обеих тележек по модулю равны друг другу, а по направлению противоположны. Следовательно, сумма импульсов обеих тележек равна нулю. Во время столкновения тележки взаимодействуют между собой, т. е. действуют друг на друга с некоторыми

силами, равными по модулю и противоположными по направлению (третий закон Ньютона). Поэтому импульс каждой из тележек изменился. Но сумма импульсов осталась прежней, то есть равной нулю, ведь в конечном итоге тележки остановились [32].

Повернем тележки так, чтобы они были обращены друг к другу пружинными буферами (рис. 2). Повторив опыт, мы убедимся в том, что после столкновения тележки разъедутся в противоположные стороны с одинаковыми по модулю, но противоположными по направлению скоростями. Значит, при взаимодействии импульсы опять изменились, но сумма импульсов по-прежнему осталась равной нулю, то есть она сохранилась или осталась неизменной [17].

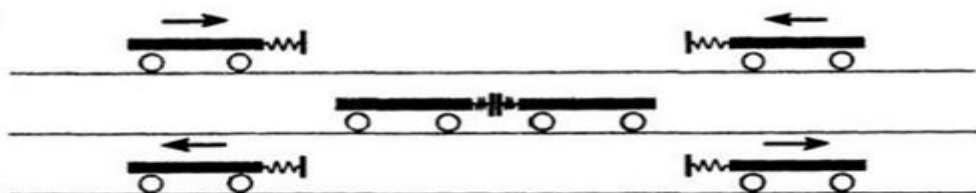


Рисунок 2 – Тележки обращены друг к другу пружинными буферами

Массы и скорости тел могут быть и различными. Не следует думать, что полный импульс системы тел сохраняется только тогда, когда он равен нулю. Допустим, что массы тележек не одинаковы: масса левой тележки равна m_1 , правой — m_2 . Пусть и скорости, сообщенные тележкам, различны — \vec{v}_1 у левой и \vec{v}_2 у правой тележки. Значит, до столкновения импульс левой тележки был $m_1 \vec{v}_1$, правой — $m_2 \vec{v}_2$. При столкновении на левую тележку подействовала некоторая сила \vec{F} , на правую — равная ей по модулю, но противоположная по направлению сила $-\vec{F}$. Время t действия силы \vec{F} , такое же, как время действия силы $-\vec{F}$. В результате действия сил скорости обеих тележек изменились. Пусть скорость левой тележки стала равной \vec{v}'_1 , правой — \vec{v}'_2 . Так же изменились и импульсы тележек [26].

Запишем для каждой тележки уравнение.

Для левой тележки:

$$\vec{F} t = m_1 \vec{v}'_1 - m_1 \vec{v}_1 \quad (1)$$

для правой:

$$-\vec{F} t = m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2 \quad (2)$$

Сложим почленно эти равенства

$$0 = m_1 \vec{v}'_1 - m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}'_2 - m_2 \vec{v}_2, \quad (3)$$

или

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \quad (4)$$

В левой части равенства сумма импульсов обеих тележек до столкновения, а в правой — сумма импульсов тех же тележек после столкновения. Пусть импульс каждой из тележек изменился, но сумма же осталась неизменной.

Закон сохранения импульса. Если взаимодействуют не два, а много тел, то можно, применив к каждому из них формулу.

$$\vec{F} t = m \vec{v} - m \vec{v}_0 \quad (5)$$

Доказать, что и в этих случаях сумма импульсов замкнутой системы взаимодействующих тел не изменяется (сохраняется). В этом и состоит закон сохранения импульса [42].

Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых движениях и взаимодействиях тел системы между собой.

С замкнутыми системами тел мы постоянно встречаемся в природе и технике, такими системами можно считать, как: ружье и пуля, пушка и снаряд, оболочка ракеты и топливо в ней, Солнце и планеты, Земля и ее спутник. И каждый раз, когда изменяется импульс одного из тел системы, под действием сил взаимодействия, непременно изменяются и импульсы других тел, но всегда так, что общий импульс всех тел не изменяется.

Незамкнутая система тел — это система, в которой взаимодействуют между собой некоторые тела, и на которую действуют внешние силы. В данном случае общий импульс системы сохраняться не будет, а будет постоянно изменяться под действием внешних воздействий. И изменение импульса равно импульсу той силы, которая приложена к системе. Например, стоящего на льду конькобежца может заставить сдвинуться с места (то есть изменить импульс) толчок его товарища. Но если конькобежец будет тянуть одной своей рукой другую руку, то это никак не изменит его импульс [14].

1.2 Закон сохранения полной механической энергии

Энергия. Простые машины обладают способностью совершать работу, но не могут сохранять эту способность, так как одновременно с тем, как они ее получают на одном конце, отдают ее на другом. Однако есть случаи, когда тела могут накапливать способность совершать работу. Существуют специальные механизмы, способные запасти работу, а затем отдать ее. Типичным примером является гиревой завод настенных часов (рис. 3) [17].

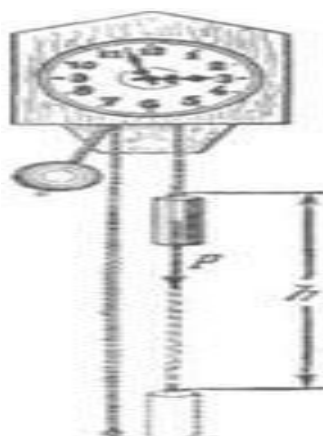


Рисунок 3 – Поднятая гиря обладает запасом работы, который постепенно расходуется на поддержание хода часов

Подтягивая гирю вверх, мы совершаем некоторую работу. В результате которой часовой механизм получает способность совершать в течение длительного времени работу, необходимую для хода часов. То есть работу, с помощью которой будет осуществлена поддержка движения всех колес, стрелок и маятника, испытывающих сопротивление движению, вызванное трением. По мере хода часов гиря постепенно опускается и запас работоспособности механизма уменьшается. Через некоторое время понадобится снова завести часы, то есть вновь сделать их способными к совершению работы, требующейся для их хода. При заводе часов гиревой механизм накапливает способность производить работу; по мере хода часов способность производить работу расходуется. Поднимая груз, мы запасаем работу; опускаясь, груз способен производить работу.

В теле можно накапливать работу не только путем поднятия тела на некоторую высоту, а так же деформируя тело, например, сжимая или растягивая пружину, мы производим работу; в результате деформированное тело получает способность совершать работу.

Задавая скорость какому-либо телу, также приходится затрачивать работу, в результате которой тело имеет способность совершать работу, уменьшая свою скорость. Например, при составлении поездов маневровый тепловоз толкает вагон к составу и, останавливаясь, вагон сжимает пружины

буферов; пуля, попадающая в препятствие, производит работу, разрушая материал, и т. д.

Во всех представленных случаях работа производится при изменении состояния тела: при опускании груза, при раскручивании пружины, при остановке движущегося тела. Пока эти изменения не произошли, работа не произведена. Так же в теле имеется некоторый запас еще не совершенной работы. А при совершении работы этот запас расходуется. Производя же работу над телом: поднимая его вверх, деформируя его, сообщая ему скорость, - мы сообщаем ему запас работы, который в дальнейшем можно использовать, возвращая тело в исходное состояние.

Энергией называют запас работы, которую может совершить тело, изменяя свое состояние.

В механике существуют разные виды энергии: энергия, связанная с поднятием тела над землей (и вообще энергия, связанная с силами всемирного тяготения); энергия, связанная с деформациями тела; энергия, связанная с движением тел.

Изменение энергии определяется той работой, которую надо совершить, чтобы вызвать это изменение. Следовательно, энергию измеряют в тех же единицах, в которых измеряют работу, то есть в джоулях [37].

Потенциальная энергия. Найдем, чему равна работа A , совершаемая некоторой силой F при подъеме тела весом m на высоту h . Будем считать, что движение тела происходит медленно и что силами трения можно пренебречь. Работа против силы тяжести не зависит от того, как мы поднимаем тело: по вертикали (как гирию в часах), по наклонной плоскости (как при поднятии санок в гору) или еще каким-либо способом. Во всех случаях работа $A = mgh$. При опускании тела на первоначальный уровень сила тяжести произведет такую же работу, какая была затрачена силой F на подъем тела.

Значит, поднимая тело, мы запасли работу, равную mgh , т. е. поднятое тело обладает энергией, равной произведению силы тяжести, действующей на это тело, и высоты, на которую оно поднято. Эта энергия не зависит от того, по

какому пути происходил подъем, а определяется лишь положением тела (высотой, на которую оно поднято) и называется потенциальной энергией. Итак, потенциальная энергия E_n тела, поднятого на некоторую высоту, выражается формулой

$$E_n = mgh \quad (6)$$

При исходном положении тела работа, которую может совершить тело, то есть его потенциальная энергия, зависит от того, насколько тело может опуститься. В гиревом механизме часов это определяется длиной цепочки, на которой висит гиря, в примере с наклонной плоскостью – высотой наивысшей точки наклонной плоскости над ее минимальной точкой. В других случаях минимальный уровень не может быть так определен. Например, если тело лежит на столе, то можно определять его потенциальную энергию той работой, которую оно совершило бы, опускаясь до пола. Поэтому нужно условиться заранее, от какого уровня отсчитывать высоту, а вместе с тем и значение потенциальной энергии тела. Выбрать этот уровень можно совершенно произвольно, так как во всех физических явлениях всегда важна не сама потенциальная энергия, а ее изменение, которым определяется совершаемая работа. Изменение же потенциальной энергии будет, очевидно, в не зависимости от того какой исходный уровень выбран.

Если условия не оговорены, мы будем считать потенциальную энергию тела, лежащего на поверхности земли, равной нулю. Тогда в формуле (6) в качестве h следует брать высоту поднятия тела над поверхностью земли.

Если тело имеет значительные размеры, то под h в формуле (6) нужно понимать расстояние от поверхности земли (или от иного нулевого уровня) до центра тяжести тела [17].

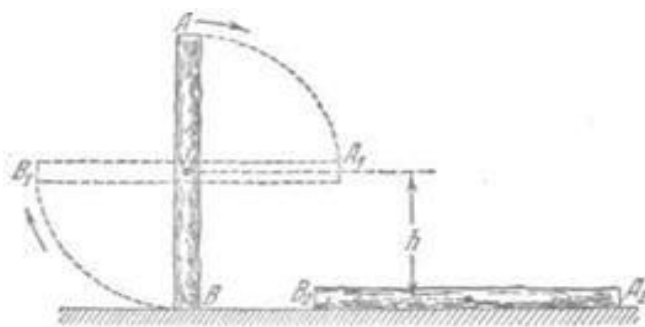


Рисунок 4 - При переходе столба из положения AB в положение A_1B_1 сила тяжести не совершает работы, так как центр тяжести тела остается на месте. При переходе из положения A_1B_1 в положение A_2B_2 совершается работа mgh .

Например, определим насколько потенциальная энергия вертикально стоящего столба рис. 4 в положение AB , больше потенциальной энергии того же столба, лежащего на земле (положение A_2B_2). Представим себе, что столб переходит из положения AB в положение A_2B_2 в два приема. Сначала он поворачивается вокруг центра тяжести (в данном случае около средней точки) в положение A_1B_1 . При этом верхняя часть столба опускается, а нижняя поднимается; и сила тяжести совершает над верхней частью столба положительную работу, а над нижней — равную ей отрицательную работу, и полная работа силы тяжести равна нулю. Только при переходе из положения A_1B_1 в положение A_2B_2 сила тяжести совершает положительную работу. Следовательно, потенциальная энергия стоящего на земле столба больше потенциальной энергии столба, лежащего на земле, на величину mgh , где m — масса столба и h — разность высот центра тяжести в положениях AB и A_2B_2 .

При подсчете потенциальной энергии жидкости массы m , находящейся в цилиндрическом сосуде (рис. 5), следует взять высоту H центра тяжести жидкости C над нулевым уровнем, т. е. высоту h_0 дна сосуда над нулевым уровнем, плюс половину высоты уровня жидкости в сосуде $h_1/2$, так что потенциальная энергия будет равна:

$$E_{\text{п}} = mg \left(h_0 + \frac{h}{2} \right) \quad (7)$$

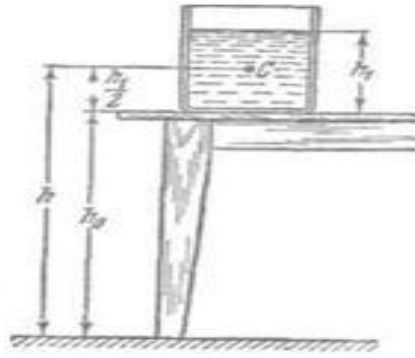


Рисунок 5 - К расчету потенциальной энергий жидкости в сосуде

Потенциальная энергия упругой деформации. Деформированное упругое тело (например, растянутая или сжатая пружина) способно, возвращаясь в исходное состояние, совершив работу над соприкасающимися с ним телами. Следовательно, упругое деформированное тело обладает потенциальной энергией. Она зависит от взаимного положения частей тела, например, витков пружины. Работа, которую может совершить растянутая пружина, зависит от начального и конечного растяжения пружины. Найдем работу, которую может совершить растянутая пружина, возвращаясь к первоначальному состоянию, таким образом, найдем потенциальную энергию растянутой пружины.

Пусть растянутая пружина закреплена одним концом, а второй конец, перемещаясь, совершает работу. Нужно учитывать, что сила, с которой действует пружина, не остается постоянной, а изменяется пропорционально растяжению. Если первоначальное растяжение пружины, считая от нерастянутого состояния, равнялось l , то первоначальное значение силы упругости составляло $F=kl$, где k — коэффициент пропорциональности, который называют жесткостью пружины. По мере сокращения пружины эта сила линейно убывает от значения kl до нуля. Значит, среднее значение силы равно $F_{cp}=kl/2$. Можно показать, что работа A равна этому среднему, умноженному на перемещение точки приложения силы:

$$A = \frac{kl}{2} * l = \frac{kl^2}{2} \quad (8)$$

Таким образом, потенциальная энергия растянутой пружины

$$E_{\text{п}} = \frac{kl^2}{2} \quad (9)$$

Такое же выражение получается для сжатой пружины.

В формуле (9) потенциальная энергия выражена через жесткость пружины и через ее растяжение l . Заменяя l на F/k , где F – упругая сила, соответствующая растяжению (или сжатию) пружины l , получим выражение:

$$E_{\text{п}} = \frac{F^2}{2k} \quad (10)$$

которое определяет потенциальную энергию пружины, растянутой (или сжатой) силой F . Из этой формулы видно, что, растягивая с одной и той же силой разные пружины, мы сообщим им различный запас потенциальной энергии: чем жестче пружина, тем меньше ее потенциальная энергия; и наоборот: чем мягче пружина, тем больше энергия, которую она запасет при данной растягивающей силе. Это можно уяснить себе наглядно, если учесть, что при одинаковых действующих силах растяжение мягкой пружины больше, чем жесткой, а потому больше и произведение силы на перемещение точки приложения силы, т. е. работа.

Данная закономерность имеет большое значение, например, при устройстве различных рессор и амортизаторов: при посадке на землю самолета амортизатор шасси, сжимаясь, должен произвести большую работу, гася вертикальную скорость самолета. В амортизаторе с малой жесткостью сжатие будет больше, зато возникающие силы упругости будут меньше и самолет будет лучше предохранен от повреждений. По той же причине при тугой накачке шин велосипеда дорожные толчки ощущаются резче, чем при слабой накачке [46].

Кинетическая энергия. Тела могут обладать некоторым запасом работы, то есть обладать энергией, не только при определенном положении в пространстве или деформирование, но и если тело обладает скоростью. Так, вагон может въехать на гору, если он вначале обладает некоторой скоростью; пуля или снаряд могут подняться на значительную высоту, если они вылетают из дула с большой скоростью. В этих случаях движущееся тело, поднимаясь вверх, совершает работу против силы тяжести. Так же движущееся тело совершает работу против сил упругости. Например, бумажный шарик, привязанный к тонкой резиновой нити, может сильно растянуть эту нить, если шарик сообщит толчком большую скорость (рис. 6). Когда один катящийся вагон ударяется своими буферами о буфера другого вагона, то пружины буферов сильно сжимаются, т. е. совершается работа сжатия пружины.



Рисунок 6 - Быстро летящий бумажный шарик растягивает резиновую нить

Во всех перечисленных примерах тело совершает работу потому, что оно обладает определенной скоростью. Покоящийся вагон не может въехать на гору, не может сжать буферных пружин.

Всякий раз, когда тело совершает работу благодаря тому, что оно движется и под воздействием сил сопротивления, скорость его движения будет уменьшаться. Если скорость тела уменьшится до нуля, то запас способности совершать работу за счет движения тела будет исчерпан. Значит, всякое движущееся тело обладает некоторым определенным запасом способности совершать работу, то есть определенной энергией. Энергией движущегося тела называют кинетической энергией.

Механическая энергия образуется при сложении кинетической и потенциальной энергии [44].

Выражение кинетической энергии через массу и скорость тела. Выше рассмотрено, что можно создать запас потенциальной энергии, заставляя какую-либо силу совершать работу: поднимая груз или сжимая пружину. Точно так же можно создать и запас кинетической энергии в результате работы какой-либо силы. Действительно, если тело под действием внешней силы получает ускорение и перемещается, то эта сила совершает работу, а тело приобретает скорость, т. е. приобретает кинетическую энергию. Например, сила давления пороховых газов в стволе ружья, выталкивая пулю, совершает работу, за счет которой и создается запас кинетической энергии пули. Обратное, если вследствие движения пули совершается работа (например, пуля поднимается вверх или, попадая в препятствие, производит разрушения), то кинетическая энергия пули уменьшается.

Переход работы в кинетическую энергию можно проследить на примере когда на тело действует только одна сила (в случае многих сил это — равнодействующая всех сил, действующих на тело). Предположим, что на тело массы m , находившееся в покое, начала действовать постоянная сила F ; под действием силы F тело будет двигаться равноускоренно с ускорением $a = \frac{F}{m}$. Пройдя расстояние s в направлении действия силы, тело приобретет скорость v , связанную с пройденным расстоянием формулой $s = \frac{v^2}{2a}$. Отсюда находим работу A силы F :

$$A = Fs = F \frac{v^2}{2a} = \frac{mv^2}{2} \quad (11)$$

Точно так же, если на тело, движущееся со скоростью v , начнет действовать сила, обратная направлению скорости движения, то оно будет замедлять свое движение и остановится, произведя до остановки работу против действующей силы, также равную $\frac{mv^2}{2}$. Значит, кинетическая энергия

E_k движущегося тела равна половине произведения его массы на квадрат скорости:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \quad (12)$$

Поскольку изменение кинетической энергии, так же как и изменение потенциальной энергии, равно работе (положительной или отрицательной), произведенной при этом изменении, то кинетическая энергия также измеряется в джоулях.

Полная энергия тела. Рассмотрим, как изменяется кинетическая и потенциальная энергия тела, брошенного вверх.

При подъеме тела скорость его убывает по закону $v = v_0 - gt$, где v_0 — начальная скорость, t — время. Кинетическая энергия при этом также убывает, изменяясь по закону

$$E_k = \frac{m(v_0 - gt)^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - mv_0 gt + \frac{mg^2 t^2}{2} \quad (13)$$

Так как начальная кинетическая энергия тела равна $\frac{mv_0^2}{2}$, то к моменту t убыль кинетической энергии

$$-\Delta E_k = mv_0 gt - \frac{mg^2 t^2}{2} \quad (14)$$

С другой стороны, высота тела в момент t есть

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} \quad (15)$$

Следовательно, приращение потенциальной энергии, за время t равно:

$$\Delta E_{\text{п}} = m v_0 gt - \frac{mg^2 t^2}{2} \quad (16)$$

Сравнивая это выражение с (14), видим, что приращение потенциальной энергии за время t равно убыванию кинетической энергии за то же время. Таким образом, при движении тела вверх его кинетическая энергия постепенно превращается в потенциальную энергию. Когда движение вверх прекращается (наивысшая точка подъема), вся кинетическая энергия полностью переходит в потенциальную энергию. При движении тела вниз происходит обратный процесс: потенциальная энергия тела переходит в кинетическую энергию.

При этих превращениях полная механическая энергия (т. е. сумма кинетической и потенциальной энергий) остается неизменной, так как при подъеме уменьшение кинетической энергии полностью покрывается приращением потенциальной (а при падении — наоборот). Если потенциальную энергию тела у поверхности земли считать равной нулю, то сумма кинетической и потенциальной энергий тела на любой высоте во время подъема или падения будет равна

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \frac{mv_0^2}{2} \quad (17)$$

т. е. остается равной начальной кинетической энергии тела.

Этот вывод представляет собой частный случай одного из важнейших законов природы — закона сохранения энергии [42].

Закон сохранения энергии. Если на тело действует сжатая пружина, то она может придать телу некоторую скорость, т. е. кинетическую энергию, но при этом пружина будет распрямляться, и ее потенциальная энергия будет уменьшаться; сумма потенциальной и кинетической энергий останется постоянной. Если на тело, кроме пружины, действует еще и сила тяжести, то хотя при движении тела энергия каждого вида будет изменяться, но сумма

потенциальной энергии тяготения, потенциальной энергии пружины и кинетической энергии тела оставаться неизменной.

Энергия может переходить из одного вида в другой, может переходить от одного тела к другому, но общий запас механической энергии остается неизменным. Опыты и теоретические расчеты показывают, что при отсутствии сил трения и при воздействии только сил упругости и тяготения суммарная потенциальная и кинетическая энергия тела или системы тел остается во всех случаях постоянной. В этом и заключается закон сохранения механической энергии.

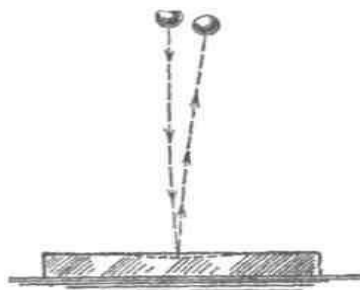


Рисунок 7 - Отразившись от стальной плиты, стальной шарик подскакивает снова почти на ту же высоту, с которой он был брошен

Проиллюстрируем закон сохранения энергии на следующем опыте. Стальной шарик, упавший с некоторой высоты на стальную или стеклянную плиту и ударившийся об нее, подскакивает почти на ту же высоту, с которой упал (рис. 7). Во время движения шарика происходит целый ряд превращений энергии. При падении потенциальная энергия переходит в кинетическую энергию шарика. Когда при прикосновении шарика к плите, и шарик и плита подвергаются деформации. Кинетическая энергия превращается в потенциальную энергию упругой деформации шарика и плиты, причем этот процесс продолжается до тех пор, пока шарик не остановится, до тех пор, пока вся его кинетическая энергия не перейдет в потенциальную энергию упругой деформации. Затем под действием сил упругости деформированной плиты шарик приобретает скорость, направленную вверх: энергия упругой

деформации плиты и шарика превращается в кинетическую энергию шарика. При дальнейшем движении вверх скорость шарика под действием силы тяжести уменьшается, и кинетическая энергия превращается в потенциальную энергию тяготения. В наивысшей точке шарик обладает снова только потенциальной энергией тяготения.

Поскольку можно считать, что шарик поднялся на ту же высоту, с которой он начал падать, потенциальная энергия шарика в начале и в конце описанного процесса одна и та же. Более того, в любой момент времени, при всех превращениях энергии сумма потенциальной энергии тяготения, потенциальной энергии упругой деформации и кинетической энергии все время остается неизменной, т. е. закон сохранения механической энергии выполнен.

Теперь, мы можем объяснить: почему нарушался закон сохранения работы в простой машине, которая деформировалась при передаче работы. Дело в том, что работа, затраченная на одном конце машины, частично или полностью затрачивалась на деформацию самой простой машины (рычага, веревки и т. д.), создавая в ней некоторую потенциальную энергию деформации, и лишь остаток работы передавался на другой конец машины. В сумме переданная работа вместе с энергией деформации оказывается равной ранее затраченной работе. В случае абсолютной жесткости рычага простая машина не может накопить в себе энергию, и вся работа, произведенная на одном ее конце, передается на другой конец [50].

Силы трения и закон сохранения механической энергии. Присматриваясь к движению шарика, подпрыгивающего на плите, можно обнаружить, что после каждого отскока, шарик поднимается на несколько меньшую высоту, чем раньше (рис. 8), т. е. полная энергия не остается в точности постоянной, а понемногу убывает. Это значит, что закон сохранения энергии в таком виде, как мы его сформулировали, соблюдается в этом случае только приближенно. Причина заключается в том, что в этом опыте возникают силы трения: сопротивление воздуха, в котором движется шарик, и внутреннее трение в самом материале шарика и плиты. Вообще, при наличии трения закон

сохранения механической энергии всегда нарушается и полная энергия тел уменьшается. За счет этой убыли энергии и совершается работа против сил трения.

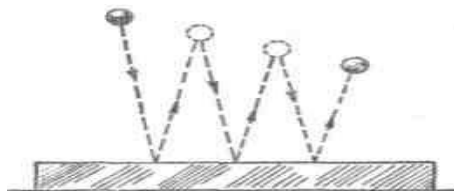


Рисунок 8 - Уменьшение высоты отскока шарика после многих отражений о плиту

Например, при падении тела с большой высоты скорость тела, вследствие действия возрастающих сил сопротивления среды, вскоре становится постоянной; кинетическая энергия тела перестает меняться, но его потенциальная энергия уменьшается. Работу против силы сопротивления воздуха совершает сила тяжести за счет потенциальной энергии тела. Хотя при этом и сообщается некоторая кинетическая энергия окружающему воздуху, но она меньше, чем убыль потенциальной энергии тела, и, значит, суммарная механическая энергия убывает.

Работа против сил трения может совершаться и за счет кинетической энергии. Например, при движении лодки, которую оттолкнули от берега, потенциальная энергия лодки остается постоянной, но вследствие сопротивления воды уменьшается скорость движения лодки, то есть ее кинетическая энергия, и приращение кинетической энергии воды, наблюдающееся при этом, меньше, чем убыль кинетической энергии лодки.

Подобно этому действуют и силы трения между твердыми телами. Например, скорость, которую приобретает груз, соскальзывающий с наклонной плоскости и его кинетическая энергия, меньше, той, которую он приобрел бы в отсутствие трения, но скорость постепенно увеличивается. Можно так подобрать угол наклона плоскости, что груз будет скользить равномерно. При этом его потенциальная энергия будет убывать, а кинетическая — оставаться

постоянной, и работа против сил трения будет совершаться за счет потенциальной энергии.

Все движения в природе (за исключением движений в вакууме) сопровождаются трением. Поэтому при таких движениях закон сохранения механической энергии нарушается, и это нарушение происходит всегда в одну сторону — в сторону уменьшения суммарной энергии.

Превращение механической энергии во внутреннюю энергию. Особенность сил трения состоит в том, что работа, совершенная против сил трения, не переходит полностью в кинетическую или потенциальную энергию тел; вследствие этого суммарная механическая энергия тел уменьшается. Однако работа против сил трения не исчезает бесследно. Прежде всего, движение тел при наличии трения ведет к их нагреванию. Мы можем легко обнаружить это, крепко потирая руки или протягивая металлическую полоску между сжимающими ее двумя кусками дерева; полоска даже на ощупь заметно нагревается. Первобытные люди, как известно, добывали огонь быстрым трением сухих кусков дерева друг о друга (рис. 9). Нагревание происходит также при совершении работы против сил внутреннего трения, например при многократном изгибании проволоки.



Рисунок 9 - Добывание огня трением двух сухих кусков дерева

Нагревание при движении, связанном с преодолением сил трения, часто бывает очень сильным. Например, при торможении поезда тормозные колодки сильно нагреваются. При спуске корабля со стапелей на воду для уменьшения

трения стапеля обильно смазываются, и все же нагревание так велико, что смазка дымится, а иногда даже загорается [26].

При движении тел в воздухе с небольшими скоростями, например при движении брошенного камня, сопротивление воздуха невелико, на преодоление сил трения затрачивается небольшая работа, и камень практически не нагревается. Но быстро летящая пуля разогревается значительно сильнее. При больших скоростях реактивных самолетов приходится уже принимать специальные меры для уменьшения нагревания обшивки самолета. Мелкие метеориты, влетающие с огромными скоростями (десятки километров в секунду) в атмосферу Земли, испытывают такую большую силу сопротивления среды, что полностью сгорают в атмосфере. Нагревание в атмосфере искусственного спутника Земли, возвращающегося перед посадкой на Землю, так велико, что на нем приходится устанавливать специальную тепловую защиту.

Кроме нагревания, трущиеся тела могут испытывать и другие изменения. Например, они могут измельчаться, растираться в пыль, так же происходит плавление, то есть переход тел из твердого в жидкое состояние: кусок льда может расплавиться в результате трения о другой кусок льда или о какое-либо другое тело.

Таким образом если движение тел связано с преодолением сил трения, то оно сопровождается двумя явлениями: 1) сумма кинетической и потенциальной энергий всех участвующих в движении тел уменьшается; 2) происходит изменение состояния тел, в частности, может происходить нагревание. Это изменение состояния тел происходит всегда таким образом, что в новом состоянии тела могут производить большое количество работы, чем в изначальном состоянии. Например, если налить в закрытую с одного конца металлическую трубку немного эфира и, заткнув трубку пробкой, зажать ее между двумя пластинками и привести в быстрое вращение, то эфир испарится и вытолкнет пробку. Значит, в результате работы по преодолению сил трения трубки о пластинки трубка с эфиром пришла в новое состояние, в котором она

смогла совершить работу, требующуюся для выталкивания пробки, то есть работу против сил трения, удерживающих пробку в трубке, и работу, идущую на сообщение пробке кинетической энергии. В исходном состоянии трубка с эфиром не могла совершить эту работу.

Таким образом, нагревание тел, равно как и другие изменения состояния, сопровождается изменением этих тел совершать работу. Мы видим, что «запас работоспособности» зависит, не только от положения тел относительно Земли, но их деформации и их скорости, еще и от состояния тел. Значит, помимо потенциальной энергии тяготения и упругости и кинетической энергии, тело обладает и энергией, зависящей от его состояния. Будем называть ее внутренней энергией. Внутренняя энергия тела зависит от его температуры, от агрегатного состояния, от площади поверхности. В частности, чем температура тела выше, тем больше его внутренняя энергия.

Таким образом, при движениях тел, связанных с преодолением сил трения, механическая энергия системы движущихся тел уменьшается, но их внутренняя энергия возрастает. Например, при торможении поезда уменьшение его кинетической энергии сопровождается увеличением внутренней энергии тормозных колодок, бандажей колес, рельсов, окружающего воздуха и т. д. в результате нагревания этих тел.

Все сказанное относится также и к тем случаям, когда силы трения возникают внутри тела, например при разминании куска воска, при неупругом ударе свинцовых шаров, при перегибании куска проволоки и т. д.

Всеобщий характер закона сохранения энергии. Силы трения занимают особое положение в вопросе о законе сохранения механической энергии. Если сил трения нет, то закон сохранения механической энергии соблюдается в том виде, что полная механическая энергия системы остается постоянной. Если же действуют силы трения, то энергия уже не остается постоянной, а уменьшается при движении. Но при этом всегда растет внутренняя энергия. С развитием физики обнаруживались все новые виды внутренней энергии: световая энергия, энергия электромагнитных волн, химическая энергия, проявляющаяся при

химических реакциях (в качестве примера достаточно указать хотя бы на химическую энергию, запасенную во взрывчатых веществах и превращающуюся в механическую и тепловую энергию при взрыве); так же была открыта ядерная энергия. Оказалось, что совершаемая над телом работа равна приращению суммы всех видов энергии тела; работа же, совершаемая некоторым телом над другими телами, равна уменьшению суммарной энергии данного тела. Для всех видов энергии оказалось, что переход энергии из одного вида в другой, переход энергии от одного тела к другому, что при всех переходах общая энергия всех видов все время остается постоянной. В этом и заключается всеобщий закон сохранения энергии.

Хоть общее количество энергии может оставаться постоянной, но количество полезной энергии может постоянно уменьшаться. Переход энергии в другую форму может означать переход ее в бесполезную для нас форму. В механике чаще всего это — нагревание окружающей среды, трущихся поверхностей и т. п. Такие потери не только невыгодны, но даже вредно отзываются на самих механизмах; так, во избежание перегревания приходится специально охлаждать трущиеся части механизмов [26].

ГЛАВА 2 МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

2.1 Методика изучения закона сохранения импульса

При изучении закона сохранения импульса вводят ряд новых физических понятий. Усвоение некоторых из них очень важно для изучения всего раздела. К числу этих понятий следует отнести такие: механическая система, замкнутая механическая система, внешние силы, внутренние силы, консервативные силы.

Понятие «замкнутая механическая система» является идеализацией. Очень важно поэтому при рассмотрении конкретных задач оговаривать, как движутся тела физической системы и действуют ли на них внешние силы. Если эти силы отсутствуют (т. е. ими можно пренебречь), то нужно применять закон сохранения импульса; если внешние силы действуют, то суммарный импульс силы, действующий на систему, равен суммарному изменению импульса системы.

Для простоты рассуждений рассмотрение закона сохранения импульса целесообразно начинать для замкнутой системы, состоящей из двух сталкивающихся тел, массы которых одинаковы, а скорости различны. Выводят этот закон на основе второго и третьего законов динамики, что вполне логично.

Доказывают, что изменение импульсов этих двух сталкивающихся тел одинаково по модулю, но противоположно по знаку [24].

Далее формулируют закон: геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

Суммарный импульс только перераспределяется между взаимодействующими телами системы. Закон обязательно должен быть проиллюстрирован экспериментом и примерами. Могут быть показаны следующие опыты: с взаимодействующими тележками, поставленными на рельсы, с маятником, с заводной игрушкой и картонной платформой, поставленной на параллельные друг другу одинакового размера ролики.

Первые задачи целесообразно решить графически, с тем чтобы учащиеся уяснили, что в законе речь идет о геометрической (векторной) сумме импульсов. Остановимся на одном из примеров такого типа: «Радиоактивное ядро до распада обладало некоторой скоростью ($\vec{v} \neq 0$) и соответствующим импульсом. Показать, что продукты ядерного распада будут иметь суммарный импульс, равный начальному» [49].

Такой пример полезен в плане осуществления связи с химией. Задают импульсы продуктов распада и начальный импульс ядра атомов. Решение задачи графически представлено на рис. 10.

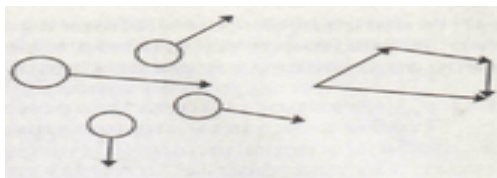


Рисунок 10 – Импульс продуктов распада и начальный импульс ядра атомов

Далее целесообразно остановиться на задаче, например, такой: «Снаряд, выпущенный из зенитки, взорвался в верхней точке траектории, при этом образовалось три осколка, два из которых разлетелись под прямым углом друг к другу. Масса первого m_1 , а его скорость \vec{v}_1 , масса второго – m_2 , скорость \vec{v}_2 , а скорость третьего – \vec{v}_3 . Определить графически направление полета третьего осколка. Какова его масса?»

Внимание учащихся обращают на то, что импульс – величина относительная, а закон сохранения импульса справедлив во всех инерциальных системах отсчета. Это важное положение в развитии идеи относительности в механике должно быть закреплено в упражнениях. Например: мяч массой 1 кг движется по футбольному полю со скоростью относительно поля, равной по модулю 4 м/с. Определить его импульс: а) относительно поля; б) относительно

футболиста 1, бегущего к мячу со скоростью относительно поля, равной по модулю 5 м/с; в) относительно футболиста 2, ведущего мяч по полю.

Решение: а) Записывают выражение для импульса мяча относительно поля:

$$m v_{мп} = 4 \text{ кг*м/с} \quad (18)$$

где $v_{мп}$ – скорость мяча относительно поля.

б) Записывают выражение для импульса мяча относительно футболиста 1, бегущего к мячу:

$$m v_{м1} = m(v_{мп} + v_{1п}) = 9 \text{ кг*м/с} \quad (19)$$

где $v_{1п}$ – модуль скорости футболиста, $v_{м1}$ – модуль скорости мяча относительно этого футболиста, $v_{мп}$ – модуль скорости мяча относительно поля.

в) Записывают выражение для импульса мяча относительно футболиста 2, ведущего мяч по полю:

$$m v_{м2} = 0 \quad (20)$$

где $v_{м2}$ – скорость мяча относительно этого футболиста [23].

Чтобы показать справедливость закона сохранения импульса в любой инерциальной системе отсчета, проведем мысленный опыт. На платформе, которая движется равномерно и прямолинейно ($\vec{v}_{пл}$ – скорость относительно Земли), покоится тележка массой m_1 (рис. 11). В направлении, противоположном движению платформы, движется тележка массой m_2 со скоростью \vec{v} относительно платформы. Скорость тележек после столкновения относительно платформы \vec{u} . Предлагаем учащимся записать закон сохранения импульса в системе отсчета, связанной с Землей, и в системе отсчета, связанной

с платформой, и выяснить, зависит ли закон сохранения импульса от выбора системы отсчета.

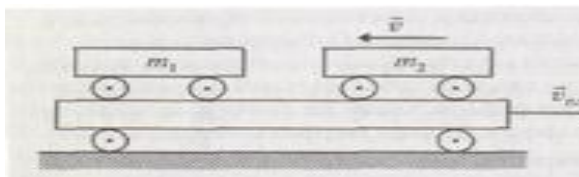


Рисунок 11 - Платформа, которая движется равномерно и прямолинейно

Проведенный анализ мысленного опыта позволяет сделать вывод: если закон сохранения импульса выполняется при движении тел относительно одной системы отсчета, то он выполняется и относительно любой другой системы отсчета, движущейся относительно первой равномерно и прямолинейно, т. е. закон сохранения импульса выполняется в любой инерциальной системе отсчета.

Следует также указать, что при релятивистских скоростях ($v \rightarrow c$) сумма релятивистских импульсов, образующих замкнутую систему, также остается постоянной при любых взаимодействиях между телами, только импульс p зависит от скорости так:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (21)$$

Целесообразно рассмотреть границы применимости механики Ньютона.

При скорости, значительно меньшей скорости света ($v \ll c$), отношение $v^2/c^2 \rightarrow 0$, поэтому импульс тела равен $\vec{p} = m_0 \vec{v}$ (это выражение справедливо в механике Ньютона).

Завершают изучение закона сохранения импульса рассмотрением реактивного движения. В рамках основного курса достаточно рассмотреть

применение закона сохранения импульса для объяснения движения ракеты, для определения ее скорости

$$\vec{v}_{об.р} = - \frac{m^2}{m_{об.р}} \vec{v}_2 \quad (22)$$

(где $m_{об.р}$ - масса оболочки ракеты, $\vec{v}_{об.р}$ - скорость оболочки ракеты, m_2 и \vec{v}_2 - соответственно масса сгоревшего топлива и скорость истечения газа).

Важно, в воспитательном плане, обратить внимание учащихся на те проблемы, которые возникли в истории ракетостроения.

На факультативных и внеклассных занятиях по физике (в индивидуальной работе с учащимися) можно более детально и обоснованно обсудить указанные проблемы, рассмотрев при этом и такие вопросы, как движение с переменной массой, реактивная сила, более точный расчет максимальной скорости ракеты, многоступенчатость ракет и др.

Материал этой темы благодарен и для воспитательной работы. Здесь следует остановиться на значении работ К.Э.Циолковского, С.П.Королева и других отечественных ученых в развитии космонавтики, на достижениях нашей страны в области освоения космоса.

Эту работу целесообразно проводить как на уроке, так и вне его (специальные стенды, журналы, рассказывающие о достижениях отечественной космонавтики; подбор литературы для чтения учащимися; тематические конференции с докладами и рефератами учащихся и т. д.).

2.2 Методика изучения закона сохранения полной механической энергии

В базовом курсе физики учащиеся получили представление об энергии: если тело или несколько взаимодействующих между собой тел способны совершить работу, то они обладают механической энергией. В старших классах общеобразовательной школы это представление необходимо развить и

оформить в понятие: энергия – это физическая величина, которая зависит от состояния тела (системы тел), ее изменение при переходе из одного состояния в другое определяют совершенной работой.

Наиболее простым видом механической энергии является кинетическая энергия, так как во всех случаях (для материальной точки) она определяется произведением массы тела на квадрат его скорости относительно других тел (тел отсчета) и зависит от того, взаимодействует его тело с другими телами или нет. Потенциальная же энергия относится к системе взаимодействующих тел, и ее рассчитывают в зависимости от вида сил, обуславливающих существование этого вида энергии. Поэтому целесообразнее начинать формировать понятие энергии в механике с рассмотрения кинетической энергии.

Кинетическая энергия. Используя определение работы и второй закон Ньютона, нетрудно показать, что работа любой силы, действующей на материальную точку, равна изменению величины $\frac{mv^2}{2}$, зависящей от скорости, т. е. $A = \Delta E_k$. Для кинетической энергии совершенно не важно, о каком виде сил идет речь. Это может быть сила тяготения, упругости или трения. Если работа силы положительна ($A > 0$), кинетическая энергия возрастает ($\Delta E_k > 0$), если отрицательна ($A < 0$) – кинетическая энергия убывает ($\Delta E_k < 0$), работа тормозящей силы – максимальна (тело остановилось, конечная скорость равна нулю), само тело совершило положительную работу, действуя с силой $F = F_{\text{торм}}$ на тела, тормозящие его движение (кинетическая энергия была полностью израсходована). Таким образом, кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью \vec{v} , равна работе, которую должна совершить сила, действующая на покоящееся тело, чтобы сообщить ему эту скорость. Кинетическая энергия системы тел равна сумме кинетических энергий тел, входящих в эту механическую систему.

Кинетическая энергия, как и работа силы, зависит от выбора системы отсчета. Это следует рассмотреть при решении задач [33].

Потенциальная энергия. При изучении этого вида механической энергии очень важно, чтобы школьники усвоили, что потенциальная энергия в механике – это энергия взаимодействия по крайней мере двух тел, понятие потенциальной энергии относится к системе тел, а не к одному («изолированному») телу. Это одна из основных задач, которую учитель должен решить при формировании понятия потенциальной энергии. Вторая задача – расширить представления о потенциальной энергии, полученные учащимися в базовом курсе физики: надо показать, что потенциальной энергией обладают не только тела, поднятые над Землей, но и упруго деформированные тела, и дать количественное выражение для потенциальной энергии упруго деформированных тел. И, наконец, третья задача – показать, что выбор нулевого уровня состояния системы (нулевого уровня потенциальной энергии) произволен, так как разность энергий инвариантна относительно этого выбора, хотя потенциальная энергия и зависит от этого выбора.

Остановимся несколько подробнее на первой задаче.

Очень важно довести до понимания учащихся, что потенциальная энергия в механике – это энергия взаимодействия тел, хотя бы двух. Если в системе имеется несколько тел, то потенциальная энергия системы равна сумме потенциальных энергий всех пар взаимодействующих тел (либо тело взаимодействует с каждым из остальных).

Обычно при выводе формулы, связывающей изменение потенциальной энергии с работой сил, одно из тел системы принимают за неподвижное. Например, при рассмотрении падения груза на Землю под действием силы тяжести смещением Земли можно пренебречь. Поэтому работу сил взаимодействия между Землей и грузом сводят к работе только одной силы, действующей на груз. При рассмотрении сжатия или растяжения пружины не учитывают смещения Земли (конец пружины, который закреплен с неподвижным телом, фактически скреплен с Землей). Работу в этом случае

совершает лишь сила упругости деформированной пружины, приложенная к телу.

Из-за этого потенциальную энергию системы двух тел учащиеся привыкают рассматривать как энергию одного тела. Это осложняет процесс формирования понятия об этом виде энергии. Чтобы избежать указанных осложнений, правильнее во всех случаях раскрыть следующее положение: изменение потенциальной энергии двух тел, взаимодействующих с силами, зависящими только от расстояния между телами, равно работе этих сил, взятой с противоположным знаком.

Остановимся на методике введения понятия о нулевом уровне потенциальной энергии. При рассмотрении этого вопроса важно выделить следующие моменты:

1. Определяют не саму потенциальную энергию, а ее изменение. Например, для силы тяжести вблизи поверхности Земли:

$$\Delta E_p = mgh_2 - mgh_1 \quad (23)$$

Где h_1 и h_2 - высота тела над Землей в начальном и конечном состояниях.

Изменение потенциальной энергии деформированной пружины

$$\Delta E_p = \frac{k(\Delta x_2)^2}{2} - \frac{k(\Delta x_1)^2}{2} \quad (24)$$

Где k – коэффициент упругости (жесткость), Δx_1 и Δx_2 - начальная и конечная деформации пружины.

Так как работа определяет изменение энергии, а не саму энергию, то только изменение энергии имеет физический смысл. Исходя из этого, можно произвольно выбирать состояния системы, в которых потенциальную энергию можно считать равной нулю. Выбор нулевого уровня, таким образом,

произволен и диктуется соображениями удобства (скажем, простотой записи уравнения, выражающего закон сохранения энергии).

2. Часто за нулевой уровень потенциальной энергии (состояние с нулевой энергией) выбирают такое состояние системы, при котором потенциальная энергия минимальна.

Для учащихся целесообразно на примерах показать, что значение потенциальной энергии зависит от выбора начала ее отсчета и что произвольность выбора нулевого уровня не влияет на изменение энергии.

Далее следует показать, что потенциальная энергия не зависит от выбора инерциальной системы отсчета, так как является функцией расстояния между взаимодействующими телами.

Закрепляют понятия кинетической и потенциальной энергии при решении задач. Это могут быть тренировочные задачи, цель которых – научить учащихся пользоваться математическим выражением для энергии, при этом следует выделить и те задачи, которые имеют практический выход. К числу таких задач можно отнести задачи на определение тормозного пути. При решении учащихся знакомят с выражением для тормозного пути $\left(S_{\text{торм}} = \frac{v^2}{2\mu g} \right)$,

из которого видно, что тормозной путь зависит от квадрата скорости, коэффициента трения и ускорения свободного падения.

Учащиеся не всегда понимают, что внешние силы непосредственно изменяют лишь кинетическую энергию тел системы, но не потенциальную энергию взаимодействия этих тел. Изменение потенциальной энергии системы определяется работой сил взаимодействия (внутренних сил).

Из рассмотрения того, что при совершении работы увеличение кинетической энергии сопровождается убылью потенциальной энергии (и наоборот), формулируют закон сохранения энергии для замкнутых систем.

Специально следует остановиться на рассмотрении закона сохранения энергии при наличии трения. В этом случае работа сил трения ведет к убыли кинетической энергии системы. Но при этом под действием сил трения

потенциальная энергия не увеличивается, как это происходит в случае действия сил тяготения и сил упругости (консервативных сил). Это является следствием того, что силы трения не зависят от расстояния между взаимодействующими телами, а зависят от их относительных скоростей. Работа этих сил зависит от формы траектории, а не от начального и конечного положений тел в пространстве.

Завершая рассмотрение закона сохранения энергии, следует рассказать учащимся о научных воззрениях М.В.Ломоносова по вопросу сохранения материи и движения, явившихся гениальным предвидением закона сохранения и превращения энергии (который был открыт лишь только через 100 лет) и других законов сохранения.

Заканчивая изучение темы, следует рассмотреть применение закона сохранения энергии к анализу работы простых механизмов, при этом показать невозможность построения вечного двигателя; вывести закон Бернулли на основании закона сохранения энергии, объяснить возникновение подъемной силы крыла самолета. Изложение последнего вопроса целесообразно сопровождать демонстрацией опытов: изменение давления над и под моделью крыла самолета, обнаружение подъемной силы крыла самолета и др. При этом необходимо ознакомить школьников с историей авиации и ролью русских ученых в ее становлении и развитии (Н.Е.Жуковский, С.А.Чаплыгин, А.Н.Туполев и другие ученые и конструкторы самолетов) [45].

2.3 Методика решения задач на законы сохранения в механике

Раздел курса физики IX-X класса «Законы сохранения в механике» предполагает использование задач для формирования понятий и законов сохранения.

К числу основных понятий, которые школьники должны усвоить, относятся «механическая работа», «мощность», «энергия», «импульс тела». Задачи способствуют усвоению учащимися существенных признаков понятий,

а также уяснению связи между понятиями. При выборе задач, направленных на формирование понятий, необходимо исходить из требований, предъявляемых в данном разделе. В момент решения учащиеся усваивают понятие «механическая работа» как процесс преобразования одного вида движения (энергии) в другой и качественной характеристики этого процесса или передачи движения от одной системы тел к другой; усваивают сущность конкретных видов совершаемых работ (работа постоянной и переменной сил, работа силы тяжести и силы трения, работа силы упругости и т. д.), условий, при которых совершается каждая работа, формул для определения величины каждого [5].

При формировании понятия «механическая энергия» важно в процессе решения задач уточнить признаки ее различных видов. Для этих целей используются качественные задачи с вариантами ответов. Примеры таких задач представлены в таблице 1 [28].

Таблица 1 - Задачи для уточнения видов механической энергии (кинетической и потенциальной)

№ задачи	Содержание задачи	Вариант ответа
1	Какие из указанных тел обладают потенциальной энергией?	1.Сжатая пружина 2.Летящий самолет 3.Относительно движущегося навстречу поезда
2	Какие из указанных тел обладают кинетической энергией?	1.Автомобиль, движущийся по шоссе 2.Книга, лежащая на столе 3.Относительно предметов, расположенных у полотна дороги
3	Какие из указанных тел обладают одновременно потенциальной и кинетической энергией?	1.Поднятый краном груз 2.Катящийся по полю мяч 3.Относительно соседнего вагона его поезда
4	Какие из указанных тел не обладают механической энергией относительно покоящихся на земле тел?	1.Лежащий на земле мяч 2.Парашютист, опускающийся на землю 3.Относительно стен и пола вагона

Окончание Таблицы 1

5	Относительно каких тел пассажир, сидящий в вагоне идущего поезда, обладает кинетической энергией?	1. Камень, лежащий на краю пропасти 2. Парашютист, опускающийся на землю 3. Относительно пассажира, движущегося вдоль коридора вагона
6	Относительно каких из перечисленных предметов тот же пассажир не обладает кинетической энергией?	1. Относительно автомобиля, движущегося в ту же сторону и той же скоростью, что и поезд

Задачи занятий

1. На основе анализа программы и учебника физики для IX-X класса выделить понятия, формируемые в разделе «Законы сохранения в механике», формулировки законов, условия их выполнения и аналитическую форму их выражения.

2. Выделить соответствующие этапы формирования понятий в разделе и смоделировать цели решения задач в нем.

3. Провести анализ задач из упражнений учебника и сборника задач.

4. Выделить содержание деятельности учителя по развитию у учащихся умения решать физические задачи в названном разделе.

5. Определить структуру деятельности учащихся по решению задач к моменту окончания изучения курса физики IX-X класса.

Структура процесса решения задач на законы сохранения

1. Прочитать задачу, выделить взаимодействующие тела.

2. Кратко записать условие и требование задачи.

3. Выявить группу тел, составляющих замкнутую систему.

4. Записать закон сохранения импульса для заданной ситуации.

5. Сделать чертеж, выбрать систему отсчета.

6. Записать закон сохранения импульса в проекциях на выбранную ось.

7. Решить полученное уравнение в общем виде.

8. Проверить решение действиями с наименованиями.

9. Произвести вычисления.

10. Выяснить смысл полученного решения, оценить значение [7].

Задача 1. Какую работу совершает человек при подъеме тела массой 2 кг на высоту 1 м с ускорением 3 м/с²?

Д а н о: Вертикальное движение тела вверх с ускорением: $m = 2$ кг $s = 1$ м $a = 3$ м/с ² <hr/> А - ?	Р е ш е н и е: Работа совершается силой \vec{F} на расстоянии s : $A = Fs$. Уравнение движения: $m\vec{g} + \vec{F} = m\vec{a}$. Ось x направим вертикально вниз и получим
--	---

$$F = ma + mg;$$
$$A = m(g + a) * s,$$
$$A = 2(10 + 3) * 1 = 26 \text{ (Дж)}.$$

О т в е т: $A = 26$ (Дж).

Задача 2. Какую работу совершает двигатель автомобиля «Жигули» массой 1,3 т после трогания с места на первых 75 м пути, если это расстояние автомобиль проходит за 10 с, а коэффициент сопротивления движению равен 0,05?

Д а н о: Автомобиль (сила тяги): $m = 1,3$ т $s = 75$ м $t = 10$ с $\mu = 0,05$ $v = 0$ <hr/> А - ?	С и: $m = 1,3 * 10^3$ кг	Р е ш е н и е: $A = F_T s$; $\vec{F}_T + \vec{F}_c = m\vec{a}$; $F_T = ma + F_c = ma + \mu mg$; $A = m(a + \mu g) * s$; $a = \frac{2s}{t^2}$; $A = m \left(\frac{2s}{t^2} + \mu g \right) * s$ $[A] = \text{кг} * (\text{м/с}^2 + \text{м/с}^2) * \text{м} = \text{Дж},$
---	-----------------------------	---

$$A = 1,3 * 10^3 \left(\frac{150}{100} + 10 * 0,05 \right) * 75 = 195 \text{ (кДж)}.$$

О т в е т: $A = 195$ (кДж).

Задача 3. Трактор типа Т-150 имеет тяговую мощность на крюке, равную 72 кВт. С какой скоростью может тянуть этот трактор прицеп массой 5 т на подъем, равный 0,2 при коэффициенте трения 0,4?

Д а н о:	С и:	Р е ш е н и е:
Трактор (движение равномерное): $P = 72 \text{ кВт}$ $m = 5 \text{ т}$ $\sin \alpha = 0,2$ $\mu = 0,4$ $v - ?$	$P = 72 * 10^3 \text{ Вт}$ $m = 5 * 10^3 \text{ кг}$	Уравнение движения (рис. 1): $\vec{F}_m + \vec{F}_{mp} + m\vec{g} + \vec{N} = 0$, откуда $\vec{F}_m = -\vec{F}_{mp} - m\vec{g} - \vec{N}$ Спроецируем уравнение на ось x , направленную вверх по наклонной плоскости:

$$F_T = F_{тр} + mg \sin \alpha,$$

где

$$F_{тр} = \mu mg \cos \alpha.$$

Развиваемая тяговая мощность определяется формулой

$$P = F_T v,$$

откуда

$$v = \frac{P}{F_m} = \frac{P}{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}.$$

Правильность полученного решения в общем виде может быть проведена действиями с единицами:

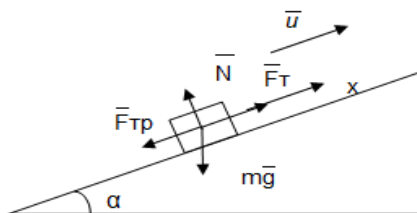


Рисунок 1.1 - Схематический чертеж к задаче 3

$$[v] = \frac{\text{Вт}}{\text{кг} * \text{м} / \text{с}^2} = \frac{\text{Н} * \text{м} / \text{с}^2 * \text{м}}{\text{с} * \text{кг} * \text{м} / \text{с}^2} = \frac{\text{кг} * \text{м} * \text{м} * \text{с}^2}{\text{с}^3 * \text{кг} * \text{м}} = \text{м} / \text{с}$$

Задача 4. Снаряд массой m_1 , летящий со скоростью v_1 параллельно рельсам, ударяет о неподвижную платформу с песком массой m_2 и застревает в песке. С какой скоростью станет двигаться платформа?

Д а н о:	Р е ш е н и е:
Снаряд и платформа (неупругий удар): $m_1 = m_1$ $v_1 = v_1$ $m_2 = m_2$ $v_2 = 0$ $v' - ?$	Систему снаряд – платформа можно считать замкнутой. Следовательно, для нее применим закон сохранения импульса: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots = const.$ Запишем закон сохранения импульса для заданной ситуации:

$$m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) * \vec{v}'.$$

Направление скоростей \vec{v}_1 и \vec{v}' совпадает. Ось x примем вдоль направления скорости \vec{v}_1 :

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) * v';$$

$$v' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

Задача 5. Охотник стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса охотника с лодкой 200 кг, масса заряда 20 г, скорость вылета дроби и пороховых газов 500 м/с.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
Снаряд и платформа (неупругий удар):	Систему снаряд – платформа можно считать замкнутой. Следовательно, для нее применим закон сохранения импульса:
$m_1 = m_1$	$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots = const.$
$v_1 = v_1$	Запишем закон сохранения импульса для заданной ситуации:
$m_2 = m_2$	
$v_2 = 0$	
$v' = ?$	

$$m_1 \vec{v}_1 = (m_1 + m_2) * \vec{v}'.$$

Направление скоростей \vec{v}_1 и \vec{v}' совпадает. Ось x примем вдоль направления скорости \vec{v}_1 :

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) * v';$$

$$v' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

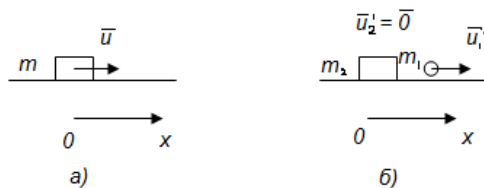


Рисунок 1.2 – Схематический чертеж к задаче 5

$$[v] = \frac{кг * м / с}{кг} = м / с,$$

$$v = \frac{0,04 * 500}{200} = 0,1 (м / с).$$

О т в е т: $v = 0,1 (м / с).$

Задача 6. В школьном опыте с мертвой петлей шарик массой t отпущен с высоты $h = 3r$ (где r – радиус петли). С какой силой давит шарик в нижней и верхней точках петли (рис. 3, а, б, в)?

Д а н о:

Мертвая петля:
 $h = 3r$
 $m = m$ (рис. 3, б).
 F_A -?
 F_B -?

Р е ш е н и е:

На высоте h шарик обладает потенциальной энергией. В точке А часть потенциальной энергии перешла в энергию кинетическую. Применяя закон сохранения энергии, запишем равенство энергии, тела на высоте h и в точке А:

$$mg3r = mg2r + \frac{mv_A^2}{2}$$

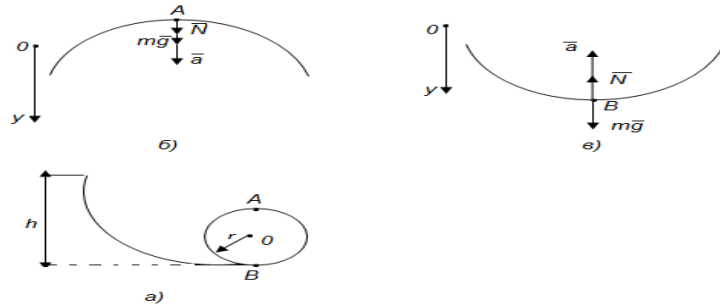


Рисунок 1.3 - Схематический чертеж к задаче 6

Отсюда определяется скорость шарика в точке А:

$$3gr = 2gr + \frac{v_A^2}{2};$$

$$gr = \frac{v_A^2}{2}; v_A = \sqrt{2gr}.$$

Запишем уравнение движения шарика для точки А:

$$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a};$$

$$mg + N = ma;$$

$$N = ma - mg;$$

$$F_A = m \left(\frac{v_A^2}{r} - g \right) = mg.$$

На основе закона сохранения энергии запишем равенство энергии тела на высоте h и в точке В (см. рис. 3, в) :

$$mg3r = \frac{mv_B^2}{2};$$

$$v_B^2 = 6gr.$$

Уравнение движения шарика для точки В:

$$m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a};$$

$$mg - N = -ma;$$

$$N = mg + ma = m(g + a) = m \left(g + \frac{v_B^2}{r} \right);$$

$$F_B = N = m \left(g + \frac{v_B^2}{r} \right) = 7mg;$$

О т в е т: $F_A = mg; F_B = 7mg$

Задача 7. Груз массой 25 кг висит на шнуре длиной 2,5 м. На какую наибольшую высоту можно отвести в сторону груз, чтобы при дальнейших свободных колебаниях шнур не оборвался? Прочность шнура на разрыв 550 Н.

Д а н о:	Р е ш е н и е:
Свободное колебание груза: $m = 25 \text{ кг}$ $l = 2,5 \text{ м}$ $F_A = 550 \text{ Н}$ $h - ?$	На основе закона сохранения и превращения энергии можно записать (рис. 4): $mgh = \frac{mv^2}{2};$ $v^2 = 2gh;$ $m\vec{g} + \vec{F}_H = m\vec{a};$

$$mg - F_H = -ma;$$

$$mg - F_H = -\frac{mv^2}{l};$$

$$-mg + F_H = \frac{2gm}{l}h;$$

$$h = \frac{(F_H - mg) \cdot l}{2gm}.$$

Полученный результат решения в общем виде проверим действиями с единицами:

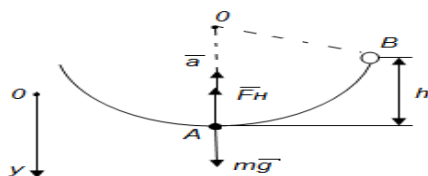


Рисунок 1.4 - Схематический чертеж к задаче 7

$$[h] = \frac{(H-H) \cdot M}{M/c^2 \cdot \text{кг}} = \frac{H \cdot M}{H} = M,$$

$$h = \frac{(550 - 25 \cdot 10) \cdot 2,5}{2 \cdot 10 \cdot 25} = \frac{750}{500} = 1,5 \text{ (м)}.$$

О т в е т: $h = 1,5 \text{ (м)}$.

Задача 8. Найдите скорость v вылета снаряда из пружинного пистолета массой t при выстреле вертикально вверх, если жесткость пружины равна k , а сжатие равно x . Одинаковую ли скорость приобретет снаряд при выстреле горизонтально и вертикально вверх?

Д а н о:	Р е ш е н и е:
Снаряд (движение вертикально вверх): $m = m$ $k = k$ $x = x$ $v - ?$ $(v_2 = v_0) - ?$	Сжатая пружина обладает потенциальной энергией, которая расходуется на совершение работы по преодолению силы тяжести снаряда и сообщению ему кинетической энергии. Потенциальная энергия пружины равна работе переменной силы упругости на перемещение x : $F_{\text{упр}} = -kx;$ $F_{\text{упр}} = \frac{kx}{2};$ $E_n = A = F_{\text{упр}}x = \frac{kx^2}{2};$ $\frac{kx^2}{2} = mgx + \frac{mv^2}{2};$

$$\frac{kx^2}{2} - mgx + \frac{mv^2}{2}; v = \sqrt{\frac{x(kx-2mg)}{m}}$$

Правильность полученного результата целесообразнее проверить действиями с единицами:

$$[v] = \sqrt{\frac{\text{М} * (\text{Н}/\text{М} * \text{М} - \text{кг} * \text{М}/\text{с}^2)}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} * \text{М} - \text{Н} * \text{М}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} * \text{М}^2/\text{с}^2}{\text{кг}}} = \text{м}/\text{с}.$$

При выстреле вертикально вверх снаряд приобретает меньшую скорость. При этом часть потенциальной энергии расходуется на совершение работы по преодолению силы тяжести [41].

Нами были разработаны тестовые задания (Приложение А), которые были использованы на уроке физике в 9 классе. По итогам проведения теста мы выяснили, что основные затруднения у учащихся вызывают задания, где требуется: перевод данных в систему СИ, знание формул. Также у детей возникли затруднения с нахождением полной механической энергии.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод о том, что изучение законов сохранения не является легко усваиваемым. Поэтому необходимо обратить на его изучение большое количество времени и уделить ему должное внимание.

2.4 Лабораторные работы на законы сохранения в механике

Лабораторная работа №1

В курсе средней школы рассматриваются только два закона сохранения – закон сохранения импульса и закон сохранения энергии. Эта работа будет посвящена рассмотрению демонстраций, позволяющих глубже усвоить эти законы.

При проведении демонстрационных опытов, иллюстрирующих закон сохранения импульса, основную трудность составляет сообщение телам определенных импульсов до начала их взаимодействия, так как эксперименты обычно проводятся вручную.

Закон сохранения и превращения энергии иллюстрируется обычно с помощью различных маятников: пружинного, математического, Максвелла, Галилея.

Оборудование: комплект «Механика», пружинный маятник, маятник Максвелла, маятник Галилея.

I. Продемонстрируйте закон сохранения импульса тела.

1. Два упругих шара равной массы подвесьте бифилярным подвесом так, чтобы они касались друг друга (рис. 12).



Рисунок 12 - Два упругих шара равной массы

Отведите один из маятников на некоторый угол и отпустите. Обратите внимание на то, что второй маятник после соударения с первым отклонится на такой же угол.

Проведите этот же опыт, взяв шары, масса которых отличалась бы, например, в 2 раза. Повторите опыт. На какой угол в этом случае отклонится второй шар после соударения?

2. Проведите аналогичный эксперимент, взяв два одинаковых шара, сделанных из неупругого материала (например, из пластилина). Как будет вести себя система маятников после соударения?

II. Проиллюстрируйте закон сохранения и превращения механической энергии.

Демонстрацию проведите, используя пружинный маятник, маятники Галилея и Максвелла.

III. Изучите законы сохранения импульса и энергии на примере задачи о соударении шаров.

1. Соберите установку (рис. 13) из деталей комплекта «Механика».

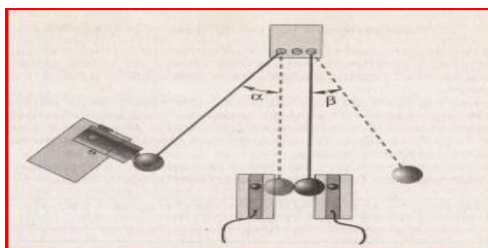


Рисунок 13 – Установка из деталей комплекта «Механика»

Используя такую схему проведения Эксперимента, можно не только убедиться в справедливости закона сохранения импульса, но одновременно проиллюстрировать закон сохранения энергии.

На металлической доске установите держатель с осями для закрепления шаров, предварительно поместив под нее транспортер с ответами. Подвесьте на оси два шара равной массы. Отклоните один из шаров на некоторый угол α ($15...30^\circ$) и разместите на металлической доске электромагнит. Прикрепите к доске также два оптодатчика. Убедитесь, что центры шаров и оптодатчиков расположены на одной высоте.

В начальный момент один из шаров удерживается электромагнитом, затем питание магнита отключается, шар отпускается и начинает двигаться по дуге окружности до столкновения со вторым шаром. Перед столкновением шар проходит мимо оптодатчика и компьютер регистрирует скорость шара. Затем шар сталкивается со вторым шаром, второй шар приходит в движение и отклоняется на угол β , который можно зарегистрировать с помощью транспортера. Скорость второго шара непосредственно после столкновения с первым регистрируется вторым датчиком.

Измерение скорости шаров в данном опыте осуществляется следующим образом. Шар, проходя мимо оптодатчика, на некоторое время перекрывает луч света. Этот интервал времени регистрируется компьютерной системой. Затем рассчитывается скорость шара при прохождении мимо оптодатчика: $v = D/\Delta t$, где D – диаметр шара.

Для проведения эксперимента запустите программу «L-digit.exe» и в появившемся на экране списке выберите лабораторную работу «Упругий удар

(опыт 1)». Присоедините оптодатчики к каналу 1 и 2, определите, какой из датчиков соответствует левой развертке. Для этого запустите режим измерения и перекройте датчик каким-либо предметом.

После этого как все подготовлено для проведения опыта, нажмите клавишу «Enter». В момент нажатия этой клавиши электромагнит отключится, а шар начнет двигаться. На экране компьютера будут зафиксированы два интервала времени, соответствующие первому и второму шарам.

Эксперимент следует провести несколько раз, изменяя углы отклонения первого шара. Данные занесите в таблицу.

Таблица 2 - Данные измерения

α	$m_1 = m_2$	$\Delta t_1, \text{с}$	$\Delta t_2, \text{с}$	$v_1, \text{м/с}$	$v_2, \text{м/с}$	$E_1, \text{Дж}$	$E_2, \text{Дж}$

2. Проведите аналогичный эксперимент с шарами разной массы. Рекомендуется шар меньшей массы использовать в качестве первоначально отклоняемого. Почему?

IV. Продемонстрируйте опыт «Двойной конус на наклонных рельсах».

Этот опыт, как правило, вызывает у неподготовленных наблюдателей недоумение, так как на первый взгляд поведение двойного конуса противоречит представлениям о движении по наклонной плоскости. Однако объяснение этого поведения достаточно простое и может быть дано даже на начальном этапе обучения физике.

Для изготовления двойного конуса потребуются две одинаковые пластиковые бутылки с конической верхней частью. Отрежьте конические части бутылок так, чтобы захватить 2-3 мм цилиндрической части, затем соберите двойной конус так, как показано на рисунке (часть B следует надеть на часть A) (рис. 14)

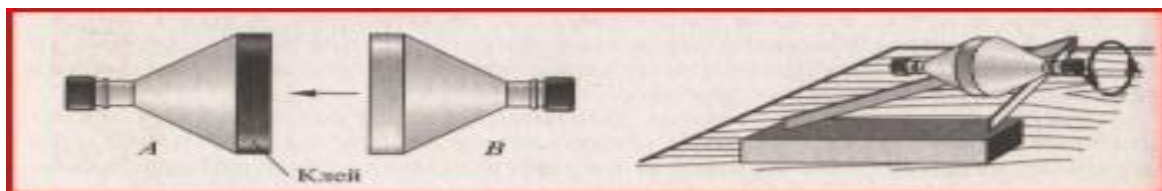


Рисунок 14 – Двойной конус

Рисунок 15 - Две линейки, поставленных «на ребро» и скрепленных липкой лентой

Затем из двух линеек, поставленных «на ребро» и скрепленных липкой лентой, делают наклонные рельсы. Подложите под нескрепленные концы линеек брусок или толстую книгу. Высота определяется экспериментально (рис. 15)

Проделайте опыт: возьмите изготовленный конус, положите на рельсы в нижней их части, отпустите его. Куда будет катиться конус? В чем причина такого странного его поведения? Объясните результаты опыта, воспользовавшись законом сохранения энергии [25].

Лабораторная работа №2

Цель работы: сравнить две величины – уменьшение потенциальной энергии прикрепленного к пружине тела при его падении и увеличение потенциальной энергии растянутой пружины.

Средства измерения: 1) динамометр, жесткость пружины которого равна 40 Н/м ; 2) линейка измерительная; 3) груз из набора по механике; масса груза равна $(0,100 \pm 0,002) \text{ кг}$.

Оборудование: 1) фиксатор; 2) штатив с муфтой и лапкой.

Для работы используется установка, показанная на рисунке 16. Она представляет собой укрепленный на штативе динамометр с фиксатором 1. Пружина динамометра заканчивается проволочным стержнем с крючком. Фиксатор (в увеличенном масштабе он показан отдельно – помечен цифрой 2) – это легкая пластинка из пробки (размерами $5 \times 7 \times 1,5 \text{ мм}$), прорезанная ножом до ее центра. Ее насаживают на проволочный стержень динамометра. Фиксатор должен перемещаться вдоль стержня с небольшим трением, но трение все же

должно быть достаточным, чтобы фиксатор сам по себе не падал вниз. В этом нужно убедиться перед началом работы. Для этого фиксатор устанавливают у нижнего края шкалы на ограничительной скобе. Затем растягивают и отпускают.

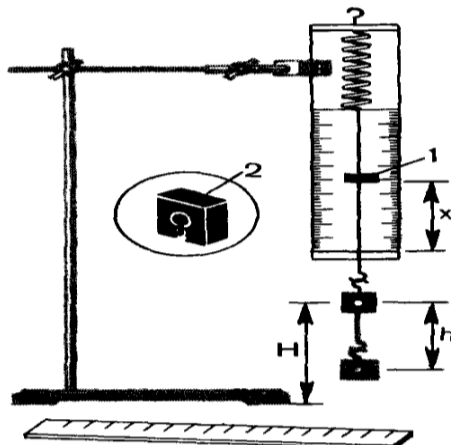


Рисунок 16 - укрепленный на штативе динамометр с фиксатором 1

Фиксатор вместе с проволочным стержнем должен подняться вверх, отмечая этим максимальное удлинение пружины, равное расстоянию от упора до фиксатора.

Если поднять груз, висящий на крючке динамометра, так, чтобы пружина не была растянута, то потенциальная энергия груза по отношению, например, к поверхности стола равна mgH . При падении груза (опускание на расстояние $x = h$) потенциальная энергия груза уменьшится на $E_1 = mgh$, а энергия пружины при ее деформации увеличивается на $E_2 = \frac{kx^2}{2}$.

Порядок выполнения работы:

1. Груз из набора по механике прочно укрепите на крючке динамометра.
2. Поднимите рукой груз, разгружая пружину, и установите фиксатор внизу у скобы.
3. Отпустите груз. Падая, груз растянет пружину. Снимите груз и по положению фиксатора измерьте линейкой максимальное удлинение x пружины.

4. Повторите опыт пять раз.

5. Подсчитайте $E_{1cp} = mgh_{cp}$ и $E_{2cp} = \frac{kx_{cp}^2}{2}$

6. Результаты занесите в таблицу:

Таблица 3 Данные измерения

Номер опыта	x_{max} , М	$x_{cp} = h_{cp}$	E_{1cp} , Дж	E_{2cp} , Дж	$\frac{E_{1cp}}{E_{2cp}}$

7. Сравните отношение $\frac{E_{1cp}}{E_{2cp}}$ с единицей и сделайте вывод о погрешности, с которой был проверен закон сохранения энергии [6].

2.5 Демонстрационный эксперимент на законы сохранения в механике

ОПЫТ 1 Переход потенциальной энергии в кинетическую и обратно

Оборудование: 1) гиря массой в 1 кг, 2) пружина от ведерка Архимеда, 3) грузик массой 50 или 100 г с крючком, 4) шарик стальной от шарикоподшипника, 5) трубка стеклянная 50-70 см, 6) наковальня, 7) прибор по кинематике и динамике, 8) штатив универсальный, 9) нить, 10) дощечка деревянная, 11) гвоздь длиной 3-4 см, 12) пластилин.

Явление перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно достаточно показать на следующих четырех опытах.

1. Пружинный маятник из пружины от «Ведерка Архимеда» и гири в 1 кг подвешивают на штативе, приводят в колебание и предоставляют учащимся в течение некоторого времени наблюдать за медленными колебаниями груза. Затем останавливают груз и, взяв его в руку, помещают то в среднее, то в верхнее, то в нижнее положение. Одновременно указывают силы, действующие на груз в каждом из этих положений, скорости его движения, а также взаимные превращения кинетической и потенциальной энергии груза и пружины.

В этом опыте затухание колебаний невелико. Поэтому на нем не следует пока останавливать внимание учащихся. Колебания гири надо прекращать раньше, чем станет заметным уменьшение амплитуды [16].

2. Грузик, подвешенный на нити к раме классной доски, отклоняют на угол 45° и наблюдают его колебания в плоскости, параллельной плоскости доски. Затем отмечают на доске мелом нижнее и верхнее положения грузика и через эти метки проводят горизонтальные прямые.

Далее отклоняют грузик до отмеченного верхнего уровня и пускают его. Грузик, пройдя через нижнее положение, вновь достигает прежнего уровня.

Опыт повторяют, но в плоскости качаний маятника устанавливают задержку (к доске привязывают карандаш или иной стержень). Показывают, что в этом случае нить огибает задержку, но грузик поднимается на прежнюю высоту [11].

3. На одной из тележек прибора по кинематике и динамике устанавливают прилагаемый к прибору ворот с грузами. Конец нити от ворота пропускают через отверстие в платформе тележки и зацепляют за ось колесной пары.

Поворачивая колеса, наматывают нить на ось, пока грузы не поднимутся до самого ворота. Ставят тележку на рельсы и наблюдают, как грузы, опускаясь, приводят ее в ускоренное движение.

Когда нить начнет вновь наматываться на ось, движение замедляется и тележка останавливается. Грузы при этом оказываются поднятыми уже на меньшую высоту. Опыт иллюстрирует переход потенциальной энергии поднятых грузов в кинетическую энергию движущейся тележки и обратно.

Для этого опыта необходимо просверлить два отверстия: диаметром 8-9 мм в платформе тележки и диаметром 1-2 мм в оси. Для увеличения вращающего момента на ось надо надеть разрезанный вдоль отрезок резиновой трубки с толщиной около 2 мм.

4. На стальной хорошо закаленной наковальне устанавливают стеклянную трубку длиной около 70 см, пропустив ее через лапку штатива. В

трубку опускают стальной шарик от шарикоподшипника (внизу трубку надо придерживать рукой). Упав на наковальню, шарик подпрыгивает и после нескольких подскоков останавливается. На этом опыте показывают превращение потенциальной энергии шарика в кинетическую, а затем во внутреннюю энергию стали, постепенное рассеяние энергии (затухание колебаний).

Чтобы сконцентрировать внимание на этом последнем явлении на наковальню кладут кусок картона и повторяют опыт. Шарик при падении подпрыгивает на значительно меньшую высоту. Затем на наковальню кладут дощечку из мягкого дерева (липа, осина, ель), в которую предварительно на одну четверть длины вбивают небольшой гвоздик. Брошенный в трубку шарик ударяет в шляпку гвоздя и вбивает его дальше в дерево. При этом никакого подскока не наблюдается – шарик останавливается сразу. В этом случае работа, произведенная шариком против силы трения, полностью переводит кинетическую энергию шарика во внутреннюю энергию. Гвоздь можно заменить плиткой из пластилина и повторить опыт. Шарик также сразу останавливается, иллюстрируя превращение кинетической энергии во внутреннюю энергию пластилина. Чтобы шарик не прилипал к пластилину, на последний кладут листок бумаги [39].

ОПЫТ 2 Изменение энергии тела равно совершенной работе

Оборудование: 1) динамометр пружинный от прибора по кинематике и динамике, 2) груз массой в 50 г, 3) метр демонстрационный, 4) штатив универсальный.

Рассматривая работу как процесс превращения энергии, полезно показать, что количество превращенной энергии равно величине работы, совершенной при этом превращении. Опыт надо подставить так, чтобы необратимые потери энергии, не поддающиеся учету, были как можно меньше и не оказывали заметного влияния на результаты. Этим требованиям вполне соответствует установка, изображенная на рисунке 17. Она состоит из динамометра, зажатого вертикально в лампе штатива, и подвешенного к его

нити грузика массой в 50 г. Опыт обычно проводят в такой последовательности.

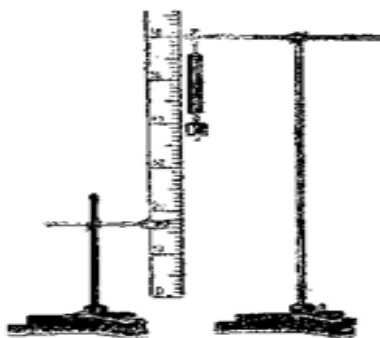


Рисунок 17 - Динамометр, зажатый вертикально в лампе штатива, и подвешенный к его нити грузика массой в 50 г

Грузик, висящий на нити, поднимают вплотную к втулке динамометра и опускают. При своем падении он растягивает пружину динамометра. Чтобы достаточно точно определить максимальную величину силы, растягивающей пружину, опыт повторяют несколько раз, фиксируя взгляд на том месте шкалы, где на одно мгновение останавливается указатель. Пусть эта сила оказалась равной 1,4 н.

Далее с помощью демонстрационного метра измеряют расстояние, пройденное указателем. По полученным данным определяют работу растяжения пружины: $A = \frac{1,4 \text{ н}}{2} * 0,38 \text{ м} = 0,266 \text{ дж} \approx 0,27 \text{ дж}$.

Затем оттягивают грузик вниз, пока динамометр не покажет 140 Г, и измеряют высоту, с которой падал груз, т.е. расстояние от крючка груза до втулки динамометра. Если это расстояние равно 54 см, то легко подсчитать уменьшение потенциальной энергии груза: $E_n = 0,5 \text{ н} * 0,54 \text{ м} = 0,27 \text{ дж}$.

Таким образом, при превращении потенциальной энергии поднятого груза в энергию растянутой пружины работа по растяжению пружины равна количеству превращенной энергии $A = E_n$ [16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был проведен научно-методический анализ законов сохранения импульса и полной механической энергии, основных понятий и определений по данной теме. Были изучены программы и школьные учебники, рассмотрена методика изучения законов сохранения в механике, выявлена значимость законов сохранения при изучении физики. Выводы в данной работе сделаны на основе проработки многих источников учебной и учебно-методической литературы. Была рассмотрена методика решения задач по данной теме, приведены лабораторные работы и демонстрационный эксперимент.

В работе использовались такие методы исследования, как изучение научно-методической литературы, анализ школьных учебников, беседа с учителями и преподавателями с целью выявления типичных ошибок допускаемых учащимися при решении задач по исследуемой теме.

Поставленные в работе цели и задачи были достигнуты.

Нашей работой могут воспользоваться студенты, идущие на практику, а также учителя физики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анофрикова С.В. Прояненкова Л.А. Методическое руководство по разработке фрагментов уроков с использованием учебного физического эксперимента. – М., 2005. – 195 с.
2. Антипин И.Г. Экспериментальные задачи по физике в 6 – 7 классах. – М., 2011. – 132 с.
3. Анциферов Л.И., Пищиков И.М. Практикум по методике и технике школьного физического эксперимента. – М., 2001. – 244 с.
4. Бабанский Ю.К. Оптимизация процесса обучения. – М.: Просвещение, 2001. – 197 с.
5. Балаш В.А. Задачи по физике и методы их решения. Изд. 3-е, переработанное и исправленное. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 2001. – 430 с.
6. Бакушинский В.Н. Организация лабораторных работ по физике в средней школы. – М., 2009. – 190 с.
7. Беликов Б.С. Решение задач по физике. Общие методы. – М.: Высшая школа, 2002. – 303 с.
8. Бенерджи Р.Л. Теория учебных задач. – М.: Мир, 2005. – 87 с.
9. Бударный А.И. Какой урок можно считать современным // Народное образование. – 2004. – 247 с.
10. Буров В.А., Никифоров Г.Г. Фронтальные лабораторные задания по физике. – М.: Просвещение, 2000. – 202 с.
11. Буров В.А. Фронтальные экспериментальные задания по физике (в 8 классе). – М.: Просвещение, 2001. – 206 с.
12. Буров В.А. Фронтальные экспериментальные задания по физике (в 9 классе). – М.: Просвещение, 2002. – 301 с.
13. Бутырский Г.А., Сауров Ю.А. Экспериментальные задачи по физике. – М.: Просвещение, 2001. – 157 с.

14. Вигнер Э. Инвариантность и законы сохранения энергии. – М.: Издательство «Эдиториал», 2002. – 357 с.
15. Галанин Д.Д., Горячкин Е.Н., Жарков С.Н., Павша А.В., Сахаров Д.И. Физический эксперимент в школе: В 4 т. – М., 2003. – 132 с.
16. Галанин Д.Д. Физический эксперимент в школе. – Т. III, IV: Электричество. – 2-е изд. – М., 2013. – 94 с.
17. Гершензон Е.М., Малов Н.Н. Курс общей физики: Механика. – М.: Просвещение, 2007. – 127 с.
18. Глазунов А.Т., Нурминский И.И., Пинский А.А. Методика преподавания физики в средней школе: Электродинамика нестационарных процессов. Квантовая физика. – М.: Просвещение, 2008. – 297 с.
19. Голин Г.М. Вопросы методологии физики в средней школе. – М.: Просвещение, 2002. – 200 с.
20. Даминов Р.М., Даминов Р.В., Даминов Р.В. Физический эксперимент. Это просто! – Казань, 2000. – 184 с.
21. Дружинин В.В., Контров Д.С. Идея, алгоритм, решение. – М.: Воениздат, 2000. – 349 с.
22. Каменецкий С.Е., Орехов В.П. Методика решения задач по физике в средней школе. – М.: Просвещение, 2008. – 386 с.
23. Каменецкий С.Е., Пурышева Н.Е. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы. – М.: Академия, 2000. – 384 с.
24. Каменецкий С.Е., Пурышева Н.Е. Теория и методика обучения физике в школе: Частные вопросы. – М.: Академия, 2000. – 384 с.
25. Каменецкий С.Е., Степанов С.В., Петрова Е.Б. и др. Лабораторный практикум по теории и методике обучения физике в школе. – М.: Академия, 2002. – 384 с.
26. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. – М.: Просвещение, 2004. – 191 с.
27. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики, Т.1, Механика. Теплота. Молекулярная физика. – М.: Просвещение, 2010. – 608 с.

28. Лукашик В.И. Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений / Лукашик В.И., Иванова Е.В. – 17-е изд. – М.: Просвещение, 2004. – 191 с.
29. Малафеев Р.И. Проблемное обучение в средней школе. – М.: Просвещение, 2000. – 127 с.
30. Мощанский В.И., Савелова Е.В. История физики в средней школе. – М.: Просвещение, 2009. – 232 с.
31. Мултановский В.В. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе. – М.: Просвещение, 2010. – 101 с.
32. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 10 класс: учебник – 20-е издание. – М.: Просвещение, 2011. – 186 с.
33. Орехова В.П., Усова А.В. Методика преподавания физики в 8 – 10 классах средней школы. – М.: Просвещение, 2001. – 243 с.
34. Объедков Е.С. Ученический эксперимент на уроках физики. – М.: Просвещение, 2001. – 240 с.
35. Перышкин А.В. Физика 7 кл.: Учебник для общеобразовательных Учреждений / Перышкин А.В. – 11-е изд. – М.: Дрофа, 2007. – 91 с.
36. Перышкин А.В. Физика 8 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – 3-е изд. – М.: Дрофа, 2001. – 103 с.
37. Перышкин А.В. Физика 9 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений / Перышкин А.В., Гутник Е.М. – 5-е изд. – М.: Дрофа, 2002. – 122 с.
38. Пойа Д. Как решать задачу. – М.: Учпедгиз, 2010. – 92 с.
39. Покровский А.А. Демонстрационный эксперимент по физике в старших классах средней школы. Т. I. Механика, теплота. – М.: Просвещение, 2011. – 303 с.
40. Полянский С.Е. Поурочные разработки по физике. 7 класс. – М.: Вако, 2003. – 199 с.
41. Рымкевич А.П., Рымкевич П.А. Сборник задач по физике. – 8 – 10 классов средней школы. - М.: Просвещение, 2011. – 140 с.

42. Савельев И.В, Курс общей физики, том 1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика. – М.: Издательство «Наука», 2007 – 352 с.
43. Свитков Л.П. Изучение термодинамики и молекулярной физики. – М.: Просвещение, 2005. – 241 с.
44. Свитков Л.П. Термодинамика и молекулярная физика. – М.: Просвещение, 2012. – 260 с.
45. Соколов И.И. Методика преподавания физики. – М.: Учпедгиз, 2013. – 169 с.
46. Шевцов В.А. Законы сохранения в механике. – М.: Просвещение, 2003. – 263 с.
47. Шилов В.Ф. Физический эксперимент по курсу «Физика и астрономия». – М.: Просвещение, 2000. – 241 с.
48. Чеботарева А.В. Тесты по физике: 7 класс: к учебнику Перышкина А.В. «Физика 7 класс»: учебник для общеобразовательных учреждений / Чеботарева А.В. – 4-е изд. – М.: Издательство «Экзамен», 2011. – 354 с.
49. Эвенчик Э.Е., Шамаш С.Я., Орлов В.А. Методика преподавания физики в средней школе: Механика. – М.: Просвещение, 2007. – 273 с.
50. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики. – М.: Наука, 2002. – 102 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Тестовые задания

Законы сохранения

Задания на 1 балл

- Какая из перечисленных величин является векторной?
А) масса; Б) путь; В) импульс; Г) время.
- Импульс первой материальной точки равен \vec{P}_1 , второй - \vec{P}_2 . Чему равен полный импульс двух материальных точек?
А) $P_1 + P_2$; Б) $P_1 - P_2$; В) $\vec{P}_1 + \vec{P}_2$; Г) $\vec{P}_1 - \vec{P}_2$.
- Выберите условия выполнения закона сохранения импульса
А) во внешнем поле сил; Б) в замкнутой системе сил;
В) в неинерциальной системе отсчета.
- Какое выражение соответствует закону сохранения импульса?
А) $P = m\vec{v}$; Б) $F\Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$; В) $m_1\vec{v}_1 - m\vec{v}_0$;
Г) $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$.
- Железнодорожный вагон массой m движущийся со скоростью v , сталкивается с неподвижным вагоном массой $2m$ и сцепляется с ним. Каким суммарным по модулю импульсом обладают два вагона после столкновения?
А) mv ; Б) $2mv$; В) $3mv$; Г) 0 .
- Какая из предложенных формул выражает теорему о кинетической энергии тел?
А) $A = E_{k2} + E_{k1}$; Б) $A = E_{k2} - E_{k1}$; В) $A = mv^2 - mv_0^2$; Г) $A = E_{p2} - E_{p1}$.
- При какой величине угла между направлением вектора силы и направлением вектора перемещения тела работа силы, совершающей это перемещение, равна 0 ?
А) 0° ; Б) 45° ; В) 90° ; Г) 180° .
- Какое из приведенных выражений является единицей измерения работы?
А) $1 \text{ Дж}/\text{с}$; Б) 1 Н ; В) $1 \text{ Н}\cdot\text{с}$; Г) 1 Дж .

9. По какой формуле следует рассчитывать работу, совершаемую силой \vec{F} , если угол между направлениями силы и перемещения \vec{S} равен α ?

- А) $\frac{F}{S} \cos \alpha$; Б) $FS \cdot \cos \alpha$; В) $FS \cdot \sin \alpha$.

10. На рисунках представлены три варианта взаимного расположения вектора силы \vec{F} , действующей на тело, и скорости тела при прямолинейном движении. В каком случае величина работы, совершаемой силой \vec{F} , имеет отрицательное значение?



- А) 1; Б) 2; В) 3; Г) ни в одном случае.

11. Тело массой m движется со скоростью v . Каков импульс тела?

- А) $\frac{mv^2}{2}$; Б) $\frac{mv^2}{2}$; В) mv^2 ; Г) $\frac{mv}{2}$.

12. Тело массой m движется со скоростью v . Какова кинетическая энергия тела?

- А) $\frac{mv^2}{2}$; Б) $2mv^2$; В) $\frac{mv}{2}$; Г) mv .

13. Тело массой m поднято над поверхностью земли на высоту h . Какова потенциальная энергия тела?

- А) mg ; Б) mgh ; В) mh ; Г) $\frac{mg}{h}$.

14. Пружина жесткостью k под действием силы \vec{F} растянута на x метров. Какова потенциальная энергия упругой деформированной пружины?

- А) kx ; Б) kx^2 ; В) $\frac{kx}{2}$; Г) $\frac{kx^2}{2}$.

15. Тело движется под действием силы F . Вектор силы направлен параллельно вектору скорости и совпадает с ним по направлению. Выберите формулу для вычисления работы, совершаемой силой на отрезке пути l .

- А) $F \cdot l$; Б) $Fl \sin \alpha$; В) $Fl \cos \alpha$; Г) 0.

16. Тело массой m движется под действием силы F с ускорением a в течение времени t . Чему равен импульс силы, действующей на тело?

- А) FS ; Б) ma ; В) mv ; Г) Ft .

17. Как изменится кинетическая энергия тела, если сила, приложенная к нему, совершает положительную работу?

- А) не изменится; Б) уменьшится; В) увеличится; Г) равна 0.

18. Тележка массой 100 г. движется равномерно по горизонтальной поверхности со скоростью 5 м/с. Чему равен ее импульс?

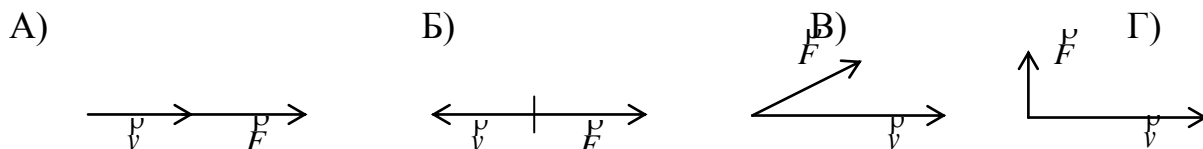
- А) $0,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; Б) $5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$; В) $50 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

19. Какое из приведенных выражений соответствует закону сохранения механической энергии?

- А) $A = mgh_2 - mgh_1$; Б) $\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$; В) $m_1v_2 - m_2v_1 = F\Delta t$;

Г) $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$.

20. На рисунках представлены различные варианты взаимного расположения вектора: силы действия на тело F и скорости тела v . В каком случае работа, совершаемая силой F будет равна 0?



21. Выберите единицу для измерения энергии.

- А) $1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}^2$; Б) 1 Н; В) 1 Дж.

22. Какая из приведенных формул определяет потенциальную энергию деформированной пружины?

- А) $\frac{mv^2}{2}$; Б) $\frac{kx^2}{2}$; В) mgh .

23. Как связана потенциальная энергия тела с работой силы тяжести?

- А) $A = -(mgh_2 - mgh_1)$; Б) $A = (mgh_2 - mgh_1)$; В) $A = E_{k2} - E_{k1}$;
Г) $A = mgh_2 + mgh_1$.

24. На каком этапе движения искусственного спутника Земли его потенциальная энергия не изменяется?

- А) при выводе спутника на орбиту с помощью ракеты;
Б) при движении по круговой орбите; В) при спуске на Землю.

25. При взрыве снаряда массой m летевшего горизонтально со скоростью v , образовалось 10 осколков. Чему равна их суммарная кинетическая энергия?

- А) 0; Б) $5mv^2$; В) $\frac{mv^2}{2}$.

26. В замкнутой системе, в котором действуют только силы тяготения и силы упругости, сохраняются:

- А) только импульс системы взаимодействующих тел;
Б) только механическая энергия системы тел;
В) импульс и механическая энергия системы тел;
Г) ни импульс, ни механическая энергия системы тел.

27. С тележки, груженной кирпичом и движущейся горизонтально, упал кирпич. Как изменилась кинетическая энергия тележки?

- А) увеличилась; Б) уменьшилась; В) не изменилась.

28. Шарик, подвешенный на нити, совершает колебания. Сопротивление воздуха и сила трения сравнительно малы. На всем протяжении движения остается без изменения:

- А) полная механическая энергия; Б) потенциальная энергия;
В) кинетическая энергия.

29. Какая энергия сохраняется в любой замкнутой системе тел, если между телами действуют силы взаимного тяготения или силы упругости?

- А) потенциальная энергия; Б) кинетическая энергия;
В) полная механическая энергия;

30. Выберите единицы измерения мощности.

- А) 1 Вт; Б) 1 Дж; В) 1 Дж·с.

Задания на 2 балла

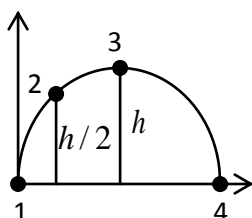
31. Какие из названных сил имеют электромагнитную природу?

- А) только сила всемирного тяготения; Б) только сила упругости;
 В) только сила трения; Г) сила упругости и сила трения.

32. При выстреле из автомата вылетает пуля массой m со скоростью v . Какой импульс приобретет после выстрела автомат, если его масса в 500 раз больше массы пули?

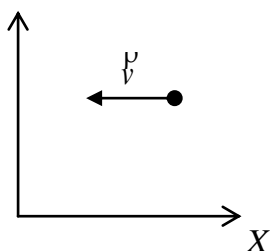
- А) mv ; Б) $500 mv$; В) $\frac{mv}{500}$; Г) 0.

33. На рисунке представлена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой точке траектории сумма кинетической и потенциальной энергии имеет минимальное значение?



- А) во всех точках одинакова; Б) 1;
 В) 2; Г) 4;

34. Материальная точка летит в направлении неподвижной стенки со скоростью v , перпендикулярной стене. Происходит абсолютно упругий удар. Найдите изменение проекции импульса точки на ось X .



- А) 0; Б) mv ;
 В) $2mv$; Г) $-mv$;

35. Чему равна кинетическая энергия тела массой 200 г., движущегося со скоростью 3 м/с.

- А) 3 Дж; Б) 6 Дж; В) 0,9 Дж; Г) 18 Дж.

36. Как изменится потенциальная энергия упруго деформированного тела при увеличении его деформации в 2 раза?

- А) уменьшится в 2 раза; Б) увеличится в 2 раза;
 В) увеличится в 4 раза; Г) уменьшится в 4 раза.

37. Как изменится потенциальная энергия тела, поднятого над Землей на высоту 2 м, при увеличении высоты еще на 6 м?

- А) не изменится; Б) увеличится в 2 раза;
В) увеличится в 3 раза; Г) увеличится в 4 раза.

38. Недеформированную пружину сжали на 10 см. Определите изменение потенциальной энергии пружины, если ее жесткость равна 90 Н/м.

- А) 0,45 Дж; Б) 4,5 Дж; В) 1,45 Дж; Г) 9 Дж.

39. Два шара с одинаковыми массами двигались навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями v . После неупругого столкновения оба шара остановились. Каково изменение суммы импульсов шаров в результате столкновения?

- А) mv ; Б) $2mv$; В) 0; Г) $-mv$.

40. Камень брошен вертикально вверх. На пути 1 м его кинетическая энергия уменьшилась на 16 Дж. Чему равна работа, совершенная силой тяжести?

- А) -16 Дж; Б) -4 Дж; В) 16 Дж; Г) 4 Дж.

41. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 20 м/с. Сопротивление воздуха сравнительно мало. Какой высоты оно достигнет?

- А) 20 м; Б) 10 м; В) 5 м; Г) 200 м.

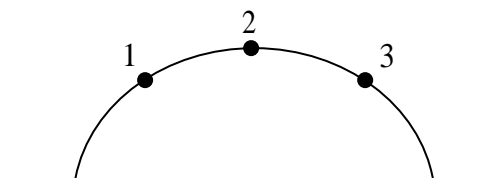
42. При вертикальном подъеме тела массой 2 кг на высоту 10 м совершается работа 240 Дж. С каким ускорением двигалось тело?

- А) 1 м/с^2 ; Б) 2 м/с^2 ; В) $2,5 \text{ м/с}^2$ Г) 3 м/с^2 .

43. Груз массой 200 кг равномерно поднимают по наклонной плоскости на высоту 10 м. Определите работу, совершенную силой тяжести (трение не учитывать).

- А) 10 кДж; Б) 15 кДж; В) 20 кДж; Г) 0.

44. На рисунке изображена траектория движения тела, брошенного под углом к горизонту. В какой из этих точек траектории кинетическая энергия тела имеет минимальное значение?

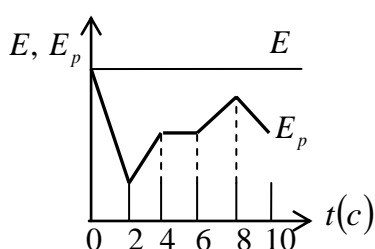


А) 1; Б) 2; В) 3.

45. При столкновении двух тел сохраняется полная механическая энергия системы. После столкновения тел $E_1' = 15 \text{ Дж}$, $E_2' = 25 \text{ Дж}$. До соударения энергия первого тела $E_1 = 5 \text{ Дж}$, а энергия второго тела E_2 равна:

А) 5 Дж; Б) 25 Дж; В) 35 Дж; Г) 15 Дж.

46. На рисунке изображен график зависимости полной механической энергии E движущегося тела и его потенциальной энергии E_p от времени. Кинетическая энергия этого тела уменьшается в промежутке времени:



А) от 0 до 4 с; Б) от 4 до 6 с;
В) от 6 до 8 с; Г) от 8 до 10 с.

47. Тело массой 5 кг спускается на 5 м за время 5 секунд. Какова мощность, развиваемая силой тяжести?

А) 250 Вт; Б) 25 Вт; В) 50 Вт; Г) 125 Вт.

48. Сила сопротивления движению автомобиля равна 20 кН. Автомобиль движется равномерно и прямолинейно со скоростью 72 км/ч. Двигатель автомобиля развивает мощность, равную:

А) 20 кВт; Б) 400 кВт; В) 1440 кВт; Г) 4000 кВт.

49. При движении автомобиля сила сопротивления оказалась пропорциональной скорости. Чтобы увеличить скорость в 2 раза, нужно мощность двигателя:

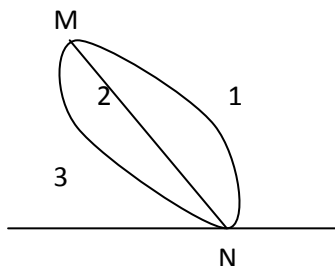
А) увеличить в 2 раза; Б) увеличить в 4 раза;
В) уменьшить в 2 раза; Г) уменьшить в 2 раза.

50. Камень массой m падает с высоты h на горизонтальную поверхность. В момент падения потенциальная энергия равна:

А) 0; Б) mgh ; В) $-mgh$.

51. Автомобиль массой 1 т, двигаясь прямолинейно, увеличил скорость от 36 км/ч до 72 км/ч. Изменение модуля импульса автомобиля равно:
- А) 36 кг·м/с; Б) $4 \cdot 10^4$ кг·м/с; В) $3,6 \cdot 10^4$ кг·м/с; Г) $1 \cdot 10^4$ кг·м/с.
52. Прямолинейное равномерное движение тела массой 2 кг вдоль оси Ox описывается уравнением $x = 2 - 8t$. Модуль импульса тела равен:
- А) 4 кг·м/с; Б) 8 кг·м/с; В) 16 кг·м/с.
53. Материальная точка двигалась по прямой под действием силы 20 Н и изменила свой импульс на 40 кг·м/с. За какое время это произошло?
- А) 1 с; Б) 2 с; В) 3 с; Г) 4 с.
54. Мальчик массой 22 кг, бегущий со скоростью 2,5 м/с, вскакивает сзади на тележку массой 12 кг. Чему равна скорость платформы с мальчиком?
- А) 1,6 м/с; Б) 2,2 м/с; В) 2 м/с; Г) 1,9 м/с.
55. На тележку массой 20 кг, движущуюся по горизонтальной поверхности со скоростью 0,1 м/с, положили кирпич массой 5 кг. Чему будет равна скорость тележки?
- А) 0,12 м/с; Б) 0,15 м/с; В) 0,08 м/с; Г) 0,05 м/с.
56. Брусok толкнули вдоль горизонтальной поверхности. Под действием силы трения он проходит до остановки 0,5 м. Чему равна начальная скорость бруска, если коэффициент трения равен 0,1.
- А) 0,5 м/с; Б) 1 м/с; В) 1,5 м/с; Г) 2 м/с.
57. Тележка массой 2 кг, движущаяся со скоростью 3 м/с, сталкивается с неподвижной тележкой массой 4 кг и сцепляется с ней. Чему будет равна скорость обеих тележек после взаимодействия?
- А) 0,5 м/с; Б) 1 м/с; В) 1,5 м/с; Г) 3 м/с.
58. Камень массой 0,3 кг был брошен вертикально вверх с некоторой начальной скоростью и, достигнув высоты 3 м, упал на Землю. Вычислите работу совершенную силой тяжести.
- А) 0; Б) 0,9 Дж; В) 9 Дж; Г) 18 Дж.

59. Лыжник может спуститься с горы от точки M до точки N по одной из траекторий, представленных на рисунке. В каком случае работа силы тяжести будет иметь максимальное значение?



- А) 1; Б) 2; В) 3;
 Г) по всем траекториям работа силы тяжести одинаковая

60. Чему равна кинетическая энергия автомобиля массой 0,5 т, движущегося со скоростью 72 км/ч?

- А) 100 Дж; Б) 10 кДж; В) 100 кДж; Г) 1 мДж.

Задания на 3 балла

61. Автомобиль движется со скоростью 10 м/с. С какой скоростью он должен двигаться для того, чтобы его кинетическая энергия увеличилась в 4 раза?

- А) 40 м/с; Б) 20 м/с; В) 5 м/с; Г) 2,5 м/с.

62. Космический корабль массой 50000 кг имеет реактивный двигатель силой тяги 100 кН. Сколько времени должен работать двигатель для изменения скорости корабля на 10 м/с?

- А) 50 с; Б) 5 с; В) $5 \cdot 10^{-2}$ с; Г) $5 \cdot 10^8$ с.

63. Автомобиль массой 1 т двигался со скоростью 20 м/с. Значение силы трения о дорожное покрытие 7000 Н. Каков минимальный тормозной путь автомобиля?

- А) ≈ 370 м; Б) ≈ 58 м; В) ≈ 37 м; Г) ≈ 29 м.

64. Человек массой 70 кг прыгнул с берега в неподвижную лодку, находящуюся у берега, со скоростью 6 м/с. С какой скоростью станет двигаться лодка вместе с человеком, если масса лодки 35 кг.

- А) 12 м/с; Б) 6 м/с; В) 4 м/с; Г) 3 м/с.

65. Камень массой 2 кг брошен вертикально вверх, его начальная кинетическая энергия 400 Дж. На какой высоте скорость камня будет равна 10 м/с? ($g \approx 10$ м/с²)

- А) ≈ 5 м; Б) 10 м; В) ≈ 15 м; Г) ≈ 19 м.

66. Тело массой 1 кг падает с высоты 5 м . Начальная скорость тела равна 0 . На расстоянии 2 м от поверхности Земли кинетическая энергия тела приблизительно равна:

А) 0 Дж ; Б) 10 Дж ; В) 20 Дж ; Г) 30 Дж .

67. Железнодорожный вагон массой m , движущийся со скоростью v , сталкивается с неподвижным вагоном массой 2 т и сцепляется с ним. С какой скоростью движутся вагоны после сцепления?

А) $3v$; Б) $\frac{v}{3}$; В) $\frac{v}{2}$; Г) $\frac{v}{\sqrt{3}}$.

68. Конькобежец массой 50 кг бросает горизонтально кирпич массой 5 кг со скоростью 1 м/с , при этом конькобежец приобретает кинетическую энергию, равную:

А) 25 Дж ; Б) 5 Дж ; В) $2,5 \text{ Дж}$; Г) $0,25 \text{ Дж}$.

69. Снаряд, летящий горизонтально со скоростью 200 м/с , разрывается на два одинаковых осколка, один из которых летит в противоположную сторону со скоростью 200 м/с . С какой скоростью летит второй осколок?

А) 200 м/с ; Б) 400 м/с ; В) 600 м/с ; Г) 800 м/с .

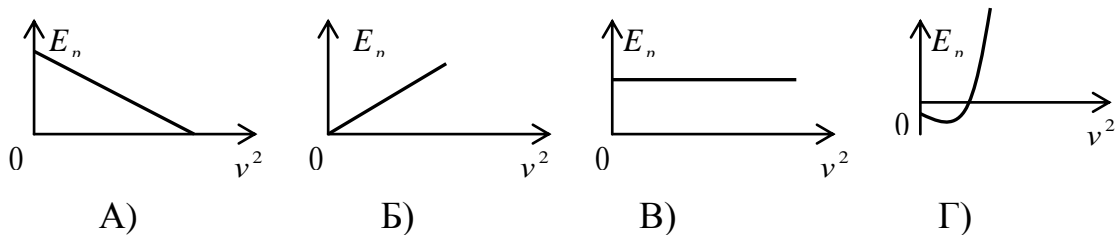
70. Сани, скатившись с горы, имели кинетическую энергию 240 Дж . Чему равна сила трения при торможении, если они двигались по горизонтальной поверхности до плотной остановки 12 м .

А) 1 н ; Б) 20 н ; В) 40 н ; Г) 100 н ; Д) 200 н ;

71. Кинетическая энергия тела 20 Дж , а импульс тела $10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Чему равна скорость тела?

А) 2 м/с ; Б) 4 м/с ; В) 5 м/с ; Г) 10 м/с .

72. Тело брошено вертикально вверх. Какой из приведенных графиков правильно отражает зависимость потенциальной энергии тела от квадрата скорости?



73. Камень массой $0,2 \text{ кг}$ брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с и упал в том же месте со скоростью 8 м/с . Найти работу сил сопротивления воздуха за время движения камня.

А) $1,8 \text{ Дж}$; Б) $-3,6 \text{ Дж}$; В) -18 Дж ; Г) 36 Дж .

74. Груз массой 50 кг свободно падает из состояния покоя в течение 10 с . Какую работу совершает сила тяжести за этот промежуток времени?

А) $2 \cdot 10^4 \text{ Дж}$; Б) $2,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$; В) $1,5 \cdot 10^4 \text{ Дж}$; Г) $2 \cdot 10^6 \text{ Дж}$.

75. Футбольный мяч массой $0,4 \text{ кг}$ свободно падает на землю с высоты 6 м и отскакивает на высоту $2,4 \text{ м}$. Сколько энергии теряет мяч при ударе о землю? (сопротивление воздуха не учитывать)

А) $25,4 \text{ Дж}$; Б) $14,4 \text{ Дж}$; В) $7,4 \text{ Дж}$; Г) $42,4 \text{ Дж}$.

76. Подъемный кран, у которого мощность двигателя 10 кВт , поднимает 5 т песка на высоту 15 м за 94 с . Каков КПД установки?

А) 50% ; Б) 69% ; В) 70% ; Г) 81% .

77. Камень массой 500 г , падая с высоты 10 м , имел в момент приземления скорость 12 м/с . Найдите работу сил сопротивления воздуха на этом пути.

А) $1,8 \text{ Дж}$; Б) $-3,6 \text{ Дж}$; В) -18 Дж ; Г) 36 Дж .

78. Шар после удара прокатился по земле 32 м . Какой скоростью обладал шар сразу же после удара, если коэффициент трения равен $0,1$?

А) 10 м/с ; Б) 12 м/с ; В) 8 м/с ; Г) 4 м/с .

79. Мяч массой $1,8 \text{ кг}$, движущийся со скоростью $6,5 \text{ м/с}$, под прямым углом ударяется в стенку и отскакивает от нее со скоростью $4,8 \text{ м/с}$. Чему равен импульс силы, действующей на мяч?

А) $18,6 \text{ Н}$; Б) $20,3 \text{ Н}$; В) $22,5 \text{ Н}$; Г) 21 Н .

80. Вагон массой 20 т движется со скоростью 1,5 м/с и встречает на пути платформу массой 10 т. Какова скорость совместного движения вагона и платформы после автосцепки?

А) 0,5 м/с; Б) 1 м/с; В) 2 м/с; Г) 2,5 м/с.

81. Два шарика массой 200 г и 100 г движутся со скоростями 4 м/с и 3 м/с соответственно. Направления движения шаров составляют друг с другом 90° . Чему равен модуль суммарного импульса шариков?

А) 0,7 кг·м/с; Б) 0,1 кг·м/с; В) 0,85 кг·м/с; Г) 0,3 кг·м/с.

82. Тело массой m брошено с горизонтальной поверхности со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Модуль изменения импульса тела за время полета равен

А) 0; Б) $2mv_0 \cos \alpha$; В) $2mv_0$; Г) $2mv_0 \sin \alpha$.

83. Материальная точка массой m равномерно движется по окружности радиусом R со скоростью v . Чему равен модуль изменения импульса за половину периода?

А) 0; Б) mv ; В) $2mv$; Г) $2mv/R$.

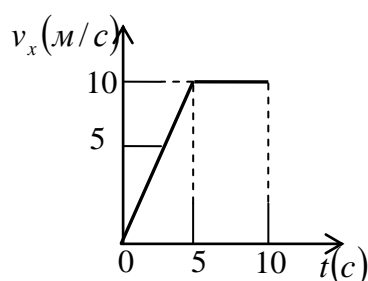
84. Тело массой m брошено горизонтально с некоторой высоты с начальной скоростью v_0 и через время t упало на землю. Чему равен модуль изменения импульса тела за время полета?

А) 0; Б) mv_0 ; В) $2mv_0$; Г) mgt .

85. Шарик массой m вертикально падает на горизонтальную плиту со скоростью v_0 и отскакивает вверх с такой же по величине скоростью. Процесс взаимодействия длится короткое время t . Чему равен модуль средней силы, действующей на плиту во время удара?

А) 0; Б) $mv_0 t$; В) $2mv_0 / t$; Г) $2mv_0 t$.

86. На рисунке изображен график зависимости проекции скорости тела от времени. Определите работу силы, действующей на тело за 10 с, если масса его 15 кг.



А) 650 Дж; Б) 700 Дж; В) 750 Дж; Г) 800 Дж.

87. Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с . На какой высоте кинетическая энергия камня равна его потенциальной энергии?

А) $2,5 \text{ м/с}$; Б) $3,5 \text{ м/с}$; В) $1,4 \text{ м/с}$; Г) $3,2 \text{ м/с}$.

88. На одном конце неподвижной длинной тележки массой m_1 стоит мальчик массой m_2 . С какой скоростью будет двигаться тележка, если мальчик побежал на другой конец тележки со скоростью v ?

А) $\frac{m_1 v}{m_1 + m_2}$; Б) $\frac{m_2 v}{m_1 + m_2}$; В) $\frac{m_1 v}{m_2}$; Г) $(m_1 + m_2)v$.

89. Спутник массой m движется по круговой орбите радиуса R вокруг Земли. Масса Земли M . Гравитационная постоянная G . Вычислите работу, совершаемую силой притяжения к Земле, действующей на спутник за половину оборота.

А) $G \frac{m\mu}{R}$; Б) $\pi G \frac{m\mu}{R}$; В) $-\pi G \frac{m\mu}{R}$; Г) 0 .

90. Брусok равномерно скользит вниз по наклонной плоскости. На некотором пути сила тяжести совершает работу A_1 и сила трения A_2 . Между этими работами справедливо соотношение:

А) $A_1 = A_2$; Б) $A_1 > A_2$; В) $A_1 < A_2$; Г) $A_1 = 2A_2$.

Ключи правильных ответов

Уровни заданий	Номера заданий и правильные ответы														
	Законы сохранения														
1 уровень (1 балл)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	В	В	Б	Г	В	Б	В	А	Б	Б	В	А	Б	Г	А
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Г	В	А	Г	Г	В	Б	А	Б	В	В	Б	А	В	А
2 уровень (2 балла)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
	Г	А	А	В	В	В	Г	А	В	А	А	Б	В	Б	В
	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	В	В	Б	А	А	Г	В	Б	А	В	Б	Б	А	Г	В
3 уровень (3 балла)	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
	Б	Б	Г	В	В	Г	Б	Г	В	Б	Б	А	Б	Б	Б
	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	Г	Б	В	Б	Б	В	Г	В	Г	В	В	А	Б	Г	Б