

Оглавление

1. Введение.....	2-4
2. Законы Ньютона.....	5-30
3. Силы в природе.....	30-35
4. Закон всемирного тяготения.....	35-59
5. Сила трения.....	60-73
6. Движение на поворотах.....	74-82
7. Планы уроков по статике.....	82-98
8. Динамика вращательного движения.....	98-104
9. Литература.....	105

Производство новых идей есть столь же непрерывный и регламентированный процесс, что и производство автомобилей «Форд».

Джеймс Вебб Янг

МЕХАНИКА (ДИНАМИКА)

Введение

Известный американский математик Д. Пойа в книге «Как решать задачу» (М., 1961) писал: *«Умение решать задачу есть искусство, приобретающееся практикой, подобно, скажем, плаванию. Мы овладеваем любым мастерством при помощи подражания и опыта. Учась решать задачи, вы должны наблюдать и подражать другим в том, как они это делают, и, наконец, вы овладеваете этим искусством при помощи упражнения».* Но что это значит, овладеть искусством решения задачи? Почему для овладения им необходимо выполнить большое число упражнений? При упражнениях закрепляется как правильный образ решения задачи (общий план решения задачи), так и создаются системные образы применения конкретных законов для решения данного типа задач. Решение физических задач учит вас настойчивости, умению учитывать все варианты решения и выбирать наиболее оптимальный, а также поиску простейшего метода решения. Общий план решения любой задачи записывается в кратком виде на доске и включает в себя: дано, рисунок, анализ, решение, ответ. Его необходимо дать ученикам на первых уроках физики в седьмом классе и в дальнейшем не менять его. С первой же задачи ученики должны получить первоначальное представление о точности измерения и значащих цифрах, о переводе величин в интернациональную систему единиц (СИ). Необходимо показать, что при анализе любой задачи необходим рисунок и то, что не все и всегда нужно переводить в систему СИ. Кроме этого, с детьми надо сразу же согласовать критерии оценки за решение задачи. При решении задач у доски записанное условие с переводом всех величин в СИ и правильный рисунок к задаче оцениваются удовлетворительной оценкой, пошаговый анализ с выводом конечной формы – хорошей, полученный правильный ответ и его анализ – отличной. Если какой-то из этих этапов ученик не может преодолеть, то он может рассчитывать на «помощь зала». Дополнительный балл при этом начисляется тому ученику, который грамотно и доходчиво объяснил у доски причину возникших затруднений и реально помог классу преодолеть возникшее препятствие. Итоговая оценка за решение задачи у доски будет теперь меньше пяти на количество набранных

баллов с мест. После решения задачи идет ее обсуждение и, порой ученики предлагают более рациональные пути ее решения, за что так же начисляются дополнительные баллы. Общий план решения задачи обычно принимается учениками с первых уроков. В свою очередь практика решения задач убеждает их, что самым трудным этапом этого плана является рисунок и анализ. Как говорил Микеланджело: *«Рисунок – источник и душа каждого изображения и корень каждой науки»*. Так уж устроено наше мышление, что объекты окружающего мира должны быть обозначены. С помощью рисунка конкретизируется условие, поэтому ученик нагляднее представляет себе тела и сам процесс. Уважение к рисунку надо воспитывать с первого урока, развивая представление учеников об условном изображении на рисунках опоры, тела на земле, скорости тела, силы, направления силы, ее точки приложения и т.п. Хорошо помогают этому процессу, например, «паспорта» сил, которые мы заполняем после их изучения. Гораздо более трудным для учеников является анализ задачи, содержание которого изменяется от темы к теме и от задачи к задаче. Овладеть искусством анализа – значит научиться решать задачи или, еще лучше, научиться думать! Ум – это способность к анализу! Начиная с седьмого класса, на примерах простых задач, я демонстрирую ученикам, что анализ задачи может быть проведен разными способами, и она может иметь несколько вариантов решения. Предпочтение всегда необходимо отдавать тому варианту, который содержит меньшее количество логических цепочек.

Уже с первых уроков анализ задачи воспринимается учениками как некоторая последовательность действий, позволяющая сложный процесс разбить на более простые составляющие модели. Далее необходимо описать динамику или статику этих моделей с помощью известных законов и, тем самым, весь процесс. На этом «физика» задачи заканчивается и начинается «математика», где необходимо решить систему уравнений и определить неизвестную величину. Процесс анализа простых моделей можно во многих случаях алгоритмизировать. Приведу пример известного алгоритма решения задач на динамику материальной точки, который после многих изменений и дополнений приобрел у меня уже почти законченный вид.

Алгоритм решения задач на динамику материальной точки [4]

1. Внимательно прочтите условие задачи и кратко запишите его с последующим переводом значений физических величин в СИ.

2. Выполните соответствующий условию задачи рисунок или чертеж. Изобразите на рисунке все реальные силы, действующие на тело (тела); укажите направление ускорения.
3. Для каждого из тел запишите второй закон Ньютона в векторной форме (Теперь задачу можно решать графически или аналитически).
4. Выберите ИСО, положительное направление оси x которой совпадает с предполагаемым направлением движения тела, а ось y перпендикулярна ему (если надо).
5. Запишите формулу второго закона Ньютона для каждого из тел в проекциях на эти направления.
6. Найдите проекции всех сил на эти направления и выразите их через модули соответствующих векторов.
7. Используя выражения для модулей сил, дополнительные условия и формулы для равноускоренного движения кинематики, определите неизвестные величины.
8. Для исключения ошибки в преобразованиях проверим, совпадают ли размерности правой и левой части в уравнении для определения искомой величины.
9. Запишите ответ задачи и выясните, каким бы он был при других исходных величинах, и существуют ли другие варианты решения.
10. Подумайте, наблюдали ли вы похожее явление в быту или технике и каковы возможные технические применения полученной формулы-закона.

Алгоритм решения задачи на динамику материальной точки универсален и заслуживает того, чтобы ученики переписали его в тетрадь. Его применение к решению почти каждой задачи по данной теме приведет к тому, что дети овладеют им, и сами, на его базе, будут составлять алгоритмы при изучении других законов. Во всех случаях их нужно демонстрировать на примерах решения задач, все чаще обращая внимание на последний десятый пункт исходного алгоритма. По своей структуре задачи, которые школьники решают на уроках, схожи с проблемами, с которыми взрослым приходится иметь дело в профессиональной жизни. В том и в другом случаях нужно мысленно составить сложный алгоритм действий из стандартных алгоритмов, которыми они уже овладели. Алгоритм нужен и учителю при подборе задач к уроку.



*Да будут святы те, кто в творческом пылу,
Исследуя весь мир, открыли в нем законы.*

Э. Верхарн

*Разумом он превосходил род человеческий.
Слова Лукреция на скульптуре И. Ньютона*

Исаак Ньютон родился в мире мрака, обскурантизма и колдовства... по крайней мере однажды был ввергнут на грань сумасшествия... и все же ему удалось открыть больше существенных основ человеческого знания, чем кому-либо другому до него или после. Он стал главным архитектором современного мира. ...Он снабдил познание количественными и точными методами. Он установил принципы, которые ныне называются его законами.

журналист Джеймс Глейк

*Поверьте мне, если мои исследования и принесли несколько
полезных результатов, то они обязаны этим труду и терпению.*

И. Ньютон

ПРИМЕРНЫЕ ПЛАНЫ УРОКОВ ПО МЕХАНИКЕ (ДИНАМИКА)



Великие дела нужно совершать, а не обдумывать их бесконечно.

Юлий Цезарь

Тому, кому удастся найти идею, позволяющую проникнуть несколько глубже в вечную тайну природы, оказана великая милость.

А. Эйнштейн

Урок 21/1 НЬЮТОН - ОСНОВАТЕЛЬ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

На вопрос о том, как он открыл свои законы, Ньютон ответил: «Я постоянно размышлял о них».

Цель урока: Отметить различие между кинематикой и динамикой.

Обсудить попытки до Галилея понять динамику.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: обобщающая таблица "Классическая механика".

План урока:

1. Вступительная часть
2. Работа над ошибками
3. Объяснение
4. Задание на дом



II. Работа над ошибками, допущенными при выполнении контрольной работы.

III. В основе классической механики лежат законы динамики. **Динамика - раздел механики, в котором изучается движение взаимодействующих тел.**

Эти законы открыты Галилеем и Ньютоном.

Начало механике (и динамике) было положено в трудах Аристотеля в IV веке до н.э. (384-322 гг. до н.э.). Древнегреческие ученые, к числу которых принадлежит Аристотель, утверждали, что главное средство изучения природы - размышление, его помощник - наблюдение. Взгляды Аристотеля на природу:

- Пространство и время конечны; за сферой неподвижных звезд нет ни пространства, ни времени, ни движения.
- **Двигается только движимое. Всё движущееся необходимо бывает движимо чем-то.**
- **Скорость падения соответственна весу падающего тела.**
- Аристотель считал, что у мужчин больше зубов, чем у женщин, хотя был дважды женат.
- Первичная материя непрерывна, неделима, тела сплошные, атомов не существует.
- **Атомов нет, потому что мы их не видим.**
- **Скорость свободно падающего тела пропорциональна его массе и обратно пропорциональна плотности среды $v = k \cdot m/\rho$. В пустоте $\rho = 0$ и поэтому $v \rightarrow \infty$, что невозможно и пустоты нет.**

Представления Аристотеля были неверными, но оставались незыблемыми в течение двух тысячелетий потому, что согласовывались с жизненным опытом и благодаря авторитету ученого. Изучение законов движения было началом развития современной науки, а исследование того, что движется, не раз открывало для нас то, что невидимо, включая неизвестную материю и планеты.

Родоначальником экспериментального метода в физике был Галилео Галилей (1564-1642 гг.). Он сумел преодолеть многие ошибочные представления Аристотеля и вплотную подошел к тем понятиям и законам, которые были позднее сформулированы Ньютоном.

«Отцом современной физики» назвал Галилея А. Эйнштейн. Девиз Галилея: *"Тот, кто болтает о природе, вместо того, чтобы наблюдать ее и с помощью экспериментов заставить говорить, никогда не познает ее. Лишь опыт снимает покрывала с тайн природы"*.

Так, например, Галилей установил, что *"скорость, однажды сообщенная*

движущемуся телу, строго сохраняется, если устранены внешние причины ускорения или замедления". Галилей пришел к этому выводу, изучая движение различных тел по наклонной плоскости.



Наука спустилась с небес на Землю по наклонной плоскости Галилея.

Анри Бергсон

Другие научные открытия Галилея: принцип относительности в механике, независимость ускорения падающих тел от их веса, законы ускоренного движения и т.д. Греки изобрели доказательство. Галилей доказывал, как того требует наука, то есть предлагал проверить каждому, опираясь лишь на опыт и здравый смысл.

Однако **основные понятия механики**, такие как масса, сила еще не были определены, не была установлена связь между силой и ускорением, не был точно сформулирован закон инерции. Это все удалось сделать И. Ньютону, который еще и открыл закон всемирного тяготения, разработал теорию движения небесных тел, объяснил важнейшие особенности движения Луны, дал объяснение приливов и отливов, создал дифференциальное и интегральное исчисление. Вот, как, например, Ньютон определил массу: "Количество материи (масса), есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее":

$$m = \rho \cdot V.$$

Определив основные понятия, И. Ньютон сформулировал **три основных закона классической механики и закон всемирного тяготения**, с помощью которых можно решить основную задачу механики для различных движений.

Теория Ньютона предсказала возвращение кометы Галлея. Открытие планеты Нептун. Космические полёты. Границы применимости механики Ньютона.

Самой судьбой он был поставлен на поворотном пункте умственного развития человечества.

А. Эйнштейн

Если мы видели дальше других, то это потому, что стояли на плечах гигантов.

И. Ньютон

Галилей был первым, кто решил ставить эксперименты и первым, кто решил измерять. Ньютон первым стал давать именно математические объяснения физических явлений. До него все пытались дать качественные объяснения.

Ньютон был избран представителем от Кембриджа в парламент, но не произнес там ни слова (утверждают, правда, что один раз он выступил с краткой речью: попросил закрыть окно).

IV. Подготовить пятиминутное сообщение о жизни и научной деятельности И.Ньютона.

Полагаю, что природа движения такова, что, если тело пришло в движение, уже это достаточно, чтобы оно его продолжало с той же скоростью и в направлении той же прямой линии, пока оно не будет остановлено или отклонено какой-либо другой причиной.

Декарт

Урок 22/2.

ТЕЛА И ИХ ОКРУЖЕНИЕ. ПЕРВЫЙ ЗАКОН НЬЮТОНА.

Как узнать, равномерно ли едет поезд, если окна в купе зашторены?

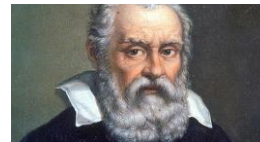
Цель урока: Установить различие между кинематикой и динамикой. Дать представление о свободном движении тел и инерциальных системах отсчета. Сформулировать первый закон Ньютона.

Тип урока: урок-лекция.

Оборудование: прибор ПДЗМ, демонстрационный секундомер.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Лекция
3. Закрепление
4. Задание на дом



II. Мы продолжаем на основе наблюдений и экспериментов вводить основные понятия механики. Ввели понятия: материальная точка, система отсчета, путь, перемещение, скорость, ускорение. Изучили следующие типы движения: равномерное прямолинейное, прямолинейное равноускоренное, прямолинейное неравномерное, движение тела по окружности. Зная ускорение, всегда можно установить тип движения?!

Почему тела движутся так, а не иначе? Что является причиной ускорения? Самое простое движение – движение одного тела при его изоляции от внешних воздействий. Взаимодействие тел друг с другом. Как изолировать тело от воздействий других тел?

1. Все известные взаимодействия убывают с расстоянием, а поэтому тело, удаленное от всех других тел на значительное расстояние (**свободное тело**), будет совершать самое простое движение (**свободное движение**).
2. Экранировать тело от влияний: ветра, трения, электрических и магнитных полей. А можно ли экранировать гравитационное поле? А компенсировать?! Да! Демонстрация **свободного движения** с помощью ПДЗМ.

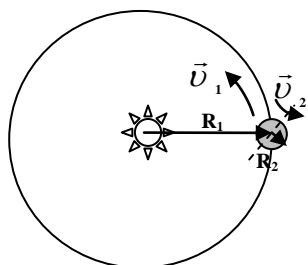
Суть движения может быть понята лишь путем устранения влияния среды!

Есть ли примеры свободно движущихся тел? Удаленная звезда? Солнце?!

Система отсчета, связанная со свободно движущимся телом, называется инерциальной (ИСО).

Другими словами, инерциальной называется система отсчета с нулевым ускорением!

Сколько существует инерциальных систем отсчета? Инерциальная ли система отсчета, связанная с Землей?



$$a_1 = \frac{4\pi^2}{T_1^2} R_1 = 0,0006 \text{ м/с}^2 - \text{орбитальное движение Земли.}$$

$$a_2 = \frac{4\pi^2}{T_2^2} R_2 = 0,034 \text{ м/с}^2 - \text{вращение Земли вокруг своей оси (для}$$

точки на экваторе). **Систему отсчета, связанную с Землей, грубо можно считать инерциальной** (идеализация). Отклонения

можно заметить при очень точных измерениях, либо за очень большие промежутки времени. Скорость вращения Галактики составляет на орбите Солнца 220 км/с, это самое быстрое вращательное движение, в котором мы участвуем (скорость вращения точки на экваторе Земли равна 0,5 км/с, а скорость обращения Земли вокруг Солнца - 30 км/с.).

Ускорение Солнечной системы при орбитальном движении в Галактике: 0,00000000022 м/с².
Мы будем изучать движение тел, находясь в ИСО! Как движется свободное тело для наблюдателя, находящегося в ИСО (демонстрация с ПДЗМ)?

В ИСО свободное тело сохраняет свою скорость неизменной (первый закон Ньютона). Именно в ИСО выполняются законы Ньютона!

Первый закон Ньютона: Существуют такие системы отсчета, в которых свободное движение (движение при компенсации внешних воздействий) происходит с постоянной скоростью. Само такое движение называют движением по инерции.

Инерция - свойство тел сохранять свое движение при компенсации внешних воздействий (свойство тел противодействовать изменению их скорости). Тело "не хочет" изменять свою скорость. Инерция проявляется, например, в том, что невозможно мгновенно сообщить телу произвольную скорость или остановить его. Большинство современников Галилея считали, что если бы Земля летела вокруг Солнца, мы бы как-то ощущали это движение, а если нет, значит, она неподвижна.

Каждая материальная частица в отдельности стремится продолжать дальнейшее движение не по кривой, а исключительно по прямой...

Рене Декарт

Закон инерции не мог понять, например, тупой и болтливый полковник Краус фон Циллергут, у которого бравый солдат Швейк украл пинчера. *"Когда весь бензин вышел, - говорил полковник, - автомобиль принужден был остановиться. Это я сам вчера видел. И после этого еще болтают об инерции, господа. Не едет, стоит, с места не трогается. Нет бензина. Ну, не смешно ли?"*

Теперь рассмотрим любое свободное тело на Земле (дом). Если я проезжаю мимо него с постоянной скоростью ($\vec{v} = \text{пост.}$), то в моей системе отсчета это тело сохраняет свою скорость неизменной (установить в автомобиле кинокамеру). Следовательно, я нахожусь в ИСО! Сколько существует ИСО?

Выводы:

- 1. Теперь я смогу установить, наблюдая за движением свободного тела, в какой системе отсчета я нахожусь – инерциальной или неинерциальной.**
- 2. Если я точно знаю, что нахожусь в ИСО, то всегда могу установить, является ли данное тело свободным.**

...сотни раз, сидя в своей каюте, я спрашивал себя, движется корабль или стоит неподвижно. Иногда ... я полагал, что корабль движется в одном направлении, тогда как движение его шло в сторону противоположную.

Галилео Галилей

Почему Галилей так и не смог установить, движется корабль или стоит неподвижно?

Земля постоянно движется, но люди этого не знают; они как команда на закрытом судне, этого не замечают".

Лося Хун

Человек, стоящий на экваторе, движется относительно центра Земли со скоростью 1600 км/ч. Сама Земля движется вокруг Солнца со скоростью 108800 км/ч, а Солнце движется вокруг центра Галактики со скоростью 800000 км/ч. Почему мы не замечаем этих движений?

Закон инерции является первым большим успехом в физике, фактически ее действительным началом.

Альберт Эйнштейн

Вопрос: Инерциальная ли система отсчета, связанная: а) с тормозящим поездом; б) с Землей, если известно, что каждый день "Солнце всходит и заходит"; в) с равномерно летящим самолетом; г) со звездой?

III. Демонстрация фрагмента кинофильма.

Дополнительный материал: Инерцией обусловлено движение Земли вокруг Солнца, иначе Земля бы остановилась на своей орбите и упала на Солнце. Инерция выбрасывает нас из сиденья при резком торможении автомобиля, она заставляет нас почувствовать, как что-то обрывается в желудке при резком движении лифта. Именно инерция отбрасывает нас к внешнему ободу вращающейся карусели или прижимает к стенке вращающейся центрифуги.

Задача:

1. Два самолета вылетают из Санкт-Петербурга и облетают землю, двигаясь с одинаковой скоростью. Первый все время летит на восток и возвращается в Санкт-Петербург за время в два раза меньшее, чем второй, который вылетел на север и, не меняя направления, обогнул землю. Какова широта Санкт-Петербурга?
2. Тело, падающее с некоторой высоты на экваторе Земли, смещается из-за вращения Земли на расстояние 200 см по горизонтали. На какое расстояние оно сместится при падении с высоты, в три раза большей? Соппротивлением воздуха пренебречь.

Вопросы:

1. Каким способом можно определить, находится данное тело в инерциальной или в неинерциальной системе отсчета?
2. Известно, что тело, свободно движущееся по горизонтальной поверхности, постепенно замедляется и, в конце концов, останавливается. Не противоречит ли этот экспериментальный факт закону инерции?
3. Как объяснить опускание столбика ртути при встряхивании медицинского термометра?
4. Тело покоится в данной ИСО, а какое движение оно совершает в любой другой ИСО?
5. На движущийся по прямолинейному горизонтальному пути поезд действует постоянная сила тяги тепловоза, равная силе сопротивления. Какое движение совершает поезд? Как проявляется в данном случае закон инерции?
6. Почему, когда в задний бампер машины въезжает едущая следом машина, сидящий в передней машине нередко получает травму шеи?
7. Можно ли с воздушного шара заметить, как вращается под нами земной шар?
8. Как надо прыгать из движущегося вагона?
9. За счёт чего МКС и другие космические аппараты летают, не включая двигатели?

Выделяют **вечный двигатель третьего рода**, поддерживающий движение за счёт инерции массы при полном устранении трения и других диссипативных процессов.

10. Как устроен аэрохоккей?

11. Если окна в купе закрыты, то по каким признакам вы судите о том, что поезд движется?

12. Можно ли установить, наблюдая за движением Солнца в течение суток (дня), является ли система отсчета, связанная с Землей, инерциальной?

IV. § 19. Вопросы к § 19.

1. Составить обобщающую таблицу "Инерция", используя рисунки, чертежи и текстовый материал.
2. Почему ядро при выстреле вверх отклоняется к западу, а падающие (брошенные) тела — к востоку?

Количество материи (масса) есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее...

И. Ньютон

Урок 23/3.

УСКОРЕНИЕ ТЕЛ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ. МАССА.

Инерция - сила или бессилие?

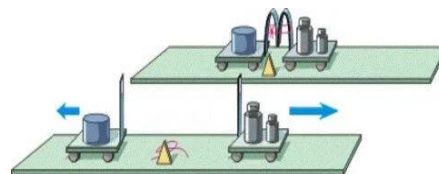
Цель урока: Развить представление о величине "масса тела".

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: центробежная машина, стальной и алюминиевый цилиндры, линейка демонстрационная, прибор ЦДЗМ, прибор для демонстрации взаимодействия, гиря массой 2 кг, штатив универсальный, нить.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Инерциальные системы отсчета. 2. Первый закон Ньютона.

Задача: Чтобы шар был погружен в воду полностью, на него нужно давить с некоторой силой. Если тянуть шар с такой же силой вверх, то он погружён в воду точно наполовину. Найдите плотность материала шара.

Вопросы:

1. Мальчик держит на нити шарик, наполненный водородом. Какие силы, действующие на шарик, взаимно компенсируются, если он находится в состоянии покоя?
2. Объяснить, действие, каких тел компенсируется в следующих случаях: а) подводная лодка находится в толще воды; б) подводная лодка лежит на твердом дне.
3. В каком случае систему отсчета, связанную с автомобилем, можно считать

инерциальной?

4. На лишенном трения полу движущегося трамвая неподвижно лежит бильярдный шар. Время от времени шар начинает неравномерно кататься по полу. Когда это происходит?
5. На правые или на левые рессоры оседает автомобиль при левом повороте?
6. Будет ли реактивный снаряд, выпущенный в направлении от экватора к северному полюсу, все время двигаться вдоль меридиана?
7. В какой системе отсчета выполняется первый закон Ньютона?
8. Почему столь неощутимо движение Земли со скоростями тысячи километров в час вокруг своей оси и вокруг Солнца?
9. Каким образом с помощью явления инерции опытные водители экономят горючее?
10. Почему находясь в купе поезда с зашторенным окном и хорошей звукоизоляцией, можно обнаружить, что поезд движется ускоренно, но нельзя узнать, что он движется равномерно?

III. При каких условиях тело движется с ускорением?

Истинное знание - знание причин.

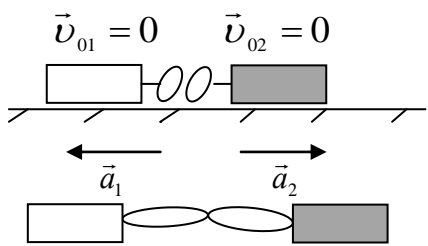
Галилео Галилей

Причина изменения скорости тела (ускорения) - некомпенсированное воздействие (влияние) других тел. Примеры: свободное падение шарика, действие магнита на покоящийся и движущийся стальной шарик.

Взаимодействие - воздействие тел друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения. Взаимодействие двух тел, не подвергающихся воздействию каких-либо других тел, - самое фундаментальное и самое простое явление, которое мы можем изучать! Демонстрация взаимодействия двух тележек (двух кареток на воздушной подушке).

При взаимодействии оба тела изменяют свою скорость, причем их ускорения направлены в противоположные стороны.

Что еще можно сказать об ускорениях тележек при их взаимодействии? Оказывается, что ускорение тела тем меньше, чем больше масса тела и наоборот (демонстрация):



$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$$
$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t}; \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}.$$
$$m_1 a_1 = m_2 a_2$$

Измерение массы взаимодействующих тел. Эталон массы (цилиндр из сплава платины и иридия) 1 кг. Стандартную массу 1 кг можно получить, взяв 1 л воды при 4°C и нормальном атмосферном давлении.

Как измерить массу отдельного тела? $m_3 a_3 = m a \rightarrow m = \frac{a_3}{a} m_3.$

От инерции материи происходит, что всякое тело лишь с трудом выводится из своего покоя или движения.

Исаак Ньютон

Масса (m) – свойство тела противодействовать изменению его скорости (инерция движения), измеряемое отношением модуля ускорения эталона массы к модулю ускорения тела при их взаимодействии.

Что такое инертность?

- Это когда тело жирное, не хочет двигаться.
- То есть я сейчас не хочу двигаться, значит, я жирная?
- Ты сейчас в большой опасности.

Взаимодействие стального и алюминиевого цилиндров (демонстрация).

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\omega^2 r_1}{\omega^2 r_2} = \frac{r_1}{r_2} = 3$$

Другие способы измерения масс: 1. $m = \rho \cdot V$ (для однородных тел).

2. Взвешивание (для тел, которые можно положить на весы).

3. Можно ли взвешиванием измерить массу планеты; молекулы; электрона?

Взаимодействие Земли и Луны: $m_3 = 81 m_{\text{л}}$.

Выводы учащихся:

- В Си масса измеряется в килограммах.
- Масса является скалярной величиной.
- Масса обладает свойством аддитивности.

Более глубокий смысл массы в СТО. Связь массы и энергии покоя тела: $E = mc^2$. Масса вещества дискретна. Спектр масс. Природа массы - одна из важнейших задач физики.

IV. Задачи:

1. Мальчики массами 60 и 40 кг, взявшись за руки, обращаются вокруг некоторой точки так, что расстояние между ними равно 120 см. По окружности какого радиуса движется каждый из них?
2. На каком расстоянии от центра Земли находится точка, вокруг которой обращаются Земля и Луна, если масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а среднее расстояние между их центрами 365000 км.

Из-за особенностей орбитального движения Луны вокруг Земли (а их обеих — вокруг Солнца) расстояние между ними в момент прохождения Луной перигея постоянно меняется. Самый близкий перигей — примерно 356 тысяч км, самый далекий — 370 тысяч км. Эти колебания происходят с периодом 412 суток.

– Мы же физики, мы должны думать, прежде чем что-то написать!

Вопросы:

1. С помощью двух воздушных одинаковых шаров поднимают из состояния покоя разные тела. По какому признаку можно заключить, у какого из этих тел масса больше?
2. Что является причиной ускорения следующих тел: 1) искусственного спутника при его движении вокруг Земли; 2) искусственного спутника при

его торможении в плотных слоях атмосферы; 3) бруска, соскальзывающего с наклонной плоскости; 4) свободно падающего кирпича?

3. Каким образом можно убедиться в том, что данное тело не взаимодействует с другими телами?
4. Однажды барон Мюнхгаузен, увязнув в болоте, вытащил себя за волосы. Нарушил ли он тем самым первый закон Ньютона?
5. Почему в хоккее защитников выбирают массивнее, а нападающих легче?
6. Почему пожарному трудно удерживать брандспойт, из которого бьет вода?
7. Цилиндрическое бревно весит 30 кг. Сколько весит другое бревно, если оно вдвое толще, но вдвое короче нашего?

V. § 20-21. Упр. 9, № 1-3. Упр. 10, № 1, 2.

1. Составьте обобщающую таблицу "Масса", используя рисунки, чертежи и текстовый материал.
2. Предложите несколько вариантов конструкций приборов, с помощью которых можно сравнивать массы тел при взаимодействии.
3. На лист бумаги поставьте у края стола стакан с водой. Резко выдерните лист в горизонтальном направлении. Что произойдет? Почему? Объясните опыт.
4. Через неподвижный блок перекинута веревка. На одном конце веревки, держась руками, висит человек, а на другом – груз. Вес груза равен весу человека. Что произойдет, если человек будет на руках подтягиваться вверх на веревке?

...приложенная сила - есть действие, производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

И.Ньютон

Урок 24/4.

СИЛА

Почему не тонет огромный океанский лайнер?

Цель урока: Развить представление о силе и способах ее измерения.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: прибор «Тела неравной массы», машина центробежная, штатив, груз, пружина.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Инертность тел. 2. Масса тел.

Задачи:

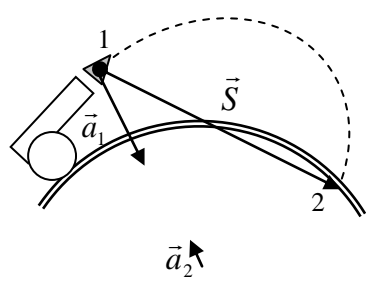
1. Два тела массами 400 и 600 г двигались навстречу друг другу и, после удара остановились. Какова скорость второго тела, если первое двигалось со скоростью 3 м/с?
2. Вагон массой 60 т подходит к неподвижной платформе со скоростью 0,2 м/с и ударяет буферами, после чего платформа получает скорость 0,4 м/с. Какова

- масса платформы, если после удара скорость вагона уменьшилась до 0,1 м/с?
3. При очистке реки от вытекшей нефти собрали 100 м^3 загрязненной жидкости. Её средняя плотность оказалась равной 900 кг/м^3 . Сколько тонн нефти удалось собрать, если плотность нефти равна 800 кг/м^3 , а плотность воды 1000 кг/м^3 ?
4. Известно, что из-за высокой концентрации соли, плотность морской воды больше, чем плотность пресной, и равна приблизительно $\rho_M = 1025 \text{ кг/м}^3$. Плотность соли равна $\rho_C = 2160 \text{ кг/м}^3$. Посчитайте, какой процент соли (по массе) содержится в морской воде. Плотность пресной воды $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Вопросы:

1. Как сравнить массы двух тел в условиях невесомости?
2. Предложите способ измерения массы Луны.
3. Почему при вбивании гвоздя в тонкую фанеру сзади нее прислоняют топор?
4. Почему человек, двигая под водой взад и вперед ногами, смещается поступательно вперед, а не колеблется взад-вперед?
5. Голова рыбы весит столько, сколько хвост и половина туловища, туловище – сколько голова и хвост вместе. Хвост имеет массу 1 кг. Какова масса рыбы?
6. Почему трудно ходить по рыхлому снегу (песку)?
7. Эйфелева башня имеет высоту 300 м и массу 9000 т. Какую массу будет иметь ее точная копия высотой 30 см?
8. Если отец на 10 процентов выше сына, то, насколько больше его масса?
9. Кусок мыла за неделю «смыливается» так, что все его размеры уменьшаются в 2 раза. На сколько дней хватит оставшегося кусочка?
10. Имеется мензурка с водой и кусок дерева. Как определить плотность дерева?
11. Как определить плотность неизвестной жидкости, используя только стакан, воду и весы с разновесом?

III. Взаимодействие двух тел. В результате взаимодействия тела получают



ускорения, причем: $m_1 a_1 = m_2 a_2$. Это очень хорошая формула. С ее помощью можно определить массу второго тела, если известна масса первого тела.

Преобразуем эту формулу: $a_1 = \frac{m_2}{m_1} a_2$. Из нее следует,

что для вычисления ускорения первого тела необходимо знать массу m_1 , a_2 и m_2 . Пример с полетом снаряда. Какие тела действуют на снаряд во время полета?

Земля? Воздух? Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Что нужно знать артиллеристу, чтобы вычислить ускорение снаряда? Ускорение Земли? Можно

ли его измерить непосредственно?

Влияние одного тела на другое коротко называют силой (\vec{F}).

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{21} \text{ или } -m_1 \vec{a}_1 = m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{12}.$$

Можно ли измерить влияние второго тела (Земли) на первое тело (снаряд)?!

$$\left. \begin{array}{l} m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{12} \\ m_2 \vec{a}_1 = \vec{F}_{21} \end{array} \right\} \longrightarrow m \vec{a} = \vec{F} - \text{косвенный способ измерения силы.}$$

Силу во многих случаях можно рассчитать по простым формулам или измерить с помощью динамометра. Тогда зная силу, с которой второе тело действует на первое, можно вычислить ускорение первого тела.

Примеры ускоренного движения, вызванного силой упругости и силой тяжести. Схожесть силы упругости и силы тяжести (общее их свойство) в том, что они вызывают ускорение. Кроме этого, равные силы, независимо от их природы, сообщают одним и тем же телам одинаковые ускорения (это мы докажем на следующем уроке экспериментально). Различие сил количественное (демонстрация). **Сила – свойство взаимодействующих объектов (тел) влиять друг на друга!**

Пример с вертикальным пружинным маятником в положении равновесия: влияние Земли (\vec{g}) и влияние пружины (\vec{a}); совместное влияние $\vec{g} + \vec{a} = 0$ и $m\vec{g} + m\vec{a} = 0$, а значит $\vec{F}_T + \vec{F}_{\text{упр}} = 0$. Но две, не равные нулю скалярные величины, не могут в сумме давать нуль. Равные по абсолютной величине, но противоположные по направлению силы независимо от их природы ускорения телу не сообщают. **Сила - векторная величина!**

Изображение сил на чертеже (модуль, направление, точка приложения).

Единица силы в СИ: $1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$. Все физические величины могут быть выражены через единицы длины (сантиметр), времени (секунду) и массу (грамм)!

Сила (\vec{F}) - свойство объектов (тел) оказывать влияние на данное тело, приводящее к его деформации или изменению состояния движения, измеряемое динамически произведением массы тела на его ускорение.

Определив силу как "действие", производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерное прямолинейное движение, Ньютон указывает на внешний по отношению к телу характер этого действия.

П. Кудрявцев

IV. Задачи:

1. Мяч массой 0,5 кг после удара, длящегося 0,02 с, приобретает скорость 10 м/с. Найти среднюю силу удара.
2. Бolid Формулы-1 разгоняется до скорости 108 км/ч всего за 2 секунды. Вычислите среднюю силу, действующую на машину во время разгона. Известно, что масса болида равна 550 кг.
3. Две силы, одна из которых в 2 раза больше другой, действуют на тело массой 100 г в одном и том же направлении и сообщают ему ускорение 3 м/с². Какая

величина каждой из сил?

4. Женщина массой 70 кг и её сын массой 35 кг стоят на коньках, после чего они в течение 0,6 с отталкиваются друг от друга и начинают скользить по льду в разные стороны. Скорость женщины сразу после того, как они разъехались, составляет 0,55 м/с. Вычислите скорость сына и модуль средней силы, действовавшей со стороны матери на сына при отталкивании. С какой силой сын действовал на мать?

V. § 22. Упр. 11, № 1.

Все трудности физики в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления.

Исаак Ньютон

Красота есть истина, а истина – красота.

Джон Китс

Урок 25/5.

ВТОРОЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

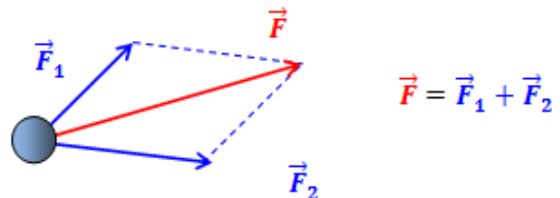
Цель урока: Экспериментально подтвердить справедливость второго закона Ньютона для сил любой природы.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: прибор ПДЗМ, демонстрационный секундомер, динамометр, прибор "Грузы неравной массы", центробежная машина.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: Сила.

Задачи:

1. Масса истребителя СУ-30 составляет 30 тонн. Во время взлёта каждый из двух двигателей развивает силу тяги, равную 125 кН. Какой минимальной длины должна быть взлётная полоса, если для взлёта необходимо набрать скорость 80 м/с.
2. Шайба, скользящая по льду, остановилась через время 5 с после удара о клюшку на расстоянии 20 м от места удара. Масса шайбы 100 г. Определить действовавшую на шайбу силу трения.
3. Согласно упрощенной модели сердца млекопитающего, при каждом сокращении около 20 г крови ускоряется за время 0,1 с от скорости 0,25 м/с до скорости 0,35 м/с. Какова при этом сила, развиваемая сердечной мышцей?

Вопросы:

1. С высокого берега безопаснее прыгать в рыхлую песчаную почву, чем на твердую почву. Почему?

2. Как можно на опыте установить, что действующая на стальной шарик со стороны магнита сила является вектором?
3. В каком случае действующие на тело силы считаются одинаковыми?
4. Зачем кузнечнику длинные задние лапки?
5. Ускорение ракеты возрастает даже в том случае, если действующая на неё сила тяги остается постоянной. Почему?
6. Почему подушка безопасности, которая при аварии раздувается со скоростью до 350 км/ч, способна переломать кости, а то и убить водителя?
7. Нет ли ошибки в утверждении: «Всякая масса поедет дальше тогда, когда вы ее давите, не только сильно, но и долго»?
8. Что мешает движению тел?
9. Когда и почему футболист сильнее почувствует удар мяча: когда бежит навстречу мячу или, когда стоит неподвижно?
10. Земля и Солнце действуют друг на друга с одинаковыми силами, поэтому если бы они двигались в направлении друг друга, то встретились бы в середине пути. Почему это не так?
11. Приведите примеры, когда направление скорости тела не совпадает с направлением действующей на тело силы.

III. На прошлых уроках мы выяснили, что движение как таковое отнюдь не требует приложения силы (тело будет двигаться с постоянной скоростью в заданном направлении без какого бы то ни было внешнего воздействия). Только отклонение от равномерного прямолинейного движения требует объяснения, то есть наличия силы. Ньютон установил, что сила вызывает ускорение и, вывел точную математическую формулу, связывающую эти величины: $\vec{F} = m\vec{a}$.

На этом уроке мы попробуем этот закон подтвердить экспериментально для всех известных нам сил: упругости, тяжести, трения.

Для любой силы справедливо соотношение: $\vec{F} = m\vec{a}$ - второй закон Ньютона.

Вероятно, величайшим научным открытием всех времен следует считать осознание того, что законы природы можно записать с помощью математического кода.

Пол Дэвис

Это уравнение называется еще основным уравнением динамики материальной точки. Оно позволяет решать две основные задачи:

- **По известным силам предсказать движение на любой промежуток времени (прямая задача). Примеры: астрономия, военное дело.**
- **По известному характеру движения находить силы (обратная задача).**

Великое уравнение $\vec{F} = m\vec{a}$ – это уравнение движения, причем движения абсолютно любых материальных тел. Движения вездесущи. Повсюду мягкая сила заставляет мир изменяться и совершенствоваться, придавая ему неисчерпаемую волю к жизни. Равномерное движение

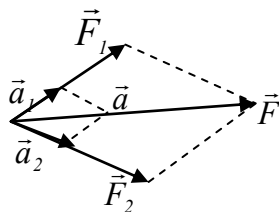
по прямой линии рассматривается не как отсутствие, а как равновесие всех сил.

На протяжении тысячелетий люди знали, что объекты движутся быстро или медленно, но Ньютон смог открыть свой знаменитый закон движения $F = ma$, когда понятия скорости и ускорения были определены формально и количественно.

Липсон.

Выводы:

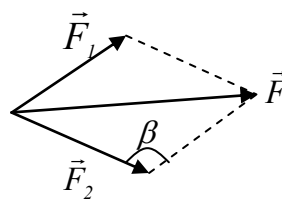
- 1. Ускорение, приобретаемое телом под действием постоянной силы, не зависит от скорости.**
- 2. Всеобщий характер второго закона Ньютона для всех видов движения (прямолинейного, криволинейного, равномерного, неравномерного), для любых сил и для всех тел.**
- 3. При $\vec{F} = const$, $\vec{a} = const$ (равноускоренное движение).**
- 4. Если $\vec{F} = 0$, $\vec{a} = 0$ и $\vec{v} = const$.** (Второй закон Ньютона не противоречит первому и справедлив только в ИСО). Приложенная к телу сила определяет его ускорение, а не саму скорость. Сила может быть равна нулю, а скорость оставаться постоянной. Сила - причина изменения скорости (изменения движения), а не самого движения.
- 5. Направление ускорения всегда совпадает с направлением силы.** Возможны частные случаи:
 - направление силы совпадает с направлением скорости: $\vec{v} \uparrow \vec{F} \uparrow$ (ускоренное движение);
 - направление силы противоположно направлению скорости: $\vec{v} \uparrow \vec{F} \downarrow$ (замедленное движение);
 - направление силы перпендикулярно вектору скорости: $\vec{v} \perp \vec{F}$ (равномерное движение тела по окружности). Примеры: движение по окружности шарика на нити, движение искусственного спутника.
- 6. Если к телу приложено несколько сил, то каждая из них вызывает ускорение.** Как показывает опыт, эти силы не мешают друг другу (принцип независимости). Тело движется с ускорением, равным векторной сумме этих ускорений, поэтому можно сказать, что и сила действует на тело одна (равнодействующая сила).



$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

В общем случае:
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_N$$



Правило треугольника сил и правило параллелограмма сил.

Как находить равнодействующую силу?

Пример:
$$F^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cdot \cos\beta.$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 \rightarrow F_x = F_{1x} + F_{2x}; F_y = F_{1y} + F_{2y}.$$

При силах совокупных тело описывает диагональ параллелограмма в то же самое время, как его стороны - при отдельных силах.

И. Ньютон

Трактор движется с постоянной скоростью 10 км/ч и тянет за собой бревно с силой 10^3 Н. Вес бревна равен 2000 Н. Чему равна результирующая сила, действующая на бревно?

Как решить задачу графически, если на тело действует несколько сил?

7. Новая форма записи второго закона Ньютона (основного уравнения динамики материальной точки): $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N$

8. Второй закон Ньютона имеет такую простую форму только в ИСО!

IV. Задачи:

1. Космический корабль массой 100 т начинает подниматься вверх. Сила тяги двигателей 3 МН. Определите ускорение корабля.
2. На тело массой 200 г действует сила тяжести и горизонтальная сила 3 Н. Определите перемещение тела за 3 с и проекцию перемещения на горизонтальную ось, если начальная скорость тела равна нулю.

Вопросы:

1. Приведите наибольшее количество примеров, подтверждающих справедливость второго закона Ньютона.
2. Два динамометра, прикрепленные к телу, показывают соответственно 200 и 100 Н. Может ли быть такое и в каких случаях? Каков характер движения тела в каждом случае?
3. Почему нагруженный автомобиль на булыжной мостовой движется плавней, чем такой же автомобиль без груза?
4. Как будет двигаться ракета, если на нее действует: а) постоянная сила; б) постоянно убывающая сила?
5. Объясните пословицу: «Знал бы, где упасть, соломку бы подстелил»?
6. Скорость тела направлена вправо, может ли при этом на тело действовать сила, направленная влево?
7. Всегда ли направление движения тела совпадает с направлением силы?
8. Что значит разложить силу на составляющие? Как это можно делать? Как могут быть направлены эти составляющие?
9. Материальная точка массой 0,5 кг движется под действием силы так, что закон движения имеет вид: $x = 5 - 3 \cdot t + 2 \cdot t^2$. Найдите силу, действующую на точку.
10. *"Паниковский нес свою долю обеими руками, выпятив живот и радостно пыхтя... Иногда он никак не мог повернуть за угол, потому что гиря по инерции продолжала тащить его вперед. Тогда Балаганов свободной рукой придерживал Паниковского за шиворот и придавал его телу нужное направление".* Попробуйте объяснить столь странный способ передвижения на основе законов механики

V. § 22. Упр. 11, № 2-4.

1. Вообразите мир, в котором второй закон Ньютона имеет вид: $\vec{F} = m\vec{v}$. Чем еще интересен этот мир? А если $\vec{F} = m\vec{S}$?
2. Как бы двигалось тело с отрицательной массой, под действием приложенной к нему силы?
3. Составить обобщающую таблицу «Второй закон Ньютона», используя рисунки, чертежи и текстовый материал.

4. Проверить правило параллелограмма для сложения сил (Оборудование: нить, два гвоздя, набор грузов, транспортёр).

*Блажен, кто явственно узрел
Хотя бы скорлупу природы.*

В. Гете

Урок 26/6.

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛ

Цель урока: Познакомить учеников со способами измерения силы.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: динамометр демонстрационный, динамометр.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Что мы узнаем из второго закона Ньютона? 2. Равнодействующая сила.

Задачи:

1. Найти равнодействующую двух сил по 10 Н каждая, приложенных в одной точке под углом 30° ; 45° ; 90° ; 120° .
2. Тело массой $m = 1$ кг движется по плоскости согласно кинематическим уравнениям движения $x(t) = 1 - 2t + 3t^2$, $y(t) = 3 + 2t - 4t^2$. Чему равен модуль равнодействующей сил, приложенных к телу?
3. Вертолет поднимает автомобиль массой 5 т с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$. Определите силу натяжения троса.
4. Нить, на которой висит груз массой 1,6 кг, отводится в новое положение силой 12 Н, действующей в горизонтальном направлении. Найти силу натяжения нити.

Вопросы:

1. Под каким углом должны действовать на одну и ту же точку две равные силы по 5 Н, чтобы их равнодействующая также равнялась 5 Н?
2. На тело массой 1 кг действуют три силы, равные 3 Н, 4 Н и 5 Н соответственно. Определить максимальное и минимальное значения ускорения тела в инерциальной системе отсчета, если все силы направлены вдоль одной прямой.
3. Под действием одной силы тело движется с ускорением $0,4 \text{ м/с}^2$. Под действием другой силы, направленной противоположно первой, ускорение тела равно $0,3 \text{ м/с}^2$. С каким ускорением будет двигаться тело при одновременном действии этих сил?

4. Материальная точка массой 0,1 кг движется под действием трех сил, модули которых равны 10 Н. Векторы сил лежат в одной плоскости и образуют два угла по 60° . С каким ускорением движется тело?
5. Подтягиваясь на руках, как надо держать руки: широко расставив их или по возможности параллельно?
6. Почему сжатая двумя пальцами арбузная косточка приобретает большую скорость?
7. Под каким углом α к оси ОХ в плоскости ОХУ направлена сила, модуль которой равен 10 Н, а ее х-компонента $F_x = 5$ Н?
8. При каком способе подвешивания качелей веревки будут испытывать меньшее натяжение?
9. Прямо по ветру движется парусник. Изобразите на рисунке силы, действующие на корабль.
10. Какой гамак скорее выйдет из употребления: туго натянутый между деревьями или слегка провисающий?
11. Почему выгодно «сражаться», держа яйцо острым концом к яйцу противника?
12. Чтобы сдвинуть с места застрявший автомобиль, иногда пользуются таким приемом: автомобиль привязывают длинной веревкой к дереву, натянув ее как можно сильнее. Затем, оттягивая веревку посередине, почти перпендикулярно к ее направлению, человек легко сдвигает автомобиль с места. Почему это возможно?

II. Как измерить силу? Силу можно определить по формуле, но для этого необходимо прежде измерить m и \vec{a} . Такой способ измерения силы называют **косвенным**. Однако не всегда сила вызывает движение! Но независимо от того, движется или нет тело, оно деформируется. Тогда по величине деформации можно судить о силе (**прямое измерение**). **Прибор для измерения сил - динамометр. Поскольку можно произвести прямое измерение силы динамометром, как и массы - взвешиванием, то по формуле второго закона Ньютона можно определить ускорение тела.**

Можно ли теперь измерить силу? Как? Однажды проградуированный динамометр можно использовать для измерения любых сил, которые сравнивают с силой упругости (динамометр измеряет силу упругости)? Измерение силы, действующей на движущееся по горизонтальной плоскости тело (демонстрация). Измерение силы, возникающей при растяжении нити (два-три динамометра в разных точках нити).

IV. Задачи:

1. Сила натяжения тетивы лука 30 Н и угол $\alpha = 120^\circ$. Какое ускорение сообщает тетива стреле массой 40 г?
2. Какое значение может иметь ускорение тела массой 2 кг, если на него одновременно действуют силы 10 и 15 Н?

3. Тонкая нить из капрона, натянутая горизонтально, рвется, когда посередине ее подвешивают груз массой 2 кг. В момент разрыва нить составляет с горизонтом угол 1° . Какова прочность нити?

Вопросы:

1. Какими достоинствами обладает метод измерения сил, основанный на упругой деформации твердых тел?

V. § 25.

1. Измерьте максимальное ускорение, которое вы можете сообщить телу.

Если человек не понимает проблемы, он пишет много формул, а когда поймет, в чем дело, их останется в лучшем случае две.

Н. Бор

Урок 27/7.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Чем сила больше, тем она сильнее! Цитаты преподавателей СПбПУ

Цель урока: Обобщить знания учащихся, полученные при изучении второго закона Ньютона. Составить алгоритм решения прямой задачи динамики материальной точки.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Запись алгоритма
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: Измерение сил.

Задачи:

1. На шарик, подвешенный на нити, действует сила тяжести 1 Н. Если к шарику горизонтально приложить силу 2 Н, то на какой угол от положения равновесия отклонится нить?
2. После толчка вагон массой 20 т остановился через 50 с, пройдя расстояние 125 м. Определите тормозящую силу.
3. Какова скорость пули при вылете из духового ружья, если ее масса 2,5 г, длина ствола 0,7 м, калибр 5 мм, а среднее давление воздуха во время выстрела 10 МПа?

III. Задача: Сила 20 Н заставляет перемещаться по шероховатой поверхности предмет массой 10 кг. Предмет движется с ускорением $1,5 \text{ м/с}^2$. Какова сила трения между предметом и поверхностью?

Задачу решить по алгоритму. После решения задачи алгоритм записывается в тетрадь.

IV. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ:

1. Внимательно прочтите условие задачи и выясните смысл входящих в нее терминов и выражений.
2. Кратко запишите условие с последующим переводом значений физических величин в СИ.

3. Выполните соответствующий условию задачи рисунок или чертеж.
4. Изобразите на рисунке все реальные силы, действующие на тело (тела); укажите направление ускорения.
5. Для каждого из тел запишите второй закон Ньютона в векторной форме. (Теперь можно решить задачу графически или аналитически).
6. Выберите систему координат, положительное направление оси x которой совпадает с предполагаемым направлением движения тела (тел), а ось y перпендикулярна ему (если надо).
7. Запишите формулу второго закона Ньютона для каждого из тел в проекциях на эти направления.
8. Найдите проекции всех сил на эти направления и выразите их через модули соответствующих векторов.
9. Используя выражения для модулей сил, дополнительные условия и формулы кинематики, определите неизвестные величины.
10. Для исключения ошибки в преобразованиях проверим, совпадают ли размерности правой и левой части в уравнении для определения искомой величины.
11. Запишите ответ задачи и выясните, каким бы он был при других исходных величинах, и существуют ли другие варианты решения.
12. Подумайте, наблюдали ли вы похожее явление в быту или технике и каковы возможные технические применения полученной формулы - закона.

V. Упр. 11.

Действие всегда есть равное и противоположное противодействие.

И. Ньютон

Урок 28/8.

ТРЕТИЙ ЗАКОН НЬЮТОНА

На спутнике Сатурна Титане человек сможет летать, размахивая руками!

Цель урока: Экспериментально и на примерах обосновать справедливость третьего закона Ньютона.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: прибор ПДЗМ, демонстрационный секундомер, два динамометра, сосуд с водой, груз.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

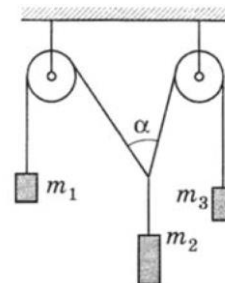
II. Опрос фундаментальный: Измерение сил.

Задачи:

1. На тело, расположенное на шероховатой горизонтальной поверхности, действует горизонтальная сила 50 Н так, что оно движется с неким ускорением. После того как силу увеличили в два раза, ускорение стало в три раза больше. Определите силу трения.
2. Судно водоизмещением 10000 кН при отходе от пирса прошло путь 300 м и достигло скорости 6 м/с. Сила сопротивления воды 20 кН. Определите силу

упора гребного винта.

3. При каком ускорении разорвется трос при подъёме груза массой 500 кг, если максимальная сила натяжения, которую выдерживает трос, равна 15 кН?
4. Шар с грузом общей массой 2200 кг висит неподвижно на определенной высоте над землей. От шара отделился груз массой 200 кг. Определить ускорение шара, с которым он начнет подниматься.
5. В системе, изображенной на рисунке, нити невесомы, а трение в осях блоков отсутствует. К концам нитей прикреплены грузы массой $m_1 = 5,5$ кг, $m_2 = 10$ кг, $m_3 = 6$ кг. Система находится в равновесии. Определите угол α между нитями, перекинутыми через блоки.



Вопросы:

1. С какой силой надо натягивать веревку, чтобы она не провисала? Можно ли ее так натянуть?
2. Мальчик и девочка тянут веревку за противоположные концы. Девочка может тянуть с силой не более 70 Н, а мальчик – с силой до 120 Н. С какой максимальной силой они могут натянуть веревку, стоя на месте?
3. Прямо по ветра движется парусник. Нарисовать силы, действующие на корабль.
4. Камень, брошенный в воду, опускается на дно. Нарисовать силы, действующие на камень.
5. Лебедь, рак и щука тянут воз с одинаковыми по модулю силами. Что можно сказать о направлениях этих сил, если воз покоится, а других сил нет?

III. Демонстрация взаимодействия двух одинаковых тележек на горизонтальной поверхности монорельса (ПДЗМ). Еще раз проверить справедливость соотношения $m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$ при различных массах второй тележки. Но $m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_{21}$ – сила, приложенная к первому телу со стороны второго, а $m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_{12}$ – сила, приложенная ко второму телу со стороны первого.

$$\text{Поэтому: } \boxed{\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}}$$

Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной и той же прямой, равными по модулю и противоположными по направлению.

Примеры: взаимодействие камня с Землей (гравитационные силы), двух тележек (силы упругости), керамического магнита с куском железа на каретках (магнитные силы), двух заряженных шариков (электрические силы), веревки с телом при движении тела по окружности. На весах уравновесить два стакана с водой и после этого в один из них опустить на нити металлический шарик, не касаясь дна и стенок стакана. Почему равновесие весов нарушилось?

Экспериментальная проверка справедливости третьего закона Ньютона: взаимодействие магнита с куском железа на каретках ПДЗМ, опыт с двумя динамометрами.

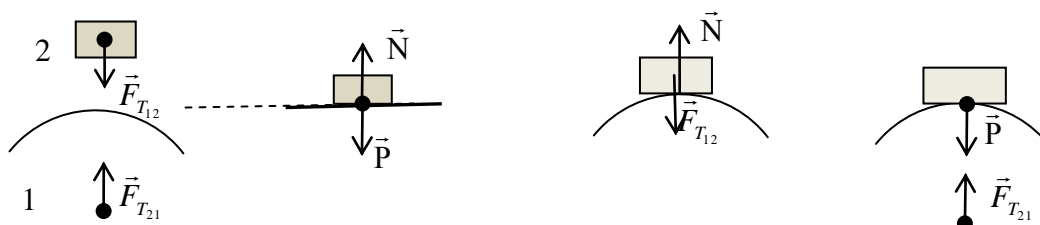
Сила - понятие дуальное. Сила никогда не может быть одна, а только совместно с другой силой! В каждом из рассмотренных случаев одно тело (например, молоток) действует на другое тело (например, гвоздь). Однако Ньютон осознал, что ситуация не может быть

односторонней. Действительно, хотя молоток действует на гвоздь, гвоздь в свою очередь действует на молоток, потому что скорость молотка при контакте с гвоздем быстро уменьшается до нуля.

Примеры сил "действия" и "противодействия": отталкивающаяся от бортика фигуристка, процесс ходьбы, полет птицы. Показать, что эти силы - силы одной природы, приложены к разным телам и не могут уравнивать друг друга.

Выводы:

- Всякая сила имеет своим источником какое-то тело.
- Все силы возникают и исчезают только парами.
- Силы "действия" и "противодействия" - силы одной природы, приложены к разным телам и поэтому не могут уравнивать друг друга.
- Равенство этих сил имеется всегда, независимо от того, находятся ли взаимодействующие тела в относительном покое или движутся.
- Уравнивать друг друга могут лишь силы, приложенные к одному телу. Примеры: груз на столе (сила тяжести уравнивается силой реакции опоры).

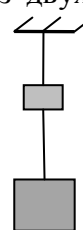


$|\vec{N}| = |\vec{P}|$ и $|\vec{F}_{T_{21}}| = |\vec{F}_{T_{12}}|$ - силы всегда равны по 3 закону Ньютона.

$|\vec{F}_{T_{12}}| = |\vec{N}|$ и $|\vec{P}| = |\vec{F}_{T_{21}}|$ - силы равны по 2 закону Ньютона и компенсируют друг друга. **Вес (\vec{P}) – сила, с которой тело действует на опору или подвес.**

Внешние и внутренние силы. Какие внешние силы действуют на систему из двух грузов, двух ниток и потолка? на систему из двух грузов? на нижний груз? на верхний груз? На нижнюю (верхнюю) нитку? Изобразите эти силы на отдельных рисунках.

Границы применимости третьего закона Ньютона: нельзя применять к силам, действующим на расстоянии, поскольку действие передается с конечной скоростью.



IV. Вопросы:

1. Приведите наибольшее количество примеров, подтверждающих справедливость третьего закона Ньютона.
2. Почему, когда вы идёте по плывущему по воде бревну, оно движется в противоположном направлении?
3. Купаясь в реке с илистым дном, можно заметить, что ноги вязнут в иле на мелких местах больше, чем на глубоких местах. Почему?
4. Как ослабляют силу удара баскетбольного мяча, ловя его руками?
5. После нокдауна, опираясь на третий закон Ньютона, можно смело говорить: «Ох, и дал я ему сегодня!». Так ли это?
6. Может ли пара лошадей порвать веревку, которую каждая из лошадей, действуя в одиночку, порвать не в силах?

7. Лошадь привязана к саням на веревке и натягивает веревку с силой F . Сани в ответ тянут лошадь назад с той же силой F . Почему в таком случае сани приходят в движение? Изобразите на рисунке все силы, действующие на сани и на лошадь.



8. При каких условиях справедливы законы Ньютона?
9. Подводная лодка всплывает с ускорением со дна водоема. Как изменяется сила давления лодки на дно по мере ее всплытия?
10. На дне стакана, стоящего на весах, сидит муха. Муха взлетает. В какой момент весы начнут "чувствовать", что муха улетела?
11. На горизонтальной поверхности лежит доска, на доске – кирпич. К кирпичу прикладывают горизонтальную силу. Нарисовать силы, действующие на кирпич и на доску. Чтобы не запутаться, рисуйте силы, действующие на кирпич, и силы, действующие на доску, на двух разных рисунках или разным цветом.

Задачи:

1. По гладкой горизонтальной плоскости движется груз массой 10 кг под действием силы 50 Н, направленной под углом 60° к горизонту. Определить, с каким ускорением движется груз? С какой силой он давит на плоскость?
2. Два груза массами 200 г и 300 г связаны нитью и лежат на гладкой горизонтальной поверхности стола. С каким ускорением будут двигаться грузы, если к первому грузу приложить силу 1,5 Н, направленную параллельно плоскости стола? Какую силу натяжения будет при этом испытывать нить, связывающая тела?

V. § 23. Упр. 11 № 5-6.

1. Составить обобщающую таблицу "Сила", используя рисунки и текстовый материал.
2. Вообразите мир, в котором второй закон Ньютона имеет вид: $\vec{F} = m\vec{v}$.
3. Составить обобщающую таблицу "Третий закон Ньютона".
4. Изобразите рисунок, на котором будут присутствовать три пары сил, равных между собой по третьему закону Ньютона.
5. На правой чашке чувствительных весов установлена тонкая вертикальная палочка, у ее нижнего конца сидит паучок. На другой чашке находится груз, уравновешивающий весы. Нарушится ли равновесие весов, если паучок будет равномерно подниматься по палочке; равномерно опускаться; двигаться с ускорением?
6. Обоснуйте физическую несостоятельность предложенного ниже способа передвижения.

*Лечь на железный лист
и сильными рывками
Магнит подбрасывать –
он лист железный с вами
Подтянетверху. Вы опять.
Так до Луны и упражняйтесь.
Эдмон Ростан*

Как видно, никому из нас жизнь легко не даётся. Ну и что ж, значит, нужно иметь настойчивость, а главное – уверенность в себе. Нужно верить, что ты на что-то ещё

годен, и этого «что-то» нужно достигнуть, во что бы то ни стало.

Мария Склодовская-Кюри

Не гоняйся за счастьем. Оно всегда находится в тебе самом. Пифагор

Если что-либо давит на что-либо другое или тянет его, то оно само этим последним давится или тянется. Если кто нажимает пальцем на камень, то и палец его также нажимается камнем. Если лошадь тащит камень, привязанный к канату, то и обратно (если можно так выразиться) она с равным усилием оттягивается к камню...

И. Ньютон

Урок 29/9.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Если хочешь, чтоб рядом была королева, для начала попробуй сам стать королём!

Цель урока: Систематизировать знания учащихся, полученные при изучении третьего закона Ньютона.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Самостоятельная работа
5. Задание на дом

I. Опрос фундаментальный: Третий закон Ньютона.

Задачи:

1. Коробка массой M подвешена на нитке к потолку комнаты. Внутри коробки на легкой пружине подвешен груз массой m . Нитку пережигают. Найти ускорение груза и ускорение коробки сразу после пережигания нитки.
2. Пробковое тело объемом V всплывает с ускорением a со дна аквариума с жидкостью. Чему равна сила давления аквариума на опору? Масса аквариума с жидкостью равна M .
3. U-образная трубка с жидкостью, расстояние между внешними стенками которой L , движется в плоскости чертежа горизонтально с ускорением a . Определите разность высот столбов жидкости в коленах трубки. По разности высот, можно измерить ускорение!

Акселерометр – прибор для измерения ускорения. Можно ли в качестве акселерометра использовать заполненную жидкостью U-образную трубку; согнутую под прямым углом трубку?

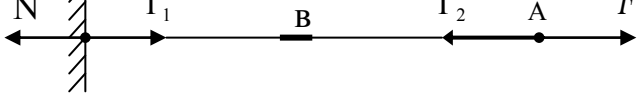
Вопросы:

1. Почему неподвижен стул, на котором сидит ученик?
2. Почему неподвижна Земля, на которой стоит здание?
3. Почему человек может ходить по Земле? Неподвижна ли при этом Земля?
4. По достоверным сведениям, однажды барон Мюнхгаузен, увязнув в болоте,

вытащил сам себя за волосы. Какие законы физики сумел нарушить барон?

5. Почему автомобилю трудно тронуться с места на обледенелой улице?
6. Если в космическом корабле произойдет драка, будут ли видны следы ударов?
7. Почему брусок мыла можно взять мокрыми пальцами только за середину?
8. Изобразите сущность 1-го, 2-го и 3-го законов Ньютона средствами пантомимы.
9. Вертолет, находившийся на горизонтальной поверхности земли, поднялся и остановился на небольшой высоте над землей. Когда вертолет действовал на землю с большей силой?

III. Вопросы:

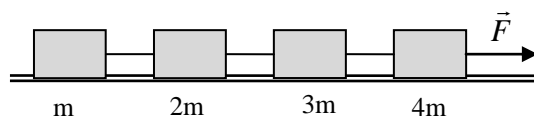
1. Человек тянет за конец веревки, другой конец которой привязан к крюку, забитому в стену. Какие силы действуют на крюк? на участки веревки А и В? Назовите силы "действия" и "противодействия". Что изменится, если роль крюка будет играть другой человек? Каково будет натяжение троса, если один человек будет тянуть за веревку с большей силой, чем другой?
- 
2. Два человека тянут веревку в противоположные стороны с силами по 100 Н каждый. Разорвется ли веревка, если она выдерживает 120 Н? Каким образом можно разорвать веревку?
 3. О ветровое стекло движущегося автомобиля ударилась оса. Сравнить силы, действующие на осу и автомобиль во время удара.
 4. На весах уравновешен неполный сосуд с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду опустить палец так, чтобы он не касался дна и стенок сосуда?
 5. Галилео Галилей утверждал, что *«воздух в воздухе, не имея веса, не может давить на расположенные ниже слои и на земную поверхность»*. Почему это не так?
 6. Объясните, почему пролетающий над вами самолет «продавливает» землю на несколько микрон?
 7. Что опаснее: столкновение автомобиля со столбом или с таким же автомобилем на той же скорости?
 8. Аэростат свободно и неподвижно держится в воздухе. Из гондолы его вылез человек и начал по тросу взбираться вверх. Куда подвинется при этом аэростат: вверх или вниз?
 9. Не плюй в колодец, вылетит - не поймаешь! Если физический смысл в этой

пословице?

10. Для движущегося автомобиля не имеет никакого значения, столкнулся ли он со стеной или с этой воображаемой линией, у которой в это же мгновение сплюснулся другой автомобиль. Так ли это?

IV. Задача:

Четыре тела массами m , $2m$, $3m$ и $4m$, связанные невесомыми нерастяжимыми нитями, движутся на гладком столе под действием силы F .



Найдите ускорение тел и натяжение нитей, если $m = 1$ кг, $F = 20$ Н.

Тела, соединенные нерастяжимой и невесомой нитью можно соединять друг с другом, а сплошное тело разъединять невесомыми и нерастяжимыми нитями!!!

Вопрос: Почему в момент, когда электровоз резко трогается с места, иногда происходит разрыв сцепок вагонов поезда? В какой части поезда, скорее всего, может произойти разрыв? Как его избежать? **Ну, задача уже почти решена, осталось только решить!**

Необходимо помнить, что все три закона Ньютона имеют такой простой вид и форму только в ИСО.

V. Подготовка к контрольной работе № 3.

1. Используя третий закон Ньютона, объясните, почему мы можем ходить по земле.
2. Вообразите мир, в котором не выполняется третий закон Ньютона. Чем еще интересен этот мир?

Мы слишком много знаем, но слишком мало понимаем.

А. Эйнштейн

Урок 30/10.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Происхождение приложенной силы может быть различное: от удара, от давления, от центростремительной силы.

И. Ньютон

Урок 31/11.

СИЛЫ В ПРИРОДЕ

Почему книга не проваливается сквозь стол?

Цель урока: Дать представление о деформациях и силе упругости, выяснить природу силы упругости, сформулировать закон Гука. Распространить решение прямой и обратной задачи механики на случай движения тела под действием силы упругости.

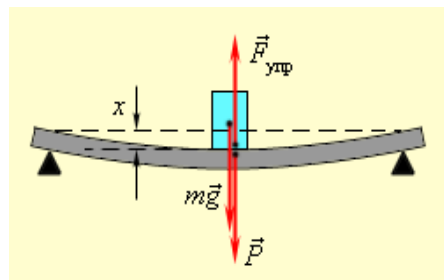
Тип урока: комбинированный.

Оборудование: набор пружин с держателями, набор грузов, линейка демонстрационная, штатив универсальный, модель для изучения деформаций.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Работа над ошибками, допущенными при выполнении контрольной работы.



Опрос фундаментальный: 1. Самое важное в главе. 2. Значение законов Ньютона.

Задачи:

1. Обезьяна массой m висит на нижнем конце длинной лианы на высоте H над землей. Кусок лианы массы M обрывается. Обезьяна начинает карабкаться вверх, оставаясь, все время на высоте H . Через какое время лиана коснется земли?
2. Автодрезина везет две платформы с грузом, развивая силу тяги 800 Н . Масса первой платформы 12 т , второй 8 т . С какой силой натянуто сцепление между платформами. Трение не учитывать.
3. Три бруска, связанные невесомыми нитями, движутся вертикально вверх с ускорением $a = 4\text{ м/с}^2$. Три легких динамометра измеряют натяжения нитей. Каковы показания динамометров T_1, T_2, T_3 ? Массы брусков 1 кг , 2 кг и 3 кг ?

Вопросы:

1. Забить гвоздь в фанерную стенку трудно – при ударе фанера прогибается. Однако гвоздь удается забить, если с противоположной стороны стенки поместить массивное тело, например, топор. Как это объяснить?
2. Под действием какой силы прогибаются рельсы при движении по ним железнодорожного состава?
3. Два тела различной массы, связанные нитью, движутся с ускорением по горизонтальной поверхности под действием силы \vec{F} . Зависит ли сила натяжения нити от того, к какому из тел она приложена?
4. К динамометру с двух сторон через два неподвижных блока подвешены два груза по 1 кг каждый. Что покажет прибор?
5. В известных опытах О. Герике с магдебургскими полушариями с каждой стороны полушарий впряглось по 8 лошадей. Получилась ли бы более сильная тяга, если прикрепить одно полушарие к стенке, а к другому припрячь 16 лошадей?
6. Что следует из условий: 1) «нить невесома»; 2) «нить нерастяжима»; 3) «массой блока пренебречь»?
7. Можно ли силу 8 Н разложить на две по 5 Н каждая? А на две по 9 Н каждая?
8. Леонардо да Винчи утверждал, что если сила продвинет тело за данное время на некоторое расстояние, то та же сила продвинет половинную массу на то же расстояние в половинное время. Так ли это?
9. Если вертолет зависнет над озером или рекой, то на поверхности воды образуется ямка. Почему?

10. Два мальчика перетягивают веревку. Первый мальчик массой $m_1 = 45$ кг тянет веревку с силой $F_1 = 100$ Н. Масса второго мальчика $m_2 = 30$ кг. С какой силой F_2 тянет веревку второй мальчик? Массой веревки можно пренебречь.
11. На горизонтальной гладкой поверхности вплотную лежат два одинаковых кубика. К первому кубику приложена горизонтальная сила 6 Н в направлении второго кубика. Чему равна результирующая сила, действующая на второй кубик? Трением пренебречь.

III. Сила – причина изменения скорости тела (причина ускорения). Только ли? Какие силы вы знаете? Силы упругости и силы тяготения (растяжение пружины, падение тела, груз на пружине). Первые действуют непосредственно при контакте, вторые – через пустое пространство. Силы трения (демонстрация). Все эти силы, проявление двух сил природы – гравитационных или электромагнитных (еще два вида сил действуют внутри атомного ядра).

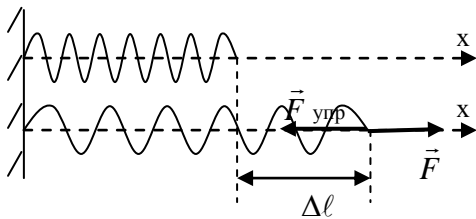
Какие тела участвуют в гравитационном взаимодействии? В электромагнитном? Демонстрация модели твердого тела. Электромагнитная природа силы упругости.

Деформация – изменение взаимного положения множества частиц тела, приводящее к изменению его размеров и формы.

Виды деформаций (демонстрация). Причина деформации – сила. **Деформация растяжения. Абсолютное и относительное удлинение.**

Сила упругости ($\vec{F}_{\text{упр}}$). $\Delta l = \frac{F}{k} \rightarrow F = k\Delta l$; $F_{\text{упр}} = F = k \cdot \Delta l$.

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l.$$



Закон Гука: "Каково удлинение, такова и сила".

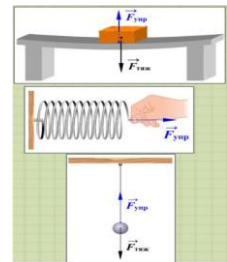
Сила упругости ($\vec{F}_{\text{упр}}$) – свойство тела противодействовать деформации, измеряемое при малых деформациях растяжения и сжатия произведением коэффициента жесткости тела

на его абсолютное удлинение.

Силы реакции опоры (\vec{N}) и сила натяжения нити (\vec{T}).

«Паспорт» силы упругости:

- **Природа (электромагнитная);**
- **Модуль ($F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$);**
- **Точка приложения (точка касания деформированной пружины с телом);**
- **Направление (в сторону, противоположную деформации).**



Параллельное и последовательное соединение пружин (демонстрация и измерение жесткости пружин). При параллельном соединении пружин общая жесткость увеличивается $k = k_1 + k_2$, а при последовательном соединении – уменьшается $F_{\text{упр1}} = F_{\text{упр1}} = F_{\text{упр2}}$;

$$\frac{F}{k} = \frac{F_{\text{упр1}}}{k_1} + \frac{F_{\text{упр2}}}{k_2}; \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}.$$

Дополнительная информация. Виды фундаментальных взаимодействий.

Гравитационное взаимодействие. Его начали изучать одним из первых, а теория гравитации Ньютона на долгие годы легла в основу классической механики. Гравитация — уникальное и самое слабое из всех взаимодействий. Чем больше масса объекта, тем сильнее проявляется гравитация. Движение небесных тел и свободное падение происходят за счет гравитации, а гравитационное взаимодействие проявляется на огромных расстояниях. В масштабах микромира оно практически ничтожно.

Электромагнитное взаимодействие. Это основной вид взаимодействия между атомами, который начали активно изучать в XIX веке. Именно электромагнитная природа лежит в основе многих сил: упругости, трения и т. д. Это и магнит на холодильнике, и волосы, которые притягиваются к вашей расческе! Суть проявления электромагнитного взаимодействия описывается законом Кулона: между электрическими зарядами действуют силы притяжения и отталкивания.

Слабое взаимодействие. Уже с открытием радиоактивности и ядерных реакций ученые задумались, почему и благодаря какой силе ядро или составная частица распадаются? Логично было предположить, что за эти процессы ответственно еще одно взаимодействие, которое назвали слабым. Оно проявляется на расстояниях меньше атомного ядра.

Сильное взаимодействие. Почему стабильные ядра атомов сами по себе не распадаются на протоны и нейтроны? Тем более что положительные протоны в ядре должны отталкиваться друг от друга из-за электромагнитного взаимодействия. Очевидно, здесь действует штука посильнее, и это — сильное взаимодействие, которое проявляется на очень маленьких расстояниях внутри атомного ядра между нуклонами.

IV. Задачи:

1. При помощи пружинного динамометра с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$, направленным вверх, поднимают груз массой 2 кг. Найдите удлинение пружины динамометра, если ее жесткость 1000 Н/м.
2. Грузовик взял на буксир легковой автомобиль и, двигаясь равноускоренно, за время 10 с увеличил скорость на 20 м/с. На сколько при этом удлинится трос, соединяющий автомобили, если жесткость троса $2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$? Масса автомобиля 1 т. Трение не учитывать.
3. На подставке лежит тело массой 0,2 кг, подвешенное к потолку с помощью пружины. Вначале пружина не растянута. Подставку начинают опускать с ускорением $2,0 \text{ м/с}^2$. Через 0,2 с тело отрывается от подставки. Найти жесткость пружины.
4. Подвешенный в машине груз отклонился от положения равновесия на угол 10° при ее ускорении по горизонтальной дороге. Чему равно это ускорение (акселерометр)?
5. Найдите удлинение пружины длиной 50 см, к концу которой прикреплен шарик массой 100 г, если он при вращении на гладкой горизонтальной плоскости делает 60 об/мин. Жесткость пружины 10^4 Н/м .

Вопросы:

1. Почему мяч подпрыгивает, когда им ударяют о землю, а камень нет?
2. Почему опасно рывками поднимать шахтную клеть?
3. Почему человек, идя по льду, старается не сгибать ноги?
4. Подъемный кран поднимает груз с постоянным ускорением. На груз со

стороны каната действует сила 8 кН. Какая сила действует на канат со стороны груза?

5. Два мальчика растягивают динамометр в противоположные стороны, прилагая каждый силу 100 Н. Что покажет динамометр?
6. Как можно измерить силу натяжения каната?
7. Резиновый жгут имеет длину 10 см. С какой силой нужно растянуть жгут, чтобы его длина увеличилась в 1,5 раза? Жесткость жгута 1 кН/м.

Когда резину растягивают, изогнутые цепочки распрямляются, и очевидно, что необходимая для этого сила будет намного меньше той, которая потребовалась бы, чтобы растянуть пучок нитей, вытянутых в одном направлении (резина строго не подчиняется закону Гука).

8. Как заставить гирию в 10 Н растягивать пружину динамометра с силой, большей 10 Н?
9. В процессе движения освобожденной пружины ее деформация, а значит, и сила упругости уменьшаются. Следовательно, уменьшается ускорение, сообщаемое шариком, и он будет двигаться все медленней. Правильно ли это?

V. §§ 26-27. Вопросы 3-5 к § 28.

1. Определите жесткость пружины и опишите эксперимент.
2. Для спасения людей, прыгающих из окон высокого здания во время стихийного бедствия, пожарные используют круглый брезентовый стол. Как объяснить факт спасения людей в этом случае?
3. Имеются две геометрически подобные пружины, изготовленные из одинаковой проволоки, причем все линейные размеры второй в n раз больше. Коэффициент жесткости первой пружины равен k . Чему равен коэффициент жесткости второй пружины?
4. Оцените жесткость вашего позвоночника, если утром вы на 2-3 см длиннее, чем вечером.
5. Как определить массу пружины динамометра, имея в своем распоряжении только этот динамометр?

Моя цель состоит в том, чтобы представить сначала эксперимент, а затем доказать посредством рассуждений, почему данный эксперимент должен привести к этому результату, а не какому-либо другому...

Леонардо да Винчи

Урок 32/12

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2:

«ИЗМЕРЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ».

Пружина - всего лишь частный случай поведения любого твердого тела.

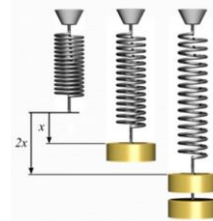
Цель работы: Научить учащихся измерять жесткость пружины.

Тип урока: лабораторная работа.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, спиральная пружина, набор грузов, линейка с миллиметровыми делениями.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Вводный инструктаж
3. Выполнение работы
4. Подведение итогов
5. Задание на дом



II. Инструктаж учащегося: Каким образом можно измерить силу

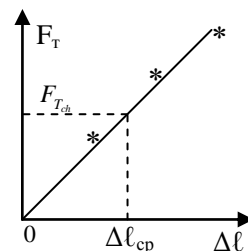
упругости? Сформулируйте закон Гука: $F_{\text{упр}} = k\Delta l$; $F_{\text{упр}} = F_{\text{г}} = mg$; $k = \frac{mg}{\Delta l}$;

$$\varepsilon = \frac{\Delta k}{k_{np}} = \frac{\Delta m}{m_{np}} + \frac{\Delta g}{g_{np}} + \frac{\Delta(\Delta \ell)}{\Delta \ell_{cp}}; \quad k = k_{np} \pm \Delta k.$$

III. Ученики выполняют работу самостоятельно по описанию в учебнике.

Ход работы:

№ п/п	F_T , Н	$\Delta \ell$, м	$F_{T_{ch}}$, Н	$\Delta \ell_{cp}$, м	k_{np} , Н/м
Относительная погрешность					



IV. Выводы:

V. Упр. 13, № 1-2.

Ведь влияние силы тяготения, увлекающее яблоко к земле, несомненно, простирается до высот, много больших, чем высота яблони. Значит, оно присутствует даже над вершинами гор и, конечно же, там внезапно не исчезает. А что если оно достигает Луны? Тогда обращающуюся вокруг Земли Луну и падающее яблоко можно было бы считать одинаково находящимися в плену тяготения Земли. Да и Солнце могло бы держать «в узде» все свое планетное семейство с помощью своей силы притяжения имеющей ту же природу.

И.Ньютон

Урок 33/13.

ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ

Что общего между Луной и яблоком?

Цель урока: Обосновать на примерах справедливость закон всемирного тяготения.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: кинофильм «Всемирное тяготение».

План урока:

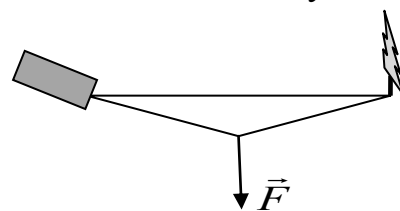
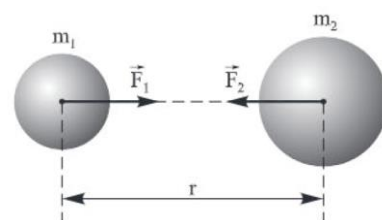
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Силы упругости.

Задачи:

1. Тело, лежащее на полу, поднимают вертикально вверх на веревке. Масса тела 20 кг, максимально достижимая сила натяжения веревки 240 Н. На какую максимальную высоту можно поднять тело за 1 с?
2. Если динамометр с прикрепленным к нему грузом поднимать замедленно вверх с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$ и опускать замедленно вниз с тем же ускорением, то разность показаний динамометра оказалась 29,4 Н. Чему равна масса груза?

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



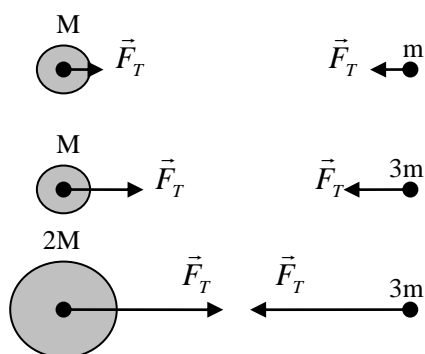
3. Чтобы вытащить машину из канавы, водитель использует трос жёсткостью $k = 100000 \text{ Н/м}$ и длиной $L = 8 \text{ м}$. Он натянул его между машиной и деревом, а сам потянул за середину троса так, как показано на рисунке. Какую силу ему надо приложить к тросу, чтобы вытащить машину? Известно, что для того, чтобы вытащить машину без троса, требуется приложить усилие $F_0 = 1000 \text{ Н}$.

Отчего туго натянутая волейбольная сетка может порваться от удара мяча?

Вопросы:

1. Почему веревка может тянуть, но не может толкать, а палка может толкать?
2. Стальной шарик подвешен на нити к гвоздю, забитому в потолок. Какие силы действуют на шарик, на нить и на гвоздь?
3. На пружине подвесили стальной шар. При этом она растянулась на 9 см. Затем пружину разрезали на 3 равные части и сложили их параллельно. Найдите деформацию составной пружины при той же нагрузке.
4. Гимнаст сначала прыгает на гибкую доску – трамплин, а затем прыгает вверх. Почему в этом случае прыжок заметно выше, чем без трамплина?
5. Почему закругленные стены и башни крепостей менее уязвимы?
6. Три ученика записали закон Гука по-разному: $F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$, $(F_{\text{упр}})_x = -k \cdot x$, $F_{\text{упр}} = k \cdot x$. Кто из них ошибся?
7. К динамометру приложена сила 4 Н так, что он движется с постоянным ускорением по горизонтальному столу. Что показывает динамометр, если масса пружины равна массе корпуса?
8. Кабина лифта при подъеме движется сначала ускоренно, затем равномерно, а перед остановкой замедленно. Как изменяется сила натяжения троса во время движения?
9. Почему для уменьшения натяжения проводов увеличивают их провес?
10. Для чего во время штормовой погоды к средней части троса, соединяющего буксир и баржу, прикрепляют тяжелый груз?

III. Эпиграф к уроку зачитать. Последовательность рассуждений Ньютона. На тело (яблоко) вблизи поверхности земли действует сила тяжести. Эта сила $F_T \sim$



m , поскольку все тела вблизи поверхности Земли падают с одинаковым ускорением $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ (экспериментальный факт). Рассказ можно сопровождать демонстрацией падения двух тел разной массы. Действие Земли распространяется и на другие тела, например, на Луну и Солнце. В свою очередь Луна, например, должна действовать с такой же силой на Землю (третий закон Ньютона).

Если, например, масса Луны «увеличится» втрое, то

действующая на нее со стороны Земли сила также увеличивается втрое. А если масса Земли одновременно «увеличивается» вдвое? $F_T \sim m \cdot M$. **Между любыми двумя телами действуют силы притяжения, прямо пропорциональные произведению масс тел.** Масса – мера гравитационных свойств тела.

Зависит ли эта сила от расстояния между телами? Как экспериментально проверить эту зависимость? Проанализировать ответы учащихся. А если бы эта сила не зависела от расстояния между телами, то с каким ускорением должна была бы «падать» на Землю Луна? Каков бы был тогда период обращения Луны

вокруг Земли: $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{380 \cdot 10^6}{10}} \approx 36 \cdot 10^3 \text{ с} = 10 \text{ ч.}$

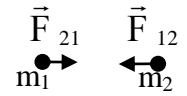
А Луна делает один оборот вокруг Земли за 27,3 сут ≈ 600 ч. Значит, ускорение Луны должно быть меньше в $3600 = 60^2$ раз! Но расстояние до Луны в 60 раз больше радиуса Земли. Как был измерен радиус Земли; расстояние от Земли до Луны? **Сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния**

между телами (тела – материальные точки): $F_T = G \frac{mM}{r^2}$. Ньютон открыл

закон всемирного тяготения на основе данных о движении Луны!

Гравитационное отталкивание требует отрицательной массы у одного из взаимодействующих тел!

Распространение закона на любые два тела: $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = F_T = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$



Две любые материальные точки притягиваются друг к другу с силой, модуль которой прямо пропорционален произведению их масс и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.

Тяготение (гравитация, гравитационное взаимодействие) – явление притяжения тел друг к другу, свойственное любым телам (частицам). Что такое гравитация?

«...поразительнее всего то, что закон тяготения прост. Его легко сформулировать так, чтобы не оставалось никаких лазеек для двусмысленности и для иного толкования. Он прост и поэтому прекрасен. Он прост по форме».

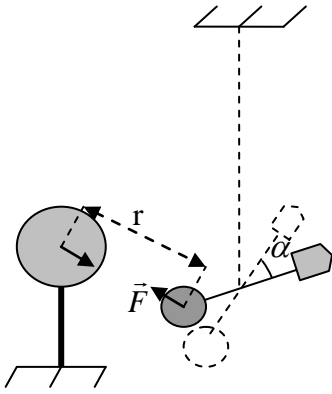
Р. Фейнман

Выразим гравитационную постоянную, входящую в формулу закона всемирного тяготения: $G = \frac{F_T \cdot r^2}{m_1 m_2}$. $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ $[G] = \left[\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \right]$.

Как измерили гравитационную постоянную (Генри Кавендиш, 1798 г.). Мысленный эксперимент (рисунок на доске). Кавендиш модифицировал крутильные весы, провел опыты и описал их в 1798 году.

Дополнительная информация. Установка представляла собой деревянное коромысло с прикрепленными к ее концам свинцовыми шарами весом 159 кг каждый (крутильные весы). Оно было подвешено на нити из посеребрянной меди длиной 1 м. К шарам подносят шары меньшего размера, сделанные также из свинца. В результате действия

гравитационных сил коромысло закручивается на некий угол. Жесткость нити была такой, что коромысло делало одно колебание за 15 минут. Угол поворота коромысла определялся с помощью луча света, пущенного на зеркальце, укрепленное на коромысле, и отраженного в микроскоп. Зная упругие свойства нити, а также угол заворота коромысла, можно вычислить гравитационную постоянную. В «Британнике» утверждается, что Г. Кавендиш получил значение $G = 6,754 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$. **Наиболее точное значение: $G = 6,6720(41) \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$.** Экспериментальное значение G известно с наилучшей точностью по сравнению с другими константами.



Основные выводы (основные особенности сил тяготения):

- Универсальные.
- Всегда силы притяжения.
- Самые слабые из известных сил.
- Их нельзя экранировать.
- Центральные.

*Когда однажды, в думу погружен,
Увидел Ньютон яблока паденье,
Он вывел притяжения закон
Из этого простого наблюдения.
Дж. Байрон. Дон Жуан, песнь X*

Гравитация не может отвечать за тех, кого любовь сбивает с ног.

Альберт Эйнштейн

Открытие закона всемирного тяготения проложило путь к пониманию и предсказанию движения всех небесных тел.

Дополнительная информация. Закон всемирного тяготения ничего не говорит о том, почему силы тяготения именно такие, как они возникают и передаются в пространстве. Гравитационное поле не распределено по пространству, гравитационное поле и есть само это пространство. Ньютоновское «пространство», в котором движутся предметы, и «гравитационное поле» – совершенно одно и то же. Это поле переносит гравитационные волны, наполняет пространство, колеблется, как поверхность озера, и «передает» силу тяготения. **Границы применимости закона всемирного тяготения** (общая теория относительности): Закон всемирного тяготения верен до тех пор, пока расстояние между

телами много больше гравитационного радиуса притягивающего тела $r \gg R_{\text{гр}} = \frac{2GM}{c^2}$, где c – скорость света.

У антиматерии нет антигравитации!

IV. Задачи:

1. Определите силу тяготения между Луной и Землей, находящимися на расстоянии 365 000 км, если масса Луны $7,3 \cdot 10^{22}$ кг, и она движется вокруг Земли со скоростью 1 км/с.
2. В одной из установок опытной проверки закона всемирного тяготения сила притяжения между свинцовым шаром массой 5 кг и шариком массой 10 г на расстоянии 7 см была $6,8 \cdot 10^{-10}$ Н. Чему равна, на основании этих данных, гравитационная постоянная?
3. Имеется шар массой M и радиусом R , и материальная точка массой m . Во сколько раз уменьшится сила тяготения между ними, если в шаре сделать сферическую полость радиусом $R/2$. Центры шара и полости совпадают.

Вопросы:

1. Во сколько раз изменится сила тяготения между двумя телами, если массу одного из них увеличить в два раза, а расстояние между ними уменьшить в два раза?
2. Если бы масса Луны была вдвое больше, и Луна обращалась бы по той же орбите, то каков бы был период ее обращения?
3. Может ли при сближении двух тел, сила гравитационного притяжения между ними уменьшатся?
4. Земля сильнее притягивает к себе Луну, чем Луна Землю, иначе Земля была бы спутником Луны. Так ли это?
5. Во сколько раз уменьшится сила тяготения между однородным шаром и материальной точкой, соприкасающейся с шаром, если материальную точку удалить от поверхности шара на расстояние, равное двум диаметрам шара?
6. Почему в периоды новолуний и полнолуний приливы достигают максимальной высоты?
7. Так как все предметы движутся в поле тяготения одинаково, то тяготение не должно быть свойством предметов. А чего?
8. Пусть между двумя деревянными шарами, которые лежат на столе, сила тяготения равна F . Изменится ли эта сила, если между шарами поместить массивный экран?
9. *"Во времена Кеплера некоторые считали, что планеты движутся вокруг Солнца, потому что невидимые ангелы толкают их вдоль орбиты. Это не так уж далеко от истины: но не вдоль, а поперек орбиты, в направлении к её центру"*. О каких ангелах говорит Ричард Фейнман?

Дополнительный материал: С помощью своей теории гравитации Ньютон смог математически вывести три закона, которые Кеплер получил из измерений Тихо Браге. Как из третьего закона Кеплера получить закон всемирного тяготения? А наоборот?

$$a = G \frac{m}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \rightarrow \frac{R^3}{T^2} = G \frac{m}{4\pi^2}; \quad \frac{T_2^2}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{R_1^3} \rightarrow \frac{R_1^3}{T_2^2} = \frac{R_2^3}{T_1^2} \rightarrow \omega_1^2 R_1^3 = \omega_2^2 R_2^3 \neq const.$$

Предположим теперь, что сила взаимодействия планет с Солнцем пропорциональна некоторой степени расстояния: $F \sim R^n \rightarrow a = C \cdot R^n$, $a = \omega^2 R$ и $\omega^2 = C \cdot R^{n-1}$, и $\omega^2 R^3 = C \cdot R^{n-1} R^3 = C \cdot R^{n+2} \rightarrow$ произведение не зависит от R при $n = -2$.

$$\omega^2 R^3 = C, \text{ а } C = GM; \text{ – предположение Ньютона, тогда } a = G \frac{M}{R^2} \text{ и } F = G \frac{mM}{R^2}.$$

Тот факт, что движение открытых Галилеем спутников Юпитера также подчинялось законам Кеплера, служил сильным подтверждением универсальности закона тяготения Ньютона.

V. 28. Упр. 12, № 1-4.

1. Найдите точку равновесия между Землей и Луной
2. Определите силу, под действием которой Земля движется вокруг Солнца. Орбиту Земли принять круговой. Масса Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг, масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, расстояние от Земли до Солнца $15 \cdot 10^{10}$ м.
3. Оцените силу, действующую на Землю со стороны одной из ближайших к нам звезд (α -Центавра).

4. Можно ли по максимальной высоте, прибывающей во время прилива воды, рассчитать массу Луны?
5. Почему закон всемирного тяготения верен лишь в трехмерном пространстве?
6. Используя закон всемирного тяготения, выведите для планет одной системы формулу третьего закона Кеплера. Считайте орбиты планет окружностями.

Все тела тяготеют к каждой отдельной планете и веса тел на всякой отдельной планете при одинаковых расстояниях от ее центра пропорциональны массам этих планет.

И. Ньютон

Урок 34/14.

СИЛА ТЯЖЕСТИ

Что будет, если исчезнет гравитация?

Цель урока: Развить представление о силе тяжести, гравитационной массе тела и способе ее измерения. Подтвердить факт равенства гравитационной и инертной масс.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: динамометр, груз.

План урока:

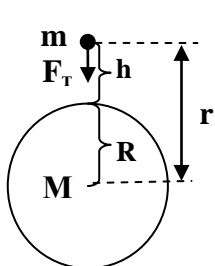
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Сила всемирного тяготения. 2. Гравитационная постоянная.

Задачи:

1. Белый карлик X9 находится от черной дыры на расстоянии в три раза превышающем расстояние от Земли до Луны, а его орбитальный период составляет всего 28 минут! Какова масса черной дыры?
2. Если бы масса каждого компонента двойной звезды была бы равна массе Солнца, и расстояние между ними было равно расстоянию от Земли до Солнца, то каким был бы период их обращения?

III. Сила тяжести (\vec{F}_T) – сила, действующая на любое тело вблизи земной поверхности вследствие его притяжения к Земле. $\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow F_T = mg$.



$F_T = G \frac{mM}{r^2} = G \frac{mM}{(R+h)^2}$. Сила тяжести убывает с удалением от Земли!

Вблизи земной поверхности $h \ll R$ и $F_T = G \frac{mM}{R^2}$, а $g = G \frac{M}{R^2}$.

При вычислениях: $GM = gR^2$. Свободное падение тел близи поверхности Земли происходит с одинаковым ускорением только в том случае, если инертная и гравитационная массы тела равны! Так ли это?

Почему Генри Кавендиша называют «человеком, который измерил Землю»?

Дополнительная информация. Измерение веса и массы тела динамометром: если динамометр неподвижен, то $F_T = F_{упр}$ - по второму закону Ньютона, а $F_{упр} = P$ по третьему закону Ньютона, поэтому $P = mg$ и $m = P/g$. Массу тела, измеренную таким способом, называют гравитационной массой. Равенство гравитационной и инертной массы тела с точностью до 10^{-12} . Зависимость ускорения свободного падения от широты места наблюдения (суточное вращение, не сферичность Земли).

Центр тяжести – геометрическая точка, неизменно связанная с твердым телом, через которую проходит равнодействующая сила всех сил тяжести, действующих на частицы тела при любом его положении в пространстве.

«Паспорт» силы тяжести:

- **Природа (гравитационная);**
- **Модуль ($F_T = mg$, $F_T = G \frac{mM}{r^2}$);**
- **Точка приложения (центр тяжести тела);**
- **Направление (к центру Земли).**

IV. Задачи:

1. На каком расстоянии от поверхности Земли ускорение свободного падения равно 1 м/с^2 ? Масса Земли $6 \cdot 10^{24}$ кг, радиус $6,4 \cdot 10^6$ м.
2. Найдите ускорение свободного падения на видимой поверхности Юпитера, если его масса приблизительно в 317 раз больше массы Земли, а радиус в 11 раз больше земного.
3. Для создания на Луне нормального ускорения свободного падения, как и на Земле, ее решили сжать, не меняя шарообразной формы. Каким станет радиус «новой» Луны?
4. Высадившись на полюсе некоторой планеты, космонавты обнаружили, что сила тяжести там составляет 0,01 земной, а продолжительность суток такая же, как и на Земле. При исследовании планеты оказалось, что на ее экваторе тела невесомы. Определите радиус этой планеты.

Вопросы:

1. Два тела разной массы находятся на одной высоте. Какое из тел упало бы быстрее, если бы Земля притягивала все тела с одинаковой силой?
2. С одинаковой ли силой притягивает Земля падающий и лежащий камень? Если да, то почему первый камень покоится, а второй движется с ускорением?
3. Как изменилась бы орбита Земли, если бы масса Земли вдвое возросла?
4. Если бы линейные размеры всех тел на Земле и самой Земли уменьшились или увеличивались, то, как это можно было бы обнаружить?
5. Почему невозможно предсказать положение планет на их орбитах на интервал времени, превышающий несколько десятков миллионов лет?

6. Из двух точек, расположенных на одной вертикали вблизи черной дыры, начинают одновременно падать два тела. Как будет меняться расстояние между ними при свободном падении?
7. Что бы произошло, если бы Земля была пустой – без мантии и ядра?
8. Если вес тела по мере набора высоты уменьшается, что на глубине он должен расти. Так ли это?

V. § 29. Упр. 13, № 1-3.

1. С помощью своей теории гравитации Ньютон мог объяснить опыты Галилея. Какие?
2. Что бы произошло с Землей, если бы Солнце вдруг превратилось в черную дыру?
3. Отвес всегда указывает вниз в сторону центра Земли, если только поблизости не будет горы. Если есть гора, то зная массу горы и угол отклонения отвеса от вертикали, можно вычислить массу Земли. Так ли это?
4. Оценить ускорение свободного падения g' на «белом карлике» Сириус-B с параметрами: его масса M примерно равна массе Солнца, его радиус R составляет примерно одну пятидесятую радиуса Солнца.
5. Тело свободно падает с высоты 270 м. Разделить эту высоту на три части h_1, h_2, h_3 так, чтобы при прохождении каждой из них потребовалось одно и то же время.
6. Приведите пример, когда при сближении двух тел сила тяжести между ними уменьшается!
7. Отношение радиусов двух планет равно x , а отношение их средних плотностей равно y . Выразите отношение ускорений свободного падения на этих планетах через x и y .
8. Ускорение свободного падения на поверхности Нептуна всего на 17% больше, чем на Земле, потому что Нептун в 17 раз тяжелее Земли, но и в 4 раза больше. Так ли это?
9. Скорость обращения Солнца вокруг центра Млечного Пути на расстоянии 28000 св. лет составляет 220 км/с. Оцените, какая масса сосредоточена внутри орбиты Солнца. Каков период обращения Солнца вокруг центра Галактики?

Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению.

Галилео Галилей

Урок 35/15. ВЕС ТЕЛА, ДВИЖУЩЕГОСЯ С УСКОРЕНИЕМ.

Почему поднять предмет быстро тяжелее, чем поднять медленно?

Цель урока: Развить понятие «вес тела». Дать представление о невесомости.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: динамометры демонстрационные, штатив универсальный, грузы наборные, нить длиной 1,5 м, прибор для демонстрации невесомости.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный. 1. Сила тяжести. 2. Гравитационная масса тела.

Задачи:

1. На какой глубине от поверхности Земли ускорение свободного падения $9,7 \text{ м/с}^2$? Радиус Земли 6400 км, а ускорение свободного падения на полюсах $9,8$

м/с². Школьник говорит: «С глубиной давление не растёт, а падает, поскольку тело, помещённое в центр Земли, окажется в невесомости. Учите физику!» Так ли это?

2. С каким ускорением падает тело с плотностью $7,8 \cdot 10^3$ кг/м³ в жидкости, плотность которой $1,1 \cdot 10^3$ кг/м³. Жидкость считать невязкой.
3. Две нейтронные звезды обращаются вокруг общего центра масс с периодом 3 года. Масса одной звезды равна одной массе Солнца, расстояние между звездами постоянно и составляет 3 а.е. Определите массу второй нейтронной звезды.
4. Какими были бы земные сутки, если бы Земля вращалась так быстро, что тела на экваторе были бы невесомы? (26 мин.)
5. Две звезды массами m_1 и m_2 вращаются вокруг неподвижного общего центра масс. Скорость первой звезды v_1 . Чему равна скорость второй звезды?

Вопросы:

1. Можно ли экранироваться от гравитации?
2. Каково ускорение свободного падения внутри тонкой однородной сферы?
3. В какой точке находится центр тяжести правильного треугольника?
4. Почему главным образом Луна, а не Солнце, ответственна за создание приливов на Земле?
5. Где с большей силой будет притягиваться к Земле тело: на ее поверхности или на дне колодца?
6. Интересно, как бы вели себя тела с отрицательной массой в поле тяготения Земли?
7. На сколько процентов уменьшится сила тяготения между двумя одинаковыми однородными шарами, если вначале шары соприкасались друг с другом, а затем один из шаров отодвинули на расстояние, равное трем радиусам шаров?
8. Почему динамическая реакция пробного тела в гравитационном поле не зависит от его массы?
9. Почему Земля имеет почти сферическую форму, а не кубическую?
10. Допустим, что в радиальном направлении к центру Земли прорыт туннель. Как меняется сила тяжести с глубиной? Что является центром гравитации?

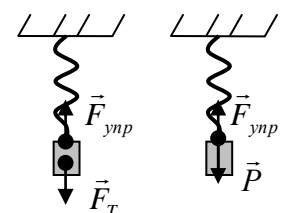
III. Вес тела (\vec{P}) – сила, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на опору или подвес.

Модель твердого тела (шарики на пружинах), подвешенного к пружине.

Различие между силой тяжести и весом тела:

1. Сила тяжести – гравитационная сила, вес тела – сила упругости.

2. Сила тяжести приложена к центру тяжести тела, а вес к пружине в точке касания пружины с телом (к опоре).



3. Вес на рисунках изображают только тогда, когда нас интересует движение опоры!

4. $|\vec{F}_T| = |\vec{F}_{\text{упр}}|$ - по второму закону Ньютона.

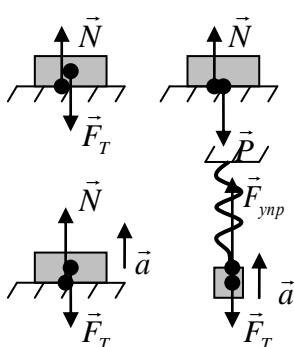
$|\vec{F}_{\text{упр}}| = |\vec{P}_1|$ - по третьему закону Ньютона. $F_T = F_{\text{упр}} = P_1 = mg$ (тело неподвижно).

Вес тела равен силе тяжести, если тело неподвижно. Рассмотрим случай, когда тело помещено на опору: $F_T = N = P_1 = mg$ (нормальный вес).

На Фобосе, средний диаметр которого 22 км, человек массой 70 кг весил бы всего около 1 Н.

Чтобы поднять или опустить равномерно тело, нужно приложить к нему силу, равную его весу!

5. **Вес тела может быть больше силы тяжести:** $\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_T = m\vec{a}$; $ma = m(g + a)$.

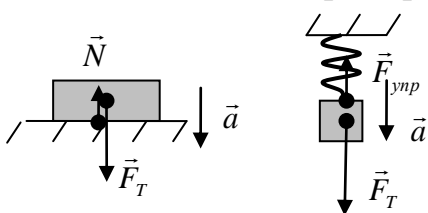


Дополнительная информация. Вес тела в лифте, который движется с ускорением (демонстрация). Перегрузки. Максимальное ускорение лифта не должно превышать 3 м/с^2 . Перегрузки при прыжке с парашютом. При ускорении: $a = (5 - 6) g$ в течение 5 с, могут возникать нарушения сознания. Фактор перегрузки ноги при беге 7 - 8! Масса тела не увеличивается при перегрузке и в невесомости не уменьшается и не исчезает!

Фактор перегрузки:
$$\Phi = \frac{P_2}{P_1} = \frac{m(a + g)}{mg} = \frac{a + g}{g}$$

Кратковременный фактор перегрузки, при котором еще удалось выжить, 178! Фактор перегрузки при попадании в комара капли дождя достигает 300 и это не предел. Атака некоторых видов змей молниеносна: к примеру, бросок водяного щитомордника длится всего 66 мс. Но еще удивительней максимальные ускорения, которые развивают змеи: в ходе экспериментов исследователи наблюдали невероятные 274 м/с^2 у полоза и 279 м/с^2 у гремучника. Люди такой перегруз не выдерживают. «Я почувствовал, — вспоминал Гагарин, — какая-то непреодолимая сила все больше и больше вдавликает меня в кресло. И хотя оно было расположено так, чтобы до предела сократить влияние огромной тяжести, наваливающейся на мое тело, было трудно пошевелить рукой и ногой...»

6. **Вес тела может быть меньше силы тяжести:** $\vec{F}_T + \vec{F}_{\text{упр}} = m\vec{a}$. $P_2 = F_{\text{упр}} = F_T - ma = m(g - a)$. Пример с лифтом. Невесомость: $P = 0$? Когда? $\vec{a} = \vec{g}$



Чтобы находиться в состоянии невесомости, надо свободно падать на Землю! В свободном падении человек не чувствует собственного веса. В состоянии невесомости на тело действует только сила тяжести F_T , под действием которой тело свободно падает!

Со временем, когда станет известно о том наслаждении, которое испытывает человек в состоянии невесомости, огромное число людей будет стремиться испытать это ощущение.

В. Юнг

Дополнительная информация. Возможность свободно плавать в пространстве, где отсутствуют такие понятия, как «верх» и «низ», и где вы не испытываете чувства тяжести своего тела, как правило, приводит людей в восторг. Невесомость – это всего лишь научное название свободного падения! В условиях невесомости действуют те же законы Ньютона, но

человек должен «привыкнуть» к этим условиям! В невесомости мышцы атрофируются, кости также становятся менее прочными, может развиваться дезориентация в пространстве и неустойчивость, сохраняющиеся по возвращении на Землю. В целом невесомость вредна для здоровья, но для науки и техники она открывает новые возможности. Можно, например, смешивать жидкости, которые на Земле невозможно перемешать; получать в 50-100 раз быстрее и в 10-20 раз чище, чем на Земле, вещества, необходимые для изготовления лекарств и полупроводников. В невесомости мы могли бы одним пальцем поднимать и перемещать любые грузы, но все движения должны быть строго выверены.

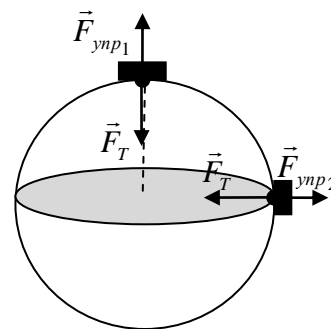
7. Зависимость веса тела от широты места наблюдения. Где легче побить мировой рекорд по тяжёлой атлетике: в Мурманске или в Сочи? Если пренебречь не сферичностью Земли, то на полюсе

$$|\vec{F}_T| = |\vec{F}_{уп1}| = P_1 = mg, \text{ а на экваторе } |\vec{F}_T| > |\vec{F}_{уп2}|.$$

$$\text{Почему? } F_T - F_{уп2} = m \frac{v^2}{R}. P_2 = F_{уп2} = m \left(g - \frac{v^2}{R} \right) - \text{ на}$$

этом делают бизнес!

Вопрос: Два совершенно одинаковых поезда идут с одинаковой скоростью в противоположные стороны: один - с востока на запад, другой - с запада на восток. Какой из них тяжелее?



8. Движение по мосту (разобрать на доске подробно оба случая). Почему мосты не делают вогнутыми? Типы мостов: балочный, арочный, подвесной.

9. Вес тела меньше и тогда, когда тело движется по гладкой наклонной плоскости.

Почему на горнолыжных трассах образуется поперечный рельеф в виде гребней и впадин?

IV. Задачи:

1. При катапультировании на самолете ускорение летчика достигает 200 м/с^2 .

Определите перегрузку летчика. Сколько времени длится эта перегрузка, если скорость вылета сиденья достигает 20 м/с ?

Если во время подъема в скоростном лифте вы испытываете легкий приступ тошноты, можно с уверенностью сказать, что профессии военного летчика и астронавта не для вас.

2. С какой силой груз массой 10 кг давит на подставку, если она вместе с грузом движется вниз равнозамедленно с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$?

Шоколад поднимает настроение до тех пор, пока не встанешь на весы!

3. Парашютист, достигнув в затыжном прыжке скорости 55 м/с , раскрыл парашют, после чего за 2 с его скорость уменьшилась до 5 м/с . Найти наибольшую силу натяжения стропов парашюта, если масса парашютиста 80 кг . Почему не бывает жалоб на качество парашюта?

4. Радиус Марса примерно в 2 раза меньше радиуса Земли, а масса Марса составляет приблизительно $0,1$ массы Земли. Сравните вес тела одинаковой массы на Земле и на Марсе (на полюсе).

5. В Сингапуре решили построить супернебоскреб и по замыслу архитектора, жильцы верхнего этажа должны находиться в состоянии невесомости.

Определите высоту небоскреба. Учтите, что Сингапур расположен практически на экваторе. Обсудить возможность создания космического лифта.

Небоскрёб - улица, расположенная вертикально!

6. Во время взлета с Земли вес космонавта становится равным $5mg$. Сколько времени длится разгон, если ракета поднимается за это время равноускоренно на высоту 13,5 км?

Вопросы:

1. Почему тяжелая хозяйственная сумка «режет» руку?
2. Каким образом можно измерить ускорение лифта с помощью динамометра и груза известной массы?
3. Испытывает ли бегущий человек состояние перегрузки и невесомости?
4. Лифт поднимается сначала равномерно, а затем равнозамедленно. Каким должно быть ускорение, чтобы шар, лежащий на полу лифта, подпрыгнул?
5. Как изменяется вес тела при его броске вверх и последующем падении?
6. ТОП-5 способов побыть в невесомости! Назовите их.
7. Рассуждения Аристотеля о падающих телах приблизительно таковы: кирпич падает с определенной скоростью. Если на него положить сверху другой кирпич, то верхний будет давить на нижний, и поэтому два кирпича должны падать скорее, чем один. Правильны ли эти выводы?
8. Почему при аварии у пассажиров в автомобиле возникают большие перегрузки? Ремни и подушки безопасности увеличивают время, в течение которого скорость тела уменьшается до нуля, благодаря чему уменьшается сила.
9. Одинаков ли вес самолета при взлёте и посадке?
10. Чем дольше длится сам процесс аварии, тем больше у ее участников шансов выжить. Так ли это?
11. Почему в невесомости у космонавтов кровь от ног приливает к голове?
12. Почему возникают приливы и отливы?
13. Можно ли в космическом корабле обрабатывать ударом «невесомый» материал «невесомым» молотком?
14. Объясните механизм прыжка.
15. Почему нельзя прыгать на диване?

V. § 30-32. Упр. 14, № 1-4.

1. Кусок дерева плавает в закрытом сосуде, доверху наполненном водой. Где будет находиться кусок дерева, если сосуд перемещается вертикально вниз с ускорением: 1) $a < g$; 2) $a = g$; 3) $a > g$.
2. Будут ли изменяться показания пружинных весов, если перемещать их вдоль параллели; меридиана?
3. Из закона всемирного тяготения получите формулу, описывающую уменьшение величины ускорения свободного падения с высотой вблизи поверхности Земли. До каких высот можно не пользоваться этой формулой, ошибаясь менее чем на 10%?
4. Каково это – летать между каплей, как комары?

5. На все тела на Земле действует сила притяжения Солнца. Ночью эта сила складывается с силой притяжения Земли, днем – из нее вычитается. Следует ли из этого, что ночью все тела должны быть тяжелее, чем днем?
6. Вообразите мир без гравитации. Чем еще интересен этот мир?
7. Предложите конструкцию прибора для измерения ускорения (акселерометра).
8. Автомобиль массой m проходит по мосту со скоростью v . Радиус кривизны моста равен R . Определите силу давления автомобиля на мост в точке, направление на которую из центра кривизны моста составляет угол α с вертикалью.
9. В горах вес тела больше или меньше? Почему для тел с плотностью от 250 до 500 кг/м³ вес тела растет с подъемом на высоту?

Все определяется мерой, количеством и весом.

Г. Кавендиш

Урок 36/16.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

С каким ускорением надо поднимать гирию, чтобы ее вес увеличился в два раза?

Цель урока: Научить учащихся определять вес тела при его движении в поле силы тяжести. Распространить на этот случай решение прямой и обратной задачи механики.

Тип урока: решение задач.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Вес тела, движущегося с ускорением.

2. Вес тела, движущегося по мосту.

Задачи:

1. Герои романа Жуль Верна «Из пушки на Луну» летели в снаряде. Пушка «Колумбиада» имела длину ствола 300 м. Учитывая, что для полета на Луну снаряд при вылете из ствола должен иметь скорость не менее 11,1 км/с, подсчитайте, во сколько раз возрастал вес пассажиров внутри ствола.

2. С какой скоростью должен двигаться мотоциклист по выпуклому мосту радиусом 10 м, чтобы сила давления мотоциклиста на середину моста оказалась равной половине его силы тяжести?

Чтобы пассажир на мгновение оказался в состоянии невесомости на середине моста? Найдите вес пассажира до того, как автомобиль попал в верхнюю точку моста, если движение автомобиля считать равномерным со скоростью $v = \sqrt{gR}$. Как проехать мост?

3. Мальчик массой 50 кг качается на качелях с длиной подвеса 4 м. С какой силой он давит на сиденье при прохождении среднего положения со скоростью 6 м/с? Во сколько раз возрастает его вес?

*И опять в полусвете ночном
Средь веревок, натянутых туго,
На доске этой шаткой вдвоем
Мы стоим и бросаем друг друга.*

А. Фет На качелях

4. На подставке лежит груз, прикрепленный легкой пружиной к потолку. В начальный момент пружина не растянута. Подставку начинают отпускать вниз с ускорением a . Через какое время груз оторвется от подставки? Жесткость пружины k , масса груза m .

Вопросы:

1. Во сколько раз изменился бы вес тела на Земле, если бы её радиус «уменьшили» в 2 раза?
2. Какие различия существуют между весом тела и действующей на него силой тяжести?
3. Нетренированный человек, спрыгнув даже с небольшой высоты, испытывает в момент приземления боль в ногах. Почему? Как ослабить вредные последствия прыжка? Момент приземления всегда фиксируется акустическим сигналом.
4. Нужно ли в космосе прилагать усилие, чтобы переместить груз большой массы?
5. Пружинные весы проградуированы на экваторе. Каковы будут показания этих весов на полюсе?
6. Где будет низ и верх для инопланетянина, находящегося в каюте на периферии вращающейся тарелки?
7. В какой момент должны были ощутить невесомость герои романа Жуль Верна, отправившиеся в снаряде из пушки на Луну?
8. На каком принципе основаны торговые весы?
9. Как спастись в падающем лифте?
10. Может ли падающий камень ударить о препятствие с силой, превышающей его вес?
11. Чем отличается невесомость на орбите от невесомости в далеком космосе?
12. Как различается вес человека массой 60 кг, когда он поднимается и опускается в лифте со скоростью 3 м/с?
13. Навстречу друг другу с одинаковой скоростью выехали два поезда: один с запада на восток, а другой – с востока на запад. У какого из них вес больше?
14. В ракете установлены пружинные весы, на которых лежит брусок массой 1 кг. В полете весы вначале показывали 30 Н, затем 10 Н, 5 Н, 0 Н. Как двигалась ракета, и как изменялось ее ускорение?
15. В лифте установлены пружинные весы, на которых подвешено тело массой 1 кг. Что покажут весы, если лифт движется вверх с ускорением $a = g/2$ и направленным вниз?
16. В каких местах земного шара ускорение свободного падения $9,81 \text{ м/с}^2$?

17. Соскальзывание корабля с гребня волны вниз существенно снижает вес пассажиров, но как только корабль достигает подошвы волны - увеличивает. Почему?
18. Ощущение силы тяжести зависит от того, разгоняетесь вы или тормозите. Так ли это?
19. В лифте находится ведро с водой, в котором плавает мяч. Как изменится глубина погружения мяча, если лифт будет двигаться с ускорением, направленным вверх; вниз?

III. Задачи:

1. Кузнечик подпрыгивает вертикально вверх на 45 см, причем от земли он отталкивается всего лишь 0,01 секунды. Какие перегрузки испытывает при этом кузнечик?
2. Правила полетов на самолетах запрещают такое движение, при котором вес пассажира увеличивается более чем в два раза. Какое максимальное горизонтальное ускорение допускается при этом?
3. Шар, привязанный к веревке длиной 1 м, движется по окружности в вертикальной плоскости с постоянной скоростью (заваривание чая австралийскими аборигенами). Каков должен быть период движения шара, чтобы он оказался невесомым в верхней точке траектории?

IV. Упр. 15, № 1-5.

1. Как бы Вы у себя дома смогли наглядно показать приятелю, что такое невесомость?
2. Приведите в горизонтальное положение игрушку Ванька – Встань-ка, держа ее в руках, а затем отпустите с небольшой высоты на диван. Будет ли игрушка поднимать голову во время падения? Почему не будет?
3. Гимнаст делает на перекладине оборот – «солнышко». С какой силой он действует на перекладину в момент, когда проходит нижнее положение?
4. Почему не возникают приливы и отливы во внутренних морях?
5. Наполните ведро водой и, быстро вращайте его в вертикальной плоскости так, чтобы из него не выливалась вода. Рассчитайте и проверьте на опыте, какое наименьшее число оборотов в секунду должно совершать ведро, чтобы в верхней точке траектории вода не давила на дно?
6. Определите массу груза, который бы уравнивал груз, равномерно движущийся по окружности с заданной частотой.

Было замечено также, что бросаемые тела или снаряды описывают некоторую кривую линию; но того, что линия эта является параболой, никто не указал.

Г. Галилей

Урок 37/17. ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ

На соревнованиях по метанию молота спортсмен так далеко забросил молот, что зрители ахнули. А один из зрителей даже ахнуть не успел.

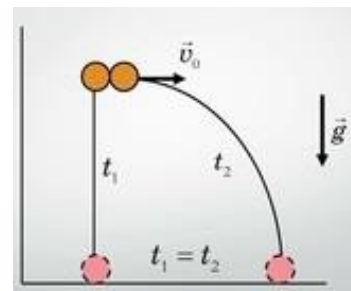
Цель урока: Решить прямую задачу механики для случая движения тела, брошенного под углом к горизонту.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: прибор для демонстрации независимости действия сил, штатив, метроном.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: Вес тела, движущегося в вертикальной плоскости.

Задачи:

1. Самолет описывает «мертвую петлю» радиусом 200 м в вертикальной плоскости. Скорость самолета 720 км/ч. С какой силой летчик давит на сидение в наивысшей и наинизшей точках траектории, если масса летчика 70 кг?

В верхней точке петли, где вы больше всего рискуете выпасть из кресла, ускорение вдавливает сиденье в ваше заднее место сильнее, чем гравитация вытаскивает вас оттуда. В нижней точке петли обе силы – сила реакции и гравитационная - действуют в противоположных направлениях, в результате чего пассажиры в креслах ощущают крайнюю тяжесть.

2. К динамометру, подвешенному в кабине лифта, прикреплен груз массой 5 кг. Лифт движется вверх. Определить ускорение лифта, считая его одинаковым по модулю при разгоне и торможении, если известно, что во время разгона показание динамометра на 15 Н больше, чем при торможении. Самый быстрый пассажирский лифт установлен в гостинице высотой 508 м (Тайвань) – скорость 16,83 м/с.

Вопросы:

1. С каким ускорением надо поднимать гирию, чтобы ее вес увеличился вдвое?
2. Почему на экваторе вес тела меньше, чем на полюсе?
3. С какой скоростью следует перемещаться человеку по ветхому мосту, чтобы не разрушить его?
4. Что уменьшается при погружении тела в жидкость — вес тела или сила тяжести?
5. Почему упасть с лестницы так же ужасно, как быть укушенным крокодилом?
6. Какими способами можно получить земную тяжесть на космическом корабле (станции) при межзвездных перелетах?
7. Почему упасть с лестницы так же ужасно, как быть укушенным крокодилом?
8. В свободном падении человек не чувствует собственного веса. Так ли это?

9. Самолет делает «мертвую петлю». Куда будет направлен подвешенный в нем отвес при прохождении верхней точки траектории?
10. Ракета удаляется вертикально от Земли с ускорением, равным ускорению свободного падения на ее поверхности. Как изменяется вес тела в ракете по мере ее удаления от Земли?
11. Сосуд с плавающим в нем телом начинает падать с ускорением $\alpha < g$. Всплывет ли при этом тело?
12. Притяжение Луны Солнцем примерно в два раза больше, чем притяжение ее Землей. Почему же Луна спутник Земли, а не самостоятельная планета?

III. Падение двух тел с одинаковой высоты в вертикальном и горизонтальном направлении (демонстрация). Почему тела, проходя разные пути, падают одновременно? Движение тела, брошенного горизонтально, можно рассматривать как два независимых движения: движение вдоль горизонтальной оси ОХ и движение вдоль вертикальной оси ОУ.

Не могу отрицать, что рассуждение ново, остроумно и доказательно, если исходить из предположения, что движение в поперечном направлении остается всегда равномерным, а естественное падение сохраняет свою способность ускоряться пропорционально квадрату времени, и что такие движения и скорости слагаются, но не мешают и не препятствуют друг другу...

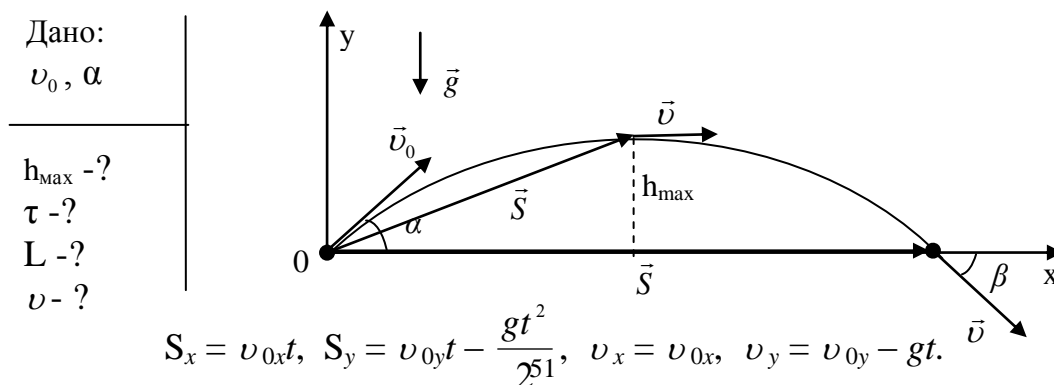
Г. Галилей

Вопрос: Прыгун в длину или баскетболист дольше находится в воздухе, если в прыжке они достигают одинаковой высоты?

Баллистическое движение - движение брошенного под углом к горизонту тела под действием только силы тяжести. Развитие огнестрельного оружия побудило ученых более детально изучить такое движение.

Задача: Мяч брошен со скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту. Определите высоту наибольшего подъема, время полета, дальность полета, скорость и перемещение за любое время, записать уравнение траектории.

Если не учитывать сопротивление воздуха, то движение равноускоренное, потому что $m\vec{a} = \vec{F}_T = m\vec{g}$ и $\vec{a} = \vec{g} = \text{пост.}$ Запишем уравнения равноускоренного движения в проекциях на координатные оси.



Прежде чем решать задачу, необходимо абстрагироваться от всех несущественных деталей!
Применив формулы равноускоренного движения к телу, брошенному под углом к горизонту, можно определить:

а) Время подъема ($0 = v_{0y} - g \cdot t \rightarrow t = \frac{v_{0y}}{g}$) и максимальную высоту подъема

тела ($S_y = h_{max} = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_{0y}^2}{2g}$), скорость в верхней точке ($v = v_{0x}$).

б) Время полета ($0 = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = 2 \cdot v_{0y}/g$) и дальность полета тела ($L =$

$$S_x = v_{0x}t = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Дополнительная информация. Направление вектора скорости: $\operatorname{tg}\beta = v_y / v_x$. Радиус кривизны траектории $R = v^2/g \cdot \cos\beta = v^2/g(v_{0x}/v) = v^3/(gv_0 \cdot \cos\alpha)$. Уравнение траектории: $y = x \cdot \operatorname{tg}\alpha - g \cdot x^2 / 2v_0^2 \cdot \cos^2\alpha$ – уравнение параболы. Постоянно ускоряющая падение пушечного ядра сила тяжести, заставляет его лететь по траектории, которая в идеализированном варианте является параболой и не зависит от массы ядра. Можно ли с помощью данного уравнения определить максимальную дальность полета? высоту наибольшего подъема тела? Интересен частный случай, когда начальная скорость тела направлена горизонтально.

Задача: С крутого берега реки высотой h бросают горизонтально камень со скоростью v_0 . Найти время падения и скорость камня при падении в воду.

Скорость падения вниз не зависит от скорости движения вперед!

Движение брошенного тела определяется законами гравитации. Зная начальные условия, можно определить конечное положение тела.

IV. Демонстрация фрагментов диафильма.

V. § 33. Упр. 16, № 1-2.

1. Почему люди не падают с американских горок?
2. Докажите, что вес достигает наименьшего значения при въезде на выпуклый мост.
3. В Северном полушарии производится выстрел вдоль меридиана на север. Как скажется на движении снаряда суточное вращение Земли?

Довольно того, что тяготение на самом деле существует, действуют согласно изложенным нами законам и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря.

И. Ньютон

Урок 38/18.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Люди знали о гравитации задолго до того, как Ньютон «открыл» ее в 1687 году.

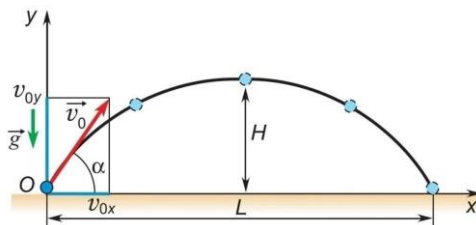
Цель урока: Распространить решение прямой задачи механики на случай движения тела под углом к горизонту в поле силы тяжести.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. 2. Движение тела, брошенного горизонтально.

Задачи:

1. С подводной лодки под углом 45° к горизонту запускается баллистическая ракета, наведенная на город. Расстояние от города до подводной лодки 3000 км. Каким запасом времени мы располагаем и чему равна стартовая скорость ракеты? Землю считать плоской, а также можно допустить, что вдоль всей траектории, кроме начального участка, ракета находится в свободном полете.
2. Камень брошен с горы горизонтально с начальной скоростью 15 м/с. Через какое время его скорость будет направлена под углом 45° к горизонту.
3. Мальчик бросил с обрыва высотой 20 м горизонтально камень со скоростью 15 м/с. Определить дальность полета камня и его скорость в момент соударения с водой. В этой задачке Земля плоская или круглая?
4. Пуля, летящая горизонтально со скоростью $v = 500$ м/с, пробивает первый листок бумаги. Найти, на каком расстоянии S находится второй листок бумаги, если известно, что его пуля пробила на $h = 20$ см ниже, чем первый.

Вопросы:

1. Ребенок хочет узнать, с какой скоростью из его рогатки вылетает камень. Как это сделать, пользуясь только метровой линейкой?
2. Почему на пушки и винтовки не ставят лазерные прицелы?
3. Какие факторы должен учитывать спортсмен при выполнении прыжка в длину; в высоту? Хорошему прыжку хороший разбег нужен (русская пословица).
4. В 2008 году Шнобелевская (позорная) премия по биологии (вручается в Гарварде) была присуждена французам, которые после тщательных замеров достоверно определили, что блохи с собак прыгают дальше, чем блохи с кошек. Почему это так?
5. В какой точке траектории летящий снаряд обладает наименьшей скоростью?
6. Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 . В какой точке траектории его ускорение максимально?
7. Почему, разбежавшись, мы можем кинуть значительно дальше, чем с места?
8. Скорость тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты, уменьшили в четыре раза. Как изменилась дальность полета; время полета?

9. Где и почему больше дальность стрельбы: на Земле или на Луне?
10. Почему водосливная часть плотины крупной гидроэлектростанции имеет параболическую поверхность?
11. Почему грязь от передних колес прицепа забрызгивает трактор?
12. Оценить, насколько дальше спортсмен бросил гранату, если будет бросать ее с разбегу. Скорость бросания 20 м/с, угол бросания 30° , скорость спортсмена 10 м/с.
13. В автомобиле, движущемся с постоянной скоростью, роняют камень. Наблюдатели в автомобиле и на дороге видят, что его движение происходит по разным траекториям. Какая из них является истинной?
14. Как могли бы вы определить высоту холма, на вершине которого стоите, имея в руках только часы и камень?
15. Докажите, что одинаковая дальность полета достигается при углах, дополняющих друг друга до 90° .
16. В какой точке траектории камня, брошенного под углом к горизонту, радиус кривизны траектории наименьший?

III. Задачи:

1. Камень брошен под углом 60° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Через какое время камень будет на высоте 5 м?
Математика сообщает нам все возможные решения, но физика позволяет выбрать решение, описывающее нашу реальную Вселенную!
2. Обычный кенгуру передвигается по земле прыжками на длинных задних конечностях. У крупных кенгуру длина прыжков достигает 17 м, высота полета до 2 м. Какова же скорость передвижения у кенгуру?
3. Фонтан для питьевой воды выбрасывает воду под углом 50° к горизонту. При этом максимальная высота струи воды над отверстием, из которого она бьёт, равна 0,150 м. Вычислите скорость, с которой вода вытекает из фонтана.
4. По дороге движутся две машины с одинаковой скоростью $v = 90$ км/ч. Впереди едет грузовик, а за ним – легковой автомобиль. На дорогу много камней, и иногда камни вылетают, срываясь с колес грузовика. На каком минимальном расстоянии L_{\min} от грузовика должен держаться легковой автомобиль, чтобы избежать попадания камня в него?
5. Камень брошен горизонтально со склона горы, образующего угол 45° с горизонтом. Чему равна начальная скорость камня, если он упал на склоне на расстоянии 50 м от точки бросания.

6. Петарда взрывается через три секунды после броска. С какой скоростью ее нужно бросить, чтобы она взорвалась в верхней точке траектории на расстоянии не менее 60 м от точки броска по горизонтали?
7. Поливальная установка, установленная у земли, разбрызгивает капли воды на дачном участке по всем направлениям (зона поражения). Максимальная высота подъема капель 2 м. Определите площадь орошаемого участка.
8. Минометная батарея расположена у подножья горы с наклоном к горизонту 45° . Под каким углом к горизонту нужно установить ствол орудия, чтобы мина достигала склона на максимальной высоте?
9. Тело массой m , брошенное под углом к горизонту, имеет в верхней точке траектории ускорение $a = 4g/3$. Определить силу сопротивления воздуха в этой точке.
10. Камень, брошенный с поверхности земли под углом 30° к горизонту, дважды побывал на одной и той же высоте спустя время 3 с и 5 с после начала движения. Найдите начальную скорость камня.

IV. Упр. 16, № 3-5. Подготовится к выполнению лабораторной работы № 4.

1. Оцените усилие спортсмена при толкании ядра.
2. Летучие рыбы, спасаясь от морских хищников, выпрыгивают из воды и покрывают расстояние 200-300 м на максимальной высоте 5-7 м. В каких случаях это возможно?
3. Какую максимальную скорость вы можете сообщить камню, бросая его в горизонтальном направлении?
4. Куда должна быть направлена сила, с которой легкоатлет действует на землю в момент прыжка в длину с места (разгона), чтобы дальность полета была максимальной?
5. Весной 1940 года во время учений к наркому обороны С.К. Тимошенко обратился один из младших командиров с предложением усовершенствовать саперную лопатку. Оснастив лопатку вместо деревянной ручки полый трубой-стволом, ее можно было превратить в миномет. Делу был дан ход, однако после испытаний «изобретению» был дан отбой. Почему?
6. Дети стреляют горошинами, выдувая их ртом через трубочку. Оцените максимальное расстояние, на которое могут улететь эти горошины.
7. В 16 лет И. Ньютон проводит свой первый физический опыт: решив определить силу ветра во время бури, он измеряет дальность своего прыжка по ветру и против него. Пользуясь этим методом, измерьте силу, действующую со стороны ветра на вас.
8. Определить скорость вылета воды из отверстия шприца с помощью измерительной линейки на классной доске.
9. Попробуйте предсказать точную траекторию движения брошенного тела на языке поэзии?
Хотя ты силён и искусен в сих (началах), всё же без опытов твоё мнение не может стать достоверным, и только опыт достоверен и непоколебим...

Иоанн Софист

Урок 39/19.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3:

«ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО».

Люди знали о существовании гравитации, потому что умели строить катапульты.

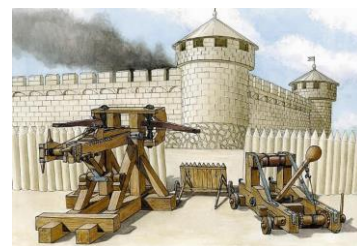
Цель работы: Экспериментально проверить, что движение тела, брошенного горизонтально в поле силы тяжести, происходит по параболе и измерить начальную скорость этого тела.

Тип урока: лабораторная работа.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лоток для пуска шарика, фанерная доска, шарик, бумага, кнопки, копировальная бумага, линейка.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Вводный инструктаж
3. Выполнение работы
4. Подведение итогов
5. Задание на дом



II. Инструктаж учащегося. Как определить время движения тела, брошенного горизонтально? Как определить начальную скорость тела, брошенного горизонтально? Как экспериментально доказать, что движение тела, брошенного горизонтально в поле силы тяжести, происходит по параболе? Определите дальность полета при другой высоте и сравните полученное значение с экспериментальным значением. О чем говорит факт их совпадения?

III. Ход работы:

Таблица 1

№	h, м	ℓ, м	ℓ _{ср} , м	v _{о ср} , м/с
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Таблица 2

t, с	0	0,05	0,10	0,15	0,2	0,25
x, м	0					
y, м	0	0,012	0,049	0,110	0,190	

IV. Выводы:

V. Упр. 17, № 7, 8

1. Положив камешек на край стола и, щелкнув по нему пальцем, определите максимальную скорость пальца руки.
2. Под каким углом к горизонту нужно направить струю воды, чтобы высота ее подъема была равна дальности?
3. Предположим, что на тело массой M , брошенное под углом α к горизонту с начальной скоростью \vec{v}_0 , действует с постоянной силой горизонтальный попутный ветер. Определить время полета, максимальную высоту подъема и дальность полета.
4. Какую максимальную скорость вы можете щелчком сообщить пластмассовому шарик, лежащему на столе?
5. Какую форму должен иметь желоб, чтобы при скатывании по нему шарик все время касался желоба, но не оказывал на него давления?
6. Почему лыжники, прыгая на лыжах с трамплина, не травмируются при приземлении, ведь разница высот от точки отрыва до места приземления может составлять 40 – 60 м?

Он был мал, этот самый первый искусственный спутник нашей старой планеты, но его звонкие позывные разнеслись по всем материкам и среди всех народов как воплощение дерзновенной мечты человечества.

С. П. Королёв

Земля – колыбель человечества. Но нельзя же вечно жить в колыбели.

К. Циолковский



ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЗЕМЛИ

Космонавты облетают на космическом корабле Землю в течение 24 часов 16 раз!

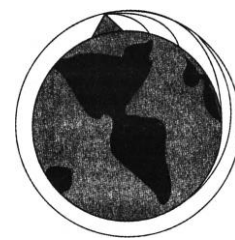
Цель урока: Дать представление о первой космической скорости и рассчитать ее для тела, находящегося на Земле.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Задачи:

1. Найти дальность полета пули, вылетевшей со скоростью 700 м/с из винтовки, расположенной горизонтально на высоте 1,5 м.
2. С балкона, расположенного на высоте 20 м, бросили мяч под углом 30° вверх от горизонта со скоростью 10 м/с. Найти время полета и горизонтальную дальность полета.
3. Спортсмен-толкатель ядра, стоя на горизонтальной поверхности, толкнул ядро со скоростью 12 м/с под углом 30° к горизонту. Чему будет равен радиус кривизны траектории ядра через 1 с после броска?

Чему равен минимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета? Чему равен максимальный радиус кривизны траектории камня в течение его полета?

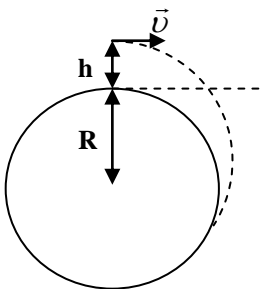
4. Камень, выпущенный из рогатки, через 0,5 с после броска пролетел через дырку в заборе, а ещё через 1 с упал на землю. На какой высоте находилась дырка в заборе?
5. Спортсмен прыгает с 10-метровой вышки и погружается в воду на расстоянии 3 м по горизонтали от края вышки через 2 с. Определить скорость спортсмена в момент прыжка.

Вопросы:

1. Мяч бросили с начальной скоростью 20 м/с под углом 30° к горизонту. Через какое время после броска скорость мяча будет направлена горизонтально?
2. Как движется тело, уравнение движения которого имеет вид $y = 12 + 6 \cdot t - 4,9 \cdot t^2$?
3. В каком случае выпавший из окна вагона предмет упадет на землю раньше: когда вагон стоит на месте или, когда он движется?
4. Мышонок стреляет из рогатки точно в кота, сидящего поодаль на ветке дерева. Через одну секунду камень падает на землю в точку, находящуюся на одной вертикали с котом. На какой высоте находился кот?
5. Кратковременное состояние невесомости можно получить в кабине самолета. Какими способами его можно достичь?
6. Доказать, что максимальная дальность полета камня в два раза больше максимальной высоты полета.

7. Под каким углом должна стрелять пушка, чтобы ее снаряд пролетел половину максимального расстояния до цели?
8. Мяч брошен с начальной скоростью 40 м/с под углом 30^0 к горизонту. Сколько времени займёт подъём мяча? Всё время полёта? На какую максимальную высоту поднимается мяч?
9. Охотник целится из карабина прямо в куропатку, сидящую на дереве. В момент выстрела куропатка начинает свободно падать. Попадет ли пуля в куропатку?
10. Максимальное удаление тела от точки бросания достигается в момент, когда скорость тела перпендикулярна его перемещению. Так ли это?

III. Движение тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты. Мы подразумевали, что Земля плоская, но она круглая. Можно ли сообщить такую скорость телу, чтобы оно двигалось по



окружности? $F_m = ma$, $a = \frac{v^2}{R+h}$, $F_m = G \frac{mM}{(R+h)^2} \rightarrow v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}$.

Не забывайте: $G \cdot M = g R^2$.

Брошенное с такой скоростью тело будет двигаться по окружности вокруг Земли! **Первая космическая скорость -**

минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу на поверхности Земли, чтобы оно стало её спутником: $v = \sqrt{gR} = 8 \text{ км/с}$.

Космонавты летают на высоте: $h \approx 300 \text{ км}$, $v \approx 7,8 \text{ км/с}$, $T \approx 1,5 \text{ ч}$.

Почему Международная космическая станция для наблюдателей на Земле быстро движется по небосводу с запада на восток?

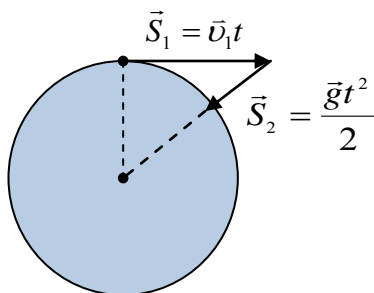
Если спутник будет запущен со скоростью 9 км/с, то такова будет его траектория?

Геостационарные спутники (спутники системы "Орбита", военные спутники):

$T = 24 \text{ ч}$, $h \approx 36000 \text{ км}$, скорость около 3 км/с?! На геостационарной орбите спутник обращается вокруг Земли с той же угловой скоростью, что и Земля вокруг своей оси.

Дополнительная информация (стыковка на орбите). Чем ниже орбита космического аппарата, тем быстрее он пролетает виток. Общий принцип сближения для последующей стыковки прост — активный корабль стартует в нужный момент, чтобы по окончании выведения оказаться в плоскости орбиты цели. Затем догоняет цель по более низкой орбите и в нужный момент дает импульс, который приведет его близко к цели.

Движение планет. Открытие на «кончике пера» планеты Нептун и планеты Плутон, открытие спутников у других звезд (Сириус, звезда Бернарда).



Дополнительный материал: Космонавт в космическом корабле, движущемся с выключенными двигателями на большом удалении от других тел, будет находиться в состоянии невесомости. Космонавт в космическом корабле, движущемся по орбите вокруг Земли, также будет находиться в состоянии

невесомости, поскольку эффекты, связанные с отклонением тела (космонавта) от прямолинейности, в точности компенсируются силой тяжести. Причина невесомости на МКС в том, что она постоянно свободно падает на Землю!

После того как Ньютон понял, каким образом сила, тянущая тело вниз, к центру Земли, обеспечивает его вечное движение по орбите, для него уже не составляло труда экстраполировать этот вывод и на движение планет и комет вокруг Солнца. Теория Ньютона позволила объяснить загадку движения Луны вокруг Земли или Земли вокруг Солнца. Движение Луны не требует объяснений; в объяснении нуждается только отклонение от равномерного прямолинейного движения, вызванное притяжением Земли.

IV. Задачи:

1. Средняя высота спутника над поверхностью Земли равна 1700 км. Определить его скорость и период обращения.
2. Какова масса планеты Плутон, если ее спутник Харон обращается на расстоянии 19,5 тыс. км с периодом 6,39 суток вокруг планеты?
3. Аппарат OSIRIS-REx в данный момент исследует околоземный астероид Бенну, обращаясь вокруг астероида на средней высоте 1,5 км над его поверхностью. Средний диаметр астероида составляет 560 м, а его масса $1,4 \cdot 10^{11}$ кг. Определите период обращения аппарата.
4. Малая планета имеет форму шара радиуса $R = 5$ км. Считая планету однородной с плотностью $\rho = 5,5$ г/см³, найти, чему равна первая космическая скорость для этой планеты?
5. Белый карлик имеет массу, равную массе Солнца, и минимальное время облета вокруг него за 10 с. Найдите среднюю плотность вещества белого карлика. $1,2 \cdot 10^6$ г/см³

Вопросы:

1. Как зависит линейная скорость спутника планеты от радиуса его орбиты?
2. Может ли искусственный спутник Земли двигаться по орбите, плоскость которой не проходит через центр тяжести Земли?
3. Как создать «искусственную тяжесть» на космическом корабле?
4. Нужно ли в невесомости прилагать усилие, чтобы сдвинуть груз большой массы?
5. Почему круглую форму имеют: песчинки, капельки, мыльные пузыри, воздушные шары, небесные тела?
6. Действительно ли космонавты на орбите невесомы?
7. Объясните, что держит спутник наверху?

V. § 34. Упр. 17, № 1-5.

1. С вершины брошены с одинаковой скоростью четыре камня: один - отвесно вверх, второй - отвесно вниз, третий - горизонтально, четвертый - горизонтально влево. Какую форму имеет тот четырехугольник, в вершинах которого будут находиться камни во время падения?
2. Почему возникают приливы на спутниках Юпитера, ведь они уже давно повернуты к нему одной стороной?

3. Что будет с камнем, брошенным в прорытый сквозь Землю колодец?
4. Какую планету Солнечной системы можно облететь быстрее всего, не включая при этом двигатели?
5. Каким образом искусственный спутник Земли можно перевести на более низкую орбиту?
6. Почему Луна не падает на Землю?
7. С какой скоростью движется Луна вокруг Земли (естественный спутник)?
8. С какой скоростью движется Земля вокруг Солнца? Что бы произошло с Землей и другими планетами, если бы Солнце «внезапно» исчезло?
9. Оцените минимальный период обращения спутника нейтронной звезды, если плотность вещества нейтронной звезды порядка 10^{17} кг/м³.
10. В рассказе Жюль Верна «Путешествие на Луну» рассказывается, что на участке пути, на котором притяжение Луны равно притяжению Земли, все предметы внутри ядра потеряли вес. Докажите, что такое явление должно было наблюдаться на всем протяжении полета.

Ошибочно предполагать, как это думают обычно, что трение двух соприкасающихся тел возрастает с увеличением площади касания. На опыте трение возрастает только с увеличением нагрузки.

Амонтон

СИЛА ТРЕНИЯ

Урок 41/21.

Следовательно, чем больше вес тела, тем больше и сила трения скольжения!

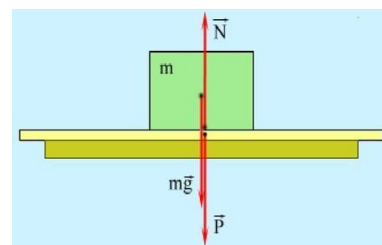
Цель урока: Дать представление о силе трения. Распространить решение прямой задачи механики на случай учета сил трения.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: динамометр демонстрационный, брусок, набор грузов, линейка демонстрационная. Трибометр лабораторный, кинофильм «Трение».

План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Первая космическая скорость. 2. Искусственные спутники Земли.

Задачи:

1. Ракета массой 6 т движется у поверхности Луны с постоянным ускорением 2 м/с^2 под углом 30° к горизонту. Найдите силу тяги, если на Луне ускорение свободного падения $g/6$.
2. Ускорение свободного падения на поверхности Луны равно $0,14 g$, а радиус Луны равен $1,74 \cdot 10^3$ км. Сколько времени потребуется лунному модулю, чтобы облететь Луну по орбите вблизи ее поверхности?
3. Хороший футболист может придать мячу скорость 30 м/с . На астероиде какого размера можно играть в футбол? Плотность астероидов можно считать равной плотности Земли. $R > 20 \text{ км}$

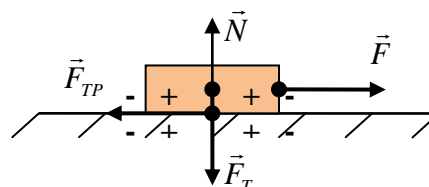
Вопросы:

1. Как будет изменяться скорость искусственного спутника при его переходе на более низкую орбиту?
2. Ньютон понял, что предметы притягиваются к Земле некоей ускоряющей их движение силой. Ну, хорошо, яблоки падают с деревьев, но что, если это дерево дорастет до Луны? Сама-то Луна почему не падает, точно яблоко, на Землю? На какое расстояние «падает» Луна на Землю за одну секунду?
3. Как была бы орбита Земли, если бы масса Солнца увеличилась в два раза?
4. Спутник Юпитера Ио находится от него на таком же расстоянии, как Луна от Земли. Почему же она делает один оборот всего за 42 часа, а не за месяц, как Луна?
5. Известно, что в состоянии невесомости жидкость приобретает сферическую форму. Не означает ли это, что звезды и планеты также находятся в состоянии невесомости?
6. Почему при равномерном горизонтальном полете тяжело нагруженный самолет движется медленнее ненагруженного?
7. В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника, его центростремительное ускорение и период обращения?
8. Могли бы существовать геостационарные спутники, если бы Земля не вращалась?
9. Барон Мюнхгаузен, привязав конец веревки к Луне, спустился на Землю. В чем главная физическая ошибка такого передвижения?
10. Во сколько раз скорость искусственного спутника Земли, движущегося по орбите радиуса r , больше скорости спутника, движущегося по орбите радиуса $2r$?
11. Искусственный спутник некоторой планеты движется по низкой круговой орбите (радиус орбиты можно считать равным радиусу планеты) со скоростью v . Какой скоростью должен обладать спутник, чтобы двигаться вокруг этой же планеты на высоте $2R$ от ее поверхности?
12. Два одинаковых спутника движутся по одной лунной орбите на некотором расстоянии друг от друга. Почему изменяется расстояние между спутниками?
13. Почему для стационарных спутников связи существует только единственная орбита, которая делится по долготе на отдельные участки, где и располагаются спутники?

14. Почему состояние невесомости на борту орбитальной станции свидетельствует о пропорциональности силы земного тяготения массе тела?
15. За какое приблизительно время Земля упала бы на Солнце, если бы она прекратила вращаться вокруг него?

III. До сих пор мы пренебрегали трением, однако в большинстве случаев его приходится учитывать. Например, почти все крепёжные устройства (например, шурупы, болты, гвозди, гайки, скобы и зажимы) работают за счёт силы трения, которая прочно удерживает их на месте.

Природа силы трения электромагнитная: шероховатости, взаимодействие молекул, образование «ямки», «выдавливание» электронов.



Наложение двух твердых тел одного на другое подобно наложению швейцарских Альп на перевернутые австрийские Альпы – площадь контакта оказывается очень малой. Даже когда тело шарообразной или цилиндрической формы катится по поверхности другого тела, возникает трение качения (объяснение с использованием механической модели твердого тела).

Трение скольжения. Сила трения скольжения действует всегда в направлении, противоположном направлению движения (демонстрация) тела.

При увеличении расстояния между молекулами в местах контакта начинают преобладать силы притяжения (**адгезия**). Если бы контакт был полным, то на стержне диаметром в 1 см, просто приставленном торцом к потолку без всякого крепления, можно было бы подвесить автомобиль! Все это электромагнетизм, но построить на основе законов электромагнетизма полную и последовательную теорию трения, упругости, прочности и т.д. современная физика может лишь частично.

Зависимость модуля силы трения скольжения от материалов двух соприкасающихся поверхностей и от силы нормального давления, но не от площади соприкасающихся поверхностей (демонстрация). При движении тела вершины неровностей деформируются, частично разрушаются, площадь контакта увеличивается пропорционально весу тела. Вес на рисунках не всегда изображают, но $P = N$.

$$F_{\text{тр}} = \mu P = \mu N \rightarrow F_{\text{тр}} = \mu N. \quad \mu - \text{коэффициент трения скольжения.}$$

Ещё Шарль-Огюстен де Кулон показал, что трение зависит от многих факторов, таких как материалы соприкасающихся тел, скорость, шероховатость, смазка, температура. Измерение коэффициента трения скольжения.

Иногда желателен минимальный коэффициент трения, как, например, в случаях работы подшипников, поршней, или при беге на лыжах. Но когда надо передать силу с помощью ременного привода или в тормозной системе, необходим высокий коэффициент трения.

«Паспорт» силы трения скольжения:

- **Природа (электромагнитная);**
- **Модуль ($F_{\text{тр}} = \mu N$);**
- **Точка приложения (совпадает с точкой приложения силы реакции);**
- **Направление (в сторону, противоположную движению).**

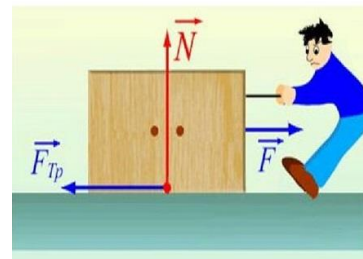
Сила трения ($\vec{F}_{\text{тр}}$) – свойство тела противодействовать перемещению другого тела по его поверхности, измеряемое при скольжении произведением коэффициента трения на силу реакции опоры.

Действие трущихся друг о друга тел взаимно: $|\vec{F}_{\text{тр}1}| = |\vec{F}_{\text{тр}2}|$ – по 3 закону Ньютона.

Если твердые соприкасающиеся поверхности неподвижны, то может и между ними быть трение? Да!

Если бы его не было, мы не могли бы даже стоять на слегка пологой горке! **Трение покоя** (демонстрация).

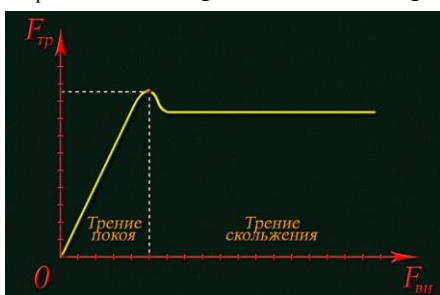
Сила трения покоя препятствует возникновению движения одного тела по поверхности другого тела и



направлена против приложенной силы (в сторону движения (**сила тяги автомобиля, подъем на горку**) или против движения (**спуск с горки**)). Сила трения покоя зависит от того, с какой силой мы действуем на тело.

Максимальная сила трения покоя также пропорциональна силе давления (демонстрация с определением центра масс метровой линейки).

В момент начала движения дополнительная энергия тратится на деформацию и разрушение пиков, поэтому максимальная сила трения покоя больше силы трения скольжения. При $F < F_{\text{тр.п. max}}$ поверхности не «проскальзывают», что используют для передачи движения. В



Поверхности	Коэффициент трения	
	μ стат.	μ скольжения.
дерево о дерево	0,3	0,3
резина об асфальт	1-4	0,8
сталь о тефлон	0,04	0,04
олово о свинец	2,25	2,25

автомобиле таким способом передаются движения между дисками сцепления или в ременной передаче от шкива генератора к шкиву вентилятора. Движение пешехода, автомобиля, неподвижность предметов относительно стола или пола обусловлено трением покоя. С целью увеличения трения шины снабжают протектором с «рисунком», зимой применяют цепи, гусеницы танка имеют шипы (как и ботинки бегунов и альпинистов). Опыт показывает, **что максимальная сила трения покоя всегда больше силы трения скольжения, однако это отличие невелико, поэтому при решении задач мы будем считать, что они равны!** $F_{\text{тр}} = F_{\text{тр.п. max}}$

Это приближение стало настолько привычным, что его обычно даже и не оговаривают. Точно так же пренебрегают зависимостью силы трения от скорости.

Сухое и жидкое трение. В жидкостях, как и в газах, нет трения покоя, поэтому непрерывный слой смазки обеспечивает отсутствие непосредственного контакта и уменьшает трение. Зависимость силы жидкого трения (силы сопротивления) от модуля относительной скорости тела в жидкости и от его формы (демонстрация). $F_c = k\nu$ – ламинарное течение (Кулон, 1800 г.). $F_c = k\nu^2$

(турбулентное течение) и $k = \frac{\rho \cdot S}{2}$ (Кулон, 1800 г.). Почему смазка уменьшает

силу трения скольжения? Без силы трения не было бы нас! Почему?

Благодаря повышенной вязкости жидкости в тонком слое смазки твёрдые поверхности не соприкасаются даже при большом давлении друг на друга, а движутся за счёт гидродинамического скольжения без сухого трения.

Лобовое сопротивление — замедляющая сила, создаваемая воздухом или другими газами и жидкостями, окружающими движущийся объект.

Трение качения. Между силой трения качения, возникающей при перекачивании цилиндра по горизонтальной поверхности, и силой нормального давления существует зависимость: $F_{тр} = k N/r$, где k – коэффициент трения качения, r – радиус цилиндра. Почему так? Причина трения качения - деформация катка и опорной поверхности. Объем мирового рынка подшипников качения в 2014 году составил от 330 до 340 миллиардов подшипников.

Примеры вредного (торможение движущихся тел, нагревание и износ) и полезного (ходьба по земле, ременные передачи проявлений) сил трения.

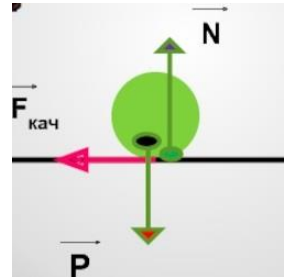
Движение под действием силы трения (на примере задачи):

Задача: Папа катает своего сына на санках общей массой 20 кг по снежной горизонтальной дороге, приложив в течение 5 с силу 50 Н, направленную под углом 30° к горизонту, после чего мальчик едет до полной остановки самостоятельно. Коэффициент трения 0,1. Определите ускорение санок при разгоне, максимальную скорость при разгоне и тормозной путь.

Тормозной путь не зависит от массы тела! От чего зависит? С увеличением скорости в 2 раза, тормозной путь увеличивается в 4 раза.

Вопросы:

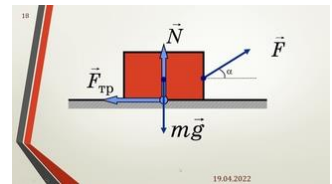
1. Почему сила трения скольжения пропорциональна весу тела?
2. Почему не падают магниты на холодильнике?
3. Какую силу называют силой тяги автомобиля?
4. Почему большую льдину, плавающую в воде, легко привести в движение, но трудно разогнать её до большой скорости за малый промежуток времени?
5. Чем объясняется независимость силы сухого трения от видимой площади контакта?
6. Почему передняя часть автобусов не обтекаемая?
7. Почему при увеличении натяжения приводного ремня, передающего вращение от вала к шкиву, увеличивается трение между ремнем и шкивом?
8. Как устроены подшипники и зачем вообще они нужны?
9. Пробковый и стальной шарики одинакового объема одновременно падают с одной и той же высоты. Какой из них раньше упадет на землю и почему?
10. Чему равна средняя сила сопротивления воздуха, если тело массой 1 кг падает с ускорением 8 м/с^2 ?



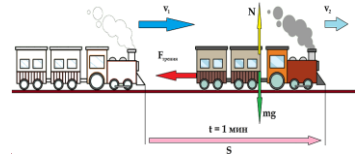
11. Пуля летит вертикально вверх, достигает высшей точки и вертикально же падает вниз. В каких местах этой траектории ускорение пули имеет наибольшее и наименьшее значение, если учесть сопротивление воздуха?
12. Какова сила трения, возникающая при действии горизонтальной силы, равной 5 Н, на тело массой 3 кг, если коэффициент трения между телом и горизонтальной поверхностью составляет 0,2?

IV. Задачи:

1. При помощи динамометра ученик перемещает равномерно деревянный брусок массой 200 г по горизонтально расположенной доске. Каков коэффициент трения, если динамометр показывает 0,6 Н?
2. Тело массой 10 кг тянут по горизонтальной поверхности, прикладывая силу 46 Н, направленную вверх под углом 30° к горизонту. Ускорение тела равно 2 м/с^2 и направлено горизонтально по направлению движения. Найти коэффициент трения между телом и поверхностью.



3. Через сколько времени после начала аварийного торможения остановится автомобиль, движущийся со скоростью 72 км/ч, если коэффициент трения между колесами и дорогой равен 0,8? Каков тормозной путь?



4. Поезд, масса которого 4000 т, движущийся со скоростью 36 км/ч, начал торможение. За 1 минуту поезд проехал 510 м. Чему равна сила трения, действующая на поезд?
5. С каким максимальным ускорением может двигаться достаточно мощный автомобиль, если коэффициент трения скольжения равен 0,3? Все четыре колеса ведущие.

V. § 35-37. Упр. 19, № 1,2. Подготовится к лабораторной работе № 3.

1. Составить обобщающую таблицу «Трение», используя рисунки, чертежи и текстовой материал.
2. Попробуйте, имея газету и секундомер, показать, что средняя скорость движущегося в воздухе тела тем больше, чем меньше площадь его поперечного сечения.
3. Если ось маятника привести в быстрое вращение, то трение уменьшается. Попробуйте продемонстрировать и объяснить явление.
4. Оцените скорость опускания парашютиста с раскрытым парашютом.
5. Аристотель считал, что скорость тела однозначно определяется приложенной силой. Если бы он был прав, то прыжки с любой высоты были бы безопасны, а движение безинерционным, не существовало бы планетных систем и колебаний. Докажите это.
6. Докажите, что механика Аристотеля справедлива для случая очень больших сил.
7. На летящую пулю или брошенный мяч действует большая сила сопротивления воздуха?
8. Зависит ли максимальная сила трения покоя, возникающая между телами из разных материалов, от продолжительности их контакта?

Когда два тела перемещаются относительно друг друга, непрерывно осуществляется обмен пар молекул, несущих нагрузку. Теория предполагает, что, когда две молекулы вступают в контакт и затем расходятся, теряется энергия, что и считается трением.

Д. Томлинсон

Урок 42/22.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4:

«ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ».

Двигать холодильник по бетонному полу гораздо тяжелее, чем по ламинату.

Цель работы: Измерить коэффициент трения деревянного бруска, скользящего по деревянной линейке.

Тип урока: лабораторная работа.

Оборудование: динамометр, деревянный брусок, деревянная линейка, три груза.

- План урока:**
1. Вступительная часть
 2. Вводный инструктаж
 3. Выполнение работы
 4. Подведение итогов
 5. Задание на дом

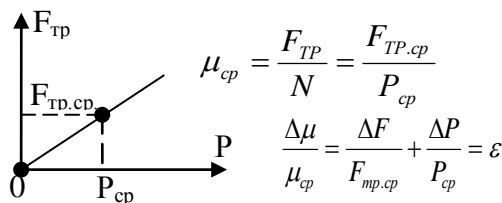
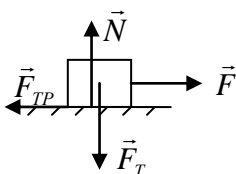
II. Инструктаж учащегося.

III. **Ход работы:**

IV. Выводы:

V. § 34. Упр. 16, № 1.

1. Придумайте и проделайте опыт для установления зависимости силы трения от веса тела.
2. Как с помощью наклонной плоскости и секундомера можно сравнить коэффициенты трения скольжения разных тел?
3. Используя лист миллиметровой бумаги, определите коэффициент трения между деревянной линейкой и пластмассовым шариком.



№ п/п	P, Н	F _{тр} , Н	P _{ср} , Н	F _{тр.ср} , Н	μ _{ср}
1					
2					
3					
4					
Относительная погрешность					

Теперь, установив в достаточной мере природу трения и его законы, остается только сказать кое-что о правилах, по которым оно может быть сведено к расчету...

Г. Амонтон

Урок 43/23.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Равно ли время подъема камня, брошенного вверх, времени его падения?

Цель урока: Распространить решение прямой задачи механики на случай учета сил трения.

Тип урока: решение задач.

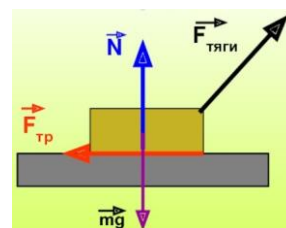
Оборудование: трибометр лабораторный, брусок, транспортер.

- План урока:**
1. Вступительная часть
 2. Опрос
 3. Решение задач
 4. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Сила трения. 2. Сила сопротивления.

Задачи:

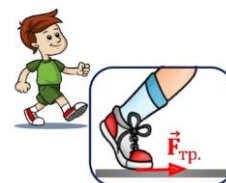
1. Тело останавливается под действием силы трения, пройдя за 10 с путь 100 м. Определить коэффициент трения.
2. Изучая дорожное происшествие, автоинспектор установил, что след торможения автомобиля, ехавшего по асфальтовой дороге, равен 60 м. С какой скоростью ехал автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт при торможении равен 0,5?
3. Парашют сконструирован таким образом, чтобы скорость приземления женщины массой 50 кг составляла 6,5 м/с. С какой скоростью приземлится мужчина массой 100 кг, если по ошибке воспользуется этим парашютом?
4. Шофер автомобиля выключает двигатель и начинает тормозить за 20 м от светофора. Считая силу трения равной 4000 Н, найдите, при какой наибольшей скорости автомобиль успеет остановиться перед светофором, если его масса 1600 кг.
5. Санки, находящиеся на горизонтальной поверхности, тянут, действуя силой, направленной под углом 60° к горизонту. В другом случае такая же по модулю сила, приложенная к санкам, направлена горизонтально. Оказалось, что в обоих случаях санки разгоняются из состояния покоя до одной и той же скорости за одинаковое время. Найдите коэффициент трения скольжения санок по поверхности.
6. За какое минимальное время спортсмен может пробежать 100 м, начиная движение с нулевой скоростью и ускоряясь только на первом участке длиной 20 м, если коэффициент трения между обувью и беговой дорожкой 0,25?



Вопросы:

1. Перечислите все различия силы трения скольжения и силы трения покоя.
2. Почему максимальная сила трения покоя всегда больше силы трения скольжения?
3. Почему при быстром движении рыбки прижимают к себе плавники?
4. Брусок перемещают равномерно по горизонтальной поверхности силой 1 Н. Масса бруска 2 кг. Чему равен коэффициент трения?
5. Почему конькобежец, чтобы остановиться, ставит коньки под углом друг к другу?
6. Какой способ перемещения ящика по шероховатому горизонтальному полу требует меньше усилий: когда ящик толкают или, когда его тянут?
7. Почему водителю рекомендуется тормозить так, чтобы колеса находились на грани проскальзывания, но не скользили?

8. Почему монета, брошенная с верхнего этажа самого большого небоскреба, не может убить человека?
9. Почему градины падают на землю с большей скоростью, чем капли дождя?
Вязкость воздуха играет огромную роль для насекомого и практически никакой роли для железного ядра. По мере уменьшения размера объектов сила земного притяжения тоже уменьшается, становясь соизмеримой с другими, более слабыми силами, которых мы не замечаем по причине их очень малой величины, например, силу сопротивления. *Мельчайшие насекомые не столько летают, сколько плавают в воздухе.*
10. Маленькие шарики жира, находящиеся в молоке, поднимаются медленнее, чем шарики крупного размера. Почему?
11. Тепловоз и вагоны имеют стальные одинаковые колеса. Как объяснить, что тепловоз может тащить за собой десятки вагонов.
12. С какой высоты опаснее для парашютиста затяжной прыжок – с высоты 6 км или 3 км?
13. Почему частицы породы, испытывающие вертикальную нагрузку, менее подвержены эрозии?
14. Тормозной путь автомобиля короче при блокировке передних колес или задних? При блокировке колеса не вращаются.
15. Почему застрявший в доске гвоздь легче вытащить, если при этом поворачивать его из стороны в сторону?
16. С большой высоты на Землю падает стальной шар. Каков модуль ускорения шара сразу после упругого удара о горизонтальную плиту, лежащую на Земле?
17. Зачем на соревнованиях по бегу используются стартовые колодки?
18. Почему при беге на короткие расстояния стартуют с низкой позиции?
19. Почему при ходьбе человек движется с постоянной скоростью, ведь сила трения покоя, действующая со стороны земли на подошву его обуви, в начале каждого шага направлена вперед?
20. Почему океанские корабли могут иметь огромную массу и размеры, и им не нужно дороги?
21. Почему, когда вы режете хлеб или мясо, вы двигаете ножом взад-вперед, а когда режете сыр, то только давите на нож?
22. На гладкую доску положили 2 кирпича — один плашмя, а другой на ребро. Кирпичи весят одинаково. Какой кирпич соскользнет первым, если наклонять доску?
23. На столе в один ряд лежат 10 кубиков. С какой силой нужно, взявшись за два крайних руками, сдавить кубики, чтобы оторвать их от стола? Массы кубиков m , коэффициент трения кубика о кубик μ . $4mg/\mu$.



24. На столе лежит брусок массой 2 кг, Коэффициент трения между бруском и столом равен 0,4. Чему будет равна сила трения, действующая на брусок со стороны стола, если потянуть брусок, прикладывая к нему горизонтальную силу, равную: а) 5 Н; б) 10 Н?
25. Как объяснить, что якорь массой 5 тонн надежно удерживает корабль массой 10 тысяч тонн?
26. Массивная лягушка падает с ветки вертикально вниз на скейтборд, который несётся горизонтально. Когда лягушка шлёпается на него, скейтборд замедляется. Почему?

III. Задачи:

1. Лифт движется вниз с ускорением 5 м/с^2 . Какую минимальную силу необходимо приложить горизонтально, чтобы сдвинуть с места ящик массой 50 кг. Коэффициент трения ящика о пол лифта 0,3.
2. Какую силу тяги развивает лошадь, если она тянет сани с ускорением $0,2 \text{ м/с}^2$. Масса саней с грузом 0,5 т, масса лошади 0,35 т и коэффициент трения саней о снег 0,2. Каким должен быть коэффициент трения копыт лошади о снег?
3. Чугунное ядро массой m падает в воде с постоянной скоростью v . Сила сопротивления прямо пропорциональна скорости ядра. С какой силой надо тянуть его вверх, чтобы оно поднималось со скоростью $2v$?

IV. Конспект.

1. С помощью мерной ленты и секундомера определите коэффициент трения качения металлического цилиндра по столу (полу).
2. Почему при беге на короткие расстояния стартуют с низкой позиции?
3. Почему два телефонных справочника, переплетенных своими страницами, почти невозможно разделить (разделялись двумя танками, сила больше 30 кН)? Как рассчитать силу?
4. Выяснить зависимость максимальной силы трения покоя от времени действия силы нормального давления (исследовательская работа).
5. Выяснить зависимость максимальной силы трения покоя от приложенной силы.
6. Если нажимать пальцем на шариковую ручку, опирающуюся на твердую поверхность, одновременно наклоняя ее, то пока ручка образует малый угол с перпендикуляром к поверхности, она будет послушно следовать за пальцем руки. Как только угол наклона ручки превысит некоторое максимальное значение, она выскользнет из-под пальца, как бы сильно или слабо не нажимать на нее. Проведя опыт, оцените коэффициент трения между шариком ручки и поверхностью, на которую она опирается.
7. На картонку, удерживаемую с небольшим наклоном, положите круглый карандаш один раз параллельно наклонной плоскости, а другой раз перпендикулярно. Объясните поведение карандаша.

Счастлив тот, кому довелось знать причины явлений.

Вергилий

Урок 44/24.

ДВИЖЕНИЕ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НЕСКОЛЬКИХ СИЛ И ДВИЖЕНИЕ СВЯЗАННЫХ ТЕЛ

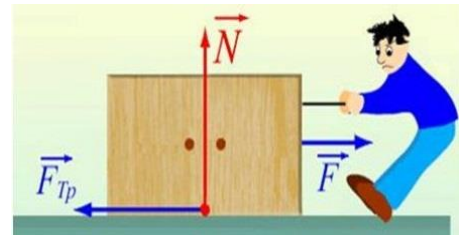
Как бы мы ходили в отсутствие трения?

Цель урока. Распространить решение прямой и обратной задачи механики на случай движения тела под действием нескольких сил и движение связанных тел.

Тип урока: комбинированный.

План урока:

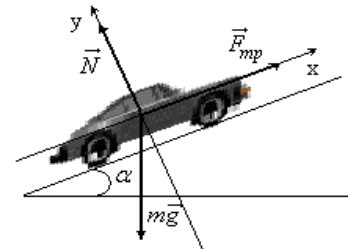
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: Движение под действием силы трения.

Задачи:

1. Тело массой m движется вверх по вертикальной стене под действием силы F , направленной под углом α к вертикали. Определить, с каким ускорением движется тело, если коэффициент трения тела о стену μ .
2. Чему должен быть равен минимальный коэффициент трения между шинами двух задних ведущих колес и поверхностью наклонной дороги с уклоном 30° , чтобы автомобиль мог двигаться по ней вверх с ускорением $0,6 \text{ м/с}^2$? Нагрузка на колеса распределена равномерно. Размерами автомобиля пренебречь.
3. Робота, у которого обе пары колес являются ведущими, одинаковы по размерам и снабжены одинаковыми шинами, предстоит въехать по наклонной плоскости длиной $L = 1 \text{ м}$ на высоту $H = 0,6 \text{ м}$. При какой минимальной величине коэффициента трения между шинами и поверхностью плоскости это возможно?



Вопросы:

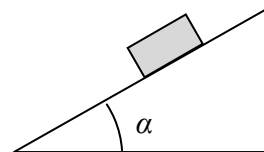
1. Чем объяснить, что при буксовании колес тепловоза или автомобиля сила тяги значительно падает?
2. Сила $F = 4mg$ прижимает брусок массы m к вертикальной стенке. Коэффициент трения между бруском и стенкой $\mu = 0,5$. Что происходит с бруском?
3. Как изменяется ускорение тела при его свободном падении в воздухе?
4. Равно ли время подъема камня, брошенного вертикально вверх, времени его падения в воздухе?
5. Может ли сила трения скольжения увеличивать скорость тела?
6. Если локомотив не может сдвинуть тяжелый поезд с места, то машинист применяет следующий прием: он дает задний ход и, толкнув состав немного назад, затем дает передний ход. Объясните.

7. Два одинаковых бруска лежат друг на друге на столе, сделанном из такого же материала. Бруски можно сдвинуть с места, если потянуть нижний брусок с силой 40 Н. Затем верхний брусок привязали к стенке. Какую силу нужно приложить, чтобы вытащить нижний брусок?
8. Камень брошен вертикально вверх. В каких точках траектории камень будет иметь максимальное ускорение, если сопротивление воздуха растет с увеличением скорости камня? Как будет изменяться скорость камня?
9. Из-за чего тормозит катящееся по дороге колесо?
10. Скрип дверных петель и пение скрипки объясняется тем, что максимальная сила трения покоя больше силы трения скольжения. Так ли это?
11. Почему скорость дождевых капель не зависит от высоты туч и сильно зависит от размеров капель?

III. Объяснение на примерах задач, решаемых учителем.

Задачи:

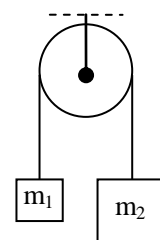
1. С каким ускорением движется брусок по наклонной плоскости с углом наклона 30° при коэффициенте трения 0,2? При каком условии брусок будет скользить ($\operatorname{tg}\alpha \geq \mu$)? Рассмотреть оба случая: движение вверх, движение вниз.



Вывод: Тело, катящееся по наклонной плоскости, движется с постоянным ускорением, независимо от массы тела! Почему? Свободное падение с «ослабленной» силой тяжести!

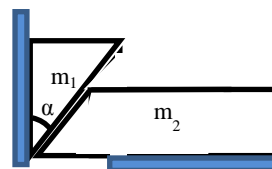
- Угол наклона эскалаторов, установленных в метро, составляет 30° к горизонту.
- $\operatorname{tg}\alpha \geq \mu$ (угол подъема кузова самосвала, зимние горки для детей, высокие остроконечные крыши).
- $\operatorname{tg}\alpha < \mu$ (ленточный транспортер, дорога-серпантин в горах).

2. Устройство, в котором два груза поддерживаются блоком, называется машиной Атвуда. Считая, что блок не обладает ни массой, ни трением, вычислите: а) ускорение системы; б) натяжение нити.



Проверка справедливости второго закона Ньютона и измерение ускорения свободного падения с помощью машины Атвуда.

3. Имеются два клина массами m_1 и m_2 , угол раствора одного из них α . Рассчитайте ускорение левого клина в случае отсутствия силы трения.
4. Два бруска по 100 г каждый, связанные нитью, соскальзывают с наклонной плоскости, угол при основании которой 30° . Коэффициент трения нижнего бруска о плоскость равен 0,2, а верхнего бруска – 0,5. Определить силу натяжения нити, связывающей бруски.



IV. § 38: Упр. 20, № 1-4.

1. В каком случае можно быстрее протащить груз по грунту на заданное расстояние - приложив силу F , параллельную дороге, или силу $2 \cdot F$, направленную к ней под углом 60° ?
2. Почему со скользкого обледеневшего склона прохожие нередко спускаются бегом?

3. С какой минимальной силой, и под каким углом к горизонту нужно тянуть за веревку, чтобы равномерно перемещать санки массой 10 кг по горизонтальному асфальту, если коэффициент трения скольжения 0,7?
4. Скорость падения капель одного ливня может различаться в 10 раз. Почему?
5. Падая на землю с пятого этажа, кошки остаются невредимыми, а люди ломают кости и могут даже погибнуть. Как это объяснить?
6. На наклонную плоскость положили шайбу и сообщили ей скорость, направленную вдоль плоскости вверх. Коэффициент трения шайбы о плоскость μ . Найдите угол наклона плоскости к горизонту, при котором шайба пройдет минимальное расстояние до остановки.
7. Брусок находится на наклонной плоскости. Построить зависимость силы трения $F_{\text{тр}}$ от угла наклона α .

Я мыслю, стало быть, существую.

Декарт

Урок 45/25.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Как законы физики проявляются при катании на лыжах?

Цель урока: Закрепить знания, полученные при изучении движения тела под действием нескольких сил.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.

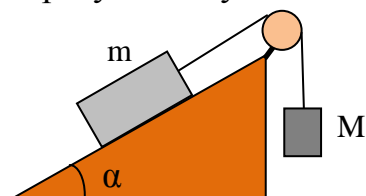
План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Самостоятельная работа
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Движение тела под действием нескольких сил.
2. Движение связанных тел.

Задачи:

1. С каким ускорением движутся груз и брусок на рисунке, если высота наклонной плоскости 60 см, ее длина 1 м, масса бруска 0,5 кг, коэффициент трения бруска о плоскость 0,25? Решить задачу при следующих значениях массы груза: а) 0,1 кг; б) 0,5 кг.
2. Тело массой m скользит вниз по гладкой плоскости, образующей угол α с горизонтом. Какую силу F , направленную вдоль плоскости, необходимо приложить к телу, чтобы оно с прежним ускорением поднималось вверх по плоскости?



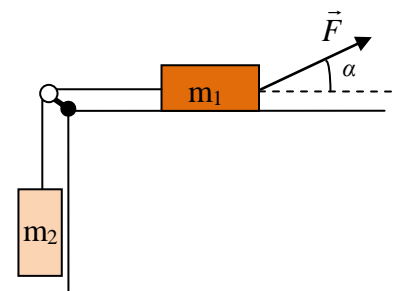
Вопросы:

1. Почему легче плыть, чем бежать по дну по пояс погруженным в воду?
2. Шарик для тенниса бросили вертикально вверх. Что займет больше времени – подъем или спуск? Почему?
3. Куда направлена сила трения при старте автомобиля с места?

4. Как с помощью машины Атвуда измерить ускорение свободного падения?
5. Что движется с большей скоростью, плот или вода?
6. Почему на пологий склон взобраться гораздо легче, чем на крутой склон?
7. Как зависит время движения бруска по наклонной плоскости от его массы?
8. Какая из двух тележек быстрее доедет до края стола: к которой приложена сила 20 Н или, к которой через блок прикреплен груз весом 20 Н?
9. Одно тело скользит без трения вниз по наклонной плоскости с высоты h , другое свободно падает с высоты h . Сравните конечные скорости.
10. Почему одежда задирается при ношении рюкзака? Какая одежда меньше задирается?
11. На движущуюся вверх ленту транспортера положили семена льна с примесями, при этом примеси движутся по ленте вверх, а семена – вниз. Почему?
12. На современных мячах для гольфа насчитывается от 250 до 500 ямок, что уменьшает силу сопротивления воздуха наполовину. Почему?
13. Почему нельзя учесть сопротивление воздуха при описании движения падающих тел путем простого уменьшения ускорения свободного падения?
14. Колеса автомобиля заблокированы ручным тормозом, но он скользит вниз по склону. Что нужно сделать, чтобы это прекратилось - частично разгрузить кузов или, наоборот, нагрузить?
15. Телу сообщают начальную скорость вверх по наклонной плоскости. Тело скользит вверх, а потом вниз. Нарисуйте график проекции скорости тела от времени.
16. Нить, связывающая бруски массами m и M рвется, если горизонтальная сила приложена к бруску массой m и достигает значения F_1 . До какого максимального значения F_2 можно увеличить горизонтальную силу, приложив ее к бруску массой M , чтобы нить не разрывалась при движении системы?

III. Задача:

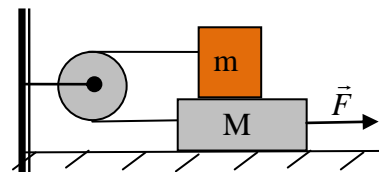
1. Доска массой $M = 5$ кг лежит на гладкой горизонтальной поверхности, на ней находится брусок массой $m = 1$ кг. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,3$. Какую горизонтальную силу надо приложить к нижней доске, чтобы она двигалась с ускорением вдвое большим, чем ускорение бруска?
2. Определите ускорение тел в системе, показанной на рисунке. Коэффициент трения между телом и горизонтальной поверхностью 0,1. Массы $m_1 = 1,5$ кг, $m_2 = 0,5$ кг, сила $F = 10$ Н, угол $\alpha = 45^\circ$. Массой блока и массой нити пренебречь. Нить нерастяжима. Трение в блоке отсутствует.



Если невесомая нить перекинута через невесомый блок, трением в оси которого можно пренебречь, то для его раскручивания не нужен вращающий момент ($T_1 = T_2$).

IV. Задачи для самостоятельного решения:

1. На горизонтальном столе лежит брусок массой 2 кг, на котором находится брусок массой 1 кг. Оба бруска соединены легкой нитью, перекинутой через невесомый блок. Какую силу нужно приложить к нижнему бруску, чтобы он начал двигаться от блока с постоянным ускорением 5 м/с^2 ? Коэффициент трения между брусками 0,5, между нижним бруском и столом 0,2.
2. По склону горы спускают на канате тележку массой 500 кг. В некоторый момент времени тележку начинают тормозить с помощью каната, параллельного наклонной плоскости, до полной её остановки. Найдите силу натяжения каната, если скорость тележки перед торможением 2 м/с, а время торможения до остановки 5 с. Коэффициент трения 0,2, наклон горы к горизонту 30° .
3. По деревянным сходам, образующим угол α с горизонтом, втаскивают за веревку ящик. Коэффициент трения ящика о сходни μ . Под каким углом к горизонту следует тянуть веревку, чтобы втащить ящик с наименьшим усилием?



V. Подготовиться к выполнению контрольной работы № 4.

1. В каком случае можно быстрее протащить груз по грунту на заданное расстояние - приложив силу F , параллельную дороге, или силу $2F$, направленную к ней под углом 60° ?

Радость научного познания происходит от совпадения ... преданных первообразов с поведением внешних объектов.

В. Гейзенберг

Урок 46/26.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 4

Когда отцеплюсь от сиденья, меня оторвет, унесет.

А.И. Тихомиров

Урок 47/27.

ДВИЖЕНИЕ НА ПОВОРОТАХ

Почему мы не сваливаемся с Земли, если она вправду круглая и вертится?

Цель урока: Установить природу сил, обеспечивающих движение тела по окружности. Дать представление о силах инерции, возникающих в неинерциальных системах отсчета.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: центробежная машина, диск вращающийся с принадлежностями, стальной цилиндр, лоток, брусок в форме параллелепипеда, клин, модель центрифуги, двигатель универсальный с центробежным насосом, конический маятник.

- План урока:**
1. Вступительная часть
 2. Опрос
 3. Объяснение
 4. Закрепление
 5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный. Движение связанных тел.

Задачи:

1. К телу массой 5 кг, находящемуся на наклонной плоскости с углом наклона 30° , приложена вверх сила F под углом 45° к наклонной плоскости. При

каких значениях силы F тело будет: а) двигаться вверх, б) находиться в равновесии, в) скользить вниз? Коэффициент трения тела 0,3.

- К грузу массой 7 кг подвешен на веревке груз массой 5 кг. Определите модуль силы натяжения середины веревки, если всю систему поднимать вертикально с силой 240 Н, приложенной к большему грузу.
- Веревка однородна и ее масса равна 4 кг. Небольшое тело кладут на наклонную плоскость, угол при основании которой можно изменять. Если угол при основании наклонной плоскости равен 30° , то тело покоится и на него действует такая же по модулю сила трения, как и в случае, когда угол при основании наклонной плоскости равен 45° . Чему равен коэффициент трения между наклонной плоскостью и телом?
- На нерастяжимой нити висит груз массы m . Нить перекинута через невесомый блок, а другой конец нити привязан к противовесу, лежащему на столе. Блок начинают поднимать вертикально с постоянным ускорением α . При какой массе противовеса он не оторвется от стола?

Вопросы:

- Правда ли, что наклонная плоскость замедляет падение тел?
- Капля дождя, падая с большой высоты, испаряется. Как это влияет на ее движение?
- Какой минимальной силой можно удержать на месте брусок массой m , лежащий на гладкой наклонной плоскости с углом при основании α ?
- Под каким углом нужно наклонить кузов самосвала, чтобы сыпучий груз, находящийся в нем, высыпался при коэффициенте 0,6?
- На горизонтальной доске лежит груз. Коэффициент трения между грузом и доской $\mu = 0,2$. Какое горизонтальное ускорение следует сообщить доске, чтобы груз начал с нее соскальзывать?
- Когда требуется сдвинуть с места очень тяжёлый предмет, то рабочие нередко делают это под слова: «Раз, два, взяли!» Почему отпадает необходимость в такой команде, когда предмет уже приведён в движение?
- Дан деревянный брусок, динамометр и дощечка, расположенная под малым углом наклона. Если измерить силу тяги при движении бруска по дощечке вверх или вниз, то можно определить коэффициент трения. Так ли это?
- Если шар скатывается с наклонной плоскости без трения, то во сколько раз его ускорение меньше ускорения свободного падения?
- С гладкой наклонной плоскости, угол наклона которой равен 30° , соскальзывает брусок массой 4 кг. На него действует горизонтальная сила 15 Н. Определите силу нормального давления, которая действует при этом на брусок. Решите предыдущую задачу с учетом того, что сила направлена вертикально вверх.

III. Законы Ньютона объясняют, как гонщику-мотоциклисту удастся разъезжать по вертикальной стене и почему на олимпийских соревнованиях велосипедисты описывают

круги по наклонным трекам. Представьте себе что-то типа легкоатлетического молота — ядро на конце струны, раскручиваемое вами вокруг вашей головы. Ядро в этом случае движется не прямо, а по окружности - значит, его что-то удерживает! Это сила, которую вы прилагаете к ядру, раскручивая его. Реально вы и сами можете ее ощутить — рукоять легкоатлетического молота ощутимо давит вам на ладони. Если же вы разожмете руку и выпустите молот, он — в отсутствие внешних сил — незамедлительно отправится в путь по прямой траектории.

Демонстрация движения по окружности металлического цилиндра в лотке. Какая сила обеспечивает движение цилиндра по окружности? Сила трения?! Она мала! Сила реакции?! А почему возникает сила реакции? Тело стремится сохранить свое прямолинейное движение! Какая сила вызывает движение по окружности бруска на вращающемся диске? Сила трения покоя! Какую максимальную линейную скорость может иметь брусок (машина, велосипед) при движении по окружности?

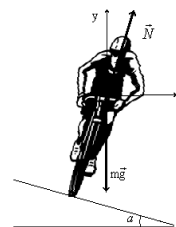
Задачи:

1. С какой максимальной скоростью может двигаться велосипедист по окружности радиуса 50 м, если коэффициент трения скольжения равен 0,6? Каков угол наклона велосипедиста (мотоциклиста) к горизонту.

Боковая и продольная силы трения являются составляющими полной силы трения шин о дорогу: $F_{тр.полн} = \sqrt{F_{тр.бок}^2 + F_{тр.прод}^2}$. Проскальзывание наступает, когда полная сила трения достигает величины μN . Мы будем решать задачу в предположении, что продольная сила трения (сила тяги) пренебрежимо мала (сила сопротивления движению мала), поэтому силу трения, направленную к центру, можно считать полной силой трения.

Почему брусок не соскальзывает, если под него положить клин (демонстрация)? Движение автомобиля по профилированной дороге.

2. Найти угол наклона профилированной дороги, при котором автомобиль может двигаться со скоростью 54 км/ч по окружности радиусом 50 м в условиях отсутствия трения.

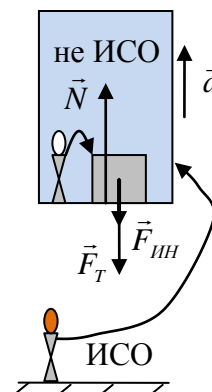


Какой может быть скорость по профилированной дороге при наличии трения?

Примеры: дороги в горах, подъем наружного рельса по отношению к внутреннему рельсу на железнодорожных закруглениях. В трековых велогонках задача гонщика — наклонить велосипед внутрь настолько, чтобы он составлял прямой угол с дорожкой.

3. Определить период обращения конического маятника, если его длина 50 см, а угол, образуемый нитью с вертикалью 60° (демонстрация). Можно ли конический маятник заставить вращаться так, чтобы нить была горизонтальна? С какой скоростью надо вращать грузик на верёвочке, чтобы получился угол 90° ?

Дополнительный материал. Сила инерции. А почему возникает сила инерции? Пример с лифтом. Для неподвижного наблюдателя, относительно которого лифт движется вверх с ускорением \vec{a} , $ma = N - F_T$ и $N = F_T + ma$. Для наблюдателя, который находится в лифте (неинерциальная система отсчета), $N > F_T$, однако тело в покое (1-й и 2-



ой законы Ньютона не выполняется). Если ввести фиктивную силу инерции, то $N = F_T + F_{ин}$ (теперь законы Ньютона выполняются и в неинерциальной системе отсчета), а $F_{ин} = ma$ и направлена она в сторону, противоположную ускорению (задача динамики превратилась в задачу статики).

Принцип Даламбера: уравнения движения тела в неинерциальных системах отсчёта можно составлять в соответствии со вторым законом Ньютона, если к фактически действующим на тело силам добавить силу инерции.

"Паспорт" силы инерции:

- **Фиктивная сила (возникает в неинерциальных системах отсчета);**
- **Модуль $F_{ин} = m a$;**
- **Точка приложения (центр тяжести тела);**
- **Направление (в сторону, противоположную ускорению).**

Дополнительная информация. Состояние невесомости в кабине космического корабля, движущегося по орбите искусственного спутника Земли: $\vec{F}_T + \vec{F}_{ин} = 0$; в кабине корабля, движущегося по инерции на большом расстоянии от Солнечной системы $\vec{F}_T = 0$ и $\vec{F}_{ин} = 0$; жидкость не создает гидростатического давления (нет архимедовой силы); Солнце не оказывает влияния на вес тел на Земле.

Сила инерции возникает и во вращающихся телах. Во вращающейся системе отсчета наблюдатель испытывает на себе действие силы, уводящей его от оси вращения. Когда машина закладывает вираж, наблюдателю в машине покажется, что вас прижимает к дверце машины. Наблюдателю в ИСО покажется, что это не вас прижимает к дверце машины, а, наоборот, дверца машины начинает давить на вас. Именно инерция отбрасывает вас к внешнему ободу вращающейся карусели или прижимает к стенке вращающейся центрифуги, создавая силу реакции, обеспечивающую движение тела по окружности. Инерция разрывает слишком быстро вращающийся маховик, именно эта тенденция сбрасывать с себя вещество приводит к утолщению Земли на экваторе. Из-за центробежной силы, возникающей при вращении Земли, уровень океана на экваторе выше его уровня на полюсе на 8 км. Наблюдались ли бы этот эффект, если бы Земля была единственным объектом во Вселенной?

Вес тела зависит от географической широты и определяется как геометрическая сумма силы притяжения Земли и центробежной силы инерции, учитывающей эффект суточного вращения Земли.

Если бы на шарик на нити, движущийся по окружности, в инерциальной системе отсчета действовала центробежная сила, то при обрыве нити он полетел бы по радиусу в сторону от центра. Однако этого не происходит, шарик начинает двигаться по касательной в направлении скорости, которую он имел в момент времени обрыва нити, как отмечено выше. В этот момент прекратила действовать сила, направленная внутрь.

Сила инерции, как и сила тяжести, пропорциональна массе тела, поэтому ее можно использовать для создания искусственной тяжести. Фактор перегрузки: $\Phi = \omega^2 \cdot R / g$.
Примеры. Естественное разделение сливок ($\rho = 0,93 \text{ г/см}^3$) и цельного молока ($\rho = 1,04 \text{ г/см}^3$) в поле силы тяжести. Сепаратор. Центрифуга (центрифугирование взвеси мела в воде). Белье прилипает к стенкам центрифуги при сушке. **Центробежные насосы** (демонстрация).

Дополнительная информация. На этом принципе основано действие центрифуги, то есть вращающейся «руки», которая держит контейнер с интересующим нас объектом. В ходе очень быстрого вращения «руки» этот объект, испытывая на себе действие огромной силы, буквально расплющивается о наружную стенку контейнера. Например, если вы когда-либо сдавали кровь на анализ на малокровие, то вам, наверное, будет интересно узнать, что лаборанты поместят ее в центрифугу, которая вращается с такой большой скоростью, что сила, воздействующая на пробу крови в центрифуге и направленная наружу, примерно

в двадцать тысяч раз превышает силу земного притяжения. Красные кровяные тельца чересчур малы, чтобы отделять их в обычных условиях только за счет силы тяжести, однако они не в состоянии противостоять силам, создаваемым центрифугой. Красные кровяные тельца обладают большей плотностью, чем жидкость, в которой они содержатся, поэтому первыми попадают в нижнюю часть трубки. В центрифуге стиральной машины корпус барабана толкает мокрое белье внутрь, не позволяя ему разлететься в стороны и заставляя вращаться вместе с собой. Но воду, которой пропитано белье, ничто не удерживает. Поскольку ее движение ничем не ограничивается, она может свободно вытекать сквозь поры в материале. Вода будет двигаться по кругу, только если будет отталкиваться внутрь от чего-либо твердого. В противном случае она будет постепенно продвигаться от центра к стенкам барабана, и когда на ее пути встретится в них одно из отверстий, она покинет пределы барабана. На центрифуге может попробовать свои силы любой желающий — если, конечно, в состоянии выложить за это кругленькую сумму.

Задача: Поезд движется со скоростью 72 км/ч. Каково наименьшее время торможения поезда до полной остановки, безопасное для спящих пассажиров (чтобы они не упали с полки)? Коэффициент трения о полку 0,3.

Вопросы: Известно, что у рек, текущих с юга на север в Северном полушарии, подмываются правые берега. Почему это происходит? А если река течет с севера на юг? Если велосипедист замедлит движение на трекке, вы сразу же начинаете «сползать» с него. Почему?

Дополнительный материал. Общая теория относительности. Наблюдатель внутри лифта не сможет установить, чем вызвано увеличение его веса – ускорением лифта (силой инерции) или увеличением силы тяжести. Все законы природы одинаковы в ускоренно движущихся системах отсчета и в гравитационных полях. Планеты движутся как велосипедисты на трекке.

IV. Задачи:

1. С какой скоростью движется конькобежец по закруглению ледяной дорожки и радиусом 10 м, если, проходя этот поворот, он наклоняется к горизонту под углом 76° ?
2. Атракцион «Сюрприз» представляет собой колесо диаметром $d = 11$ м, по периметру которого установлены поддерживающие упоры. Перед началом катания человек прижимается спиной к упору, затем колесо начинает вращаться со скоростью 15 оборотов в минуту. Определите, какая сила прижимает человека к упору. Сможет ли эта сила удержать человека, если колесо поднимется в вертикальное положение?
3. Насколько следует на закруглении пути приподнять наружный рельс по отношению к внутреннему, если при скорости движения 54 км/ч и радиусе кривизны закругления 300 м давление на оба рельса одинаково. Ширина пути 1,524 м.
4. Самолет, пролетающий со скоростью, равной 360 км/ч, описывает в горизонтальной плоскости дугу радиусом 400 м. Под каким углом при этом наклонена плоскость крыльев самолета к плоскости Земли?
5. Известно, что, благодаря антикрыльям, вес болида Формулы-1 при скорости $v = 216$ км/ч в 6 раз превышает силу тяжести. Определите, чему равен

минимальный радиус поворота, по которому способен проехать такой болид на данной скорости. Коэффициент трения между покрышками и поверхностью трассы равен $\mu = 0,8$.

- К потолку вагона подвешен на нити шарик. При движении вагона по окружности со скоростью 108 км/ч нить отклоняется от вертикали на угол 30° . Найти радиус окружности. Зная радиус окружности, можно измерить ускорение!
- В цирковом аттракционе мотоциклист едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиусом 10 м. При какой скорости мотоциклиста это возможно, если коэффициент трения между колесами мотоцикла и поверхностью цилиндра 0,5? Размерами мотоцикла можно пренебречь.

Стихотворение: "Мы - мотоциклисты, мчимся вверх ...".

- Вода течёт по трубе, которая находится горизонтально, и эта труба изгибается с радиусом $R = 2$ м. Найти, какое давление действует на боковые стенки трубы. Диаметр трубы $d = 20$ см. Через трубу в час проходит масса воды $M = 300$ т.
- С какой силой давит гонщик на кресло гоночного автомобиля на вираже, если масса гонщика 70 кг, скорость автомобиля 216 км/ч, радиус закругления дороги 50 м? Каков фактор перегрузки?
- С потолка лифта высотой 3 м, движущегося вверх с ускорением 5 м/с^2 , упал болт. За какое время он достигнет пола (решить задачу в ИСО и в неинерциальной системе отсчета)?
- Полый конус с углом при вершине 2α вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен μ . При каком максимальном расстоянии L от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса?

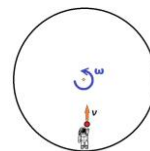
Вопросы:

- На столике в вагоне поезда лежат книга и мяч. Почему, когда поезд тронулся с места, мяч покатился назад (относительно поезда), а книга осталась в покое?
- Где легче луноходу «не вписаться в поворот» - на Земле или на Луне?
- Почему на космической станции космонавт находится в состоянии невесомости, а на центрифуге – испытывает перегрузку?
- Почему на поворотах не следует резко тормозить?
- Почему цирковые наездники легко держатся сбоку седла с внутренней стороны окружности, по которой скачет лошадь, а с наружной стороны им это сделать труднее?
- Почему поворот трамвая часто происходит со скрежетом?



7. Когда вагон трогается с места, пассажиры получают толчок назад. При торможении – вперед. Что за сила толкает пассажиров?
8. Зачем в современных автомобилях нужны датчики ускорения, ремни и подушки безопасности?
9. Почему нелегко удержаться на ногах стоящему человеку в движущемся транспорте в случае его экстренного торможения? Не противоречит ли этот опыт законам Ньютона?
10. Центробежная сила (инерции) обратно пропорциональна радиусу вращения. Почему же вблизи полюса тела не отрываются от Земли?
11. Если раскрутить ведерко с водой, не отрывая дна от стола, то вода внутри ведра тоже будет двигаться, формируя воронку, а ее поверхность становится вогнутой. Почему?
12. Если тесто для пиццы в виде диска быстро вращать в воздухе, то оно постепенно растягивается от центра в стороны. Почему?
13. Почему необходимо подруливать в сторону падения при езде на велосипеде?
14. Наклон следов капель на наружной поверхности бокового стекла автобуса зависит от его скорости, а на внутренней поверхности стекла – от ускорения. Так ли это?
15. Почему центробежную силу называют фиктивной силой?
16. По наклонной плоскости, образующей угол α с горизонтом, соскальзывает без трения сосуд с водой. Какова форма поверхности воды в сосуде?
17. Лифт движется в начале и конце своего движения с ускорением. Пассажир, находящийся в лифте, роняет книгу. Чему равно ускорение книги относительно лифта, если он движется вверх? Если он движется вниз?
18. При повороте самолета увеличивают подъемную силу, изменяя форму крыльев. Зачем это делают?
19. Можно ли в движущемся поезде пользоваться плотничьим уровнем (с пузырьком) для определения наклона пути?
20. Как быстро должна вращаться планета, чтобы началось ее разрушение?
21. Шланг для полива лежит на земле. Если он изогнут и по нему начинает течь вода, то шланг распрямляется. Почему?
22. Почему люди не падают с американских горок?
23. Почему непригодны жесткие валы при частоте вращения несколько десятков тысяч оборотов в минуту?
24. Внутри искусственного спутника Земли предметы находятся в невесомости. Является ли движение тел внутри спутника движением по инерции?

25. Почему сиденья вращающейся карусели независимо от их массы отклоняются на один и тот же угол, увеличивающийся с ростом угловой скорости?
26. Отчего при сплаве леса бревно часто выносит на берег при поворотах реки?
27. Объясните причину разрыва маховых колес, наступающего при чрезмерном возрастании скорости вращения. Без силы трения не было бы нас! Почему?
28. «Колесо смеха» представляет собой круглую платформу, вращающуюся вокруг вертикальной оси, проходящей через её центр. Почему люди начинают сползать к её краям при увеличении угловой скорости? Почему людям кажется, что они стоят на наклонной плоскости и чем больше расстояние до центра колеса, тем круче эта плоскость?
29. Почему Луна не падает на Землю?
30. Найдите ошибку в высказывании политика: "Центростремительные силы должны превышать центробежные".
31. Что общего и в чем различие между величиной силы нормальной реакции, действующей на тело, движущееся без трения по горизонтальной окружности внутри конуса, и величиной силы нормальной реакции, действующей на тело, соскальзывающее без трения по наклонной плоскости?
32. В космосе находится вращающийся цилиндр, внутри которого, на стенке, как на рисунке, в разрезе, стоит космонавт. Космонавт подбрасывает мяч «вверх». Как полетит мяч и где «приземлится»?



Дополнительные задачи:

1. Какие перегрузки испытывает белье в центрифуге стиральной машины, если диаметр центрифуги равен 20 см, а частота ее обращения составляет 3000 об/мин?
2. На диске центробежной машины лежит шайба. Если постепенно увеличивать скорость вращения диска, то наступает момент, когда шайба соскользнет с диска. Какие измерения в данном опыте вам необходимо провести, чтобы определить коэффициент трения шайбы о диск?
3. При интенсивном помешивании ложкой чая в стакане возникает воронка, в которую по спирали возвращаются вновь возникающие пузырьки. Почему это происходит?
4. Если на ось электродвигателя насадить картонный диск и привести его в быстрое вращение, то можно перепилить деревянную доску. Почему это возможно?
5. Как положить находящийся на столе шарик в банку, не прикасаясь к нему руками?
6. Почему металлическая гайка начинает погружаться в песок, если сосуд с песком привести в быстрое вращение в горизонтальной плоскости вокруг некоторой оси?

V. Подготовиться к выполнению лабораторной работы № 5.

Но мне кажется, что пусты и полны заблуждений те науки, которые не порождены опытом...

Леонардо да Винчи

Урок 48/28.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5:

«ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ».

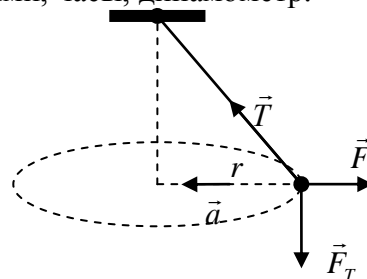
Можно ли увидеть ускорение?

Цель работы: Убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на его ускорение.

Тип урока: лабораторная работа.

Оборудование: штатив с муфтой и кольцом, прочная нить, диск радиусом 15 см, груз из набора по механике, линейка с миллиметровыми делениями, часы, динамометр.

- План урока:**
1. Вступительная часть
 2. Вводный инструктаж
 3. Выполнение работы
 4. Подведение итогов
 5. Задание на дом



II. Инструктаж учащегося. Как определить ускорение тела, движущегося по окружности? Как определить период вращения тела? Какой маятник называют коническим? Как определить ускорение груза конического маятника (a_{cp})? Сформулируйте второй закон Ньютона. Как определить модуль равнодействующей силы, действующей на груз конического маятника (F_{cp})? Как измерить модуль равнодействующей силы, действующей на груз конического маятника (F_3)? Как сравнить два полученных значения силы F_1 и F_2 ?

$$m a_{cp} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m \frac{4\pi^2 N^2}{t_{cp}^2} r = F_{cp} \cdot \frac{\Delta F_{cp}}{F_{cp}} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta r}{r} + 2 \frac{\Delta t}{t_{cp}}; F_1 = F_{cp} \pm \Delta F_{cp}; F_2 = F_3 \pm \Delta F.$$

III. Ход работы:

№	t, с	t _{cp} , с	N	m, кг	r, м	a _{cp} , м/с ²	F _{cp} , Н	F ₃ , Н
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

IV. Выводы:

V. № 231, 275, 282 – Р

1. Подготовиться к выполнению контрольной работы № 5.
2. Покатите по столу монету. Почему монета наклоняется и движется по дуге окружности, когда скорость ее уменьшается?
3. Проволока рвется при растяжении, когда сила натяжения достигает значения T. Из неё спаяли кольцо радиуса R, массой m и раскрутили вокруг его оси. При какой критической угловой скорости кольцо порвется?
4. МКС не падает на Землю, потому что центробежная сила, действующая на нее, уравновешивается силой тяжести. Каков период обращения станции?
5. Предложите конструкцию прибора для измерения ускорения тела (акселерометра), угловой скорости (тахометра).
6. С помощью диска проигрывателя определите коэффициент трения скольжения.
7. Помешивая ложечкой в чашке чая, выньте ее: чайники на дне, разбежавшиеся к краям, соберутся к середине. Почему?
8. Докажите, что поверхность жидкости, вращающейся как единое целое в стакане, принимает форму параболоида.
9. Раскрой зонтик, упри его концом в пол и раскрути. Внутри зонтика положи мяч. Что происходит с мячом? Почему?

10. При торможении автобуса или вагона метро наблюдается следующее явление: пассажиры сначала наклоняются вперед, а затем, после остановки вагона, резко отклоняются назад. Почему?
11. Какой должна быть минимальная длина троса, один конец которого закреплен на Земле, а другой уходит в космическое пространство, чтобы он висел, не падая?

Главное – понять, для чего тебя создал Бог.

Екатерина Щербаченко

Урок 49/29.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 5

С законов движения Ньютона пошел отсчет истории современной физики.

Дайте мне точку опоры – и я переверну Землю.

Архимед

Урок 50/30.

ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИКИ

Почему нельзя встать со стула, если не наклонить корпус вперед?

Цель урока: Развить представление об условиях равновесия твердого тела.

Тип урока: лекция.

Оборудование: набор по статике с магнитными держателями, диск вращающийся, два динамометра, диафильм «Устойчивость».

План урока:

1. Вступительная часть
2. Лекция
3. Закрепление
4. Задание на дом



II. Задачи:

1. В вагоне поезда, идущего горизонтально и равномерно со скоростью 20 м/с по закруглению радиуса 200 м, производится взвешивание груза с помощью динамометра, подвешенного к потолку вагона. Масса груза 5 кг. Каков результат опыта? Для наблюдателя в вагоне задача на статику (принцип Даламбера).
2. Кордовая модель самолета массой 100 г прикреплена к шнуру длиной 10 м и пренебрежимо малой массы. Самолет движется с постоянной скоростью 10 м/с и описывает горизонтальную окружность на такой высоте, что шнур образует угол 30° с поверхностью земли во время движения. Найти натяжение шнура, считая, что подъемная сила перпендикулярна шнуру.
3. Сосуд с жидкостью вращается с частотой $n = 2$ об/с вокруг вертикальной оси. Поверхность жидкости имеет вид воронки. Чему равен угол наклона поверхности жидкости в точках, лежащих на расстоянии $r = 5$ см от оси?
4. Автомобиль, трогаясь с места, равномерно набирает скорость, двигаясь по горизонтальному участку дороги, представляющему собой дугу окружности в 30° радиуса $R = 100$ м. С какой максимальной скоростью автомобиль может выехать на прямой участок пути? Коэффициент трения колес о землю $k = 0,3$. (53 км/ч)

Вопросы:

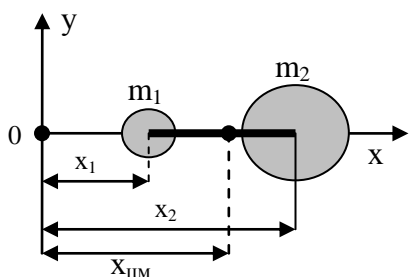
1. Почему в ускоренно движущемся лифте нельзя обнаружить изменение веса тела человека с помощью рычажных весов?

2. Как будет вести себя воздушный шарик, заполненный гелием, в закрытом автомобиле, ускоряющемся вперед?
3. Точно ли направление к центру Земли указывает отвес в Новокузнецке?
4. Гоночные автомобили разной массы совершают крутой поворот. Для какого из них больше опасность опрокидывания?
5. Как определить ускорение поезда по известному углу наклона поверхности жидкости в бутылке к горизонту?
6. Почему змея, которую схватили за хвост и быстро вращают, не в силах свернуться и укусить человека?
7. В стакан с водой, вращающийся вокруг своей оси, бросают шарик, который может плавать на поверхности воды. В каком месте поверхности будет находиться шарик в положении равновесия?
8. Почему на поворотах железной дороги машинист замедляет движение поезда?
9. Где будет «вниз» и «вверх» на вращающемся космическом корабле в форме огромного бублика (тарелки)?
10. «*Направление отвеса не меняется от веса*». Отражает ли это двусмысленную объективную научную истину? Всегда ли вертикальная линия вертикальна?
11. Что происходило бы с телом на поверхности Земли, если бы она имела идеальную сферическую форму и была гладкой? Почему этого не происходит?
12. Какая сила F должна действовать на тело массой m , чтобы оно двигалось равномерно и прямолинейно относительно вагона, движущегося поступательно с ускорением a ?
13. Куда отклоняется пламя свечи в фонаре, находящемся на вращающейся карусели?
14. Почему для ускорения выливания жидкости из бутылки надо придать жидкости быстрое вращательное движение?
15. Почему соревнования по картингу на Луне происходили бы с меньшей скоростью?
16. На горизонтальном столе в купе поезда лежит уровень, сориентированный в направлении движения поезда. Куда и почему будет перемещаться пузырек при торможении поезда?

III. При каком условии тела получают ускорение? Часто необходимо знать, при каких условиях тела наоборот не получают ускорения (находятся в состоянии равновесия), например, при постройке мостов, зданий, опор, подвесов и т.д. Архитекторы и инженеры должны уметь рассчитывать силы, действующие на конструкционные элементы зданий, мостов, станков, автомобилей и других объектов в состоянии равновесия, поскольку любой материал может

разрушиться, если приложить к нему слишком большую силу. Знание сил, действующих в мышцах и суставах человека, очень важно для медицины (лечение травм) и не менее важно для научного подхода к занятиям спортом.

Примеры тел, находящихся в равновесии: груз на столе. **Статика – часть механики, в которой изучается равновесие твердых тел.** Всякое тело может двигаться поступательно и, кроме того, вращаться вокруг какой-нибудь оси. **При равновесии тело не должно ни двигаться поступательно, ни вращаться!** Что необходимо для того, чтобы тело не двигалось поступательно? Понятие центра тяжести тела и центра масс тела. **Центр масс тела – точка, через которую проходят все линии действия сил, вызывающих поступательное движение тела.**

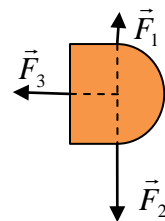


Координаты центра масс:

$$X_{\text{цм}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_N x_N}{M} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{M}.$$

Центр тяжести тела – точка приложения равнодействующей всех сил тяжести.

У конуса $x_{\text{ц}} = h/4$, у треугольника...?



$$\vec{F}_T = m_1 \vec{g} + m_2 \vec{g} + \dots + m_N \vec{g} = M \vec{g}.$$

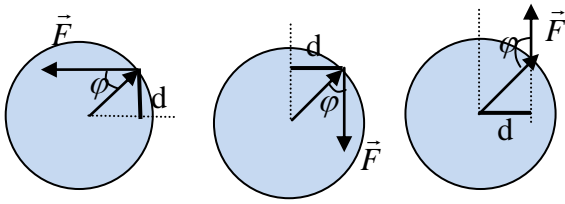
Центр масс тела совпадает с центром тяжести тела (демонстрация).

При движении тела его центр масс движется так, как двигалась бы материальная точка, имеющая массу, равную массе тела, под действием всех приложенных к телу сил. Силу можно переносить только по линии ее действия! Как будет двигаться тело, если равнодействующая всех внешних сил, действующих на тело, равна нулю? Центр масс будет покоиться, ведь равнодействующая приложенных к нему сил равна нулю! **Векторная сумма всех внешних сил, действующих на тело, должна быть равна нулю (первое условие равновесия).**

$$\sum_{i=1}^N \vec{F}_i = 0$$

Для того чтобы тело находилось в равновесии, одного лишь первого условия недостаточно. Сумма пары сил, действующих, например, на диск, равна нулю, но диск не находится в равновесии, поскольку он может вращаться. Равновесие тела с закрепленной осью вращения. Какие силы могут вызвать поворот тела? Всякая ли сила вызывает поворот? Поворот тела по часовой стрелке и против часовой стрелки. Что нужно сделать для того, чтобы тело не поворачивалось (демонстрация)? Силу, вызывающую поворот по часовой стрелке, необходимо скомпенсировать другой силой, вызывающей поворот против часовой стрелки.

Момент силы (\vec{M}) – свойство тела оказывать влияние на данное тело, приводящее к его вращению, измеряемое произведением силы на плечо:



$$M = F \cdot r \cdot \sin\varphi = F \cdot d.$$

Плечо силы (d) – минимальное расстояние между линией действия силы и точкой опоры. Когда вы откручиваете крышку бутылки или запускаете волчок (спиннер), вы прикладываете к нему момент силы!

Направление вектора момента силы: правило правой руки или правило буравчика. Единица момента силы в СИ: $[M] = [Н \cdot м]$.

Векторная сумма всех внешних моментов сил, действующих на твердое тело, должна быть равна нулю относительно любой точки тела, тогда тело не вращается (второе условие равновесия): $\sum_{i=1}^N \vec{M}_i = 0$. Если внешние силы

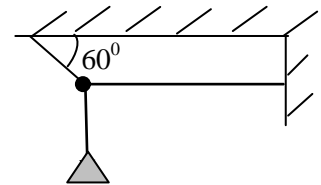
действуют в плоскости, то векторное равенство можно заменить скалярным: $\sum M_{zi} = 0 \rightarrow M_{1z} + M_{2z} + \dots + M_{nz} = 0$.

Правило рычага: $F_1 d_1 - F_2 d_2 = 0$ и $F_1 d_1 = F_2 d_2$.

В случае тела конечных размеров, кроме поступательного движения, возможно вращательное движение. Чтобы обеспечить поступательное движение в этом случае, равнодействующая сила должна быть приложена к центру масс тела.

IV. Задачи:

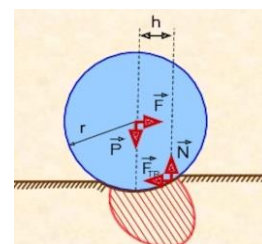
1. Вычислить силы натяжения \vec{T}_1 и \vec{T}_2 двух шнуров, на которых подвешена люстра массой 20 кг.
2. Велосипедист движется с постоянной скоростью 36 км /ч по кругу радиусом 34 м. Под каким углом α к вертикали он должен наклонить велосипед? А если не наклонит? Когда автобус трогается с места, то почему пол уходит под ногами?
3. Каков должен быть минимальный коэффициент трения материала стенок куба массой m о горизонтальную плоскость, чтобы можно было его опрокинуть через ребро горизонтальной силой, приложенной к верхней грани? Чем должна быть равна приложенная сила? А если сила приложена под углом 45° ?
4. Какое ускорение можно сообщить однородному кубику, находящемуся на шероховатой горизонтальной поверхности, чтобы он двигался поступательно и не переворачивался, прикладывая к его верхней грани горизонтальную силу? Коэффициент трения кубика о плоскость 0,4. (Условия равновесия применять к телу только в системах отчета, в которых тело находится в равновесии).



Вопросы:

1. Почему во время прыжка с трамплина лыжник наклоняет корпус вперед?

2. Если быстро движущийся автомобиль резко затормозит, то его передок опускается книзу. Почему это происходит?
3. Почему согнутой в локте рукой можно поднять большой груз, чем вытянутой?
4. Можно ли и как переносить точку приложения силы в твердом теле?
5. Почему человек не может сохранить горизонтальное положение на воде, если не двигает ни руками, ни ногами?
6. У швабры определили положение центра тяжести и распилили её в этом месте на две части. Чья масса больше – «щетки с ручкой» или «палки»?
7. На рычаг, находящийся в равновесии, действуют силы 10 Н и 4 Н. С какой силой рычаг давит на опору? Массой рычага пренебречь.
8. Как легче вытянуть увязшую телегу: толкая ее или поворачивая колесо за верхнюю точку колеса?
9. Муравей решил утащить к муравейнику соломинку. Как ему следует поступить, если сила, с которой он может тащить соломинку несколько меньше максимальной силы трения покоя?
10. Какими тремя способами можно определить положение центра тяжести треугольника (четырехугольника)?



Центр тяжести плоского треугольника лежит на пересечении его медиан (разбиваем треугольник на очень тонкие прямоугольники, параллельные одной из сторон)!

11. Как определить положение центра масс фигуры, изображенной на рисунке?
12. Почему на большой скорости автобус на повороте наклоняется в сторону, противоположную повороту, но не падает, как велосипедист?
13. Два одинаковых диска находятся на равном расстоянии от края стола. На диск одновременно начинают действовать одинаковые силы, приложенные у одного диска к легкой нити, прикрепленной к его центру, а у другого – к легкой нити, намотанной на диск. Какой диск достигнет края стола раньше?



V. Подготовиться к выполнению лабораторной работы № 6.

1. Как легче всего сломать спичку?
2. Проверьте действие сил на дверь на разных расстояниях от петель.
3. В цилиндрический стакан понемногу наливают воду. Как будет изменяться положение центра тяжести стакан-вода?
4. Сконструируйте гаечный ключ, позволяющий затягивать болты только до определенного усилия.
5. Какое усилие развивает ваша мышца, когда полусогнутой рукой вы поднимаете груз массой 10 кг?
6. Изучите, как зависит прогиб горизонтально закрепленной линейки от ее длины и массы подвешиваемого груза.
7. Определите предел прочности нити с помощью гирьки массой 200 г и миллиметровой бумаги. К центру натянутой горизонтально нити подвешивают груз. При некотором натяжении она рвется.

Дайте мне твердую опору, и я переверну землю.

Архимед.

Природа жестко дисквалифицирует всех, кто плохо решает.

Г. Малинецкий

Урок 51/31.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

"Сдал сопромат - можно жениться!"

Цель урока: Закрепить знания, полученные при изучении статики.

Оборудование: линейка, динамометр, штатив с муфтой, рычаг, грузы.

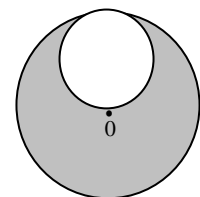
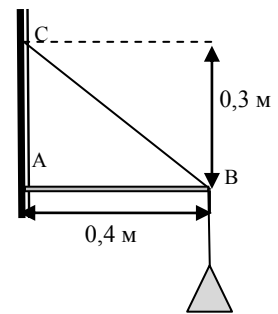
План урока:

1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Лабораторная работа
4. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный. Первое условие равновесия. 2. Второе условие равновесия. 3. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

Задача:

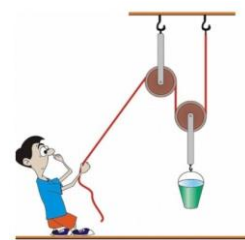
1. Подвес фонаря устроен так, как показано на рисунке. Масса фонаря 5 кг. Определить силы, действующие на брусок АВ и проволоку СВ.
2. На какой угол по отношению к вертикали человек должен наклонить корпус вперед, чтобы не упасть в салоне движущегося с ускорением 2 м/с^2 автобуса?
3. Мужчина и женщина переносят груз, подвешенный на легкой палке длиной 1,5 м, держа палку за концы. Где надо подвесить груз, чтобы нагрузка на мужчину была вдвое больше, чем на женщину?
4. Горизонтальная балка массой 150 кг лежит обоими концами на опорах. На балке, на расстоянии в четверть ее длины от одного из концов, установлено пианино массой 200 кг. Каковы вертикальные силы, действующие на опоры.
Простая закреплённая балка — это балка, покоящаяся на двух опорах и свободно передвигаемая по горизонтали.
5. К стержню длиной 120 см и массой 8 кг подвешены два груза: к левому концу весом 30 Н, а к правому — весом 90 Н. Стержень подвесили горизонтально на одной нити так, что он находится в равновесии. На каком расстоянии от левого конца стержня находится точка подвеса?
6. При взвешивании на невесомых и неравноплечих рычажных весах вес тела на одной чаше получился равным P_1 , а на другой P_2 . Определите истинный вес тела P .
7. Из диска радиуса R вырезан круг радиуса $R/2$ так, как показано на рисунке. Определите положение центра тяжести такого диска.



Вопросы:

1. Если велосипедист на повороте не наклонится в сторону поворота, то он упадет в противоположную сторону. Почему?

2. Почему в бурю ель вырывается с корнем, а у сосны ломается ствол?
3. Для чего при вытаскивании гвоздей из доски подкладывают под гвоздодер железную полоску или дощечку?
4. Какой выигрыш в силе дает комбинация блоков на рисунке?
5. Длинный стержень легче удерживать в горизонтальном положении за середину, чем за конец. Почему?
6. Зачем стрелку компаса сажают на острие иглы, ведь сила трения не зависит от площади соприкосновения?
7. Почему изменяется результат действия силы на тело, имеющее ось вращения, если переносить силу параллельно самой себе не вдоль линии ее действия?
8. Почему «моряк вразвалочку сошёл на берег»? Что такое морская походка?
9. Зачем на опору линии электропередачи иногда устанавливают дополнительную наклонную балку?
10. Почему конькобежцы, разгоняясь, размахивают руками?
11. Два велосипедиста едут по одной и той же окружности – один с большей скоростью, другой с меньшей скоростью. Который из них больше отклонится от вертикального положения и почему?



III. Лабораторная работа: «Выяснение условия равновесия рычага».

$\ell_1, \text{ м}$	$\ell_2, \text{ м}$	$P, \text{ Н}$	$F, \text{ Н}$	$M_1 = P \cdot \ell_1, \text{ Н} \cdot \text{ м}$	$M_2 = F \cdot \ell_2, \text{ Н} \cdot \text{ м}$

IV.

1. Один и тот же груз прикрепляют к тонкой нити, а потом к толстому гибкому шнуру той же длины. При вращении вокруг вертикальной оси с некоторой угловой скоростью нить прямолинейна, а шнур заметно прогнут. Объясните явления.
2. Если катушку потянуть за нитку, держа ее низко над землей, катушка покатится к тянущему человеку. А если поднять нитку выше, катушка покатится в противоположную сторону. Почему?
3. Монета, катящаяся в вертикальном положении (без наклона) движется по прямой линии, а наклоненная – поворачивается в сторону наклона. Почему?
4. Пользуясь законами статики, объясните действия колодезного «журавля» и катапульты.
5. Показать, пользуясь разложением сил, что «клин клином вышибают».
6. Предложите конструкцию весов, с помощью которых можно измерить массу груза до 1 ц, пользуясь набором гирь общей массой 10 кг; пользуясь гирей массой 10 кг.
7. Сделайте модели разных конструкций мостов и сравните их прочность.
8. **Экспериментальное задание:** найдите центр тяжести тела неправильной формы.
Оборудование: тело неправильной формы, нить (прочность нити не позволяет подвешивать груз), миллиметровая бумага.
9. **Экспериментальное задание:** определите массу линейки и плотность вещества, из которого она изготовлена.
Оборудование: измерительная линейка, медные монеты.
10. **Экспериментальное задание:** определите плотность данной жидкости.

Оборудование: сосуд с жидкостью, сосуд с водой, измерительная линейка, два металлических цилиндра, линейка-рычаг.

11. Однородную тонкостенную сферу радиуса R разрезали на две части и скрепили так, что получился бокал. Докажите, что центр тяжести бокала будет находиться на высоте R вне зависимости от высоты ножки бокала.

Совершенно ничтожная причина, ускользающая от нас по своей малости, вызывает значительное действие, которое мы не можем предусмотреть...

А. Пуанкаре

Урок 52/32.

УСТОЙЧИВОСТЬ

Можно ли забить гвоздь в дерево легким постукиванием молотка?

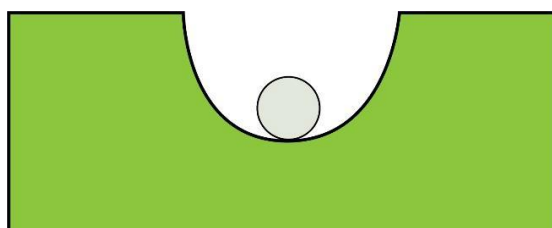
Цель урока: Закрепить и развить знания, полученные при изучении статики. Дать представление о трех видах равновесия тел.

Оборудование: линзы наливные, шарик, линейка.

Тип урока: комбинированный.

План урока:

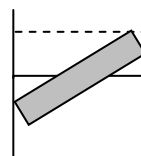
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный. Условия равновесия твердого тела.

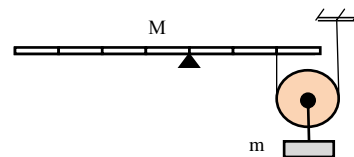
Задачи:

1. С какой силой давит на стенки цилиндрического стакана палочка массой m , наполовину погруженная в воду? Угол наклона палочки к горизонту α . Трением пренебречь.
2. У гладкой стены стоит лестница. Коэффициент трения лестницы о землю $0,5$. Центр тяжести лестницы находится посередине. Определите наименьший угол, который лестница может образовать с горизонтом, не соскальзывая. (Наиболее опасны наклоны для лестниц $68 - 75^\circ$)
3. Каков должен быть коэффициент трения для того, чтобы клин, заколоченный в бревно, не выскакивал из него? Угол при вершине клина 30° . Весом клина пренебречь. Почему боек молотка держится на ручке, не соскальзывая?

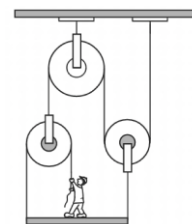


Камни, из которых собрана арка, распирается собственным весом, и эта конструкция является весьма устойчивой. **Купол** - это трёхмерная арка, и он является ещё более прочным. **Клин** используют для разделения на части обрабатываемого предмета.

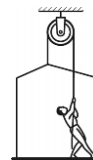
4. При какой массе груза m , закрепленного на блоке, возможно равновесие однородного рычага массы M ? Вес блока можно пренебречь.



5. Человек стоит на платформе и тянет веревку с такой силой, чтобы система блоков не двигалась. Для этого он прикладывает силу, равную 200 Н. Найдите массу платформы, если масса человека равна 80 кг. Блоки невесомы, трения нет.



6. В механическом лифте нужно тянуть за верёвку, чтобы подниматься. Масса человека равна 70 кг, масса кабины – 20 кг. С каким ускорением движется лифт, когда человек тянет за верёвку с силой 600 Н?



Вопросы:

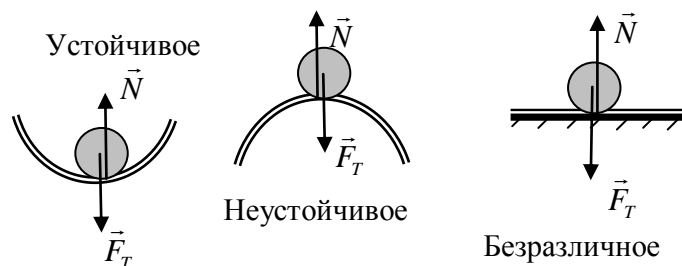
1. Почему толстый гвоздь труднее выдернуть? В гнилой доске гвоздь не держится.
2. Почему комель поваленного дерева подпрыгивает? В какую сторону?
3. Для того чтобы отвести рога троллейбуса от провода, водитель прежде отдергивает как можно дальше назад веревку, привязанную к кольцу, одетому на рога. Зачем?
4. При очень резком старте автомобиль может "встать на дыбы", т.е. передние колеса могут подняться в воздух. Почему?
5. Надо ли широко расставлять ноги при подъеме больших тяжестей, или их надо держать вместе?
6. Какие колеса - передние или задние - должны блокироваться первыми при торможении автомобиля? Почему?
7. Когда машины, в которых нет системы антиблокировочной системы, экстренно тормозят, они начинают вращаться, а иногда даже ехать задом наперед. Почему?
8. С какой силой рабочий удерживает за один конец доску массой 35 кг, которая образует угол 60° с горизонтом?
9. Почему колун раскалывает полено, а топор "вгрызается"?
10. Почему суда могут быть зажаты во льдах и раздавлены?
11. Какого вида рычаг вы используете, когда моете пол с помощью швабры или работаете в саду граблями?
12. Почему цыпленок легко проклеывает скорлупу яйца изнутри, а снаружи это сделать гораздо труднее (эффект «яйца»)?
13. В чём секрет каменных мостов в виде арок, которые не ломаются и за тысячу лет?
14. Какой выигрыш в силе дает стальной клин (колун)? Инструменты с клиновидной рабочей частью (долото, рубанок, сверло, пила).
15. Лестница, центр тяжести которой находится посередине, опирается на абсолютно гладкий пол и гладкую стену. Какой должна быть сила натяжения веревки, привязанной к середине лестницы, чтобы удержать ее от падения?
16. У вас есть сосуд с водой и деревянная палочка. Как определить плотность материала палочки?

17. При каком условии можно измерить силу Архимеда предложенным ниже способом: 1) $F_{\text{Арх}} = P_1 - P_2$; 2) $F_{\text{Арх}} = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{п}}$; 3) $F_{\text{Арх}} = F_T$; 4) $F_{\text{Арх}} = P_{\text{ж}}$?
18. Пробка, прижатая к сторонам самого острого угла прорези пластмассового треугольника, держится сама при любом положении треугольника. Если ее исходно прижать к углу 60° другой прорези, то она вываливается. Почему?
19. В аквариум погружено тело в форме усеченного конуса, нижнее основание которого плотно прилегает ко дну и под него вода не подтекает. При каком условии тело будет всплывать?
20. Почему для распиливания твердого металла используют ножовки с мелкими зубьями, а при распиливании мягкого металла – с большими?

III. Понятие равновесия — одно из самых универсальных в естественных науках. Оно применимо к любой системе, будь то система планет, движущихся по стационарным орбитам вокруг звезды, или популяция тропических рыбок в лагуне атолла, отношения хищник-жертва в экосистеме, цена и спрос на товар. В практике большую роль играет не только выполнение условия равновесия тел, но и качественная характеристика равновесия, называемая **устойчивостью**.

Различают три вида равновесия: **устойчивое, неустойчивое и безразличное**. Будет ли равновесие устойчивым или нет, зависит от положения **центра тяжести** тела. **Равновесие устойчивое, если при небольшом смещении тела из положения равновесия (потенциальная энергия уменьшается), равнодействующая сила, действующая на тело, становится отличной от нуля и направлена к положению равновесия.**

Так, человек и диван тоже находятся в устойчивом равновесии - тело продавливает мягкую поверхность обивки, за счёт деформации диван и человек сохраняют своё состояние. Другие примеры устойчивого (яблоко в мойке), неустойчивого и безразличного (мяч на полу) равновесия.



Тело, имеющее неподвижную ось вращения, будет в устойчивом равновесии, если его центр тяжести расположен ниже оси вращения и находится на вертикальной прямой, проходящей через ось вращения.

Демонстрация и объяснение с линейкой. В противном случае равновесие неустойчиво или безразличное. Артисты цирка прекрасно сохраняют равновесие даже при ходьбе по канату. Им это удастся, потому что они постоянно изменяют положение своего центра тяжести.

Чтобы определить вид равновесия тела, есть простой способ. Для этого нам нужно вывести тело из состояния равновесия и следить, как изменяется положение его центра тяжести:

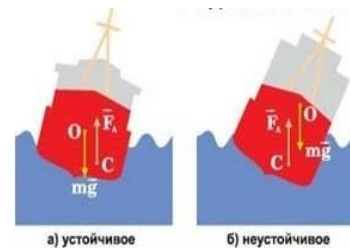
- если центр тяжести поднимается — равновесие устойчивое;
- если центр тяжести опускается — равновесие неустойчивое;
- если центр тяжести остается на одном уровне — равновесие безразличное.

Почему черепаха, опрокинувшись на спину, не может перевернуться обратно?

Равновесие тел на опоре (демонстрация).

*Человек раздвоен снизу, а не сверху, - для того,
что две опоры надежнее одной.*

Козьма Прутков.



Дополнительная информация: Чтобы карандаш стоял устойчиво на острие, необходимо подобрать начальные условия с точностью $e^{-100} \approx 10^{-30}$. А, чтобы выпадал «орел»? Поскольку условия с такой точностью подобрать невозможно, то понятие причины вообще теряет смысл. Следовательно, процесс протекает случайно, потому что невозможно контролировать начальные условия. **Две науки: наука об устойчивых динамических процессах (динамика) и наука о неустойчивых процессах (теория вероятностей).** Их объединение – **теория динамического хаоса.** Какова вероятность встретить в лесу динозавра? Мужчины: 0,001%, женщины 50% (или встретишь, или нет).

Анекдот. Летят два математика в самолёте. Один другому говорит:

— Последнее время я очень боюсь летать самолётом, так как я рассчитал, что вероятность того, что на борту бомба, даже выше, чем вероятность погибнуть в автокатастрофе.

Второй математик отвечает:

— Да, я тоже проделал эти же вычисления и пришёл к такому же результату. Но я пошёл дальше. Вероятность того, что в самолёте две бомбы ничтожно мала, поэтому я теперь одну всегда вожу с собой.

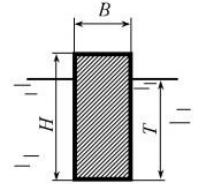
Бифуркация — это качественное изменение поведения динамической системы при бесконечно малом изменении её параметров.

Хаос вызвал к жизни новые компьютерные технологии, специальную графическую технику, которая способна воспроизводить удивительные структуры невероятной сложности, порождаемые теми или иными видами беспорядка. Новая наука дала миру особый язык, новые понятия: фрактал, бифуркация, прерывистость, периодичность, аттрактор, сечение фазового пространства. Для некоторых ученых хаос скорее наука переходных процессов, чем теория неизменных состояний, учение о *становлении*, а не о *существовании*. Покой же или равномерное прямолинейное движение - порядок среди беспорядка - первое проявление дзен-буддизма (движение мира и любви). Статика - как предельное состояние динамики.

IV. Задачи.

1. На наклонной плоскости с углом наклона 30° стоит однородный цилиндр радиусом 10 см. Чему равна наибольшая высота цилиндра, при которой он еще не опрокинется?
2. Расстояние между осями передних и задних колес робота $l = 9$ см. Пусть центр масс (ЦМ) робота находится на одинаковом расстоянии от этих осей. На какой высоте h , отсчитываемой от поверхности земли, должен находиться центр масс, чтобы робот мог въехать на наклонную плоскость длиной $L = 1$ м и высотой $H = 0,6$ м? Коэффициент трения шин о плоскость в этой задаче $\mu = 0,8$. Зачем в этой задаче нужен коэффициент трения?

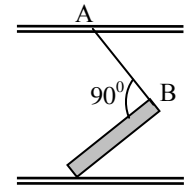
3. Определить осадку T и проверить устойчивость бруса, плавающего в воде, в положении указанном на рисунке. Размеры бруса: $H = 0,4$ м, $B = 0,2$ м, $L = 6,0$ м, плотность древесины $\rho = 800$ кг/м³, а плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.



Определите ширину бруса, при которой он будет в устойчивом положении.

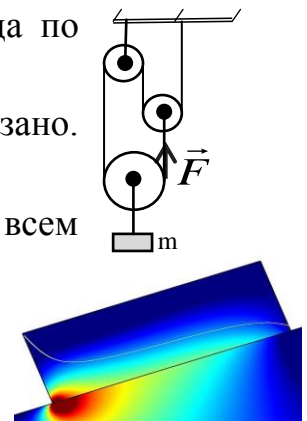
4. В сферической лунке радиуса R и глубины h находится шар радиуса r . Систему двигают с горизонтальным ускорением a . При какой величине ускорения шар выкатится из лунки?

5. Каким должен быть коэффициент трения однородного стержня о пол, чтобы он мог стоять так, как показано на рисунке? Длина нити АВ равна длине стержня.



Вопросы:

1. Индейская стрела имела оперение на хвосте, стрела римского война была лишена оперения, но имела металлический наконечник. Почему их полет был устойчив? Почему устойчив полет на метле?
2. Какой стакан более устойчив – пустой или с сахаром?
3. Как объяснить, зачем борцы во время поединков широко расставляют ноги?
4. Почему мяч не остается в покое на наклонной плоскости?
5. Чем больше площадь опоры, тем устойчивее равновесие. Так ли это?
6. Почему полено цилиндрической формы с плотностью 600 кг/м³ никогда не будет плавать стоя, а только плашмя?
7. Почему пожарные ведра имеют форму конуса (быстрое наполнение)?
8. Что устойчивее: цилиндр или конус, если высота и площадь основания у них одинаковы?
9. Почему бутылка, частично заполненная водой, плавает вертикально?
10. Чем объясняется форма ареометра: широкая утяжеленная нижняя часть, узкая и легкая верхняя?
11. Пустой кувшин с края крыши быстро свалится (персидская пословица). Поясните!
12. Почему бревна, плывущие по реке, ориентируются всегда по течению, а не поперек его?
13. Три (невесомых) идеальных блока соединены, как показано. Найти ускорение груза, подвешенного к нижнему блоку.
14. Кирпич лежит на наклонной плоскости, прилегая к ней всем основанием. Какая половина кирпича — правая или левая — с большей силой давит на наклонную плоскость?
15. В каких видах равновесия может быть шар на горизонтальной плоскости, если одна половина шара



деревянная, а другая – свинцовая?

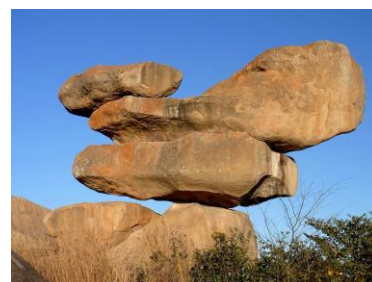
16. Почему автомобиль (автобус) заносит на повороте, и он может перевернуться?

17. У стола обычно четыре ножки, а у рояля – всегда только три. Почему?

Предмет, стоящий на трех ножках, не будет дрожать на любом, даже кривом полу, а стоящий на четырех – может трястись.

18. В каком положении будет плавать на поверхности воды деревянный брус квадратного сечения плотностью 500 кг/м^3 ?

19. Рассказывают, что в горах можно встретить «качающуюся скалу». Почему такое возможно?



20. Конический сосуд, расположенный вершиной вниз, наполнен водой. Угол при вершине конуса $2\alpha = 60^\circ$. Масса воды в сосуде $m = 300 \text{ г}$. Пренебрегая атмосферным давлением, найти равнодействующую силу F , с которой жидкость давит на боковую поверхность сосуда.

V. Конспект.

1. Как заставить шар катиться самостоятельно по просеченной местности (сместить центр масс)?
2. Человек, чтобы не поскользнуться на обледенелой горке, сбегает с нее. Почему это целесообразно?
3. Почему однородный шар неустойчив на выпуклой поверхности, но если у шара «срезана» верхушка, то он может стоять устойчиво?
4. С помощью десяти деревянных цилиндров одинаковой высоты и диаметром от 1 см до 10 см Р. Вуд изготовил и проградуировал прибор для измерения сотрясений почвы. Попробуйте и вы сделать это.
5. Как определить коэффициент трения лестницы о пол и о стену?
6. Чем объяснить, что узел крепко держит связанные им веревки?
7. Встаньте лицом к торцу открытой двери. Поставьте ступни ног по обе стороны двери так, чтобы ваши нос и живот касались торца двери. Попробуйте подняться на носки. Почему это вам это не удастся?
8. Если определить, на какой максимальной высоте надо приложить к бруску, высота которого значительно превышает его длину и ширину, горизонтальную силу, перпендикулярную боковой грани, чтобы брусок скользил, не опрокидываясь, то можно определить коэффициент трения. Как?
9. Почему не опрокидывается корабль, центр масс которого расположен выше ватерлинии?
10. Удастся ли вам поставить не разбитое яйцо вертикально на ровной поверхности?
11. Выясните условия равновесия карандаша (спичечного коробка) на наклонной плоскости.

*Не сила пусть рождает уваженье,
А правильная точка приложенья.*

Из персидских рубайат

Урок 53/33.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

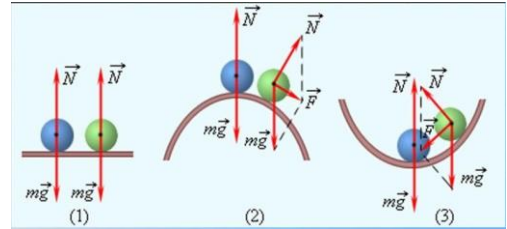
Как работает неваляшка?

Цель урока: Закрепить знания, полученные при изучении статики.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.

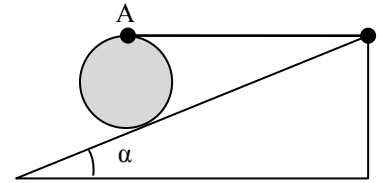
- План урока:**
1. Вступительная часть
 2. Опрос
 3. Решение задач
 4. Самостоятельная работа
 5. Задание на дом



- II. Опрос фундаментальный:** 1. Условия равновесия твердого тела.
2. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

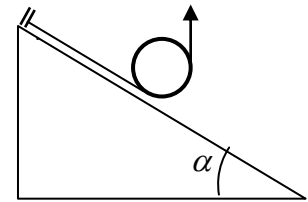
Задачи:

1. На стакан радиусом 4 см положили мяч радиусом 8 см. На какой максимальный угол следует наклонить стакан, чтобы мяч из него выкатился?



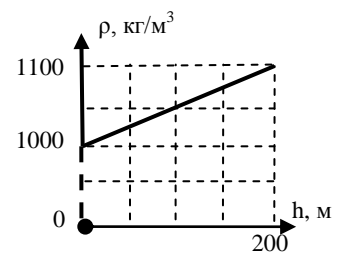
2. Цилиндр массы 4 кг покоится на шероховатой наклонной плоскости с углом наклона 30° при основании. Качению цилиндра мешает горизонтальная нить, прикрепленная одним концом к верхней точке цилиндра, а другим – к плоскости. Найти натяжение нити, силу трения и силу реакции опоры.

3. На гладкой плоскости с углом наклона 30° лежит цилиндр массой M . Цилиндр удерживается в состоянии покоя с помощью огибающей его невесомой нити, один конец которой закреплен на наклонной плоскости, а другой натянут вертикально вверх. Определите силу натяжения нити.



4. Лестница длиной 4 м приставлена к гладкой стене под углом 60° к горизонту. Коэффициент трения между лестницей и полом 0,2. На какое расстояние вдоль лестницы может подняться человек, прежде чем она начнет скользить? Массой лестницы можно пренебречь.

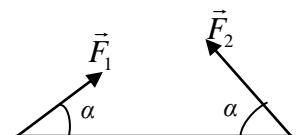
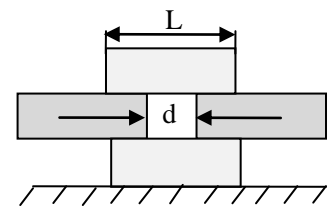
5. В одном из соленых озер Канады плотность воды зависит от глубины так, как показано на рисунке. На какой глубине и в каком положении будет плавать тонкая однородная палка? Плотность материала, из которого она сделана, равна 1020 кг/м^3 .



6. Одинаковые доски длиной $\ell = 2 \text{ м}$ каждая начинают складывать друг на друга стопкой-«лесенкой» так, что каждая следующая доска выступает над предыдущей на $a = 40 \text{ см}$. Сколько досок удастся уложить в стопку, пока она не рухнет?

7. Брусок квадратного сечения изготовлен из материала плотностью $\rho < \rho_0$ (где ρ_0 - плотность воды). При какой величине ρ брусок будет стабильно плавать на поверхности воды таким образом, что пара его граней будет параллельна поверхности воды?

8. Масса колеса равна 100 кг, радиус 0,5 м. Какую минимальную силу нужно приложить к колесу, чтобы перекатить его через балку высотой 0,1 м? При каком минимальном коэффициенте трения между колесом и выступом это возможно?
9. Канат массой m подвешен за концы. Определите силу натяжения каната в точке подвеса, если в нижней точке она равна T .
10. На повороте дороги радиусом 100 метров равномерно движется автомобиль. Центр тяжести автомобиля находится на высоте 1 м, ширина колёс колеи автомобиля 1,5 м. Определите скорость, при которой автомобиль может опрокинуться. В поперечном направлении автомобиль не скользит.
11. На наклонную плоскость поставили цилиндр радиусом $R = 10,3$ см и высотой $H = 18,5$ см, состоящий из двух частей объема. Плотность материала верхней половины цилиндра равна $\rho_1 = 2700$ кг/м³, нижней $\rho_2 = 8600$ кг/м³. При каком угле наклона плоскости к горизонту цилиндр не будет опрокидываться, если коэффициент трения цилиндра о плоскость достаточно велик?
12. Четыре одинаковых ледяных бруска длиной L сложены так, как показано на рисунке. Каким может быть максимальное расстояние d при условии, что все бруски расположены горизонтально? Считайте, что бруски гладкие, а сила тяжести приложена к центру соответствующего бруска.
13. Папа Карло сделал для Буратино колпак, который имеет форму конуса высотой 10 см с углом 60° при вершине. Будет ли колпак держаться на голове Буратино, если его голова – шар диаметром 10 см? А если высота 20 см?
14. К концам палочки длиной 20 см приложены силы $F_1 = 1$ Н и $F_2 = 2$ Н, направленные под углом $\alpha = 45^\circ$ к палочке. С какой силой нужно подействовать на эту палочку, чтобы она оставалась в равновесии? Куда должна быть приложена эта сила?



Вопросы:

1. Объясните причину устойчивости детской игрушки «ванька-встанька».
2. Как поставить вертикально лист бумаги?
3. Для чего стальная лента рулетки не плоская, а имеет форму желоба?
4. Почему доска обычно плавает в воде широкой гранью, а не вертикально, хотя оба положения доски равновесные?
5. Почему резко стартующий мотоцикл «встает на дыбы»?
6. Гимнаст, идущий по натянутому канату, вызывает восхищение зрителей. Еще более искусным кажется он, когда идет по натянутому канату, неся на коромысле ведра с водой. В каком случае ему легче удерживать равновесие?

В 1974 году Филипп Пети прошел по проволоке, натянутой между двумя башнями Всемирного торгового центра в Нью-Йорке на высоте 400 м над землей. Натянул он эту проволоку, прикрепив ее к стреле и выстрелив ею из одной башни в сторону другой. Где-то после семи проходов он был арестован полицией за «переход улицы в неподобающем месте».

7. Если человек опирается на палку, то он без труда сохраняет равновесие. Почему?
8. Почему при купании в реке или озере наше тело стремится принять вертикальное положение?
9. Можно ли поставить куриное яйцо вертикально (эту задачу решил Колумб)?
10. Почему подъемный кран не опрокидывается ни с грузом, ни без груза?
11. После полёта на Луну астронавты рассказывали, что по Луне ходить легко, но они часто теряли равновесие. Почему?
12. Когда вы надавливаете ножом на морковку, обе скошенные грани лезвия действуют на половинки овоща с огромными горизонтальными силами. Так ли это?
13. Цилиндр, высота которого равна его диаметру, лежит на доске. Если приподнимать доску за один край, то цилиндр будет скользить или опрокидываться?
14. Невысокий деревянный цилиндр, обточенный с одного конца в форме полушара, остается в покое, если его поставить на горизонтальную плоскость любой точкой закругления. Где находится его центр тяжести?
15. Однородный кубик плавает на поверхности воды. При каких значениях плотности кубика его верхняя грань горизонтальна?
16. Глубина лунки в доске, в которую вставлен шар, в два раза меньше радиуса шара. При каком угле наклона доски к горизонту шар выскочит из лунки?
17. Почему на горизонтальной поверхности кирпич стоит устойчиво на любой грани, а на выпуклой поверхности его трудно уравновесить?

III. АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО СТАТИКЕ [4]

1. Кратко запишите условие с последующим переводом значений физических величин в единицы системы СИ.
2. Выполните соответствующий условию задачи рисунок или чертеж.
3. Выбрать систему отсчета, в которой тело находится в равновесии.
4. Изобразите на чертеже все силы, приложенные к телу.
5. Написать первое условие равновесия в векторной форме и перейти к скалярной его записи с учетом известных модулей сил.
6. Записать второе условие равновесия в векторной форме.
7. Выбрать ось, относительно которой целесообразно определять моменты сил и найти модули моментов сил относительно данной оси.
8. Записать второе условие равновесия в скалярной форме.
9. Решить полученную систему двух уравнений относительно искомой величины.

IV. Решение тренировочных задач.

V.

1. Сделать «колонну» из «костяшек» домино и сравнить ее устойчивость в воде и в воздухе.
2. При легкой перегрузке одной из чашек весов коромысло лишь немного наклоняется в сторону большого груза и в этом положении остается в равновесии. Почему наступает равновесие, несмотря на то, что массы грузов различны?
3. При некотором положении ручки колодца с воротом (коловорота) положение системы устойчиво. Докажите это.
4. Каким образом альпинист поднимается по так называемой трубе (расщелине)?
5. Каковы особенности восхождения по трубам разного диаметра?
6. Оцените минимальную скорость ветра, при которой он сможет опрокинуть автобус.
7. Яйца кар имеют необычную грушевидную форму. В чем преимущество?

Если кто-нибудь – хотя бы мышь – наблюдает Вселенную, изменяет ли это состояние Вселенной

А. Эйнштейн

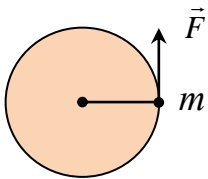
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ ДИНАМИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Основные уравнения кинематики (повторение)

Вращательное движение	Поступательное движение
<i>Равномерное движение</i>	
$\vec{\omega} = const$ $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$	$\vec{v} = const$ $x = x_0 + v_x t$
<i>Равноускоренное движение</i>	
$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{t}$ $\varphi = \varphi_0 + \omega_{0z} t + \frac{\varepsilon_z t^2}{2}$	$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$ $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2}$
Эту аналогию мы намерены продолжить и в динамике! Если $\vec{M} = 0$, то $\vec{\varepsilon} = 0$ и $\vec{\omega} = const$	Если $\vec{F} = 0$, то $\vec{a} = 0$ и $\vec{v} = const$

Свободно вращающееся тело будет сохранять вращение с постоянной угловой скоростью или находиться в покое, если векторная сумма моментов внешних сил, приложенных к телу, равна нулю. Это утверждение называют первым законом Ньютона для вращательного движения. Второй закон Ньютона для вращательного движения.

Демонстрация с дверью и с вращающимся диском: $\vec{\varepsilon} \sim \vec{M}$. $\vec{M} = \vec{\varepsilon} \cdot ?$.



$\vec{F} = m\vec{a}$. Что является аналогом массы при вращательном движении твердого тела? Рассмотрим вначале очень простой случай: частица массой m вращается по окружности радиуса R на конце стержня, массой которого можно пренебречь. Момент силы, который приводит к угловому ускорению частицы $M = FR$. Поскольку $F = ma_r$, а

$$a_r = \frac{v - v_0}{t} = \frac{(\omega - \omega_0)R}{t} = \varepsilon \cdot R, \text{ то } F = m\varepsilon R \rightarrow FR = mR^2\varepsilon \rightarrow \vec{M} = I\vec{\varepsilon} \text{ – основное уравнение}$$

динамики вращательного движения. Момент инерции (I) – свойство вращающегося тела противодействовать изменению его угловой скорости (инерция вращения), измеряемое для материальной точки произведением массы на квадрат радиуса вращения. Единица момента инерции в СИ: $[I] = [\text{кг}\cdot\text{м}^2]$. Направление углового ускорения совпадает с направлением вектора момента силы. *Пример:* гироскоп. *Правило гироскопа:* Гироскоп стремится совместить ось своего вращения с направлением момента приложенных к нему сил. Применения гироскопа: навигационные приборы, можно обнаружить вращение Земли, гироскопическая стабилизация.

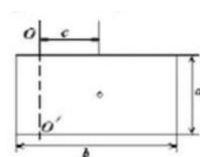
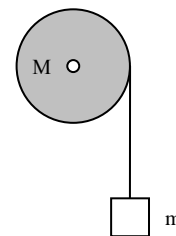
Вычисление момента инерции. Например, если тело имеет форму диска, то:

$$I = m_1 R_1^2 + \dots + m_N R_N^2 = \sum_{i=1}^n m_i R_i^2.$$

Теорема Штейнера (теорема о параллельном переносе оси вращения). **Момент инерции тела относительно произвольной оси вращения равен моменту инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела и параллельной первой оси плюс произведение массы тела на квадрат расстояния между осями: $I = I_{cm} + mh^2$.**

Задачи:

1. Однородный диск массой 100 г и радиусом 20 см насажен на вертикальную ось и вращается на ней без трения с угловой скоростью 5 рад/с². Чтобы остановить диск студент прижимает руку к боковой поверхности диска, действуя постоянной силой, направленной по касательной и тормозящей диск. Через 5 оборотов диск останавливается. С какой силой ученик действовал на диск?
2. К веревке, намотанной вокруг колеса (цилиндр) массой 4 кг и радиусом 30 см, приложена сила 15 Н. Если момент сил трения в ступице колеса равен 1,1 Н·м, то с каким угловым ускорением вращается колесо?
3. Однородный цилиндр массы M и радиуса R вращается без трения вокруг горизонтальной оси под действием груза массы m , прикрепленного к легкой нити, намотанной на цилиндр. Найти ускорение груза и силу натяжения нити, а также силу давления шкива на ось.
4. С какой скоростью можно увеличивать число оборотов в секунду колёс мотоцикла, чтобы не происходило пробуксовки? Коэффициент трения колёс о дорогу $\mu = 0,70$, радиус колеса $R = 0,30$ м. Считать, что на заднее колесо, приводящее его в движение, приходится половина веса мотоцикла.
5. Однородный шар массой 5 кг скатывается без скольжения по наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом. Чему равна сила трения шара о плоскость?
6. Определите момент инерции относительно оси OO' тонкой прямоугольной пластины массой $m = 0,5$ кг со сторонами $a = 0,3$ м и $b = 0,5$ м. Ось расположена в плоскости пластины и проходит параллельно стороне a на расстоянии $c = 0,2$ м от ее центра масс.
7. Для того, чтобы оторвать змею от добычи, ее надо тянуть за хвост с силой F . За какое время змея, лежащая на гладкой горизонтальной поверхности вдоль прямой линии, может свернуться, образовав кольцо? Масса змеи M , ее длина ℓ .
8. За последние 40 лет сутки возросли примерно на 0,001 с (за 100 лет продолжительность суток увеличивается на 0,0023 с). Если этот эффект связан с приливным трением, вызываемым Луной, то какова средняя сила трения? Считать, что орбита Луны лежит в плоскости экватора Земли.



Были времена, когда Луна неслась вокруг Земли с чудовищной скоростью и тянула за собой приливную волну высотой с огромный хребет.

Вопросы для повторения:

1. Почему катящийся шар замедляется?
2. Как изменится момент инерции свинцового цилиндра относительно его оси, если цилиндр сплющить в диск?
3. Какая сила раскручивает колесо, катящееся с горы? (Колесо может раскрутить такая сила, момент которой относительно центра не равен нулю).

4. Два полых шара из меди и алюминия имеют одинаковый вес и размер? Шары выкрашены одинаковой краской, которую нельзя царапать. Как теперь различить шары?
5. Почему автомобиль при резком старте с места как бы «приседает» на задние колеса, а при резком торможении «клюет»?
6. Во сколько раз угловая скорость секундной стрелки часов больше угловой скорости вращения Земли вокруг своей оси?
7. Как направлены векторы угловой скорости и углового ускорения шпинделя при включении и выключении токарного станка?
8. Почему при ударе кием по нижней части бильярдного шара он движется замедленно, а при ударе по верхней части – первое время ускоренно?
9. Имеется два шара одинаковой массы и объема. Как установить, какой из них с полостью?
10. Почему устойчив полет вращающейся пули?
11. Два бревна одинакового диаметра, но разной длины скатываются с горы. Какое из них раньше достигнет ее подножия?
12. Почему после землетрясений продолжительность земных суток уменьшается, а из-за приливного трения увеличивается?

*Природы строй, ее закон
В извечной тьме таился.
И Бог сказал: «Явись, Ньютон!»,
И всюду свет разлился.*

А. Попа, эпитафия на могиле Ньютона

~~Урок 55/35~~

ОБОБЩАЮЩИЙ УРОК ПО ДИНАМИКЕ

Задача не жизнь, поэтому ответ можно посмотреть в конце учебника или в интернете!

Цель урока: Систематизировать и обобщить знания учащихся, полученные при изучении механики.

Тип урока: повторительно-обобщающий.

Оборудование: таблица «Механика», прибор ПДЗМ, демонстрационный секундомер.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Обобщающее повторение
3. Демонстрация кинофильма
4. Самостоятельная работа
5. Задание на дом

II.

Физическая теория. Классическая механика

I. Основание.

- 1) Наблюдения: механическое движение, взаимодействие тел.
- 2) Эксперименты: опыт с прибором ПДЗМ.
- 3) Основные понятия: перемещение, путь, скорость, ускорение, масса, сила. Сила тяжести, сила упругости, сила трения.
- 4) Идеализированный объект: материальная точка, ИСО.

II. Ядро теории.

- 1) Постулаты:
- 2) Законы: три закона механики Ньютона, закон всемирного тяготения.
- 3) Константы: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

III. Следствия.

- 1) Формулы-следствия: решение прямой и обратной задачи механики для случаев движения тел под действием сил тяжести, упругости, трения.

- 2) Экспериментальная проверка: лабораторные работы.
- 3) Границы применимости: только для объектов, движущихся со скоростью много меньшей скорости света. Неприменимы для описания движения электронов в атоме.
- 4) Практические применения: применение законов Ньютона в конкретных случаях движения и равновесия.

III. Демонстрация кинофильма.

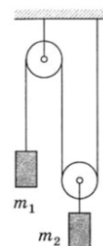
IV. Самостоятельная работа по карточкам «Классическая механика».

Вопросы:

1. В закрытом равномерно движущемся вагоне в центре пола лежит мяч, а над ним у потолка висит легкий резиновый шарик, надутый водородом. Как будут двигаться мяч и шарик, если вагон резко затормозит? Сопротивлением воздуха и трением мяча о пол можно пренебречь.
2. Внутри закрытого грузовика сидят птицы. Изменится ли вес грузовика, если все птицы одновременно взлетят?
3. Из вещества Земли сделали проволоку длиной от Земли до Солнца. Оценить диаметр этой проволоки.
4. Какое из действий не приводит к уменьшению трения скольжения?
 - Жидкая смазка трущихся поверхностей;
 - Покрытие трущихся поверхностей слоями графита;
 - Уменьшение площади соприкосновения поверхностей;
 - Повышение температуры в местах контакта;
 - Замена материала трущихся поверхностей на более твердые материалы.
5. Можно сбросить мышь в шахту глубиной двести метров, и оправившись от легкого шока, она убежит. Крыса погибнет, человек разобьется, а от лошади останется мокрое место. Почему?
6. Когда человек достиг предельной скорости падения, ему, чтобы избежать смертельных травм, нужна амортизирующая прослойка перед твердой поверхностью - толщиной, как минимум, полметра. Например, снег, болото или ветви дерева. Какую перегрузку он при этом испытывает?
7. Постройте примерный график ускорения свободного падения в зависимости от расстояния до центра Земли.
8. Если Вселенная существовала всегда, если действует закон всемирного тяготения Ньютона, то вся материальная сущность должна была давно слипнуться в один комок под действием всемирного тяготения. Почему этого не случилось?
9. Каковы границы применимости законов механики Ньютона?
10. Обруч, раскрученный в вертикальной плоскости и посланный по полу рукой гимнастки, через несколько секунд сам возвращается к ней. Чем это объяснить?
11. Игральная карта может пролететь довольно большое расстояние, если закрутить её при броске. Исследуйте параметры, влияющие на дальность и траекторию полёта.

Задачи:

1. Покажем, как можно, используя закон всемирного тяготения, определить: массу Земли, радиус орбиты Луны, скорость Луны на орбите, угловой диаметр Луны, радиус Луны, расстояние от Земли до Солнца, радиус Солнца, массу Солнца и орбитальную скорость Земли.
2. Если бы вместо Земли обращалось вокруг Солнца другое такое же Солнце, то каков был бы период их обращения?
3. В системе, изображенной на рисунке, известны массы грузов m_1 и m_2 . Нить невесома и нерастяжима, массы блоков и трение в осях пренебрежимо малы. Найти ускорения грузов и силу натяжения нити. При каком соотношении масс



грузов система будет находиться в равновесии?

- К телу массой 5 кг, находящемуся на наклонной плоскости с углом наклона 30° , приложена вверх сила F под углом 45° к наклонной плоскости. При каких значениях силы F тело будет: а) двигаться вверх, б) находиться в равновесии, в) скользить вниз? Коэффициент трения тела с поверхностью 0,3.
- Средняя угловая скорость движения Земли вокруг Солнца равна 1° в сутки. Определите массу Солнца.
- Предположим, что наша Галактика состоит из 10^{11} звезд со средней массой 10^{30} кг каждая. На краю Галактики звезда движется по круговой орбите с радиусом 50 тыс. световых лет. Каковы ее скорость и период обращения? Считайте, что звезда ведет себя так, как если бы вся масса Галактики была сосредоточена в центре Галактики.
- Доска массой M находится на гладкой наклонной плоскости с углом наклона α . Куда и с каким ускорением должна бежать по доске собака, чтобы доска не соскальзывала? Масса собаки m , коэффициент трения между лапами и доской μ . При каком условии это возможно?
- Диаметр пульсара в Крабовидной туманности около 25 км, его масса около 1,4 массы Солнца, период обращения 33 мс. Оцените, с какой скоростью движется точка на экваторе пульсара.
- Период вращения пульсара в Крабовидной туманности замедляется на 38 нс в сутки. Какая энергия уносится от пульсара в сутки, если его масса 1,4 массы Солнца, а диаметр около 25 км?
- Если вблизи горы поместить массивный отвес, то он слегка отклонится в сторону; пусть объем горы 1 км^3 , а ее средняя плотность 2500 кг/м^3 . Предположите, что масса горы сосредоточена в точке на расстоянии 600 м от отвеса. Чему будет равен угол отвеса с вертикалью? Ответ дайте в секундах, округлив до целого ($10''$).

Дополнительная информация: В поездке, как и полагается обыкновенному пассажиру, Вуд имел при себе чемодан. Но не было бы смысла в данной истории, если бы Роберт был обычным пассажиром. Что же на этот раз? Он поместил в чемодан тяжелый гироскоп и проделал сбоку дырку, чтобы гироскоп можно было раскрутить, резко дернув за намотанный на его ось шнурок. Перед тем, как сходить с поезда, Вуд вручил чемодан носильщику. Пока они шли по прямой, все было нормально, но тут Вуд резко свернул за угол, носильщик за ним, и чемодан встал дыбом в руках носильщика, сильно поразив беднягу и всех прохожих.

Дополнительная информация: Величина ускорения свободного падения у поверхности планеты не везде одинакова - она зависит от плотности участка планеты, радиуса в точке наблюдения и скорости её вращения. Точные измерения показали: экваториальный и полярный радиусы Земли отличаются на 22 километра. Так же с разной скоростью двигаются точки, лежащие в экваториальных и полярных областях. Поэтому падая вблизи экватора, тело двигается с ускорением $9,79 \text{ м/с}^2$, на полюсах величина достигает $9,82 \text{ м/с}^2$.

V. Составить обобщающую таблицу: «Классическая механика».

Но горе в том, что для восприятия чужой мудрости нужна, прежде всего, самостоятельная работа.

Л. Толстой

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 6

Урок 56/36.

Эйнштейн: «Поведение, рожденное здоровым чувством, всегда лучше любой хитрости».

Не должно принимать в природе иных причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений.

И. Ньютон

Дополнительная информация: В 1537 году Миланский герцог закупил новейшие пушки - последнее слово военной техники того времени - и озадачился рядом вопросов по поводу того, как лучше всего использовать эти новые игрушки. На помощь он, естественно, призвал своего придворного главного инженера - математика по имени Никколо Тарталья и задал ему простой, казалось бы, вопрос: под каким углом к горизонту стрелять, чтобы ядра улетали как можно дальше? Тарталья не отправился в библиотеку знакомиться с советами античных философов и не стал запирается в своем кабинете с намерением тщательно обдумать поставленный вопрос. Вместо этого он выкатил пушку в чистое поле под Миланом и стал из нее стрелять под различными углами, пока не получил нужный результат: дальше всего ядра улетают при выстреле под углом в 45° к горизонту. При этом до открытия законов механики Ньютона, из которых это можно вывести теоретически, оставалось полтора столетия, и Тарталья просто воспользовался методом проб и ошибок, золотым правилом эмпирической инженерии.

Размышляя относительно траектории полета копья (никак в этой области от военной тематики не уйти), Аристотель считал, что первую половину пути копье совершает вынужденное движение, поскольку его метнули. Затем, в верхней точке траектории запас силы броска иссякает, и вынужденное движение сменяется свободным. Траектория брошенного под углом к горизонту предмета представляет собой прямоугольный треугольник. По Аристотелю тело по прямой набирает высоту на стадии принудительного движения. Затем отвесно падает вниз на стадии естественного движения.

Как и по многим другим вопросам движения материальных тел, решением проблемы метательного снаряда мы обязаны Галилею. Именно он открыл уравнения равноускоренного движения и, в частности, уравнение свободного падения. Его опыты показали, что за время t тело, отпущенное из состояния покоя, проходит по направлению к поверхности земли расстояние d , равное: $d = gt^2 / 2$, где g — ускорение свободного падения, равняющееся около 9,8 метров в секунду за секунду. Эта простая формула лежит в основе традиционного способа оценки высоты.

Решив проблему свободного падения, Галилей перешел к решению следующего элемента головоломки, а именно, к проблеме пущенного снаряда. Здесь у него и возникла идея распределенного движения. По сути, он осознал, что движение снаряда можно разделить на два независимых компонента. По вертикали снаряд летит сначала вверх, а затем вниз, как если бы его просто подбросили строго вверх. По горизонтали же снаряд просто движется с постоянной скоростью, которая ему была придана в начале траектории, поскольку в этом направлении никакие силы на него не воздействуют (за исключением силы сопротивления воздуха, конечно, которой на начальном этапе можно пренебречь). Проще говоря, движение свободно летящего тела по вертикали и по горизонтали никак не связаны одно с другим. Тем самым сложная задача расчета траектории полета снаряда сводится к двум простым (и не зависящим друг от друга) задачам, каждая из которых по отдельности легко решается. Давайте возьмем, в качестве иллюстрации, простой пример. Для полной простоты представим, что ядро из пушки, стоящей над обрывом, вылетело строго горизонтально. Через секунду ядро будет ниже жерла пушки на 4,9 м, через две секунды — на 19,6 м и т. д. При этом, пока ядро не достигнет поверхности земли, по горизонтали оно будет двигаться с той же скоростью, с какой вылетело из ствола. Если, например, начальная скорость ядра по горизонтали равнялась 100 м/с, то через секунду ядро окажется на удалении 100 м от пушки по горизонтали и на 4,9 м ниже жерла ее ствола.

Немногим сложнее и техника расчета траектории полета снаряда, пущенного с горизонтальной поверхности под углом к горизонту. По вертикали ядро будет двигаться так, будто его подбросили строго вверх. Оно будет набирать высоту, но всё медленнее из-за земного притяжения, пока не достигнет верхней точки траектории, где на какое-то мгновение его вертикальная скорость станет равной нулю. Затем снаряд устремится к земле в

точности так же, как если бы его просто отпустили с достигнутой им максимальной высоты. И вот, при помощи такого анализа, Галилей пришел к выводу, что пущенное под углом к земле тело движется по кривой, которая называется парабола, — вот вам и Аристотель со своим треугольником!

Дополнительная информация: На Земле научились получать невесомость искусственно. Если самолёт летит по определённой траектории («парабола Кеплера»), то есть словно бы забирается в горку, на верху этой горки невесомость наступает на 25 или 30 секунд. Таким приёмом пользуются для проведения исследований на планете, когда требуется избавиться от веса.

Ньютон был первым, кто попытался сформулировать элементарные законы, которые определяют временной ход широкого класса процессов в природе с высокой степенью полноты и точности.

А. Эйнштейн

ЛИТЕРАТУРА:

1. Л.Я. Зорина. Дидактические основы формирования системности знаний старшеклассников. – М.: Педагогика, 1978.
2. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Физика: Учеб. для 9 кл. сред. шк. - 2-е изд. - М.: Просвещение, 1992.
3. А.П. Рымкевич, П.А. Рымкевич. Сборник задач по физике для 8 – 10 классов средней школы. – М.: Просвещение, 1978
4. Гутман В.И., Мощанский В.Н. Алгоритмы решения задач по механике в средней школе. – М.: Просвещение, 1988.
5. М.Е. Тульчинский. Качественные задачи по физике в средней школе. - М.: Просвещение, 1972.
6. И.Е. Иродов, И.В. Савельев, О.И. Замша. Сборник задач по общей физике. – М.: Наука, 1975.
7. С.П. Стрелков, Д.В. Сивухин, В.А. Угаров, И.А. Яковлев. Сборник задач по общей физике. Механика. – М.: Наука, 1977.
8. Д. Джанколи. Физика. - М.: Мир, 1989.
9. О.Я. Савченко. Задачи по физике. Новосибирский государственный университет, 1999.
10. Дж. Орир. Физика: Пер. с англ.-М.: Мир, 1981.
11. В.И. Лукашик. Сборник вопросов и задач по физике. – М.: Просвещение, 1981.
12. А.М. Прохоров и др. Физический энциклопедический словарь – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев. Физика: Учебное пособие: В 3 кн. Кн.1. Механика. – М: ФИЗМАТЛИТ, 2004.
14. Мякишев Г.Я., Синяков А.З., Слободсков Б.А. Физика: Учебник для 10-11 классов с углубленным изучением физики. – М.: Дрофа, 2010 г.
15. А.А. Найдин. Системный подход при обучении физике в школе. Новокузнецк, МАОУ ДПО ИПК 2002 г., ISBN 5-7291-0266-6.
16. А.А. Найдин. Системное знание на уроках физики в школе. Новокузнецк, МАОУ ДПО ИПК 2010 г., ISBN 978-5-7291-0489-5.
17. А.А. Найдин. Примерные планы уроков. Динамика. – М.: ИПК, Новокузнецк, 2001, ISBN: 5-7291-0221-6.
18. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
19. Физика и жизнь. Законы природы: от кухни до космоса / Элен Черски; пер. с англ. И. Веригина; [науч. ред. А. Минько]. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. — 336 с.