

«ПРАКТИКУМ ПО МЕХАНИКЕ»
(рекомендации для учителя и учащихся)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ:

- 1) ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ;
- 2) РАВНОУСКОРЕННОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ;
- 3) ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ;
- 4) ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ;
- 5) СЛОЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ;
- 6) ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА;
- 7) РАБОТА. ЭНЕРГИЯ;
- 8) ИМПУЛЬС;
- 9) ТРЕНИЕ;
- 10) ВЕС ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ С УСКОРЕНИЕМ;
- 11) ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ;
- 12) СТАТИКА.

ВВЕДЕНИЕ.

Данный программно-методический комплекс предназначен для проведения практических и факультативных занятий по механике в средней школе общего и повышенного уровня, для самостоятельной работы учащихся, подготовке к экзаменам. ПМК — своеобразный тренажер для развития физической интуиции, создания наглядных образов и представлений по изучаемым вопросам механики, для повышения интереса учащихся к физике.

Пакетом программ предусмотрено проведение компьютерных экспериментов и выполнение системы заданий. Компьютерный эксперимент позволяет увидеть развитие физического процесса во времени, управлять им, имитируя основные действия экспериментатора, наконец, получить численные данные и, обработав их так же, как это делает экспериментатор с данными реального эксперимента, получить физический результат. Причем на компьютере реализованы и такие эксперименты, постановка которых трудна или вообще невозможна в учебной лаборатории.

Выполнение предлагаемых упражнений научит отображать изучаемое явление в аналитической и графической формах, связать наглядные образы с важными теоретическими моделями.

«Практикум по механике для 9 класса» — это комплект из 12 программ по темам:

прямолинейное равномерное движение;

равноускоренное прямолинейное движение;
движение по окружности;
движение тела под действием силы тяжести;
сложение движений;
второй закон Ньютона;
закон сохранения энергии;
импульс, закон сохранения импульса;
трение;
вес тела, движущегося с ускорением;
движение жидкости и газа;
статика.

Единый интерфейс делает привычной работу с пакетом уже со второго включения.

О ПОГРЕШНОСТЯХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.

Во время проведения опыта на экране происходят видимые изменения: перемещение объекта исследования, увеличение (уменьшение) объема и т.п., строятся графики, диаграммы.

Участие в эксперименте учащегося не сводится только к наблюдению за процессом. Как правило, учащийся задает исходные данные, активно влияет на ход эксперимента и находит численные значения характерных величин путем непосредственного измерения. В последнем орудии труда служат электронные рулетка, транспортер, подвижные указатели и связанные с ними табло текущих значений. Погрешности измерений, проводимых на экране дисплея, обусловлены его разрешением. Изображение на экране дисплея строится из отдельных точек. Разрешение дисплея определяется количеством строк развертки, видимых на экране, и количеством этих точек в одной строке.

Например, на экране 200 строк и в каждой по 640 точек. Видимое смещение изображения по вертикали и горизонтали совершается, таким образом, дискретно на 1, 2, 3... точки. Это ограничивает точность измерений. При разрешении 640x200 на графиках, например, искажены прямые линии, проведенные под небольшим углом к горизонтали. Чтобы получить ощущение движения объекта, масштаб нельзя выбирать очень крупным. При малом же масштабе «цена» каждой точки оказывается весьма большой.

Например, если вертикальный размер графика равен 100 точкам, а значение функции меняется от 0 до 10, то точность представления этой функции на графике составляет 0.1.

При анализе правильности ответов учащихся учитываются неизбежные погрешности, связанные с неточностью представления данных.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ РАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ.

Основные цели — освоить понятия равномерного прямолинейного движения, научить отображать его в графической и аналитической формах, отработать навыки расчетов основных параметров движения.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: учащиеся должны знать понятия скорости, пути, перемещения, траектории.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) понятие равномерного движения;
- 2) скорость равномерного движения;
- 3) графическое представление движения;
- 4) график зависимости пути от времени;
- 5) определение по графику значений S_0 и v ;
- 6) определение пройденного пути и перемещения.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 — 3 часа.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Учащемуся предлагается самодвижущаяся капельница, из которой капли падают через равные промежутки времени. Эти промежутки времени учащийся может изменять по собственному желанию. Расстояния между каплями можно измерить с помощью электронной рулетки.

Данные этих измерений отображаются в окнах нижней части экрана. Учащийся может моделировать равномерное движение одного или двух тел и строить графики $S = f(t)$ при различных скоростях движения. График $v = f(t)$ строится автоматически.

Учащийся также может отработать навыки определения скорости, пути и перемещения по графикам, представляемым компьютером. После ввода ответов компьютер в окне «Правильно» покажет правильный ответ.

ПОРЯДОК РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПМК

В первом упражнении ученик получает задание: «Измерьте расстояние между несколькими соседними каплями. Опыт повторите, но с иной частотой следования меток. Сделайте вывод».

Задача учащегося — убедиться, что за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения, т.е. движение капельницы является прямолинейным равномерным. При изучении движения приходится измерять пройденные пути и промежутки времени. Всякие же измерения

могут быть произведены только с некоторой степенью точности. Поэтому равномерность того или иного движения может быть установлена лишь приближенно. На это обстоятельство следует обратить внимание учащихся.

Упражнение 2 посвящено введению понятия скорости и процедуре измерения скорости равномерного движения. Учащемуся предлагается измерить пройденные капельницей пути за разные промежутки времени и найти для каждого случая отношение пройденного пути ко времени движения. Учащийся должен сделать вывод, что это отношение остается постоянным и может быть характеристикой движения.

В курсе физики средней школы особое внимание обращается на графическое изображение зависимостей, существующих между различными физическими величинами. Наглядность графического метода позволяет глубже усвоить функциональные зависимости между величинами, позволяет уточнить понимание учащимися того, как зависит одна изображаемая величина от другой, создавать у них представления о быстроте роста функции, о ее среднем значении и т.д. Опыт показывает, что учащиеся нередко путают графики функций $S = f(t)$ и $v = f(t)$ с траекторией движения и нужна тщательная и кропотливая работа, чтобы создать у них правильные представления о графиках. Изучение графиков не должно исчерпываться только вычерчиванием их на основе формул. Для того, чтобы учащиеся осознали выражаемую графиком закономерность, научились «читать» график, необходимо построение графиков сопровождать их обсуждением, выполнением упражнений, решением ряда графических задач.

В упражнении 3 учащийся получает задание: последовательно задавайте различные скорости движения и постройте графики зависимости координаты тела от времени. Чем эти графики отличаются друг от друга?

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА:

Длина беговой дорожки — 10 метров.

Скорость движения — от 1 до 2.5 м/с.

Интервал между последовательными падениями капель — от 0.5 до 5 секунд.

УКАЗАНИЕ: Для нанесения точки на график зависимости координаты тела от времени следует подвести крестик в нужную точку графика и нажать клавишу мышки.

Ученик должен убедиться, что полученный график имеет линейный вид. Также он должен сделать для себя важный вывод: чем больше скорость движения капельницы, тем круче располагается на графике соответствующая прямая.

В упражнении 4 продолжают и расширяются исследования графика зависимости пути от времени: $S = S_0 + vt$. Ученик может задать условия движения с учетом знака (S_0 и v) для двух тел, а система построит

соответствующие графики и промоделирует движение на двигающихся шарах. Ученик может одновременно исследовать движение 2-х тел или исследовать движение одного тела, которое часть времени движется с одной скоростью, а часть времени — с другой.

В упражнении 5 учащийся должен решить обратную задачу. Система представит ему график зависимости $S = f(t)$ для некоторого равномерного прямолинейного движения. Учащийся должен определить по графику значения S_0 и v .

В упражнении 6 ученику предлагается по графику зависимости $v = f(t)$ определить пройденный телом путь и перемещение.

Скорость движения тела и интервал времени в этом упражнении всегда являются целочисленными величинами. После нажатия клавиши <Enter> компьютер предложит ввести вычисленные значения и даст для сравнения правильный ответ. После чего ученик может продолжить выполнение этого упражнения или перейти к следующему.

Таким образом, предложенная система упражнений поможет учащемуся освоить понятие равномерного прямолинейного движения.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ.

1. Какие из приведенных зависимостей описывают равномерное движение?

1) $S = 2t + 3$; 2) $S = 5t^2$; 3) $S = 3t$; 4) $v = 4 - t$; 5) $v = 7$.)

2. Два мотоциклиста движутся прямолинейно и равномерно.

Скорость движения первого мотоцикла больше скорости второго.

Чем отличаются графики их: а) путей; б) скоростей?

3. Чему равно перемещение какой-либо точки, находящейся на краю диска радиусом R при его повороте относительно подставки на 60 градусов? 180 градусов?

4. Можно ли утверждать, что точка движется без ускорения в случаях:

а) $v = const$; б) $\vec{v} = const$?

5. В каком случае пройденный материальной точкой путь и модуль вектора перемещения совпадают?

Тема 2. РАВНОУСКОРЕННОЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ.

Основные цели — научить отображать равноускоренное движение в графической и аналитической формах, дать навыки расчета основных параметров движения по графикам движения.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: учащиеся должны знать понятия ускорения и равноускоренного движения.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) построение графика $v = f(t)$;
- 2) определение начальной скорости и ускорения по графику $v = f(t)$;
- 3) расчет скорости тела по графику $a = f(t)$;
- 4) эксперимент по установлению зависимости пути от времени;
- 5) нахождение пройденного пути и перемещения тела по графику $v = f(t)$.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 — 3 часа.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Учащийся работает с тележкой-капельницей, скорость которой фиксируется на спидометре через задаваемые учеником интервалы времени. Ученик может моделировать равнопеременное движение тележки и строить график зависимости скорости от времени. Затем компьютер будет предлагать графики $v = f(t)$ для различных равнопеременных движений, а ученик будет искать значения начальной скорости, ускорения, пути и перемещения. Учащийся может потренироваться в нахождении скорости тела по графику зависимости $a = f(t)$, а также промоделировать эксперимент по установлению зависимости $S = at^2/2$. Во всех упражнениях после ввода учеником своих ответов компьютер для сравнения выдает правильные ответы.

В упражнении 1 учащемуся предоставлена возможность строить графики зависимости скорости от времени различных равноускоренных движений. Учащийся сам задает значения начальной скорости, ускорения и интервалов времени между соседними метками. С помощью электронного спидометра он может измерять значения мгновенной скорости через заданные промежутки времени, и наносить точки на график $v = f(t)$. Он убедится, что зависимость получается линейной. Можно исследовать движения с положительными и отрицательными ускорениями и начальными скоростями. В результате работы у учащегося должен сформироваться вывод, что крутизна графика прямо связана с величиной ускорения.

Когда учащийся освоит построение графиков скоростей в равноускоренном движении, можно перейти к определению по графику начальной скорости и ускорения, т.е. решать обратную задачу. Этому посвящено второе упражнение. Компьютер может представить разнообразные графики скорости для равнопеременных движений.

Учащийся должен найти по ним значения начальной скорости и ускорения и ввести эти значения по запросу программы, а та даст знать, правильно ли выполнена задача.

В упражнении 3 система представляет на экране графики зависимости $a = f(t)$ для различных равнопеременных движений.

Учащемуся надо будет найти по графику скорость для заданного момента времени и указанной начальной скорости. Это графическое изображение ускорения для равнопеременного движения позволит учащемуся лучше осмыслить это новое понятие.

В упражнении 4 учащемуся предоставляется возможность экспериментальным путем найти зависимость пути от времени при равноускоренном движении. Снова используется тележка - капельница. Тележка при движении оставляет метки на шкале пути (верхняя шкала). Учащийся измеряет расстояния между соседними метками. Эти данные при измерении пути наносятся на график и одновременно вносятся в таблицу, если подвижный указатель установлен точно на метку. Из графика видно, что зависимость $S = f(t)$ явно не линейная. Ученик может найти вид этой зависимости, заполнив третий и четвертый столбцы электронной таблицы. Для расчета ускорения учащийся может воспользоваться шкалой спидометра, на которой через каждую секунду во время движения оставлены метки (нижняя шкала). Сравнив данные третьего и четвертого столбца таблицы, учащийся должен прийти к выводу, что при равноускоренном движении без начальной скорости путь и время связаны зависимостью вида $S = at^2/2$.

Большое практическое значение имеет умение находить пройденный путь и перемещение тела при различных равнопеременных движениях. Все способы их нахождения связаны друг с другом и в конечном счете опираются на опытное определение величины ускорения при равнопеременном движении. Закреплению этого навыка посвящено упражнение 5. Компьютер будет строить разнообразные графики зависимости $v = f(t)$ для равноускоренного движения. Для выполнения задачи учащемуся дано приспособление (перемещаемый «крестик» с указателями его координат на графике), позволяющее определять по графику скорость тела в любой момент времени. Рассчитав путь и перемещение тела за определенный интервал времени, учащийся должен ввести их в компьютер, а программа проконтролирует правильность выполнения задания.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ.

1. Два поезда идут навстречу друг другу: один — ускоренно на север, другой — замедленно на юг. Как направлены ускорения поездов?
2. Какие из приведенных зависимостей описывают равнопеременное движение?
1) $v = 3 + 2t$; 2) $s = 3 + 2t$; 3) $s = 3t^2$;
4) $s = 3t - t^2$; 5) $s = 2 - 3t + 4t^2$.
3. Уравнение скорости движущегося тела $v = 5 + 4t$. Каково соответствующее уравнение пути?

4. Изобразите график скорости следующего движения трактора: из состояния покоя трактор двигался равноускоренно, затем ускорение уменьшилось, а движение осталось равноускоренным, далее трактор двигался равномерно. Чтобы остановить машину, тракторист перевел её на равнозамедленное движение. Как только трактор остановился, водитель тотчас же включил задний ход, и машина стала двигаться равноускоренно с тем же ускорением, с каким производилось перед тем замедление. По достижении определенной скорости тракторист одновременно выключил двигатель и включил тормоз, вследствие чего трактор стал двигаться равнозамедленно, пока не остановился. Затем некоторое время трактор стоял.

5. В каком случае путь, пройденный за первую секунду в равноускоренном движении, не равен численно половине ускорения?

6. Автомобиль прошел за первую секунду 1 м, за вторую 2 м, за третью 3 м, за четвертую 4 м и так далее. Можно ли считать такое движение равноускоренным?

Тема 3. ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ.

Основная цель — проверить и закрепить знания учащихся по теме «Кинематика и динамика движения по окружности». После работы с программой учащиеся должны овладеть навыками решения задач по этой теме.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ:

Учащийся должен иметь сведения из других тем: «Кинематика. Прямолинейное движение», «Динамика» и «Закон сохранения энергии». В случае, когда знания у учащихся по данным темам слабые, программа позволяет обновить и дополнить эти знания.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) кинематический метод определения ускорения;
- 2) динамический метод определения ускорения;
- 3) исследование зависимости ускорения от радиуса и частоты вращения;
- 4) исследование движения тела по окружности в вертикальной плоскости.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 2 — 3 часа.

ЗАДАНИЕ 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЯ.

Целью этого задания является проверка знания учащимся кинематической формулы для центростремительного ускорения ($a = V^2/R$) тела при его равномерном движении по окружности. Одновременно с этим проверяется знание учеником формул для скорости движущегося тела ($V =$

S/t) и длины окружности. В этой же части наглядно (с помощью графиков) демонстрируется, что при равномерном движении тела по окружности его скорость и ускорение во времени не меняются. В качестве объекта исследования выбран шарик массы M , жестко закрепленный на одном из концов невесомого стержня. Другой конец стержня закреплен на валу электродвигателя. При «включении» электродвигателя система вращается с постоянной частотой вокруг оси электродвигателя в горизонтальной плоскости.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Поле экрана разбито на две части. В левой части экрана изображаются объект исследования и датчики пути и времени. В поле движения объекта исследования установлена метка, по которой можно определить, что шарик совершил полный оборот.

Правая часть экрана содержит графики скорости и ускорения в зависимости от времени.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

После запуска программы происходит вращение шарика. Одновременно высвечиваются показания пути и времени, а на графиках откладываются значения скорости и ускорения шарика в зависимости от времени. После остановки шарика напротив метки по формуле $a = 2\pi S/T^2$ определяется величина ускорения шарика. Значение ускорения шарика запрашивается в нижней части экрана. Необходимо ввести вычисленное значение ускорения. После сравнения введенного значения с эталоном происходит переход к следующей части программы (при совпадении введенного значения с эталоном) или возврат к начальному состоянию. Если и во второй раз вводится неверный ответ, то происходит переход к следующему упражнению.

ЗАДАНИЕ 2. ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСКОРЕНИЯ

Целью второго задания является проверка знания учащимся второго закона Ньютона для равномерного движения тела по окружности и определения из этого закона центростремительного ускорения (динамический метод). В этой части также исследуется зависимость ускорения и скорости тела, равномерно движущегося по окружности, от массы тела. В качестве объекта исследования вновь выбран шарик, закрепленный на стержне.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Поле экрана снова разбито на две части. В левой части изображается экспериментальная установка, датчики массы и силы натяжения стержня.

Здесь же имеется окно для ввода вычисленного значения ускорения. В правой части экрана строятся графики зависимости ускорения и скорости шарика от массы.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

После запуска происходит вращение шарика. На экран выдается значение силы натяжения стержня и массы шарика. После остановки движения на графиках откладываются значения скорости и ускорения шарика и появляется запрос о величине ускорения. По формуле $a = F/m$ можно определить ускорения шарика и ввести его. Если введенное значение ускорения совпадает с эталонным, то появляется запрос об исследовании зависимости ускорения тела от массы. Если же ускорение определено неверно, то предоставляются повторные попытки для определения ускорения, при неудаче выдаются сначала подсказка «Вспомните второй закон Ньютона», а потом «Вспомните, что $a = F/m$ ».

При исследовании зависимости ускорения и скорости от массы на графиках для каждого введенного значения массы откладываются значения ускорения и скорости. По форме полученных зависимостей можно сделать вывод о независимости этих величин от массы шарика.

ЗАДАНИЕ 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ ОТ РАДИУСА ОКРУЖНОСТИ И ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ.

Целью третьей части программы является исследование учащимся зависимости центростремительного ускорения тела от частоты вращения и от радиуса окружности. Также изучается зависимость от этих параметров силы натяжения стержня, потенциальной и кинетической энергии тела. В качестве объекта исследования берется та же система, что и в предыдущих заданиях.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Экран разбит на две части. В левой части изображается экспериментальная установка и шкала для отображения величины силы натяжения стержня. В правой части экрана расположены окна для изображения величины потенциальной и кинетической энергий шарика, а также графики зависимости центростремительного ускорения от частоты вращения и радиуса окружности. Здесь же расположено окно для ввода данных.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

После запуска программы происходит вращение шарика. При этом на шкале силы натяжения стержня и в окнах для энергий шарика наглядно

изображаются значения этих величин. После остановки вращения шарика на графиках откладываются значение ускорения, соответствующее введенным частоте и радиусу. Меняя частоту или радиус и проводя при каждом из этих значений опыты, можно определить по графикам, что центростремительное ускорение пропорционально радиусу и квадрату частоты, а также исследовать зависимость от этих величин силы натяжения стержня и энергии шарика.

ЗАДАНИЕ 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ.

Цель последней четвертой части программы заключается в том, чтобы наглядно показать учащемуся:

1. не всякое движение по окружности является равномерным;
2. при движении по окружности скорость тела может меняться не только по направлению, но и по модулю;
3. центростремительное ускорение также может изменяться по модулю.

Другими словами целью этого упражнения является демонстрация неравномерного движения тела по окружности. Для эксперимента взят невесомый стержень, закрепленный на некоторой горизонтальной оси. На другом конце стержня находится шарик массы M . Вся эта система может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси в вертикальной плоскости (в поле силы тяжести).

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Экран снова разбит на две части. В левой части, по-прежнему, представлена экспериментальная установка и шкала для наблюдения поведения силы натяжения стержня и определения ее величины. В правой части экрана расположены окна для наблюдения за изменениями кинетической и потенциальной энергий шарика, а также графики, показывающие, как изменяются со временем модули скорости шарика и центростремительного ускорения. Здесь же в нижней части экрана имеется окно для ввода данных.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

После загрузки этой части программы и знакомства с текстом задания необходимо ввести исходные данные: начальную скорость шарика в нижней точке и радиус стержня. Затем проводится эксперимент. Сообщение начальной скорости шарика в нижней точке производится ударом по нему массивным предметом. В процессе движения шарика на шкале силы натяжения стержня наглядно видно, как эта сила зависит от координаты шарика. На экране также изображается изменение кинетической и

потенциальной энергий шарика в зависимости от времени. На графиках $v(t)$ и $a(t)$ отображается информация о поведении этих величин с течением времени. После проведения такого эксперимента рекомендуется при заданных частоте и радиусе выполнить опыты для других начальных скоростей шарика (в широком диапазоне). Эти опыты позволяют исследовать характер движения шарика в зависимости от величины начальной скорости и убедиться, что существует некоторое критическое значение скорости, при котором движение шарика по окружности сменяется колебательным движением. После этого учащемуся можно предложить рассчитать аналитически критическую величину начальной скорости и сравнить ее с экспериментальным значением. Для расчета критической скорости учащийся должен знать и уметь применять закон сохранения механической энергии и второй закон Ньютона для вращательного движения.

К программе, при нажатии кнопки $\langle ? \rangle$, прилагается теоретический материал, посвященный движению тела по окружности.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Как направлено ускорение тела, движущегося по окружности с изменяющимся модулем скорости?
2. Выведите формулу для ускорения, если модуль скорости тела, движущегося по окружности, изменяется.
3. Рассчитайте критическую величину начальной скорости, при которой тело в задании 4 перейдет от колебательного движения к вращательному.

Тема 4. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ.

Основная цель — продемонстрировать учащемуся характер движения тел в гравитационном поле: вид траекторий, изменение во времени вертикальной и горизонтальной составляющих скоростей, кинетической и потенциальной энергий.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 час.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Экран разбит на 5 частей. Справа внизу окно для ввода данных. Учащийся может задать по своему усмотрению: начальную скорость, угол вылета относительно горизонта, массу тела, начальную высоту и сопротивление среды. Левый верхний угол экрана отведен под графики зависимости вертикальной и горизонтальной составляющих скорости, которые строятся синхронно с движением шарика. Здесь же наглядно представляются и взаимные превращения кинетической и потенциальной

энергий. Справа вверху расположен график зависимости дальности полета от угла вылета. Если начальная скорость остается неизменной, то после каждого опыта на графике откладывается точка. Если начальную скорость изменить, то график очищается от прежних точек и начинает строиться заново. Большая часть экрана отведена для показа траекторий движения. В строке сообщений (в нижней части экрана) выводятся подсказки, облегчающие работу.

ПОРЯДОК РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПМК

Учащийся задает исходные данные по своему усмотрению или по заданию учителя. Данные можно изменять вводом нужных цифр. Для всех исходных данных в программе определены максимальные и минимальные значения. При попытке набрать число вне этого диапазона разумных значений для данной задачи программа установит граничное значение автоматически. В состав исходных данных введена масса тела, чтобы можно было убедиться, что траектория остается неизменной при увеличении или уменьшении массы. Сопротивление среды задается в условных единицах и введено, чтобы показать качественные изменения характера движения при его наличии.

Нажатие клавиши <Старт> приводит в движение шарик, и учащийся наблюдает за движением, изменением составляющих скорости и энергии, оценивает результаты.

В программе заложена линейная зависимость силы F сопротивления от скорости: $F = k * v$. Этого достаточно, чтобы продемонстрировать все качественные изменения в характере движения: отклонение от линейной зависимости вертикальной составляющей скорости, стремление ее к константе при значительном сопротивлении, непостоянство горизонтальной составляющей скорости, появление зависимости параметров траектории от массы тела, потери энергии на торможение.

Правильность решения задач можно проверить, проведя опыт с исходными данными задачи.

Нажатием клавиши <?> можно обратиться за помощью: на экран будет выведена краткая теория движения тела в поле силы тяжести.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Проведите серию опытов с изменением угла вылета и найдите зависимость дальности полета от этого угла.
2. Проверьте, зависит ли угол вылета, обеспечивающий максимальную дальность полета, от высоты бросания тела.

3. Зависит ли траектория полета от массы тела при неизменных других параметрах?
4. В какой точке траектории летящее тело обладает наименьшей скоростью?
5. Какова траектория пули, вылетевшей горизонтально из пружинного пистолета?
6. Почему бомба, сброшенная с горизонтально летящего самолета, не падает вертикально вниз?
7. Как дальность полета зависит от начальной скорости, высоты бросания?
8. Сравните времена движения тел, поднимающихся на одну высоту, но брошенных с разными горизонтальными составляющими скорости.
9. При выстреле из пружинного пистолета его уронили. Пуля вылетела горизонтально. Что раньше упадет на землю: пуля или пистолет? Сопротивлением воздуха пренебречь.
10. Опишите характер изменения вертикальной и горизонтальной составляющих скорости при движении в среде с сопротивлением. Объясните, почему при приземлении кинетическая энергия меньше, чем при старте.
11. Тело брошено в воздухе под углом к горизонту. Что займет больше времени: подъем или спуск?
12. Можно ли применить формулы свободного падения к движению человека, спускающегося на парашюте?

Тема 5. СЛОЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ

Основная цель — проверить и закрепить знания учащихся по теме «Сложение движений».

Требования к знаниям: учащийся должен иметь представление о векторах и правилах их сложения и вычитания.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) сложение перемещений;
- 2) сложение скоростей.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 час.

ЗАДАНИЕ 1. ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Целью этой части программы является изучение закона сложения перемещений путем проведения компьютерного эксперимента.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Для эксперимента предлагается следующая модель. По дороге движется автомобиль. Внезапно порыв ветра под углом α к направлению движения автомобиля срывает с водителя шляпу.

Шляпа и автомобиль прекратили движение одновременно. При этом

автомобиль совершил перемещение S_0 относительно дороги, а водителю пришлось пройти путь S' за шляпой.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Прочтите текст задания. Введите исходные данные и запустите программу. Найдите, какой путь проделал водитель? Рассчитайте и введите ответ. Повторите опыт с другими исходными данными. После ввода вашего ответа компьютер может проверить его правильность.

ЗАДАНИЕ 2. ЗАКОН СЛОЖЕНИЯ СКОРОСТЕЙ

ПОРЯДОК РАБОТЫ.

В первом эксперименте предлагается следующая модель. Шар, имеющий массу m_1 , сталкивается с неподвижным шаром, имеющим массу m_2 . Массы шаров не равны. С одним из шаров свяжем подвижную систему координат. Транспортир поможет нам измерить углы. Пользуясь электронным транспортиром, измерьте угол между векторами скоростей шаров после удара. Вычислите относительную скорость и проверьте свой ответ.

Во втором задании надо найти направление вектора относительной скорости первого шара относительно второго (или второго относительно первого). Для этого мышкой наводится крестик в точку начала вектора и, не отпуская, ведётся в кочку конца. Здесь кнопка мышки отпускается. Проверьте реакцию компьютера на ваш ответ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. В чем состоит относительность движения?
2. Выведите формулу для вычисления модуля перемещения лодки относительно Земли.
3. Выведите формулы для вычисления модулей относительных скоростей шариков во втором задании, если удар центральный.
4. Выведите формулы для вычисления модулей относительных скоростей шариков во втором задании, если удар нецентральный.

Тема 6. ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.

Основная цель — продемонстрировать учащемуся характер движения тел под действием постоянных сил (второй закон Ньютона).

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ. Учащемуся необходимо знать:

- определение равноускоренного движения;
- второй закон Ньютона;
- зависимость координаты тела от времени при равноускоренном движении;

- правила обращения с векторными величинами.

СОДЕРЖАНИЕ: 1 движение под действием одной силы;

2 движение под действием двух силы.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 2 — 3 часа.

Работа требует хорошего знания теории и выполнения большого объема вычислений. Поэтому эта тема может рассматриваться как тема повышенной трудности.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Левую часть экрана занимает поле для движения тела с координатными осями. В правом верхнем углу расположена таблица, в которую заносятся экспериментально измеряемые координаты тела. В нижнем углу — текст задания. На этом же месте появляется окно для ввода величины силы, действующей на тело.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Выполнение работы начинается с задания величины силы, действующей на тело (не более 1 Н). Это значение вводится в компьютер, и тело начинает движение, помечая через каждую секунду свое положение. В центре поля появляется измеритель координат — подвижный «крестик», координаты которого выводятся в окнах « $x =$ », « $y =$ ». Наводя «крестик» на соответствующие точки, учащийся может зафиксировать в таблице координаты помеченных положений (x_i и y_i , где $i = 1, 2, 3$ и т.д., соответствуют положению тела через 1, 2, 3 и т.д. секунды движения; $x_0 = y_0 = 0$). По данным таблицы нужно убедиться в том, что движение тела вдоль каждой из осей равноускоренное, определить проекции ускорения a_x и a_y , а затем величину полного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$.

Действительно, при равноускоренном движении для соседних точек

$$\begin{aligned} x_i &= x_0 + v_{0x}t_i + a_x t_i^2 / 2, \\ x_{(i+1)} &= x_0 + v_{0x}(t_i + 1) + a_x (t_i + 1)^2 / 2, \end{aligned}$$

откуда $x_{(i+1)} - x_i = v_{0x} + a_x(t_i + 1/2)$. (1)

Аналогично для другой пары соседних точек:

$$x_{(k+1)} - x_k = v_{0x} + a_x(t_k + 1/2). \quad (2)$$

Совместное решение (1) и (2) дает значение

$$a_x = ((x_{(k+1)} - x_k) - (x_{(i+1)} - x_i)) / (t_k - t_i).$$

Аналогично можно показать что

$$a_y = ((y_{(k+1)} - y_k) - (y_{(i+1)} - y_i)) / (t_k - t_i).$$

Вычисление проекций ускорения a_x , a_y и модуля полного ускорения позволяет определить проекции действующей силы $F_x = F \cdot a_x / a$, а повторение эксперимента и расчета для других направлений силы — построить график зависимости a_x от F_x (в этом заключается содержание задания 2).

При правильной обработке экспериментальных данных на графике точки лягут на прямую линию. Разброс значений вызван особенностями компьютерного эксперимента, аналогичными погрешностями измерений в реальных экспериментах.

Во втором упражнении на тело действуют две силы F_1 и F_2 . Задание учащегося — убедиться в том, что ускорение тела обусловлено равнодействующей силой $R = F_1 + F_2$ ($a = R/m$).

Методика определения та же, что и в упражнении 1.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Даны проекции A_x , A_y и B_x , B_y векторов \vec{A} и \vec{B} . Определить направление векторов (угол, образованный им с осями координат), а также модуль и направление векторов $\vec{A} + \vec{B}$, $\vec{A} - \vec{B}$, $\vec{A} + 2\vec{B}$.
2. Тело брошено со скоростью v_0 под углом α к горизонту. По зависимости проекции перемещения от времени определить:
 - характер движения вдоль горизонтальной (x) и вертикальной (y) осей;
 - уравнение траектории $y = y(x)$;
 - время подъема;
 - максимальную высоту подъема;
 - время всего полета и дальность полета тела.
3. Тело брошено с балкона на высоте h . По зависимости проекции перемещения от времени определить:
 - характер движения вдоль горизонтальной (x) и вертикальной (y) осей;
 - уравнение траектории $y = y(x)$;
 - время подъема;
 - максимальную высоту подъема;
 - время всего полета и дальность полета тела.

4. На покоящееся на горизонтальной подставке тело массой m начинает действовать горизонтальная сила F . Коэффициент трения между телом и подставкой — k . Определить ускорение тела перемещение за 1-ую и n -ую секунды движения.
5. На покоящееся на горизонтальной подставке тело массой m начинает действовать сила F , направленная под углом α к горизонту. Коэффициент трения между телом и подставкой k . Определить ускорение тела, перемещение за 1-ую и n -ую секунды движения.

Тема 7. РАБОТА. ЭНЕРГИЯ

Основная цель — ознакомление с законами изменения кинетической и потенциальной энергии при свободном движении тела в поле тяжести и при движении под действием нескольких сил.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ:

Для выполнения работы учащемуся необходимо знать выражение для кинетической и потенциальной энергий тела (в поле сил тяжести), а также для работы силы.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) изменение энергии при действии одной силы;
- 2) изменение энергии при действии нескольких сил;

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 час.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН. ПОРЯДОК РАБОТЫ.

В упражнении 1 упругое тело «подпрыгивает» на площадке (левая часть экрана). Учащемуся предлагается последовательными нажатиями клавиши $\langle \text{Enter} \rangle$ зафиксировать шесть значений координаты x и скорости v тела. При каждом нажатии клавиши на экране появляются точки с координатами x и v , соответствующими координате и скорости тела в момент нажатия. С помощью мышки измеряют полученные высоты x и заносят их в таблицу двойным щелчком левой кнопки мышки. Значения скорости v для данных координат будут занесены в таблицу автоматически. Нажимают кнопку «Расчет». После заполнения таблицы нажатием кнопки «Задание» переходят ко второму упражнению.

Во втором задании строят график зависимости изменения кинетической энергии тела dK_{ik} при движении тела из точки x_k в точку x_i (k и i — номера фиксированных положений, $i > k$). При пяти фиксированных положениях возможны 10 таких комбинаций i и k от величины работы силы тяжести на этом участке $A_{ik} = mg(x_i - x_k)$.

Например, фиксирована третья точка ($k = 3$) с координатами $x_3 = 0.84$ м и $v_3 = 1.8$ м/с и четвертая с координатами $x_4 = 0.27$ м и $v_4 = 3.7$ м/с.

Изменение кинетической энергии будет равно

$$dK_{43} = m \cdot (v_4^2 - v_3^2) / 2 = 0.52 \text{ Дж (масса } m = 0.1 \text{ кг)},$$

а соответствующая работа

$$A_{43} = -mg(x_4 - x_3) = 0.56 \text{ Дж.}$$

На графике отмечается точка с соответствующими координатами.

При правильной обработке экспериментальных данных точки лягут на прямую $dK = A$.

В следующем задании предлагается аналогичным образом по данным таблицы построить график зависимости изменения потенциальной энергии $d\Pi_{ik} = mg(x_i - x_k)$ от работы силы тяжести на этом участке A_{ik} и убедиться в зависимости $d\Pi = -A$. Первое упражнение заканчивается введением правильной комбинации законов изменения энергии $dK = A$, $-d\Pi = A$.

В упражнении 2 груз массой 100 кг поднимается лебедкой с силой, величину которой учащийся может изменять. Как и в упражнении 1 предлагается зафиксировать 6 положений (и скоростей) груза за время его подъема и заполнить таблицу. По данным таблицы надо в следующем задании построить три зависимости изменения кинетической энергии от:

- 1) работы силы тяжести mg ;
- 2) работы силы тяги F ;
- 3) работы равнодействующей силы $R = F - mg$.

Работа силы тяги лебедки F на участке от x_k до x_i равна $A_{ik} = F(x_i - x_k)$, работа равнодействующей силы — $A_{ik} = (F - mg)(x_i - x_k)$.

Анализируя графики, учащийся должен сделать вывод о том, что изменение кинетической энергии тела в случае движения под действием нескольких сил равно работе равнодействующей всех сил. В то же время, изменение потенциальной энергии груза обусловлено работой только потенциальной силы тяжести.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Пуля, летящая с определенной скоростью, углубляется в стенку на расстояние $l_1 = 10$ см. На какое расстояние l_2 углубляется в ту же стенку пуля, которая будет иметь скорость вдвое большую?
2. Какую работу надо совершить, чтобы заставить поезд, имеющий массу $M = 80$ т:
 - а) увеличить свою скорость от $v_1 = 36$ км/ч до $v_2 = 54$ км/ч;
 - б) остановиться при начальной скорости $v_3 = 72$ км/ч?Сопротивлением пренебречь.

3. В каком случае двигатель автомобиля должен совершить большую работу:

- для разгона с места до скорости 27 км/ч;
 - или на увеличение скорости от 27 до 54 км/ч?
- Силу сопротивления и время разгона в обоих случаях считать одинаковыми.

4. Действуя постоянной силой $F = 200$ Н, поднимают груз массой $m = 10$ кг на высоту $h = 10$ м. Какую работу A совершает сила F ? Какой потенциальной энергией $П$ будет обладать поднятый груз?

5. Тело массы m бросили со скоростью под углом α к горизонту. Определить работу силы тяжести при перемещении тела в верхнюю точку траектории за все время полета.

Тема 8. ИМПУЛЬС

Основная цель — проверить и закрепить знания учащихся по теме «Импульс». После работы с программой учащиеся должны овладеть навыками решения задач по указанной теме.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: учащийся должен иметь представление об импульсе, импульсе силы, законах изменения и сохранения импульса.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) изменение импульса при ударе;
- 2) проверка закона изменения импульса;
- 3) проверка закона сохранения импульса.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 2 — 3 часа.

Цель первой части программы — усвоение учащимся понятия импульса, выяснение, от чего зависит импульс тела. Учащийся должен понять, что импульс тела — векторная величина.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

В распоряжении ученика находится установка, состоящая из шарика, имеющего массу m и движущегося прямолинейно со скоростью V . При своем движении шарик сталкивается с неподвижной стеной. При выполнении первого задания ученик должен исследовать изменение импульса шарика при различных видах его столкновения со стеной.

Цель второго задания — проверка закона изменения импульса. Ученику предлагается исследовать, как проекции импульса зависят от модуля скорости,

от направления скорости, от массы тела, от угла между вектором скорости и осью X .

В третьем задании ученик займётся исследованием изменения величины проекций импульса на оси координат в зависимости от вида удара.

Целью третьего опыта является проверка закона сохранения импульса. Проверка закона сохранения импульса проводится для системы из двух упругих шаров.

В четвёртом задании ученик предлагается рассчитать величину полного импульса тела до и после удара, внести данные в соответствующие окна, нажать кнопку «Ок». Расчёт должен быть проделан для различных видов соударений тел. По результатам исследования должен быть сделан вывод.

Тема 9. ТРЕНИЕ ПОКОЯ. ТРЕНИЕ СКОЛЬЖЕНИЯ.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ:

Для выполнения предлагаемых заданий учащемуся необходимо знание законов Ньютона.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) трение покоя, трение скольжения;
- 2) построение графиков зависимости силы трения и ускорения от силы тяги;
- 3) скатывание тела с наклонной плоскости.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1 час.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН. ПОРЯДОК РАБОТЫ

В первом упражнении учащемуся предлагается передвинуть шкаф, прикладывая различную по величине горизонтальную силу.

На экране изображены шкаф и человек,двигающий его. В левом нижнем углу окна ввода исходных данных: массы шкафа и силы, которую прикладывает человек. Справа — текст задания. Внизу окно для ввода рассчитанной силы трения.

Если введенная учащимся сила не достаточна для перемещения шкафа, то человек «пробуксовывает» до тех пор, пока учащийся не введет значение силы трения. Величина силы трения определяется из второго закона Ньютона по известным значениям массы, внешней силы и ускорения тела (последнее рассчитывает и сообщает программа).

В следующем упражнении программа строит графики зависимости величины силы трения и ускорения тела от величины приложенной силы. Графики располагаются в правой части экрана. Точки на графиках ставятся «правильные», независимо от правильности расчетов учащегося.

В последнем упражнении экспериментально определяется коэффициент трения для различных пар материалов методом соскальзывания тела с наклонной плоскости. Для этого учащийся увеличивает угол наклона плоскости α до тех пор, пока тело не начинает соскальзывать. Программа при этом «измеряет» ускорение тела. Задание считается выполненным, если для данной пары материалов учащимся введен правильный ответ.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ.

1. Человек переходит с носа лодки на корму. Почему лодка при этом начинает двигаться? Куда при этом направлены силы трения, действующие: на человека, на лодку? Связаны ли эти силы третьим законом Ньютона?
2. Определить направление силы трения в следующих случаях:
 - тело покоится на наклонной плоскости;
 - автомобиль трогается с места;
 - автомобиль тормозит на прямолинейном участке дороги;
 - автомобиль движется с постоянной скоростью по окружности;
 - мотоцикл движется по вертикальной стенке аттракциона.
3. На горизонтальной доске лежит груз. Какое ускорение надо сообщить доске, чтобы груз соскользнул с нее? Коэффициент трения между грузом и доской — k .
4. Угол наклона доски к горизонту — 30° . На доску положили кирпич массой два килограмма. Коэффициент трения скольжения между кирпичом и доской — $0,8$. Чему равна сила трения, действующая на кирпич?
5. С каким максимальным ускорением может двигаться вверх по наклонной дороге автомобиль, если угол наклона дороги относительно горизонта — α , коэффициент трения между колесами автомобиля и дорогой — k ?
6. Наклонная плоскость составляет с горизонтом угол α . По ней пускают вверх тело, которое поднявшись на некоторую высоту, соскальзывает вниз по тому же пути. Каково отношение времени спуска ко времени подъема тела, если коэффициент трения равен k ?

Тема 10. ВЕС ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ С УСКОРЕНИЕМ.

Основная цель: дать возможность ученику изучить вопросы динамики на моделях движения тел, перемещающихся с ускорением поступательно или по окружности.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: учащиеся должны знать понятие веса тела, закон Гука для упругих деформаций, три закона Ньютона, закон сохранения и превращения энергии.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) вес тела, движущегося по прямой с ускорением;
- 2) вес тела, движущегося по окружности.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 2 —3 часа.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

При изучении поступательного движения тела, перемещающегося с ускорением, ученик работает с моделью лифта, подвешенного на динамометре. Синхронно с движением лифта строятся графики зависимости его скорости и ускорения от времени. Могут быть сообщены сведения о растяжении пружины динамометра и времени движения лифта.

При изучении движения тела, перемещающегося по окружности, ученик работает с моделью американской (хотя, исторически правильнее — русской) горки. На экран может быть выведено значение силы нормального давления тела на горку в момент прохождения им определенных точек и график зависимости этой силы от координаты тела, а также значение высоты начального расположения тела. Даны радиусы закруглений (5 и 3 метра) и высоты расположения датчиков давления (11.6, 14 и 5 метров).

ПОРЯДОК РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПМК

Переход от изучения динамики поступательного движения к динамике движения по окружности должен представлять собой логическое развитие и углубление известных уже учащимся сведений о движении тел под действием неуравновешенных сил.

Успех решения задач на движение тела по криволинейным траекториям во многом зависит от того, усвоили ли учащиеся понятие центростремительного ускорения как величины, которая принципиально не отличается от ускорения в прямолинейном движении. Понимание одинаковой физической природы этих ускорений, из которых одно представляет собой изменение величины вектора скорости, а другое — только его направления, обеспечивает правильное применение законов динамики к расчету этих величин. Учащиеся усваивают, что для расчета центростремительного ускорения нет необходимости вводить какие-то «особые» силы, помимо сил, возникающих при взаимодействии тел. Недостаточно формальной констатации того, что при равномерном движении тела по окружности на него действует сила, сообщающая ему центростремительное ускорение.

В каждом отдельном случае движения по окружности необходимо не только находить величину этой силы, но и выяснять, благодаря чему она возникает. Для изучения вопросов динамики тела, движущегося с ускорением, предлагаются шесть упражнений: три комплексных

упражнения на динамику поступательного движения и три — на движение тела по окружности.

В первом упражнении учащийся должен найти модуль ускорения лифта, пользуясь показаниями динамометра, движущегося вместе с лифтом. Параллельно с движением лифта строятся графики зависимости его скорости и ускорения от времени. Массу тела ученик может найти, зная показания динамометра на участке равномерного прямолинейного движения лифта. После расчета ответ вводится в компьютер, и тот сообщает правильный ответ.

Во втором упражнении учащемуся дополнительно сообщают сведения о растяжении пружины динамометра. Ученик должен вспомнить закон Гука и рассчитать коэффициент жесткости пружины.

В третьем упражнении требуется найти модуль скорости лифта в некоторый момент времени на стадии торможения. Время остановки лифта высвечивается на секундомере. Ученик должен проявить наблюдательность и, пользуясь графиком $v = f(t)$ обнаружить, что промежутки времени разгона, равномерного движения и торможения лифта одинаковы. Величину этих промежутков можно найти, используя показания секундомера и клавиши остановки движения лифта.

В четвертом упражнении ученик имеет дело с движением тела по американской горке. Тело скользит по горе без трения с некоторой высоты, величину которой ученик может задавать.

Три табло показывают силу нормального давления тела на опору в момент прохождения им соответствующего датчика. Даны радиусы закруглений и высота расположения датчиков над землей. Одновременно с движением тела строится график зависимости силы нормального давления тела на опору от координаты X тела. Сначала ученику предлагается найти скорость, с которой тело проходит над первым табло. Массу тела ученик может найти, зная показания табло на горизонтальном участке движения.

В пятом упражнении требуется определить скорость, с которой тело проходит над вторым табло. В зависимости от начальной высоты тело может либо скользить по выпуклой горке, либо двигаться с подскоками (в этом случае табло отключается), либо оторваться от опоры под углом 45° и двигаться в поле силы тяжести. Учащийся имеет возможность смоделировать все три типа движений.

В шестом упражнении требуется найти высоту, с которой нужно спустить тело, чтобы оно, оторвавшись от опоры слева от вершины горки, приземлилось симметрично справа. Выполнение упражнения предполагает проведение аналитического решения с последующей экспериментальной проверкой ответа.

Во всех упражнениях после ввода учеником ответов компьютер сообщает, правильно ли выполнено задание.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Находясь на платформе уравновешенных весов, человек приседает. Как и почему изменяются показания весов в начале и конце приседания?
2. Клеть шахтного подъемника, подвешенная на тросе, при подъеме движется сначала ускоренно, затем равномерно и, наконец, перед остановкой замедленно. Как скажется такой характер движения на силе натяжения троса?
3. Доска свободно падает, оставаясь в вертикальном положении. Красящий шарик брошен горизонтально вдоль поверхности доски. Какую линию он прочертит на доске? Силой трения о доску и сопротивлением воздуха пренебречь.
4. Почему при прохождении поезда через железнодорожный мост машинист снижает скорость поезда?
5. Камень привязан к веревке и вращается в вертикальной плоскости. Одинаковы ли центростремительные силы в верхней и нижней точках окружности? Одинаковы ли натяжения веревки в этих точках?
6. Ведро с водой, удерживаемое рукой вращается в вертикальной плоскости с такой скоростью, что вода из него не выливается. Объясните явление.
7. Небольшие легкие мосты на шоссе обычно делают не плоскими, а выпуклыми, что увеличивает их прочность. Как влияет форма моста на силу давления движущегося автомобиля?
8. Тело массы m подвесили к свободному концу пружины жесткости k . Найдите удлинение пружины в следующих случаях:
 - а) точка подвеса пружины покоится;
 - б) точка подвеса пружины движется вертикально вверх с ускорением a .

Тема 11. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ.

Основные цели: дать возможность ученику усвоить понятия статического, динамического и полного давления в потоке, научить пользоваться уравнением Бернулли для решения разнообразных задач, связанных с движением газов и идеальной жидкости.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: учащиеся должны знать уравнение Бернулли и уравнение неразрывности струи.

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) движение воздуха в трубе;
- 2) истечение жидкости из отверстия.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 1— 3 часа.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Ученик сначала работает с моделью установки, представляющей собой трубу переменного сечения, через которую вентилятор прогоняет воздух. Статическое давление воздуха в трубе можно определить по уровням воды в манометрических трубках, а скорости движения воздуха — по показаниям анемометров. Для измерения уровня воды служат подвижная стрелка — указатель и связанное с ней табло. Скорость воздушного потока регулируется изменением числа оборотов двигателя. Затем учащийся изучает истечение жидкости из отверстия в баке (определение скорости истечения, дальности полета струи), находит условие максимальной дальности полета струи. Для проведения измерений учащийся располагает приспособлением для считывания координат точек.

Во всех упражнениях после ввода учеником своих ответов компьютер сообщает, правильно ли выполнено задание.

ПОРЯДОК РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПМК

Содержание этой темы обобщает и развивает уже известные учащимся физические явления, понятия и законы. К ним относятся само движение, скорость этого движения, давление в движущихся жидкости и газе, энергия и закон сохранения и превращения энергии, применяемый к новым явлениям. Вместе с тем в этой теме освещается ряд новых явлений, понятий и особенно практических применений: понятие о ламинарном и турбулентном потоке, засасывающее действие струи, образование вихрей, подъемная сила крыла самолета, физические основы устройства и действия карбюратора, водоструйного насоса и т.д.

Большой круг важных для практики вопросов, освещаемых в теме «Движение жидкостей и газов», служит достаточным основанием для ее изучения. Особого внимания заслуживает уравнение или закон Бернулли. Каким бы способом не изучалось движение жидкостей и газов, невозможно игнорировать наличие статического и динамического давлений в потоке. Для учащихся можно ограничиться разбором движения жидкости и газа в горизонтальной трубе с переменным сечением. Зависимость между давлениями в различных сечениях достаточно легко устанавливается в ходе модельного (или реального) эксперимента. Анализ его результатов позволит понять причину расхождения давлений, показываемых манометрами.

Причина этого наличие динамического давления. Оно равно разности полного и статического давлений. Величину динамического давления легко

истолковать энергетически. Оно равно кинетической энергии единицы объема потока $p = \frac{\rho v^2}{2}$ где ρ — плотность вещества, а v — скорость потока.

Что касается статического давления, то оно существует благодаря некоторому сжатию жидкости или газа. Без использования закона сохранения энергии усвоение содержания темы не только не облегчается, но, наоборот, сильно затрудняется — все содержание темы превращается в грудку отдельных, внутренне не связанных и не объясненных фактов.

Это говорит в пользу обязательного изучения уравнения Бернулли, несмотря на то, что данный материал отмечен звездочкой в учебнике Шахмаева.

Изучение темы базируется на довольно большом числе упражнений. Это не значит, что все учащиеся должны выполнить абсолютно все упражнения. Например, упражнения с «испортившимися анемометрами» можно предложить для выполнения более сильным учащимся. Но эта рекомендация носит относительный характер. Проверка уравнения Бернулли начинается с простого упражнения, иллюстрирующего засасывающее действие струи. Установка представляет собой трубу переменного сечения, через которую вентилятор прогоняет воздух. Статическое давление воздуха в трубе можно определить по уровням воды в манометрических трубках, а скорости движения воздуха — по показаниям анемометров. Для измерения уровня воды служат подвижная стрелка — указатель и связанное с ней табло. Скорость воздушного потока регулируется изменением числа оборотов двигателя. Даны диаметры труб, плотности газа и манометрической жидкости. Ученику предлагается найти уменьшение давления газа в одном из сечений трубы при включении вентилятора. Введя полученный результат в окно ответов, ученик узнает, правильны ли были его расчеты.

Во втором упражнении проверяется справедливость уравнения Бернулли для различных скоростей воздушного потока. Для чего по показаниям анемометров определяют разность динамических давлений газа в двух сечениях и сопоставляют ее с изменением статических давлений. При совпадении результатов вводят это число в окно ответов и узнают реакцию системы.

В третьем упражнении предполагают, что один из анемометров испортился, а манометрические трубки засорились. Требуется определить разность динамических давлений в трубе. Ответ также вводится в окно ответов и проверяется на правильность. Для решения задачи требуется привлечь уравнение неразрывности струи.

В четвертом упражнении предполагают, что оба анемометра испорчены, но манометрические трубки работают. Требуется найти объем

воздуха, прогоняемый через трубу в единицу времени. Ответ на вопрос задачи находят в совместном решении уравнения Бернулли и уравнения неразрывности струи.

Истечение жидкости из отверстия.

Следующие три упражнения предназначены для изучения истечения жидкости из отверстия в баке. Решение задач предполагает использование уравнения Бернулли и законов движения тела, брошенного горизонтально. В первом упражнении требуется найти скорость истечения жидкости из отверстия в баке. Учащийся должен из уравнения Бернулли получить формулу Торичелли.

Во втором упражнении ученику предлагается рассчитать дальность полета струи. Используются известные соотношения кинематики.

Третье упражнение строится как небольшая лабораторная работа, в которой требуется построить график зависимости дальности полета струи от высоты расположения отверстия. Учащийся должен найти, при каком расположении отверстия дальность струи будет наибольшей. Для проведения измерения учащийся располагает приспособлением для считывания координат точек, а для расчетов — калькулятором.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Почему в устьях рек почти всегда образуются мели и островки?
2. Если открытый водопроводный кран зажать пальцем так, чтобы оставалось только маленькое отверстие, то вода из отверстия вырывается с большей скоростью, чем при полностью открытом кране. Почему?
3. Ураган может сорвать крышу дома. Объясните образование такой большой подъемной силы.
4. Две весельные лодки или две автомашины, идущие параллельным курсом в одном направлении, притягиваются друг к другу. Объясните это явление, используя уравнение Бернулли.
5. На бьющую вверх воздушную струю из шланга пылесоса осторожно кладется шарик от настольного тенниса. Каково дальнейшее движение шарика?
6. Для чего брандспойт делают сужающимся на конце?
7. Чтобы отделить друг от друга тонкие листы, сложенные в пачку (например, страницы книги), достаточно подуть в торец этой пачки. Как объясняется этот прием?
8. Из отверстия в стенке водопроводной трубы вода вытекает с большой скоростью, а из крана, открытого на такое же поперечное сечение, как и отверстие, вытекает с малой скоростью. Почему?

Тема 12. СТАТИКА.

Основная цель — программа предназначена для проверки и закрепления знаний учащихся по этой теме.

ТРЕБОВАНИЯ К ЗНАНИЯМ: Для работы с программой учащийся должен иметь сведения из темы «Силы».

СОДЕРЖАНИЕ:

- 1) выяснение условий равновесия тела в отсутствии вращения;
- 2) поиск условия равновесия тела при отсутствии вращения;
- 3) выяснение условий равновесия тела при наличии вращения.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ТЕМЫ: 2 часа.

ЗАДАНИЕ 1. ВЫЯСНЕНИЕ УСЛОВИЯ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА ПРИ ОТСУТСТВИИ ВРАЩЕНИЯ.

Целью первой части программы является проверка знания учащимся условия равновесия тела, которое может двигаться только поступательно (без вращения).

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Поле экрана компьютера разбито на три части. В левой части экрана расположено окно, в котором проводится эксперимент по уравниванию груза двумя человечками. Здесь же расположен электронный транспортир для измерения углов и табло, изображающее текущее значение угла, измеряемое транспортиром.

В правой верхней части экрана расположено окно, в котором приведена таблица для записи результатов эксперимента. В правой нижней части экрана находится окно с исходными данными.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Задайте исходные данные и запустите программу. Начнется уравнивание груза человечками, действующими на него через канаты и блоки с силами F_1 и F_2 . После установления равновесия с помощью электронного транспортира определите углы между направлениями векторов сил F_1 , F_2 и вертикальной осью. Используя полученные значения углов, рассчитайте с помощью электронного калькулятора проекции сил F_1 и F_2 на вертикальную и горизонтальную оси. Результаты (с учетом знаков) занесите в строку таблицы. Убедитесь, что сумма проекций сил F_1 и F_2 на горизонтальную ось равна нулю (в пределах погрешности измерений; погрешность измерений угла электронным транспортиром 1°), а на вертикальную ось — весу груза $m \cdot g$. В программе предусмотрена

возможность проведения подобных опытов до пяти раз с целью набора статистики.

ЗАДАНИЕ 2. ПОИСК РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА В ОТСУТСТВИИ ВРАЩЕНИЯ.

Целью второго задания является закрепление полученных в первом задании знаний по условию равновесия не вращающегося тела.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Рабочее поле экрана компьютера разбито на три части. В левом верхнем углу расположено окно для ввода исходных данных. В правом верхнем углу приводится график зависимости минимального коэффициента трения лестницы о стенку от угла наклона стенки. Остальное поле предназначено для проведения эксперимента. На время выполнения эксперимента окно с графиком исчезнет.

ПОРЯДОК РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПМК

Введите исходные данные и запустите программу. Начнется эксперимент: человечек попытается выйти по лестнице из ямы. Если лестница начнет скользить, то по завершению эксперимента измените исходные данные и повторите опыт. Проводите опыт до тех пор, пока не определите минимальное значение коэффициента трения лестницы о стенку ямы, при котором человечек еще может выйти из ямы. Данное значение в конце эксперимента будет отложено на графике. После этого Вам будет предложено изменить значение угла наклона стенки. Установив новое значение угла наклона стенки, проведите новую серию опытов по определению минимального коэффициента трения. Прделайте также эксперименты для нескольких значений угла, чтобы получить график зависимости минимального коэффициента трения от угла наклона стенки. В результате работы с данным упражнением учащийся должен убедиться в независимости минимального коэффициента трения от длины лестницы, массы лестницы и человечка, и совпадении экспериментального графика зависимости с графиком зависимости тангенса угла наклона стенки. Указанные результаты могут быть получены учащимся аналитически при использовании программы «помощи» клавишей <?>.

ЗАДАНИЕ 3. УСЛОВИЕ РАВНОВЕСИЯ ТЕЛА, ИМЕЮЩЕГО ОСЬ ВРАЩЕНИЯ.

Цель третьей части программы заключается в том, чтобы проверить знание учащимся условия равновесия тела с закрепленной осью вращения.

ЧТО ВЫВОДИТСЯ НА ЭКРАН

Поле экрана разбито на три части. В левом верхнем углу экрана размещено окно с таблицей, в которую заносятся результаты эксперимента. В правом верхнем углу — окно для ввода исходных данных. В остальной части экрана проводится эксперимент по уравниванию массивной балки на неподвижной опоре. Уравнивание балки осуществляется человечком с помощью рычага и каната, который через систему блоков прикреплен к правому концу балки. Длина балки известна и равна 5 м. В нижнем правом углу экрана имеется табло для показаний силы, прилагаемой к балке человечком.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

Порядок работы с данной частью программы следующий. После появления изображения введите исходные данные и запустите программу. Уравнивание балки произведите клавишами со стрелками. При достижении балкой горизонтального положения снимите показания внешней силы, определите плечо силы тяжести, вычислите момент сил с помощью электронного калькулятора и заполните строку таблицы (с учетом знаков).

Убедитесь, что в положении равновесия алгебраическая сумма моментов сил, действующих на балку равна нулю (с учетом погрешностей измерений и вычислений). В программе предусмотрена возможность проведения еще четырех серий таких опытов с целью набора статистики при различных исходных данных. Проведенная серия опытов позволит учащемуся усвоить условие равновесия тела с закрепленной осью вращения.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ УЧАЩИМСЯ

1. Записать условие равновесия тела (при отсутствии оси вращения) в векторном виде и в проекциях на оси координат.
2. Записать условие равновесия тела с закрепленной осью вращения.
3. Дать определение момента силы.
4. Решить аналитически задачу из второго задания.
5. Решить аналитически задачу из второго задания при условии, что коэффициент трения лестницы о дно ямы отличен от нуля. Исследовать, при каких значениях этого коэффициента человек может выбраться из ямы.