Способность соединять старые элементы в новые комбинации во многом зависит от способности видеть отношения между элементами.

Джеймс Вебб Янг

...таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает.

Р. Декарт

МЕХАНИКА (ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ)

Введение

Существуют такие величины, характеризующие состояние системы, которые обладают весьма важным и замечательным свойством сохраняться во времени. Среди этих сохраняющихся величин наиболее важную роль играют энергия, импульс и момент импульса. С помощью законов сохранения можно и без решения уравнений движения получить ряд важных заключений об изменении состояния системы. Энергия - универсальная мера различных форм движения и взаимодействия материи. С различными формами движения материи связывают различные формы энергии: механическую, тепловую, электромагнитную, ядерную и др. В одних явлениях форма движения материи не изменяется (например, горячее тело нагревает холодное), в других переходит в иную форму (например, в результате трения механическое движение превращается в тепловое движение). Однако во всех случаях энергия, отданная (в той или иной форме) одним телом другому телу, равна энергии, полученной вторым телом. Законы сохранения энергии и импульса управляют миром, их надо знать и уметь применять. Например, очень хорошее представление о процессах дают механические модели. Во многих случаях они способствуют более глубокому пониманию закономерностей, раскрывают внутреннюю структуру объекта, связывают воедино разные формы движения материи. В качестве примера можно обратиться к механической модели давления газа. В ней молекулы представляются материальными точками, между которыми отсутствует взаимодействие на расстоянии. Лучше всего рассмотреть самую простую модель газа, в которой все его молекулы движутся в прямоугольном ящике с одинаковыми скоростями вдоль оси x (Рис. 1). Каждая молекула при упругом ударе о стенку передает ей импульс: $p = 2m_o\upsilon_x$. За время t о стенку ударится Z молекул и изменение импульса стенки $\overline{F}t = \frac{nS\upsilon_x t}{2} 2m_o\upsilon_x$, откуда давление струи газа p $= m_o n \upsilon_x^2$. В том случае, если молекулы движутся с разными скоростями вдоль оси x, то формула давления

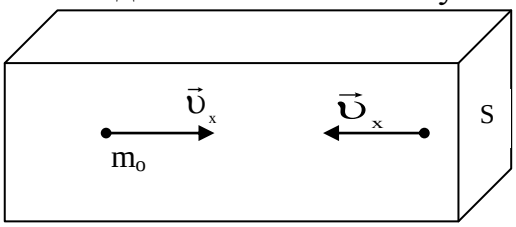


Рис. 1

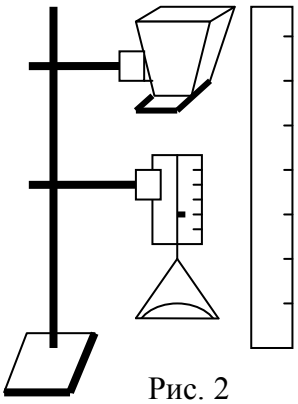


Рис. 2

струи газа приобретает вид $p = nm_o\overline{\upsilon}_x^2$. Если же молекулы газа движутся хаотически по всевозможным направлениям, то давление газа рассчитывается по формуле: $p = \frac{1}{3}nm_o\overline{\upsilon}^2 = \frac{2}{3}n\overline{E}_к$. Продемонстрировать справедливость формулы давления струи газа можно с помощью установки, изображенной на рисунке 2. Бункер заполняется мелкой дробью, которая падает на перевернутую чашку от весов, прикрепленную с помощью тонкой резинки к шкале динамометра. В качестве бункера лучше всего использовать рупор от прибора для изучения свойств радиоволн, в загнутые пазы которого вставляется стальная линейка. Сам бункер прикреплен к штативу с помощью кронштейна. Падая, дробинки создают среднюю силу давления, которая измеряется чувствительным резиновым динамометром. Изменяя с помощью стальной линейки концентрацию дробинок в потоке, а также изменением высоты среднюю кинетическую энергию падающих на чашку дробинок, легко проверить справедливость формулы для давления струи газа. Другой пример возьмем из термодинамики. Известно, что вся энергия тела состоит из двух частей: макроскопической энергии и микроскопической. Макроскопическая энергия - механическая энергия, микроскопическая энергия - "скрытая". Пример с двумя движущимися с одинаковой скоростью спичечными коробками массой M каждый, в одном два шарика неподвижны относительно коробка, а в другом - движутся с равными скоростями $\vec{\upsilon}$ относительно коробка в противоположных направлениях (Рис. 3). Сами коробки движутся с одинаковыми скоростями в одном направлении. Для внешнего наблюдателя, который не видит движения шариков, коробки обладают одинаковой кинетической энергией $E_{к1} = E_{к2} = \frac{MV^2}{2}$. Для наблюдателя с противоположной стороны, который видит движение шариков через прозрачную стенку, коробки обладают разной кинетической энергией: $E'_{к1} = \frac{MV^2}{2}$, $E'_{к2} = \frac{MV^2}{2} + 2\left(\frac{m\upsilon^2}{2}\right)$. Вывод не изменится, если будет отсутствовать корреляция между движениями шариков. Следовательно, скрытая (внутренняя) энергия равна сумме кинетической энергии частиц, составляющих тело. Если бы шарики были прикреплены к стенкам коробка с помощью сжатых пружин, которые в таком состоянии удерживались бы с помощью фиксаторов, то скрытая энергия равнялась бы сумме потенциальных энергий пружин. Таким образом, два одинаковых движущихся чайника с водой для внешнего наблюдателя обладают одинаковой механической энергией, а для наблюдателя, который перемещает чайники и измерил температуру воды в них, чайник с горячей водой обладает большим запасом внутренней энергии. Внутренняя энергия тела с точки зрения молекулярно-кинетических представлений

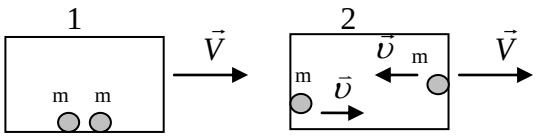


Рис. 3

равна сумме кинетических энергий частиц, составляющих тело, плюс сумма их потенциальных энергий: $U = \sum_{i=1}^{N} E_{ki} + \sum_{i=1}^{N} E_{ni}$.

В качестве другого примера обратимся к квантовой физике, а именно к квантовой модели фотоэффекта. Согласно этой модели, свет зернист по своей природе. Квант света с энергией hν, поглощается электроном в металле, который, приобретя эту энергию, часть ее тратит на «работу выхода», а оставшуюся часть составляет его кинетическая энергия. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта приобретает вид: $h\nu = A_{вых} + \frac{m\upsilon_m^2}{2}$ и позволяет объяснить основные закономерности фотоэффекта. Однако обратимся к модели (Рис. 4). Электрон-частица и поэтому мы его будем представлять шариком определенной массы, который для удаления из металла необходимо поднять по наклонной плоскости на высоту H, то есть затратить энергию mgH, которая равна работе выхода из данного металла. Квант света тоже частица, поэтому мы его будем представлять шариком той же массы, подвешенным на нити. Поскольку квант света обладает энергией, то мы отклоним шарик от положения равновесия так, чтобы он поднялся на высоту h, которая пропорциональная его энергии. Если теперь отпустить шарик-квант, то при взаимодействии с шариком-электроном он передает ему всю свою энергию. Получив эту энергию, электрон часть ее потратит на преодоление взаимодействия с металлом, а оставшуюся часть будет составлять его кинетическая энергия. С помощью этой модели легко показать, что кванты большей энергии выбивают электроны большей кинетической энергии, причем максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света, так не трудно и показать зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от материала катода. При некоторой минимальной частоте света (красная граница) фотоэффект вообще прекращается, и энергия квантов переходит во внутреннюю энергию металла. Если мы соберем действующую модель и проведем с ней опыты, то обнаружим, что если даже энергия квантов больше работы выхода, то далеко не каждый электрон вырывается из металла (нецентральный удар), то есть выход электронов гораздо меньше 100%, что и наблюдается в реальном опыте. Конечно, предложенная модель не адекватна реальному процессу взаимодействия кванта с электроном, однако она позволяет продемонстрировать основные закономерности фотоэффекта, дать хорошее образное представление, способствует более качественному усвоению учебного материала.

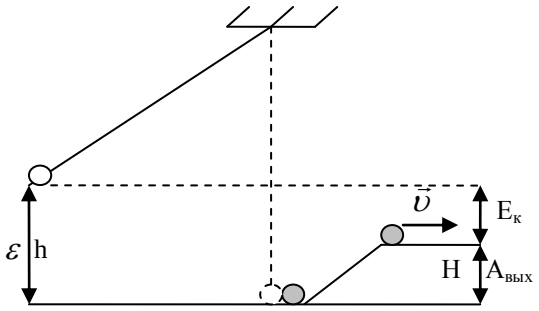


Рис. 4

Учитель физики ОБГОУ «ТФТЛ» А. Найдин

Оглавление

1. Введение…… 2-4

2. Закон сохранения импульса…….5-17

3. Реактивное движение…….18-21

4. Закон сохранения механической энергии……22-45

5. Работа силы трения……46-54

6. Мощность……...54-63

7. Гидродинамика……...64-78

8. Литература……79-80

Уроки, задачи, вопросы, творческие домашние задания.
Анатолий Найдин

г. Новокузнецк
2014 г

Великие открытия, скачки научной мысли вперед создаются интуицией, рискованным, поистине творческим методом.

Луи де Бройль

Многому я научился у своих наставников, еще большему - у своих товарищей, но больше всего – у своих учеников.

«Талмуд»

ПРИМЕРНЫЕ ПЛАНЫ УРОКОВ ПО МЕХАНИКЕ ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА И ЭНЕРГИИ

Цитата из книги Тейлора и Уилера "Физика пространства-времени": "Основное правило Уилера (для тех, кто не знает, Фейнман был его учеником): Никогда не начинай вычислений, пока не знаешь ответа. Каждому вычислению предпосылай оценочный расчет; привлеки простые физические соображения (симметрию! инвариантность! сохранение!) до того, как начинаешь подробный вывод; продумай возможные ответы на каждую загадку. Будь смелее, ведь никому нет дела до того, что именно ты предположил. Поэтому делай предположения быстро, интуитивно. Удачные предположения укрепляют эту интуицию. Ошибочные предположения дают полезную встряску. Во всяком случае, жизнь, как практическая проверка пространственно-временных идей, оказывается наиболее забавной штукой, хотя и достаточно продолжительной!"

Почему если к дереву приложить топор, обремененный тяжелым грузом, то дерево будет повреждено незначительно, но если поднять топор без груза и ударить по дереву, то оно расколется?

Аристотель

Урок 56/1.

СИЛА И ИМПУЛЬС

Насколько трудно заставить предмет двигаться и насколько трудно остановить его?

Цель урока: Дать представление об импульсе силы и использовать его для определения количества движения; показать, что количество движения является динамической величиной. Дать представление о центре масс тела и сформулировать закон сохранения импульса.

Тип урока: лекция.

Оборудование: грузы неравной массы, центробежная машина, прибор для демонстрации закона сохранения импульса, прибор ПДЗМ.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Работа над ошибками
3. Лекция
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Подведение итогов контрольной работы; разбор задач, при решении которых допущены ошибки.

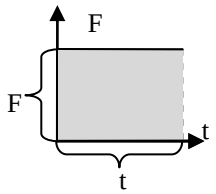
III. Обобщающее повторение по таблице "Классическая механика". Основные законы механики и их применение для решения задач. Удивительная надежность мирового порядка (огромное число научных фактов) заставляет искать во Вселенной относительно небольшое число высоконадежных правил (законов), которые управляют миром. К их числу относятся законы сохранения энергии и импульса (верны в наномире и при больших скоростях, где оказывается несправедливы законы Ньютона)! Альтернативное описание движения с помощью понятий **энергии и импульса** (забудем на некоторое время динамику).

Первая сохраняющаяся величина – **импульс. Импульс (количество движения) ($\vec{p}$) – свойство тела сохранять свое движение, измеряемое для материальной точки произведением массы тела на его скорость** (стремление тела двигаться в данном направлении с определенной скоростью)**:** $\vec{p} = m\vec{\upsilon}$**.**

- **Количество движения – величина векторная.**
- **Количество движения, как и скорость, величина относительная (**задача решается в одной ИСО**).**
- **Единица количества движения в СИ: [** p **] =** $\left[\frac{кг \cdot м}{с}\right]$**.**

Примеры: Количество движения быстродвижущегося автомобиля будет больше, чем у медленно движущегося автомобиля той же массы; у тяжелого грузовика количество движения больше, чем у легкового автомобиля, движущегося с той же скоростью. Чем больше количество движения тела, тем труднее его остановить и тем серьезнее будут последствия! При столкновении происходит передача импульса и энергии (аттракцион «Автодром», теннис).
Понятие количества движения было введено в физику Рене Декартом (1596—1650).

Теперь попробуем выяснить, что необходимо для того, чтобы изменить количество движения тела: $\vec{F} = m\vec{a}$, $\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t}$, $\vec{F}t = m\vec{\upsilon} - m\vec{\upsilon}_0$.



Изменение количества движения (импульса) тела равно импульсу силы. Примеры: открывание двери пулей и рукой.
Импульс силы равен площади фигуры под графиком силы в координатах F, t.

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

Скорость изменения импульса тела пропорциональна приложенной силе:

$$\vec{F}t = \Delta\vec{p}$$

Последняя формулировка второго закона Ньютона является более общей, поскольку она включает в себя случай переменной массы.

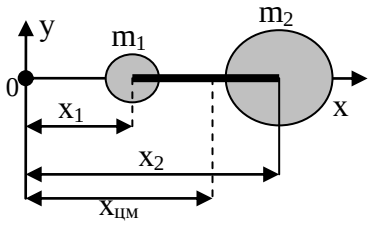
Если $\vec{F} = 0$, то $m\vec{\upsilon} = m_0\vec{\upsilon}_0$ и $\Delta\vec{p} = 0$, а $\vec{p} = \text{const}$. **Импульс тела сохраняется, если равнодействующая внешних сил, действующих на тело, равна нулю.**

Вопрос: Какими способами можно изменить импульс тела?

Для того чтобы остановить или ускорить движущееся тело в течение определенного промежутка времени, требуются разные силы в зависимости от импульса тела. Любые два тела, обладающие одинаковым импульсом, обладают некоторым общим свойством – они могут быть остановлены одинаковыми импульсами силы.

Дополнительный материал: Демонстрация поступательного и вращательного движения тела (грузов неравной массы). Какая точка тела совершает только поступательное движение?

Определение координат центра масс тела в данный момент времени (повторение):



$$X_{цм} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i x_i}{M}.$$

Если система движется, то за время изменяются координаты каждого тела, как и координаты центра масс.

Поэтому: $\Delta X_{цм} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \Delta x_i}{M} \longrightarrow M\vec{V}_{цм} = \sum_{i=1}^{N} m_i \vec{\upsilon}_i$.

Полный импульс системы частиц равен произведению полной массы системы на скорость ее центра масс: $M\vec{V}_{цм} = \sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i$. Понятие замкнутой (изолированной) системы: замкнутой называется такая система, в которой тела взаимодействуют только между собой (идеализация). Внутренние ($\sum \vec{F}_{вн} = 0$ по третьему закону Ньютона) и внешние силы ($\sum \vec{F}_i = 0$, если система замкнутая). Если взаимодействуют тела, составляющие замкнутую систему, то $\sum \vec{F}_i = 0$, $\vec{a}_{цм} = 0$, а это означает, что центр масс движется с постоянной скоростью, и полный импульс системы сохраняется: $M\vec{V}_{цм} = \sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i = \text{пост}$.

Геометрическая сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается неизменной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

Импульс ($\vec{p}$) – свойство замкнутой механической системы сохранять свое движение в данной системе отсчета, измеряемое произведением полной массы системы на скорость ее центра масс.

Вопрос: Почему мы смеемся, читая, как хвастливый барон Мюнхгаузен вытащил себя вместе с лошадью из болота за волосы?

IV. *Задачи*.

1. Завоеватели атакуют ворота средневековой крепости с помощью тарана массой 400 кг, устремляя его со скоростью 3 м/с торцом к воротам. С какой силой таран действует на ворота, если он отталкивает их на 15 см, прежде чем останавливается?
2. На шар массой 2 кг, движущийся с начальной скоростью 3 м/с вправо, действует в течение 3 с постоянная сила, которая направлена влево. После прекращения действия силы шар движется со скоростью 5 м/с налево. Чему равна сила?
3. Модуль импульса шарика до столкновения был p_0, а после столкновения увеличился втрое. Направление вектора скорости при столкновении изменилось на 90°. Чему равен модуль вектора изменения импульса шарика?
4. Движущийся со скоростью 72 км/ч автомобиль массой 1,5 т сталкивается с деревом, при этом он получает вмятину глубиной 30 см. Чему равна средняя сила, действовавшая на автомобиль в процессе соударения?
5. Шарик массой 20 г, движущийся со скоростью 10 м/с, направленной под углом 30° к гладкой стене, абсолютно упруго ударяется об нее и отскакивает. Продолжительность удара 1 мс. Определите среднюю силу, с которой шарик действует на стену во время удара. Почему орудийная башня в форме цилиндра не так уязвима, как прямоугольная?
6. Найдите среднюю силу, действующую на ноги человека массой 70 кг при его прыжке с высоты 5 м, если он приземлился на прямых ногах; на согнутых ногах? Предположим, что в первом случае его центр масс перемещается на 1 см, а во втором случае на 50 см. Земля твердая.

Вопросы:

1. Тело движется равномерно по окружности. Изменяется ли его импульс?
2. От чего зависит изменение импульса тела?
3. Автомобиль при торможении движется замедленно. Куда направлен вектор изменения его импульса?
4. Почему хрупкий предмет разбивается, если его роняют на жесткий пол, и остается целым, если он падает на мягкую подстилку?
5. Почему молотком забивают даже толстые гвозди, а бабой-копрой – сваи?

6. Зачем опытный баскетболист, принимая сильно посланный мяч, расслабляет руки и слегка подается назад вместе с мячом?
7. Как ослабить вредные последствия столкновения на автомобиле?

Если кузов очень жесткий, то при столкновении со столбом машина остановится почти сразу. Если в нем есть большая зона деформации, машина затормозит «мягче». Почему?

8. Камень массой m брошен вертикально вверх с начальной скоростью υ_0. Насколько изменился его импульс за время полета?
9. Бумажный лист можно выдернуть из-под банки с водой быстро или медленно. В чем отличие ситуаций?
10. Импульс и количество движения – слова синонимы. Почему?
11. Несколько человек могут сдвинуть с места автобус, но он не сдвигается при попадании противотанкового снаряда, пробивающего его навылет, ведь во втором случае на него действует большая сила, чем в первом. Почему?
12. Чему равен импульс катящегося колеса?
13. Почему пуля не разбивает оконное стекло на осколки, а образует в нем круглое отверстие?

V. § 40. Упр.21, № 1-5.

1. Во время автомобильной катастрофы машина, движущаяся со скоростью 108 км/ч, останавливается за 2 минуты. Что происходит при этом с пассажиром? Зачем нужны предохранительные ремни?
2. Если бы человек массой 80 кг захотел бы пробежать по воде, то ему пришлось бы развивать скорость порядка 500 км/ч. Почему?
3. В фильмах-боевиках человек, получивший пулю, нередко отлетает назад. Это обман. Если бы сила удара пули и вправду была так велика, стрелок тоже отлетел бы назад из-за силы отдачи его оружия. Так ли это? Сила выстрела не больше отдачи, которую ощущает стрелок?
4. Во время прыжка через болото барон Мюнхгаузен, заметив, что не допрыгнет до противоположного берега, прямо в воздухе "усилием воли" повернул обратно и вернулся на берег, с которого прыгал. Почему это невозможно?
5. Каким способом можно расколоть орех, лежащий на перине?
6. Обсудите выражения: «сила выстрела», «сила взрыва», «сила воли».
7. Как измерить скорость, которую вы щелчком сообщили спичечному коробку?
8. Оцените силу, необходимую для того, чтобы от удара ногой поросенок летел, опережая звук собственного визга.

Я принимаю, что во Вселенной… есть известное количество движения, которое никогда не увеличивается, не уменьшается и, таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает.

Р. Декарт

Урок 57/2. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Импульс показывает, насколько трудно заставить предмет двигаться или остановить!

Цель урока: Преподать закон сохранения импульса и сформировать некоторые представления об его полезности.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: прибор ПДЗМ с принадлежностями, прибор для демонстрации закона сохранения импульса.

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

II. Опрос фундаментальный: 1. Сила и импульс. 2. Закон сохранения импульса.

Задачи:

1. Пожарный шланг выбрасывает 50 кг воды в секунду со скоростью 40 м/с. Какую силу должен приложить пожарный, чтобы держать шланг неподвижно?
2. На основании измерения массы тела m = (50 ± 1) кг и его скорости υ = (10 ± 1) м/с, определите абсолютную погрешность измерения импульс тела. Запишите результат измерения импульса тела в СИ.
3. С какой силой давит на землю кобра, когда она, готовясь к прыжку, поднимается вверх со скоростью υ? Масса кобры m, длина ℓ. $N = m\left(g + \frac{\upsilon^2}{2\ell}\right)$
4. Тело массой 40 г, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью 30 м/с, достигло высшей точки подъема спустя 2,5 с. Найти среднюю силу сопротивления воздуха, действовавшую на тело во время полета?
5. Полноприводный автомобиль с очень мощным двигателем разгоняется до скорости 108 км/ч при постоянной тяге за минимальное время 4 секунды. Определите коэффициент трения между колёсами и асфальтом. Сопротивлением воздуха пренебречь.
6. Частица, обладающая импульсом p = 2 кгм/с, влетает в область действия постоянной силы F = 0,2 Н под углом 60^0 к направлению этой силы. Через какое время после начала взаимодействия импульс частицы будет направлен перпендикулярно указанной силе? 5 с
7. Камень массой 0,75 кг, брошенный горизонтально, упал на землю через 2 секунды. Найдите величину изменения импульса камня за время полета. Сопротивлением воздуха пренебречь.
8. На горизонтальной поверхности стола лежит доска массой M, а на доске сидит лягушка массой m. В некоторый момент времени лягушка совершает прыжок, отталкиваясь от доски, и приобретает скорость υ, направленную под углом α к горизонту. Считая, что длительность толчка лягушки о доску равна τ, а сила, действующая на лягушку во время толчка, практически постоянна, определите, при каких значениях коэффициента трения μ доски о стол доска в момент точка будет оставаться неподвижной.
9. На брусок массы M направлена струя жидкости сечением S, с плотностью ρ и скоростью υ. Найти установившуюся скорость бруска, если коэффициент трения между бруском и полом μ, а взаимодействие струи с бруском неупругое.

Вопросы:

1. Каков примерно ваш импульс, когда вы пробегаете 100-метровку?
2. Что называют импульсом силы и импульсом тела?
3. С балкона подбрасывают вверх два мяча разной массы. Какой из мячей упадет раньше, если их начальные импульсы одинаковы?
4. Почему большую льдину, плавающую в воде, легко привести в движение, но трудно сообщить ей большую скорость за малый промежуток времени?
5. Почему в восточных единоборствах предпочитают быстрые удары?
6. Почему перед прыжком человек немного приседает?
7. Почему большие гвозди забивают большим молотком?

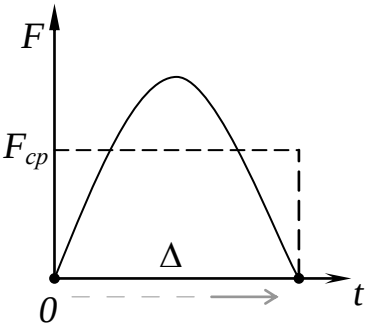
Удар тяжелого молотка - очень удобный путь получения большой локальной силы.

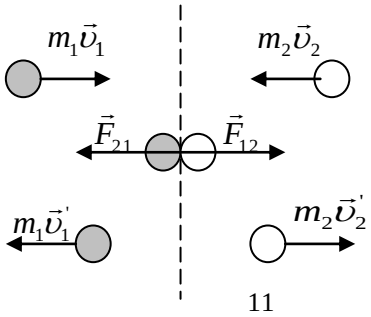
8. Покажите, что импульс однородного диска, вращающегося вокруг закрепленной оси, равен нулю.
9. Приведите определение импульса системы материальных точек.
10. Тело массой m брошено вертикально вверх со скоростью υ. Найдите изменение импульса: а) за время подъема на максимальную высоту; б) за все время движения.
11. Парашютист, опускаясь, подтягивает передние стропы. Куда он полетит?
12. Почему так опасно быстро плыть через заросли морских или речных водорослей? А медленно?
13. Почему человек может бежать по тонкому льду и не может стоять на нем, не проваливаясь?
14. Зависит ли отдача винтовки при выстреле от того, имеет канал нарезку или он гладкий?

III. В качестве примера сохранения импульса рассмотрим лобовое столкновение двух тележек (демонстрация). **Замкнутой называется система, на тела которой не действуют внешние силы или их действием можно пренебречь.**

Существуют ли в действительности замкнутые системы? Что такое открытая система?

Как взаимодействуют тележки друг с другом? Почему изменяется импульс первого тела? второго тела? Импульс силы равен площади фигуры под графиком силы в координатах F, t. **Если импульсы тел перед столкновением одинаковы, то силы их взаимодействия будут максимальны в момент остановки шаров, а если не одинаковы, то в момент равенства скоростей тел.**





$$F_{12} = F_{21} = F$$

$$\vec{F}_{cp_{21}}\Delta t = m_1\vec{\upsilon}_1' - m_1\vec{\upsilon}_1$$

$$\vec{F}_{cp_{12}}\Delta t = m_2\vec{\upsilon}_2' - m_2\vec{\upsilon}_2$$

$$\vec{F}_{cp_{21}} = -\vec{F}_{cp_{12}}$$

$$m_1\vec{\upsilon}_1' - m_1\vec{\upsilon}_1 = -(m_2\vec{\upsilon}_2' - m_2\vec{\upsilon}_2)$$

Если какое-нибудь тело, ударившись о другое тело, изменяет своею силою его количество движения на сколько-нибудь, то оно претерпит от силы второго тела в своем собственном количестве движения то же самое изменение, но обратно направленное, ибо давления этих тел друг на друга постоянно равны.

И. Ньютон

Перепишем последнюю формулу в виде:

$$m_1\vec{\upsilon}_1 + m_2\vec{\upsilon}_2 = m_1\vec{\upsilon}_1' + m_2\vec{\upsilon}_2' \rightarrow \vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = \text{пост.}$$

Полный импульс замкнутой системы из двух тележек (шаров) при взаимодействии сохраняется.

- **Закон сохранения импульса выполняется в любой ИСО, так как он является следствием 2 и 3 законов Ньютона.**
- Закон сохранения импульса связан с однородностью пространства.
- Закон сохранения импульса – следствие неуничтожимости материи и движения.

Другие примеры сохранения импульса**:**

I. Абсолютно неупругий удар (демонстрация неупругого взаимодействия неподвижной и движущейся тележек).

Задача 1: Неподвижный защитник массой 110 кг при игре в хоккей встречает нападающего массой 90 кг, набравшего скорость 10 м/с, и применяет к нему силовой прием. Какова будет их совместная скорость после столкновения?

Демонстрация **неупругого взаимодействия** двух движущихся навстречу друг другу тележек разной массы.

II. Абсолютно упругий удар (демонстрация упругого взаимодействия двух неподвижных тележек разной массы и их последующее движение).

Задача 2: Космонавт, масса которого в скафандре равна 150 кг, отталкивается ногами от стенок космического корабля массой 2000 кг и приобретает скорость 4 м/с (рисунок на доске). Каково при этом изменение скорости корабля?

Вопрос: Астрономы обнаружили в Малом Магеллановом облаке редкую убегающую звезду, которая движется со скоростью 500 000 километров в час (с такой скоростью от Земли до Луны можно долететь всего за 48 минут). Благодаря чему они приобрела такую скорость?

Почему бывали случаи, когда во время выстрела из артиллерийского орудия целиком отлетал передний конец дула?

Физики относятся к **сохраняющимся величинам** с большим уважением, потому что эти величины помогают изучать сложные виды движения, в которых иначе не разберешься!

IV. *Задачи:*

1. Какую скорость может сообщить футболист мячу при ударе, если максимальная сила, с которой он может действовать на мяч $3{,}5 \cdot 10^3$ Н, время удара 8 мс. Считать, что сила во время удара нарастает и спадает по линейному закону. Масса мяча 0,5 кг.
2. Мальчик массой M = 60 кг, стоя на гладком льду, бросает груз массой m = 10 кг под углом $\alpha = 60°$ к горизонту со скоростью υ = 6 м/с относительно земли. Какую скорость u приобретает мальчик?

3. Во время горизонтального полёта гранаты со скоростью 10 м/с она разорвалась на два одинаковых осколка, один из которых полетел вертикально вниз со скоростью 5 м/с. С какой скоростью и в каком направлении полетел второй осколок?

Вопросы:

1. В каких случаях законом сохранения импульса можно пользоваться и при наличии внешних сил?
2. Тележка имела начальную скорость и скользила по рельсам, пока в результате трения не остановилась. Куда девался ее импульс?
3. Два мальчика на катке хотят сравнить, кто из них больше по массе и во сколько раз. Как им выполнить свое намерение с помощью одной лишь рулетки?
4. Можно ли двигать парусную лодку, направляя на паруса поток воздуха из мощного вентилятора, находящегося в лодке? Что случится, если дуть мимо паруса?
5. Могут ли осколки взорвавшейся гранаты лететь в одном направлении, если до взрыва граната покоилась?
6. Если мы прочно закрепим ружье на опоре и полностью исключим отдачу, то будет ли выполняться закон сохранения импульса?
7. Бильярдный шар, имеющий импульс p, ударяется о покоящийся шар, и шары разлетаются в разные стороны. Чему равен полный импульс системы после соударения?
8. Если тот же самый первоначальный импульс придать более лёгкому телу, то его скорость будет больше. Не означает ли это, что очень легкое тело, приобретет очень большую скорость?
9. Как изменится скорость тележки, если человек, находящийся на тележке: 1) уронит груз мимо тележки? 2) бросит груз горизонтально в направлении противоположном движению тележки?
10. Каков принцип действия безоткатного орудия?
11. Космонавт находится на некотором расстоянии от космического корабля, имея при себе два одинаковых однозарядных пистолета. Как он должен поступить, чтобы быстрее вернутся на корабль?
12. Если два бильярдных шара столкнулись лоб в лоб и полностью остановились, значит, до столкновения они имели одинаковые импульсы. Так ли это?
13. Почему импульс – сохраняющаяся величина?
14. Через блок, подвешенный достаточно высоко, переброшен канат, по концам которого поднимаются две обезьянки одной и той же массы, причем одна перемещается по канату вдвое быстрее другой. Какая из них раньше доберется до верха? Блок и канат - идеальные объекты.

15. В некоторый момент времени зенитный снаряд, имеющий направленный вверх импульс, разорвался на два осколка. Куда полетел второй осколок, если первый полетел влево?
16. По рельсам в горизонтальном направлении катится тележка с песком. Через отверстие в дне песок ссыпается между рельсами. Как изменяется при этом скорость тележки?

V. § 41. Упр.22, № 1-3.

1. Проверьте справедливость закона сохранения импульса, используя гладкий стол и три монетки достоинством 5 рублей, 1 рубль и 10 копеек.
2. Если встать на санки, взять в руки молот и бить им по заднему краю санок, то они толчками поедут вперед (инерцоид). Почему?
3. Когда капли дождя падают в лужу, возникают брызги, летящие вверх. Объясните это явление. От чего больше зависит высота брызг: от размеров капли или от скорости ее падения?

Я вывел заключение, что вопрос о силе удара представляется весьма темным, и никому из числа ранее занимавшихся им не удалось проникнуть в сущность этого предмета, полную мрака и далекую от обычных человеческих представлений.

Галилео Галилей

Урок 58/3.

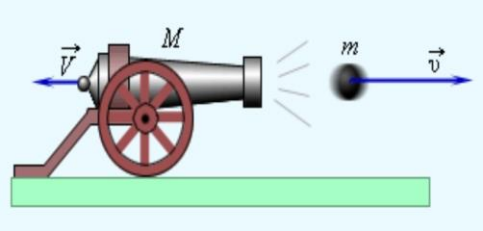
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Птицы, насекомые и другие животные летают, а не левитируют!

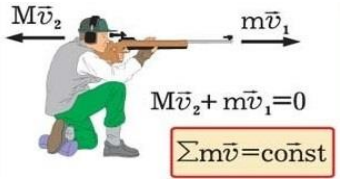
Цель урока: Показать, что применение закона сохранения импульса к замкнутой системе позволяет определить конечные скорости тел.

Тип урока: решение задач.

Оборудование: микрокалькулятор.



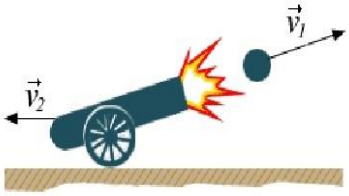
План урока:
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Задание на дом



II. Опрос фундаментальный: 1. Закон сохранения импульса. 2. Применения закона сохранения импульса.

Задачи:

1. Рассчитайте скорость отдачи винтовки массой 4 кг, которая выстреливает пулю массой 0,05 кг со скоростью 400 м/с.
2. Масса пушки с ядром 848 кг. Ядро массой 48 кг вылетает из пушки с начальной скоростью 200 м/с под углом 60^0 к горизонту. Найдите скорость, которую приобретет пушка в результате отдачи.



3. Граната, летящая со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Больший осколок, масса которого составляет 60% массы всей гранаты, продолжает двигаться в прежнем направлении, но с увеличенной скоростью, равной 25 м/с. Найти скорость меньшего осколка.

4. Товарный вагон массой 10 т движется по горизонтальному железнодорожному полотну без трения с постоянной скоростью 22 м/с. В вагон забрасывается дополнительный груз массой 5 т. Чему теперь будет равна скорость вагона?
5. Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полета его импульс изменился на 10 кг·м/с. Определить наибольшую высоту подъема тела.

Вопросы:

1. Снаряд в верхней точке траектории полета разорвался на два осколка, один из которых упал на землю точно под местом разрыва. Определите возможные направления полета второго осколка.
2. Закон сохранения импульса – следствие третьего закона Ньютона. Так ли это?
3. Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, в верхней точке траектории разрывается на два осколка равных масс. Первый осколок возвращается к исходной точке по прежней траектории. Где упадет второй осколок?
4. В цирковом аттракционе атлету, лежащему на ковре, устанавливают на грудь наковальню и затем бьют по ней молотком. Почему такие удары не опасны для атлета?
5. Мальчик несется на скейтборде по горизонтальной поверхности и в некоторый момент времени подпрыгивает вертикально вверх относительно доски. Как изменяется скорость доски сразу после прыжка?
6. Докажите, что во сколько раз время разгона молотка больше времени торможения, во столько раз "сила удара" больше "силы разгона".
7. Какие преимущества дает использование закона сохранения импульса по сравнению с динамическим подходом?
8. Когда вы стукаетесь об стенку, вы получаете один импульс, а когда эта стенка на вас движется, например, трамвай, вы получаете совершенно другой импульс. Почему?
9. Летящая горизонтально пуля попадает в груз, висящий на нити. При этом возможны три случая: пуля пробивает груз и сохраняет часть скорости, летит дальше; пуля застревает в грузе; пуля после удара отскакивает от груза. В каком из этих случаев груз отклонится на наибольший угол, и в каком – на наименьший?

III. *Задачи:*

1. Автомат Калашникова, принятый на вооружение Советской Армии еще в 1949 г., обладал следующими характеристиками: скорострельность n = 600 мин$^{-1}$, начальная скорость пули υ_0 = 715 м/с. Найдите среднюю силу отдачи, действующую на стрелка при непрерывной стрельбе длинными очередями. Массу пули принять равной m = 7,95 г. 57 Н
2. Человек массой 60 кг переходит с носа на корму лодки. На какое расстояние переместится лодка длиной 3 м, если ее масса 120 кг?

3. Взрыв разделяет снаряд на три осколка. Два осколка летят под прямым углом друг к другу: килограммовый осколок со скоростью 12 м/с и двухкилограммовый со скоростью 8 м/с. Третий осколок отлетает со скоростью 40 м/с. Какова его масса?

Закон сохранения импульса справедлив:

- **для замкнутых систем;**
- **для незамкнутых систем, если время взаимодействия мало, как и передаваемый системе импульс;**
- **для незамкнутых систем в проекции на некоторую ось, которая перпендикулярна равнодействующей внешних сил.**

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ (ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА):

1. Изобразить в рисунках систему тел до взаимодействия и после него.
2. Выяснить, является ли система тел замкнутой.
3. Указать на рисунках импульсы (скорости) тел, направление движения которых известны.
4. Записать закон сохранения импульса в векторной форме: $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1^{'} + \vec{p}_2^{'}$ (теперь можно решать задачу графически или аналитически).
5. Выбрать инерциальную систему отсчета так, чтобы одна из осей координат совпадала с направлением движения какого-либо тела системы, а другая (если надо) была перпендикулярна ему.
6. Записать закон сохранения импульса в проекциях на эти направления.
7. Найдите проекции всех известных импульсов на эти направления и выразите их через модули соответствующих векторов.
8. Используя выражения для модулей импульсов, решить полученную систему уравнений и определить неизвестные величины.

IV. § 50, упр.27, № 3.

1. Оценить скорость пуль, вылетающих из патронов, брошенных в костер. При стрельбе из ружья скорость пули около 800 м/с.

Человечество не останется вечно на Земле, но в погоне за светом и пространством сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околосолнечное пространство.

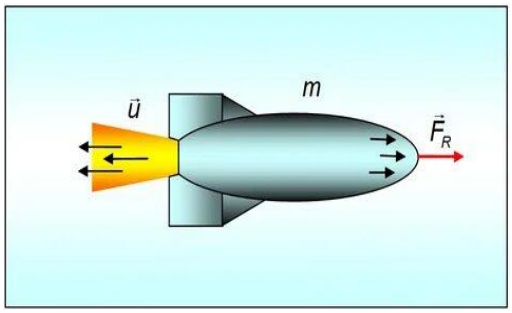
К.Э. Циолковский

Урок 59/4.

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Почему космические ракеты делают очень длинными и узкими?

Цель урока: Дать представление о принципах, лежащих в основе реактивного движения. Подчеркнуть роль нашей страны в освоении космического пространства.



Тип урока: комбинированный.

Оборудование: модель ракеты.

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

II. Опрос фундаментальный: закон сохранения импульса.

Задачи:

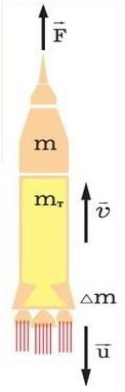
1. Падающий вертикально шарик массой 200 г ударился о пол со скоростью 5 м/с и отскочил со скоростью 3 м/с. Найти изменение импульса пола.
2. На горизонтальном полу стоит клин массы M, на который с высоты h падает шар массы m и отскакивает в горизонтальном направлении. Найти скорость клина после удара. Трение клина о пол отсутствует. Удар шарика считать абсолютно упругим (потерь энергии при ударе не происходит).
3. Ядро атома, летящее со скоростью υ, самопроизвольно распадается на два осколка равной массы, один из которых летит со скоростью υ/2 под углом α к первоначальному направлению полета ядра. Определите скорость и угол вылета второго осколка.

Вопросы:

1. Из пушки стреляют так, чтобы ядро упало в неприятельском лагере. На вылетевшее ядро садится барон Мюнхгаузен, масса которого в пять раз больше массы ядра. Какую часть пути до неприятельского лагеря ему придется идти пешком?
2. Человек в лодке, обращенной кормой к берегу, перешел с кормы на нос лодки. Изменилось ли при этом расстояние между человеком и берегом?
3. В каком направлении станет перемещаться аэростат, если по свисающей с него лестнице начнет подниматься человек с постоянной скоростью относительно лестницы?
4. Куда девается импульс автомобиля при столкновении, например, с деревом?
5. Под каким углом к горизонтальной плоскости должен падать резиновый шарик, чтобы после абсолютно упругого удара изменение его импульса было равно первоначальному импульсу шарика?
6. Находящийся в лодке человек хочет определить ее массу. Сможет ли он это сделать, если собственная масса ему известна, но ничем, кроме длинной веревки, он не располагает?
7. Если сила сопротивления воды зависит от скорости, то нельзя ли привести в движение лодку, раскачиваясь на ней (инерцоид)?
8. В режиме отжима, белье внутри стиральной машины из-за неравномерного распределения в барабане порождает центробежные силы столь значительные, что они могут ее дестабилизировать — она начнет перемещаться. Как это объясняет закон сохранения импульса?
9. Колеса легковых автомобилей тщательно балансируют – добиваясь того, чтобы центр масс колеса лежал точно на оси его вращения. Для чего это делают?

III. На основании закона сохранения импульса можно объяснить целый ряд интересных явлений, одно из которых – **реактивное движение:** $\Delta m\vec{U} + M\Delta\vec{\upsilon} = 0$ – в системе отсчета центра масс. $\vec{F}_p = -\frac{\Delta m}{\Delta t}\vec{U}$, где $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ – расход топлива, а $\vec{U}$ –

скорость истечения газов относительно ракеты. Ракета обеспечивает собственное движение в пустоте за счет реактивной силы! Если на ракету действуют



внешние силы, то: $M\vec{a} = \vec{F} + \vec{F}_p = \vec{F} - \frac{\Delta m}{\Delta t}\vec{U}$.

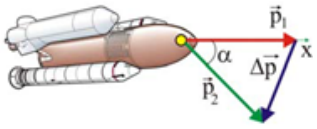
Дополнительная информация. Максимальная скорость ракеты: $\upsilon_{\text{мах}} = 2{,}3 \cdot U \cdot \ell g \frac{m}{m_0}$, где m - стартовая масса ракеты, а m_0 – масса ракеты без топлива. Пример. Чтобы вывести ракету на околоземную орбиту, необходимо сообщить ей скорость 8 м/с. Если скорость истечения газов 2 км/с, то m = 55 m_0. Оптимальная форма сопла ракетного двигателя – это форма песочных часов (сопло Ловаля). Учитель: **Ваша оценка – десятичный логарифм из 100**! Что он имел в виду?

Факт. Илон Маск при первом пуске ракеты Falcon-1 реально полагал, что аварийное горение двигателя может быть прекращено при достижении ракетой безвоздушного пространства!

IV. *Задачи*:

1. Полностью заправленная топливом ракета имеет массу 21 т, из которых 15 т приходится на топливо. Расход топлива в процессе сгорания составляет 190 кг/с, а скорость вылета продуктов сгорания равна 2,8 км/с относительно ракеты. При условии, что ракету запускают вертикально вверх, вычислите: а) силу реактивной тяги, действующую на ракету; б) ускорение ракеты в момент запуска, а также в момент, предшествующий полному выгоранию топлива; в) скорость ракеты в момент выгорания топлива. Сопротивлением воздуха пренебречь.
2. Космический корабль должен, изменив курс, двигаться с прежним по модулю импульсом p под углом α к первоначальному направлению. На какое наименьшее время нужно включить двигатель с силой тяги F?

Вопросы:



1. Как зависит ускорение ракеты от времени от ее полета?
2. Зависит ли максимальная скорость ракеты от времени, за которое было израсходовано топливо?
3. Почему современные ракеты в начальной фазе полета движутся медленно, приобретая максимальную скорость вне атмосферы?
4. Для чего используют многоступенчатые ракеты?
5. Двигатель ракеты может создавать силу тяги, в точности равную силе тяжести. Можно ли запустить такую ракету в космос?
6. Закручивая жгутик вдоль оси, бактерия перемещается в жидкости. Почему?
7. Ракета массой m = 50 т стартует с ускорением a = 1,5g. Чему равен расход топлива, если скорость истечения продуктов сгорания из ракеты равна u = 2 км/с? 625 кг/с
8. Скорость истечения газа в ионном двигателе может достигать υ = 50 км/с, а величина силы тяги этого двигателя F = 200 мН. Сколько времени может непрерывно работать этот двигатель, если запас топлива составляет m = 250 кг? 723 сут

V. § 42.

1. Какова сила тяги, создаваемая пулеметом "Максим"?
2. Предложите конструкцию инерциоида, который бы смог подпрыгивать на месте или перемещаться в горизонтальном направлении?
3. Легче или труднее было бы плыть в сиропе, чем в воде (спор Ньютона с Гюйгенсом)?
4. Предложите проект скоростного вертолета.
5. *Подготовить доклады*:
   - Основные этапы развития космонавтики в мире.
   - Применение спутников связи.
   - Автоматические космические станции, их роль в освоении космоса.
   - Использование космической техники для прогнозирования погоды.
   - Значение космических исследований для развития науки.
   - Использование космической техники для обнаружения новых сырьевых запасов.

Космос есть внутри нас, мы сделаны из звёздного вещества,
мы это способ, которым Космос познаёт себя.
Карл Саган

Люди будут летать в космос по профсоюзным путевкам. С. П. Королёв

Урок 60/5.

УРОК-КОНФЕРЕНЦИЯ ПО КОСМОНАВТИКЕ

В основе ракеты лежит принцип - всякое действие рождает противодействие.

1. С помощью куриного яйца и двух трубочек от сока продемонстрируйте принцип действия паровой турбины Герона.
2. Предложите проект шланга для очистки канализационных труб водой под высоким давлением с вращающейся и движущейся вперед насадкой.
3. Ракетный двигатель ускорителей SLS NASA дают больше тяги, чем любой другой когда-либо построенный двигатель: **1600 т** (1 тонна тяги = 7500 л/с). В секунду каждый из них сжигает **5 тонн топлива**. Если перевести тепловую энергию, которую каждый из них вырабатывает за 2 минуты работы, в электроэнергию, получится **2,3 миллиона киловатт-часов**. Этого достаточно, чтобы полностью обеспечить электроэнергией город из 92 000 домов в течение дня.

Для того, кто не знает, все возможно.
Христофор Виланд

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ (МОМЕНТ ИМПУЛЬСА И ЕГО СОХРАНЕНИЕ).

Почему так популярны спиннеры?

Основное уравнение динамики (повторение).

Аналогия, установленная между поступательным и вращательным движением:

Поступательное движение	*Вращательное движение*
$\vec{F} = m\vec{a}$	$\vec{M} = I\vec{\varepsilon}$
$\vec{a} = \frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t}$	$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{t}$
$\vec{F} = m(\frac{\vec{\upsilon} - \vec{\upsilon}_0}{t}) = \frac{m\vec{\upsilon} - m\vec{\upsilon}_0}{t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$	$\vec{M} = I(\frac{\vec{\omega} - \vec{\omega}_0}{t}) = \frac{I\vec{\omega} - I\vec{\omega}_0}{t} = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$
$\vec{p} = m\vec{\upsilon}$	$\vec{L} = I\vec{\omega}$
$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}$	$\vec{M}\Delta t = \Delta\vec{L}$

Величина $\vec{L} = I\vec{\omega}$ называется моментом импульса тела: [L] = $\left[\frac{кг \cdot м^2}{с}\right]$. Длительное воздействие момента силы малой величины может привести к значительному изменению момента импульса тела. Почему пуля, пробивая дверь, не может открыть ее, хотя она легко открыва-

ется при относительно слабом воздействии руки человека? Если $\vec{M} = 0$, то $\Delta\vec{L} = 0$ и $\vec{L} = \vec{L}_0$.

Полный момент импульса вращающегося тела остается постоянным, если векторная сумма моментов сил, действующих на него, равна нулю. $I\omega = I_0\omega_0 = const$ – здесь I_0 и ω_0 – соответственно момент инерции и угловая скорость тела относительно какой-либо оси в начальный момент времени, а I и ω – значения этих величин в какой-либо другой момент времени. На основании закона сохранения момента импульса можно объяснить многие интересные явления повседневной жизни. *Примеры*: Фигурист, выполняющий "волчок" на льду; прыгун в воду; кошка, всегда падающая на лапы, вертикальная устойчивость движущегося велосипеда. Сохранение момента импульса используется в цирковом искусстве. Когда жонглёр подбрасывает вверх свои булавы, мячи, тарелки, он придаёт им вращение. Зачем? Почему легче удержать вращающийся мяч на вертикально поднятом пальце? Луна медленно удаляется от Земли, и наша планета ведет себя как фигурист, который крутится волчком и медленно вытягивает руки, замедляя вращение. 1,4 млрд. лет назад продолжительность земных суток составляла всего 18 часов!

Задача. Шарик массой m, укрепленный на конце нити, вращается по окружности на гладкой горизонтальной поверхности стола. Другой конец нити пропущен сквозь отверстие в столе. Первоначально шарик вращается с линейной скоростью 2,4 м/с по окружности радиусом 0,8 м. Затем нить начинают медленно протягивать через отверстие так, что радиус окружности уменьшается до значения 0,4 м. Чему станет равной скорость шарика (демонстрация)?

В качестве простого примера сохранения момента импульса рассмотрим человека, стоящего на круглой горизонтальной платформе, способной вращаться без трения вокруг оси, проходящей вертикально через ее центр (скамья Жуковского). Если человек начинает идти вдоль края платформы ($I_1 = m_1R^2$; $L_1 = \omega_1 I_1$), то платформа приходит в состояние вращения в противоположном направлении ($I_2 = \frac{1}{2}m_2R^2$; $L_2 = \omega_2 I_2$). Моменты импульса $\vec{L}_1$ и $\vec{L}_2$ направлены в противоположные стороны и их модули равны друг другу: $\omega_1 I_1 = \omega_2 I_2$.

Свойство вращающегося тела сохранять неизменным направление оси вращения в пространстве (сохранением момента импульса). Объяснить на примере с Землей. **Момент импульса – величина векторная!** Если по окружности движется материальная точка, то $L = mR^2\omega = m \cdot R^2 \cdot \frac{\upsilon}{R} = m\upsilon R$. Такой формулой будет определяться модуль момента импульса материальной точки, если угол между векторами $\vec{R}$ и $\vec{\upsilon}$ равен 90^0. А если угол равен φ? $\vec{L} = \vec{R} \cdot m\vec{\upsilon}$.

Момент импульса ($\vec{L}$) – свойство тела сохранять свое вращение в пространстве, измеряемое произведением момента инерции тела на его угловую скорость относительно оси вращения (для материальной точки произведением импульса на "плечо").

Замечательным примером использования вращательного движения в технике служит вертолет. Назначение винтов в конструкциях вертолетов серии МИ и КА. **Гироскопы** - массивные однородные тела (диски), вращающиеся с большой угловой скоростью около своей оси симметрии. Как работает гироскоп? Разновидностями гироскопа является юла и волчок. Гироскопические вертикальный и горизонтальный компасы в конструкции автопилота самолета. Как работает автопилот в самолете? Гироскоп в гироскутере. Устройство гироскутера изнутри. Как изменился бы период вращения Земли вокруг своей оси, если бы растаяли льды полюсах? Почему Земля вращается вокруг своей оси, а не беспорядочно?

Задачи.

1. Почему по мере «старения» пульсары раскручиваются? Как это понимать?
2. В результате взрыва звезда, вращавшаяся вокруг своей оси, увеличила объем в 8 раз. Считая звезду однородным шаром, определить каким стал период ее вращения, если до взрыва он был равен 1 месяцу? 4 месяца

3. Карусель диаметром 5 м свободно вращается с угловой скоростью 0,7 рад/с; ее полный момент инерции равен 1750 кг·м^2. Стоящие на земле четыре человека массой по 70 кг одновременно прыгают на край карусели. Чему после этого будет равна угловая скорость карусели?
4. Метеорит массой 10^5 т, двигавшийся со скоростью 50 км/с, ударился о Землю на широте 60^0. Какое максимальное влияние мог оказать удар такого метеорита на продолжительность суток?
5. Период обращения Солнца вокруг своей оси 27 суток. После того, как полностью выгорит ядерное горючее, Солнце испытает гравитационный коллапс (момент импульса при этом сохраняется). Каким будет минимальный радиус Солнца, прежде чем оно разлетится на части (последнее произойдет, когда центростремительное ускорение превысит гравитационное на его поверхности).
6. В 1986 г. комета Галлея приблизилась к Солнцу на минимальное расстояние 0,6 а.е. Последний раз она появлялась в 1910 г. Каково максимальное расстояние планеты от Солнца?

Вопросы:

1. Вращающаяся фигуристка напоминает коллапсирующую звезду. Почему?
2. Почему винты у самолета вращаются в противоположные стороны?
3. Почему конькобежцы, разгоняясь, размахивают руками?
4. Почему мы раскидываем руки в стороны, когда думаем, что падаем?
5. Космонавт, находясь в состоянии невесомости, "повис" внутри кабины спутника Земли. Каким образом он может развернуться вокруг своей продольной оси?
6. Почему комета движется вблизи Солнца быстрее, чем вдали от него?
7. Почему волчок сохраняет направление оси своего вращения?
8. Почему полет винтовочной пули более устойчив, чем картечи из гладкоствольного ружья?
9. Каким законом пользуется жонглер в цирке, вращая тарелку на палочке?
10. Почему чем больше скорость велосипеда, тем выше его устойчивость?
11. Почему пули и снаряды точнее попадают в цель, если им придать еще и вращательное движение?
12. После отделения спутника от последней ступени ракеты-носителя она движется сначала за спутником, а затем обгоняет его. Почему?
13. Диск вращается с постоянной скоростью в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси вместе с кошкой, которая сидит на некотором расстоянии от оси вращения. Кошка начинает идти к оси диска. Что произойдет с диском и почему?
14. Если бросить вверх шляпу, придав ей предварительно вращательное движение, она сохранит свое вертикальное положение. Почему?
15. Приливные силы вызывают замедление вращения Земли и уменьшение ее момента импульса. Показать, что, согласно закону сохранения момента импульса, расстояние между Землей и Луной должно медленно увеличиваться. Если Земля перестанет вращаться, то, на каком максимальном расстоянии от Земли будет находиться Луна?

Дополнительная информация (гироскопическая стабилизация): На телескопе «Хаббл» установлено шесть гироскопов, каждый из которых представляет собой нечто вроде колеса, вращающегося со скоростью 19200 оборотов в секунду. Сохранение углового момента означает, что эти колеса будут вращаться с указанной скоростью ввиду отсутствия внешней силы, способной ее замедлить. А ось вращения каждого колеса неизменно указывает в одном и том же направлении, поскольку каких-либо причин для его изменения нет. Эти гироскопы задают «Хабблу» некое исходное направление (направление отсчета, например, на северный полюс мира), что позволяет оптической системе телескопа зафиксироваться на требуемом удаленном объекте на сколь угодно долгое время.

Задача: Корабль массой 10^7 кг стабилизируется гироскопическим однородным круглым диском массой $5 \cdot 10^4$ кг и радиусом 2 м, который вращается с частотой 15 об/с. Чему равен момент импульса стабилизатора? Ширина корабля 20 м; можем считать, что эффективный радиус поперечного сечения корабля равен 10 м. Время свободного поворота при крене (считая крен от -20^0 до 20^0) составляет 12 с. Оценить величину момента импульса корабля при таком крене. Каким образом стабилизатор уменьшает этот крен?

Вопросы:

1. Маятник в виде воронки с песком, подвешенный на нити, движется по эллипсу в горизонтальной плоскости (истечение песка равномерное). Можно ли по массе песка определить скорость движения воронки на различных участках орбиты?
2. Допустим, что вы стоите на способном вращаться столике и держите в руках два гироскопа, которые вращаются для вас по часовой стрелке. Что произойдет, если вы поднимете руки с гироскопами над головой?

Работа избавляет нас от трех великих зол: скуки, порока, нужды.

Вольтер

Урок 61/6.

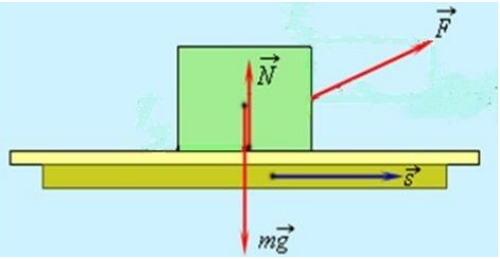
МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА

Почему спиннингом забрасывают блесну на большое расстояние?

Цель урока: Ввести понятие "механическая работа".

Тип урока: комбинированный.

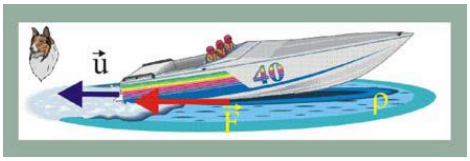
Оборудование:



План урока:

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

II. Опрос фундаментальный: 1. Реактивное движение. 2. Основные этапы развития космонавтики в мире.



Задачи.

1. Водометный катер движется с постоянной скоростью, засасывая воду и выбрасывая назад струю со скоростью 20 м/с относительно катера. Площадь поперечного сечения струи 0,01 м^2. Найти скорость катера, если действующая на него сила сопротивления пропорциональна квадрату скорости и $k = 7{,}5$ Н·с^2/м^2.
2. Космонавт массой $m_1 = 80$ кг находится на поверхности астероида, имеющего форму однородного шара радиуса $R = 1$ км, и держит в руках камень массой $m_2 = 4$ кг. С какой максимальной скоростью υ_2 относительно астероида (в горизонтальном направлении) космонавт может бросить камень, не рискуя, что сам станет спутником астероида? Плотность астероида $\rho = 5$ г/см^3.

Вопросы:

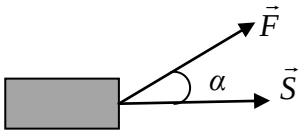
1. От чего зависит сила тяги вертолета?
2. Почему с увеличением скорости сила тяги воздушно-реактивного двигателя уменьшается?

3. Какими способами можно увеличить силу тяги воздушно-реактивного двигателя?
4. Объясните, каким образом вертолет может не только подниматься выше и опускаться ниже, но и двигаться поступательно?
5. Объясните природу силы тяги, действующей на гребной винт судна.
6. Как отличается сила удара пули и кувалды? И причём здесь импульс?
7. В чем принципиальное отличие реактивной силы тяги от силы тяги обычного двигателя?
8. У современных ракет хвостового оперения нет, они стабилизируются за счет реактивных сил. Как?
9. Почему у колесных кораблей движитель – колесо – не погружалось в воду целиком, в то время как у современных кораблей винт полностью погружен в воду?
10. При распаде покоящегося нейтрона образующийся в результате протон и электрон разлетаются не в противоположные стороны. Почему?
11. Космический корабль снабжен тремя одинаковыми двигателями. Двигатели могут быть включены одновременно, либо последовательно друг за другом, расходуя в обоих случаях одинаковую массу топлива. В каком случае корабль приобретет большую скорость?
12. Во сколько раз изменится сила тяжести, действующая на ракету, если она с поверхности планеты поднимается на высоту, равную двум радиусам планеты?
13. Почему наиболее экономичный способ полета на Луну – пушечный выстрел?
14. Ракета массой m зависла над поверхностью Земли. Сколько топлива в единицу времени она должна расходовать при этом, если скорость истечения газа U? Как изменится результат, если ракета поднимается с ускорением a?
15. Тренированный пожарный может удерживать в руках груз весом до 900 Н. Оцените, какой максимальной высоты может достичь струя воды, вырывающаяся из шланга, конец которого пожарный держит в руках. Расход воды 30 кг/с.

III. Импульс является мерой механического движения, но эта величина не является универсальной для всех форм движения. Например, автомобиль, на который действуют равные по модулю сила тяги и сила сопротивления воздуха, движется равномерно и прямолинейно. Импульс этого тела не изменяется и, следовательно, с помощью одного этого понятия невозможно объяснить, почему автомобиль необходимо периодически заправлять бензином. Необходимо ввести новую величину - **энергию (единственная мера различных форм движения материи).** Различают энергию **механическую, внутреннюю, электромагнитную, ядерную. Энергия** – еще одна сохраняющаяся величина, но прежде необ-

ходимо ввести понятие работы. **Механическая работа показывает, какая энергия передается от одного тела к другому при их взаимодействии!!!**

Общее выражение для **механической работы**: $A = \vec{F} \cdot \vec{S}$. $\leftrightarrow$ $A = F \cdot S \cdot \cos\alpha$.



Единица работы в СИ: [А] = [Н·м] = [Дж].

Обсуждение формулы:

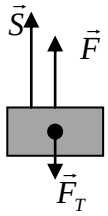
1. Если $F = 0, S \neq 0,$ *то* $A = 0$ (движение по инерции).

2. Если $F \neq 0, S = 0,$ *то* $A = 0$. Существование силы вовсе не означает, что будет произведена некоторая работа. Например, плотницкая скоба может длительно удерживать доску (железная плита – магнит), но для этого не нужно топлива.

3. Работа не производится и в тех случаях, когда сила перпендикулярна перемещению. Пример: движение Луны вокруг Земли, спутника.

4. Работа может быть положительной ($\alpha < 90^0$), отрицательной ($\alpha > 90^0$) и равной нулю ($\alpha = 90^0$).

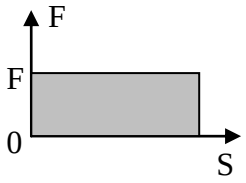
5. Работа, производимая данной силой, максимальна, если направление силы совпадает с направлением перемещения: $A = F \cdot S$.



6. Полная работа ($A_П$), совершаемая над телом, является алгебраической суммой работ каждой из сил, действующих на тело. Пример: подъем груза. $A = FS$, $A' = F_т S$, $A_П = A + A' = (F - F_т) S$.

а) Если $A_П > 0$, $\upsilon > \upsilon_0$; б) $A_П < 0$, $\upsilon < \upsilon_0$; в) $A_П = 0$, $\upsilon = \upsilon_0$.

7. Геометрическое истолкование работы: **Работа равна площади фигуры под графиком силы в координатах *F* и *S*.**



Формулу для измерения механической работы можно применять только при постоянной силе. А если сила переменная?

Механическая работа (А) – свойство тела передавать упорядоченное движение другому телу при взаимодействии с ним, измеряемое скалярным произведением силы на перемещение.

Работа не волк, а скалярное произведение силы на перемещение!

IV. *Задачи:*

1. Автомобиль, двигаясь из состояния покоя с ускорением 5 м/с^2, на некотором участке пути развил скорость 36 км/ч. Сила тяги 20 кН. Определить работу, произведенную двигателем автомобиля.
2. Под действием двух взаимно перпендикулярных сил 30 Н и 40 Н тело переместилось на 10 м. Найти работу каждой силы и работу равнодействующей силы.
3. Ребята толкнули портфель массой 3 кг по горизонтальной ледяной поверхности катка со скоростью 3 м/с, он уехал на 5 метров. Чему равна работа силы тяжести, действующей на портфель на этом пути и работа силы трения?

4. Из колодца глубиной 20 м достают воду ведром. Внизу ведро заполняется водой до краев. Из-за течи при подъеме ведра часть воды выливается обратно в колодец. Считая, что подъем производится равномерно, а скорость вытекания воды постоянна, оцените работу по подъему ведра, если к концу подъема в ведре остается 2/3 первоначального количества воды. Масса пустого ведра 2 кг, его объем 15 л.

V. § 43. Упр.23, № 1-2.

1. Десять кирпичей, каждый массой 1,5 кг и толщиной 6 см, лежат широкой своей частью на горизонтальном столе. Какую работу надо затратить, чтобы положить их друг на друга? Предложите наиболее простую формулу для вычисления работы.
2. Двое рабочих должны выкопать колодец глубиной 3 м. До какой глубины следует копать первому рабочему, чтобы работа оказалась распределенной поровну (аналогия с вертикальной установкой бревна)?

Думать - вот самая тяжелая работа, и поэтому мало кто за нее берется.

Генри Форд

Следовательно, половина произведения, которое называется в механике "количеством живой силы тела", может быть мерой величины работы.

Г. Гельмгольц

Урок 62/7.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Зачем в гололёд тротуары посыпают песком?

Цель урока: Ввести понятие "механическая энергия". Показать, что движущееся тело обладает энергией, которая называется кинетической.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

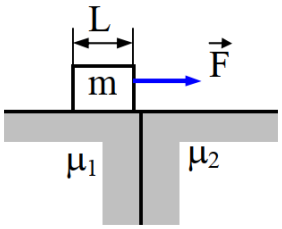
План урока:

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

II. Опрос фундаментальный: Механическая работа.

Задачи.

1. Лифт массой 1 т поднимается на высоту 9 м за время 3 с. Определить работу по подъему лифта в двух случаях: 1) лифт поднимается равномерно; 2) лифт поднимается равноускоренно.
2. Какую минимальную работу надо совершить, передвигая ящик массой 30 кг по шероховатой горизонтальной поверхности на 9 м, если ящик тянут веревкой горизонтальной силой и под углом 30^0 к горизонту, а коэффициент трения 0,4?



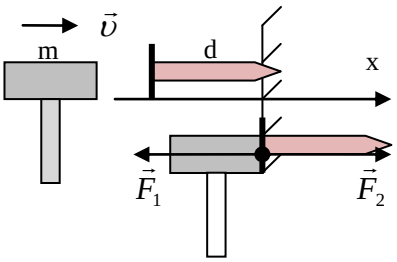
3. Брусок массой m = 2 кг и длиной L = 0,5 м лежит слева от прямой разделяющей две поверхности. Определите минимальную работу, которую должна совершить горизонтально направленная сила F, чтобы перетащить брусок с левой поверхности на правую. Коэффициент трения между бруском и поверхностями $\mu_1 = 0{,}6$ и $\mu_2 = 0{,}3$.

4. Льдина площадью 1 м^2 и толщиной 0,4 м плавает в воде. Какую минимальную работу нужно совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду?

Вопросы.

1. Изменится ли работа, совершаемая двигателем эскалатора, если пассажир, стоящий на движущейся вверх лестнице эскалатора, будет подниматься по ней с постоянной скоростью?
2. Какая работа будет совершена, если силой 30 Н поднять груз массой 2 кг на высоту 5 м?
3. Для подъема грузов применяется как наклонная плоскость, так и наклонный транспортер – лента, движущаяся по роликам. Какое из этих устройств имеет больший КПД?
4. Почему подниматься по лестнице значительно тяжелее, чем спускаться?
5. Какую работу совершает летящая стрела, врезаясь в мишень?
6. Почему сила, действующая на тело под углом к направлению перемещения, совершает меньшую работу?
7. Совершает ли лошадь работу, когда она: равномерно тянет телегу; увеличивает скорость движения телеги?
8. Приведите примеры, когда вам приходилось совершать отрицательную работу?
9. В чем понятие работы, используемое в повседневной жизни, совпадает с понятием работы в физике, и в чем их отличие?
10. Какие преобразования энергии происходят в обычном автомобиле?

III. Движущееся тело способно совершить работу. Примеры: летящее пушечное ядро пробивает кирпичную стену, движущийся молоток производит работу по забиванию гвоздя. Как эту работу можно измерить?



$a_x = \frac{0-\upsilon^2}{2d}$; $F_{1x} = \frac{-m\upsilon^2}{2d}$; $F_{2x} = \frac{m\upsilon^2}{2d}$; $A = F_{2x}d = \frac{m\upsilon^2}{2}$.

Движущееся тело способно совершить работу, равную $\frac{m\upsilon^2}{2}$ ("Хорошо, что пополам!")**, следовательно, оно обладает энергией.** У него есть энергия движения — **кинетическая энергия.**

Механическая энергия (*E*) - свойство тела, определяющее его способность совершать работу, измеряемое в данной системе отсчета максимальной работой, которую тело может произвести.

$$E_K = \frac{m\upsilon^2}{2}$$

[E_K] = [кг·м^2/с^2] = [Н·м] = [Дж]

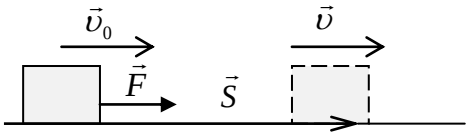
Историческая справка. Т. Юнг в «Лекциях по натуральной философии» (1807 г.) определил энергию, как работоспособность движущихся масс, измеряемую произведением массы тела на квадрат его скорости. В 1809 году Г. Кориолис уточнил определение и ввел известную формулу для кинетической энергии. Примеры с движущимся автомобилем: $\upsilon_2 = 2\upsilon$, $E_{K2} = 4 \cdot E_{K1}$ и статистика ГАИ.

Выводы:

- **Кинетическая энергия - величина относительная (**по отношению к велосипеду пень обладает кинетической энергией, поскольку стремительно приближается, и при столкновении совершит очень неприятную механическую работу – погнёт детали велосипеда).
- **Кинетическая энергия - величина скалярная.**
- **$E_к = p^2/(2m)$.** Пуля или ружье получает большую энергию при выстреле?

Кинетическая энергия ($E_К$) – свойство поступательно движущегося тела совершать работу при его остановке, измеряемое в данной системе отсчета половиной произведения массы тела на квадрат его скорости *(от греч. kinetikos - движение)***.**

Мы убедились в том, что движущееся тело может совершить работу. Верно и обратное: чтобы тело приобрело кинетическую энергию, над ним необходимо совершить работу. Сила, действующая на тело, сообщает ему ускорение (изменяет его скорость) и совершает работу (тело перемещается и ему передается энергия от другого тела). $\vec{F} = m\vec{a} \rightarrow \Delta A = m\frac{\Delta\upsilon}{\Delta t}\Delta S = m\upsilon \cdot \Delta\upsilon \rightarrow A = \frac{m\upsilon^2}{2} - \frac{m\upsilon_0^2}{2}$.



$A = F \cdot S = m \cdot a\left(\frac{\upsilon^2 - \upsilon_0^2}{2a}\right) = \frac{m\upsilon^2}{2} - \frac{m\upsilon_0^2}{2}$.

Полная работа, произведенная над телом: Полная работа, произведенная над телом, равна изменению его кинетической энергии. $\mathbf{A = A_П = E_{K2} - E_{K1}}$.

Если полная работа, совершаемая над телом, положительна, то его кинетическая энергия возрастает; если отрицательна - то убывает. В случае, когда полная работа равна нулю, кинетическая энергия тела остается неизменной.

IV. *Задачи.*

1. Саранча массой 3 г в прыжке развивает скорость 4 м/с. Чему равна ее кинетическая энергия при этой скорости? Если саранча преобразует энергию с КПД 40%, то, сколько энергии она затрачивает на этот прыжок?
2. Пуля массой 10 г, летящая со скоростью 500 м/с, пробивает доску толщиной 5 см и вылетает со скоростью 200 м/с. Определите среднюю силу сопротивления, которая действовала на пулю.
3. Человек стоит на неподвижной тележке и бросает горизонтально камень массой 8 кг со скоростью 5 м/с. Определить, какую работу совершает человек, если масса человека вместе с тележкой 160 кг.

4. Два рыбака тянут к берегу лодку, действуя на нее с постоянными силами. Если бы ее тянул лишь первый рыбак, она подошла бы к берегу со скоростью 0,3 м/с, а если бы тянул только второй – со скоростью 0,4 м/с. С какой скоростью подойдет лодка к берегу, когда ее тянут оба рыбака? Сопротивление воды не учитывать.

Дополнительные задачи.

1. Молот массой 40 кг свободно падает с высоты 0,75 м. Какую силу нужно приложить к молоту, чтобы, падая с высоты 0,5 м, он приобрел такую же кинетическую энергию?
2. Тело движется прямолинейно. Кинематическое уравнение движения имеет вид: $x = 100 - 20t + t^2$. Масса тела 500 г. Определите: а) импульс тела в момент начала движения по данному закону; б) изменение кинетической энергии через 2 с после начала отсчета времени.
3. Сила F = 0,5 Н действует на тело массой m = 10 кг в течение времени t = 2 с. Определить кинетическую энергию тела в конце этого промежутка времени. Начальная скорость тела $\upsilon_0 = 0$.
5. Шар, изготовленный из материала плотностью 400 кг/м^3, падает на воду с высоты 9 см. На какую глубину погрузится шарик? Потерями энергии при ударе шарика о воду и сопротивлением воды пренебречь.

Вопросы:

1. Если скорость тела увеличится в два раза, то во сколько раз изменится импульс тела? кинетическая энергия тела?
2. В чем различие между работой и энергий?
3. Какова ваша максимальная кинетическая энергия во время бега?
4. Чтобы бросить мяч с большой скоростью, надо быть спортсменом. Почему?
5. Почему увеличивается кинетическая энергия пузырька воздуха при его подъеме со дна на поверхность?
6. На тело действует сразу несколько сил. Работа какой силы фигурирует в теореме о кинетической энергии?
7. Может ли механическую работу произвести сила трения покоя?
8. Может ли кинетическая энергия тела оставаться неизменной, если равнодействующая приложенных к телу сил отлична от нуля?
9. В чем заключается теорема об изменении кинетической энергии?
10. Может ли совершать работу сила нормальной реакции опоры?
11. Почему пожарные ведра имеют форму конуса (вода летит дальше)?
12. Пуля, которая летит с известной скоростью, пробивает стену на глубину 5 см. Насколько глубоко может войти пуля, если она летит со вдвое большей скоростью?

Какова полная работа сил, приложенных к телу, равномерно движущемуся по окружности?

V. § 44, упр.24, № 1-6

1. Изделие, разработанное британской компанией, имеет вид обычной плиты на тротуаре, наступая на которую пешеход вырабатывает электрическую энергию. Откуда берется эта энергия?

2. У какого из тел больше кинетическая энергия: у спокойно идущего человека или летящей пули?
3. Посчитайте минимальную энергию, необходимую для того, чтобы забить мяч под перекладину с 11 метрового. Масса мяча 0,5 кг и высота ворот 2,5 м.
4. Почему физическая активность способствует хорошей памяти, развитому самоконтролю и более высокой скорости обработки информации?

...скорости, приобретаемые одним и тем же телом при движении по разным наклонным плоскостям, равны между собой, если высоты этих наклонных плоскостей одинаковы...

Г. Галилей

Урок 63/8. РАБОТА ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

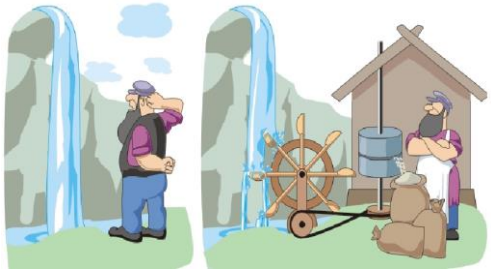
Почему поднять предмет быстро тяжелее, чем поднять медленно?

Цель урока: Вывести формулу для работы силы тяжести и показать, что сила тяжести – консервативная сила, а гравитационное поле – потенциальное поле. Ввести понятие «потенциальная энергия» и применить его для расчета работы гравитационного поля.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

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



II. Опрос фундаментальный: 1. Кинетическая энергия. 2. Теорема о кинетической энергии.

Задачи.

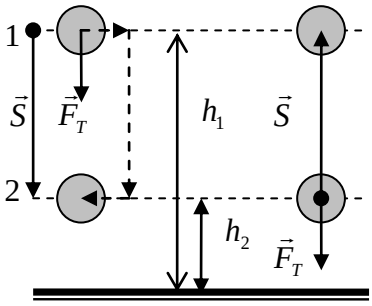
1. Вычислите работу силы трения при торможении поезда массой 1200 т до полной остановки, если его скорость в момент выключения двигателя 72 км/ч.
2. Шарик массой 100 г, подвешенный на нити длиной 40 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Какова кинетическая энергия шарика, если во время его движения нить образует с вертикалью угол 60°?
3. Брусок массой m = 3 кг скользит по гладкой горизонтальной поверхности под действием приложенной к нему горизонтальной силы, которая в течение времени t = 8 с равномерно изменяется от величины F_1 = 20 Н до F_2 = 40 Н.

   Если начальная скорость бруска была равна нулю, то чему она станет равной через указанный интервал времени? 80 м/с
4. Деревянный брус держат вертикально над водой так, что нижним концом он касается поверхности воды. Брусок отпускают, и в момент максимального погружения верхний его конец оказывается на уровне поверхности воды. Пренебрегая трением, определите плотность дерева.

Вопросы:

1. Может ли кинетическая энергия тела изменяться, если на него не действуют силы?
2. Почему при выстреле убивает пуля, а не ружье, ведь их импульсы одинаковы?
3. Два шарика разной массы, имеющие одинаковые кинетические энергии, летят навстречу друг другу. В какую сторону они полетят после центрального абсолютно неупругого удара?
4. Пустую, закрытую пол-литровую бутылку, погружают в воду один раз горлышком вниз, а другой раз горлышком вверх на одну и ту же глубину, равную половине высоты бутылки. В каком случае совершается большая работа?
5. Приведите пример, когда одно тело обладает большей кинетической энергией, но меньшим импульсом, чем другое тело и наоборот.
6. Почему слабо надутый футбольный мяч трудно отбить на большое расстояние?
7. На гладком столе вращаются два шарика на нити. Один накручивается на цилиндр, а у другого длина нити уменьшается гномом. У какого из шариков кинетическая энергия увеличивается и почему? (Увеличение угловой скорости смерча при его сжатии.)
8. Мальчик стреляет из пневматического ружья, находясь на платформе поезда, движущегося со скоростью 30 м/с. Скорость вылета пули из ружья также 30 м/с. Будет ли пуля обладать кинетической энергией?

III. Можно говорить, что энергия тела обусловлена не только его движением, но и положением в пространстве. Например, поднятое на некоторую высоту тело обладает способностью совершить работу (если его отпустить, то оно упадет на землю и загонит в нее торчащий стержень или колышек). Работа силы тяжести (гравитационного поля): $A' = F_т S$; $F_т = mg$; $S = h_1 - h_2$; $A' = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$. $A' = mg(h_1 - h_2) = mg(h'_1 - h'_2)$ – симметрия относительно выбора начала отсчета высот. Зависит ли работа силы тяжести от вида траектории тела? Движение тела по ступенькам. $A' = \sum A_i = mgS$. При возвращении тела в исходное состояние $A' = -mgS$.



Работа силы тяжести не зависит от вида траектории тела, а по замкнутому пути она ("кругосветное путешествие") равна нулю. Сила тяжести - консервативная сила, а гравитационное поле - потенциальное поле!

Консервативные силы: сила тяжести, сила упругости, архимедова сила.
Неконсервативные силы: сила трения, сила сопротивления.
Гравитационное поле (поле тяготения) - физическое объект, через которое осуществляется гравитационное взаимодействие между частицами вещества.
Для тела, находящегося в гравитационном поле, можно ввести понятие потенциальной энергии. Обозначим через $E_{П1}$ потенциальную энергию тела на уровне 1, а через $E_{П2}$ – потенциальную энергию тела на уровне 2. Тогда $A' = E_{П1} - E_{П2}$ и не зависит от вида траектории. Сравнивая, получим: $\mathbf{E_П = mgh}$.
Покажем, что тело, поднятое на высоту h, способно совершить работу. Действительно, $h = \upsilon^2/2g$, $A' = mgh = \frac{m\upsilon^2}{2}$. Обладая же кинетической энергией, тело способно совершить работу: $A = \frac{m\upsilon^2}{2}$ (кирпич падал на голову?).

Выводы:

1. **Потенциальная энергия зависит от выбора нулевого уровня,** поэтому может быть положительной, отрицательной и равной нулю. Если вы решаете задачу и какой-то уровень приняли за нулевой уровень, то менять его в процессе решения задачи нельзя.
2. Как видно из формулы $\boldsymbol{A' = E_{П1} - E_{П2}}$, физический смысл имеет изменение потенциальной энергии, поскольку оно связано с работой и определено. Работа силы тяжести не зависит от выбора нулевого уровня, поэтому он выбирается произвольно.
3. Работа внешней силы при подъеме тела: $\boldsymbol{A = E_{П2} - E_{П1}}$. Поднимая тело на высоту h, мы увеличиваем его энергию на mgh, производя работу. Но какая эта энергия?! Кинетическая?! Нет! Эту энергию называют потенциальной энергией! **Совершая работу, энергию можно запасать.**
4. Потенциальная энергия поднятого тела - энергия взаимодействия тела с Землей (энергия системы "тело-Земля") или **гравитационная** потенциальная энергия. Тело обладает этой энергией благодаря тому, что она находится в гравитационном поле! А если не в поле?

Учитель физики в США вложил более миллиона долларов в проект по разработке нового двигателя, единственным источником энергии которого должно было быть гравитационное поле Земли. Почему проект оказался неудачным?

Только те, кто пытается сделать абсурдное, добиваются невозможного.

Мориц Эшер

5. **Потенциальная энергия ($E_П$) - энергия взаимодействия тел, составляющих замкнутую консервативную систему, измеряемая для тела у поверхности Земли по формуле: $E_П = mgh$.**

IV. *Задачи.*

1. Груз массой 130 кг поднимается вертикально вверх на высоту 30 м одиночным тросом с ускорением 0,5 g. Вычислите: а) натяжение троса; б) работу, совершаемую тросом над грузом; в) работу, совершаемую над грузом силой тяжести; г) полную работу, совершаемую над грузом; д) конечную скорость груза, считая, что его начальная скорость равна нулю.
2. Какую наименьшую работу нужно совершить, чтобы лежащий на земле длинный однородный столб длины 5 м и массой 100 кг поставить вертикально?

V. § 45-46, упр.25, № 1-3

1. Тело свободно падает с некоторой высоты. Как соотносятся работы, совершаемые гравитационным полем за последовательные одинаковые промежутки времени?
2. За все то коварство и обманы, которые совершил Сизиф на земле, он вынужден вкатывать на высокую, крутую гору громадный камень. Напрягая все силы, трудится Сизиф. Пот градом струится с него от тяжелой работы. Все ближе вершина, еще усилие - и окончен будет труд Сизифа, но вырывается из рук его камень и с шумом катится вниз, поднимая облака пыли. Снова принимается Сизиф за работу. В чем состоит наказание?

Самое главное то, чего глазами не увидишь.

Антуан де Сент-Экзюпери

Урок 64/9. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЕФОРМИРОВАННОГО ТЕЛА

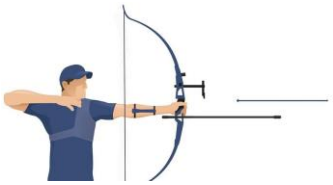
Цель урока: развить понятие "потенциальная энергия" и использовать его для расчета работы, совершаемой упругодеформированным телом.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: динамометр пружинный от набора по кинематике и динамике, груз массой 50 г, метр демонстрационный, штатив универсальный.

План урока:

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



II. Опрос фундаментальный: 1. Работа силы тяжести. 2. Гравитационная потенциальная энергия.

Задачи.

1. При вертикальном подъеме тела массой 2 кг на высоту 10 м человеком совершена работа 240 Дж. С каким ускорением поднимался груз?

Штангист «взял» в рывке штангу весом 1000 Н. Действительно ли он развивал такую силу во время подъема снаряда?

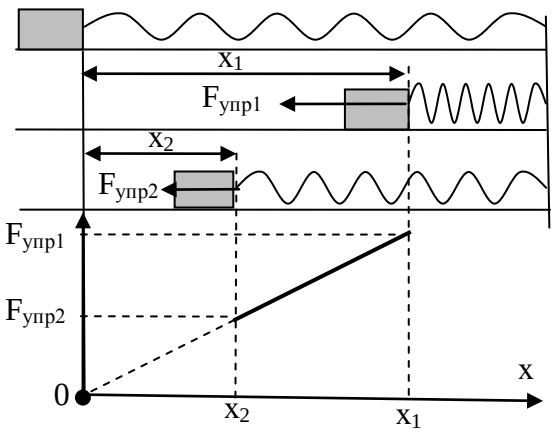
2. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы цепь длиной 2 м и массой 8 кг поднять за один из ее концов на высоту 5 м?
3. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы опрокинуть шкаф массой 50 кг, высотой 2 м и шириной 1 м?

4. Мальчик, подбрасывая мяч массой 500 г, приложил силу 20 Н на пути 1 м. Чему равна совершенная работа? Чему равна кинетическая энергия, приобретенная мячом?
5. Глубокий бассейн площадью 15 м^2 заполнен водой до глубины 1 м и перегорожен пополам вертикальной перегородкой. Какую работу совершают, медленно переместив перегородку так, чтобы она делила бассейн в отношении 1:3? Вода через перегородку не проникает.

Вопросы:

1. Человек спускается на парашюте. Какая сила совершает при этом положительную работу, и какая отрицательную работу?
2. Тело свободно падает с некоторой высоты. Одинаковую ли работу совершает сила тяжести за одинаковые промежутки времени?
3. Тело массой m поднимают на высоту h: а) вертикально вверх; б) по гладкой наклонной плоскости; в) по шероховатой наклонной плоскости. Сравните работы внешней силы и силы тяжести.
4. Небольшой деревянный брусок погрузили на дно аквариума и отпустили. Как изменится его потенциальная энергия, когда он всплывет? Как изменится потенциальная энергия воды?
5. Почему не падают предметы в космическом корабле, движущемся в межзвездном пространстве с постоянной скоростью?
6. Работа – это процесс переноса энергии. От чего и к чему переносится энергия при падении камня?
7. За счет какой энергии поднимаются вверх стратостаты и шары-зонды?
8. Почему реки не могут течь вспять?
9. Сила тяжести совершила работу 10 Дж. Как это понимать?

III. Помимо **гравитационной**, существуют и другие виды потенциальной энергии. С доисторических времен использовалась потенциальная энергия упругости, накопленная в корпусе лука - благодаря этой энергии можно бросать стрелы на большое расстояние! Пружина в сжатом или растянутом состоянии также обладает **потенциальной энергией**, поскольку способна совершить работу (демонстрация). Вычислим работу, которую совершает сжатая пружина: $F_{упр} = k{\cdot}x$; $S = x_1 - x_2$;

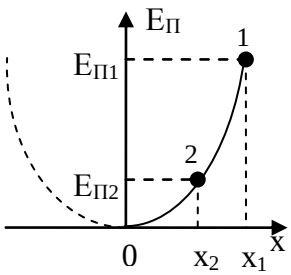


$$A' = \frac{kx_1 + kx_2}{2}(x_1 - x_2) = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}. \quad \boldsymbol{A' = E_{П1} - E_{П2}}.$$

Зависит ли она от того, каким способом достигнуто это состояние сжатия? **Работа силы упругости при "кругосветном путешествии" равна нулю, следовательно, сила упругости – консервативная сила** (консерватор).

Потенциальная энергия деформированного тела: $E_П = \frac{kx^2}{2}$.

График потенциальной энергии пружины от величины деформации. Примеры, демонстрирующие зависимость потенциальной энергии пружины от величины деформации и от жесткости пружины. Где запасена эта энергия? Потенциальная энергия упругодеформированного тела – энергия взаимодействия (демонстрация на модели твердого тела). Почему увеличивается потенциальная энергия пружины при ее растяжении?



Работа внешней силы: $\boldsymbol{A = E_{П2} - E_{П1}}$.

Другие формы потенциальной энергии: **электростатическая, химическая** (бензин, пища, аккумуляторная батарея). Люди научились запасать энергию в процессе совершения работы, а потом расходовать её постепенно, как, например, в механических часах, или всю разом, как в стрелковом оружии. Сегодня человек активно использует энергию ветра, текущей воды, энергию топлива, электрическую и ядерную энергию.

Потенциальная энергия ($E_п$) - энергия взаимодействия тел, составляющих замкнутую консервативную систему, измеряемая для пружины половиной произведения коэффициента жесткости пружины на квадрат ее удлинения.

IV. *Задачи*.

1. Пружина жесткостью 500 Н/м сжата силой 100 Н. Определите работу внешней силы, дополнительно сжимающей пружину на 2 см.
2. Брусок массой 1 кг лежит на шероховатой горизонтальной плоскости. К нему прикрепляют невесомую пружину, жесткость которой 40 Н/м. Коэффициент трения между бруском и плоскостью 0,8. Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы, взявшись за пружину, равномерно переместить брусок на расстояние 2 м?
3. Небольшое тело обтекаемой формы с плотностью $\rho = 800$ кг/м^3 падает в воду с высоты H = 10 м. Найти, на какую максимальную глубину h тело погрузится в воду.

V. § 47. Упр. 26, № 1-6.

1. Сила всегда направлена в сторону наиболее быстрого (по кратчайшему пути) уменьшения потенциальной энергии тела. Так ли это?
2. Система состоит из двух последовательно (параллельно) соединенных пружинок с коэффициентами жесткости k_1 и k_2. Найти минимальную работу, которую необходимо совершить, чтобы растянуть эту систему на $\Delta\ell$.

3. Если к грузу, подвешенному на нити, прикладывать силу, медленно нарастающую от нулевого значения, то нить обрывается, когда величина силы достигает значения $\vec{F}$. При какой минимальной величине силы оборвется нить, если прикладываемая сила мгновенно достигает некоторого значения и в дальнейшем остается неизменной?
4. Что вносит больший вклад в энергию вылетающей стрелы — корпус лука или тетива?

Так, законы сохранения действительно являются законами запрета. Они запрещают любое явление, при котором изменялась бы сохраняющаяся величина.

К.Форд

Урок 65/10. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

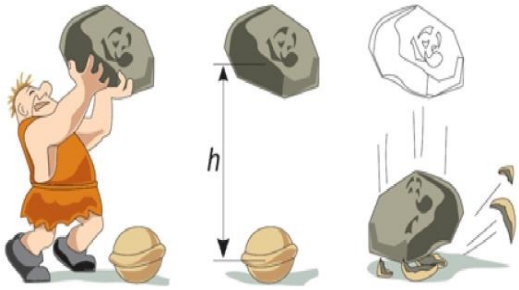
Мы точно знаем, что вся материя является энергией, сумма которой во Вселенной никогда не изменится, поэтому рассуждать мы будем о способах изменения ее формы.

Цель урока: Дать представление о законе сохранения полной механической энергии и сформулировать его.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

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



II. Опрос фундаментальный: Работа силы упругости.

Задачи.

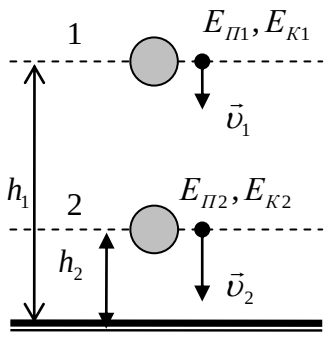
1. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы груз массой 1 кг, стоящий на столе, поднять на высоту 1 м при помощи резинового шнура, привязанного к телу? Жесткость шнура 10 Н/м. В начальном состоянии шнур не растянут, массой шнура можно пренебречь.
2. Брусок массы m покоится на горизонтальной плоскости. К нему прикреплена недеформированная пружина жесткостью k. Какую работу нужно совершить, чтобы сдвинуть с места брусок, растягивая пружину в направлении, составляющем угол α с горизонтом? Коэффициент трения между бруском и плоскостью μ.
3. Подвешенное на пружине однородное тело полностью погружено в жидкость. Определить энергию E упруго деформированной пружины, если ее жесткость k, объем тела V, плотность жидкости ρ_0, а материала тела ρ.
4. Пружина жесткости *k* прикреплена одним концом к неподвижной стенке. На другой ее конец вдоль пружины с начальной скоростью υ_0 налетает шар массы *m*. Какова наибольшая деформация сжатия пружины?

Вопросы:

1. В чем сходство работ, совершаемых силой упругости и силой тяжести?

2. Куда девается потенциальная энергия сжатой пружины после того, как ее растворили в кислоте?
3. Когда труднее растянуть пружину на 1 см, когда она не растянута или, когда она предварительно растянута?
4. В чем сходство работ, совершаемых силой упругости и силой тяжести?
5. В чем состоит "секрет" спортсменов-ходоков, способных двигаться долго и быстро, не очень утомляясь при этом?
6. Почему плохо стреляют и слишком туго натянутые и слишком слабо натянутые луки? Как подобрать наиболее подходящий лук?
7. Имеются две одинаковые пружины разной жесткости, которые растягивают на одинаковую длину. В каком случае работа будет больше? А если растягиваем одинаковой силой?
8. Гитару вынесли на мороз. Ее струны натянулись сильнее, значит, увеличилась их упругая энергия. За счет чего произошло это увеличение?
9. Сила упругости совершила работу 20 Дж. Как это понимать?
10. Постройте график потенциальной энергии пружины от величины ее растяжения.
11. Одну и ту же порцию горючего сжигают в примусе на уровне моря и в Гималаях, на высоте 8000 метров. Когда выделится больше энергии?
12. Одинаково ли будут идти часы с пружинным заводом на вершине горы и на морском побережье?

III. На прошлом уроке мы получили формулы для измерения работы, производимой силой тяжести и силой упругости. Выяснили, что работа этих сил не зависит от вида траектории (от чего она тогда зависит?), а при перемещении тела по замкнутой траектории равна нулю.



Такие силы называют **консервативными**, в отличие от **неконсервативных** сил (например, силы трения), работа которых при перемещении тела по замкнутому пути не равна нулю. Ясно, что потенциальная энергия может быть введена только для полей консервативных сил. **Рассмотрим теперь замкнутую систему тел, между которыми действуют только консервативные силы.** Примеры: искусственный спутник Земли, сталкивающиеся шары.

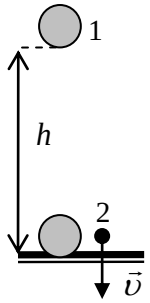
При взаимодействии этих тел изменяются их координаты и скорости, кинетическая и потенциальная энергии. Если, например, тело падает в поле тяготения Земли, то система, состоящая из тела и Земли, замкнутая и консервативная (движение Земли не учитывается). $A' = E_{п1} - E_{п2}$ - работа консервативной силы. $A_П = E_{К2} - E_{К1}$ - теорема о кинетической энергии. $A' = A_П$; $E_{П1} - E_{П2} = E_{К2} - E_{К1}$. →

$$E_{К1} + E_{П1} = E_{К2} + E_{П2} = E = \text{пост.}$$

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел (полная механическая энергия) замкнутой консервативной системы остается неизменной (Лейбниц), какие бы процессы не происходили в ней.

Консервативные силы (от лат. «conservare» — «сохранять») — силы, работа против которых не изменяет количество полной механической энергии тела.

Закон сохранения энергии связан с однородностью времени. Все законы природы **инвариантны** (то есть остаются неизменными) относительно времени!

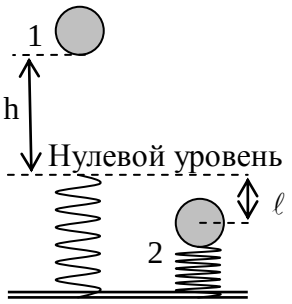


Пример 1. Если тело падает с высоты *h* без начальной скорости, то его скорость в конце падения $\upsilon = \sqrt{2gh}$ (показать):

$$mgh + E_{пз} + E_{кз} = \frac{m\upsilon^2}{2} + E_{пз} + E_{кз} \rightarrow mgh = \frac{m\upsilon^2}{2}.$$

Во всех остальных случаях мы не будем учитывать потенциальную и кинетическую энергию Земли, поскольку они не изменяются!

Пример 2. Шар массой 2 кг падает без начальной скорости с высоты 50 см на расположенную вертикальную пружину, которая при ударе сжимается. Если у пружины коэффициент жесткости 500 Н/м, то на какую максимальную длину сожмется пружина? Пружина невесома. Какую максимальную скорость будет иметь шарик?



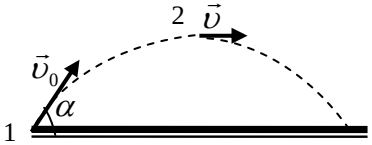
1 состояние: $E_{К1} = 0$, $E_{П1} = mgh$, $E_{ПП1} = 0$.

2 состояние: $E_{К2} = 0$, $E_{К2} = -mg\ell$, $E_{ПП2} = \frac{k\ell^2}{2}$.

$$E_{К1} + E_{П1} + E_{ПП1} = E_{К2} + E_{П2} + E_{ПП2} \rightarrow mgh = \frac{k\ell^2}{2} - mg\ell.$$

Пример 3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту:

$$\frac{m\upsilon_0^2}{2} = \frac{m\upsilon^2}{2} + mgh$$



IV. *Задачи.*

1. В джунглях Тарзан разбегается до скорости 8 м/с и цепляется за лиану, которая свешивается вертикально вниз с высокого дерева. На какую максимальную высоту он поднимется, раскачиваясь на лиане? Лиана невесома и нерастяжима.
2. Небольшой по размерам груз массы m_1 прикреплен к веревке длины L и массы m_2 лежащей на гладком горизонтальном столе. Под тяжестью груза веревка начинает соскальзывать через отверстие в столе без начальной скорости. Какова будет скорость веревки в момент, когда ее конец соскользнет со стола?
3. С какой начальной скоростью надо бросить мяч с высоты 1 м, чтобы он подпрыгнул на высоту 3 м? Удар упругий. Сопротивлением воздуха пренебречь.

4. Математический маятник массой m отклонили в горизонтальное положение и отпустили. Чему равно натяжение нити в нижнем положении?
5. Тело массой m подвешено к потолку с помощью легкой пружины жесткостью k и удерживается неподвижно в положении, в котором пружина не деформирована. В некоторый момент тело отпускают без толчка. Какой максимальной скоростью будет обладать тело в процессе дальнейшего движения?

Вопросы:

1. Тренируясь, штангист «взял» в рывке штангу. Одинаковые ли механические работы были произведены силой, приложенной к штанге, на первой и второй половине высоты подъема её?
2. Почему спортсмен в момент поднятия штанги всегда делает шаг вперед?
3. Предложите конструкцию измерителя жесткости пружин.
4. Штангист, держащий штангу над головой, все–таки совершает работу! А почему?
5. На некоторых американских горках используются механические катапульты. Как они действуют?
6. Человек спрыгнул с тележки, стоящей на горизонтальной поверхности, при этом тележка пришла в движение. Совершил ли человек работу?
7. Как определить жесткость пружины, пользуясь только линейкой.
8. Есть ли физическая ошибка в высказывании классного руководителя: «Чтобы потенциальные возможности стали кинетическими, над ними надо упорно работать»?
9. В чем различие между энергией и работой?
10. Тело брошено вертикально вверх со скоростью υ_0. Какова будет его скорость на половине максимальной высоты подъема?

V. § 48. Упр.27, № 1-5.

1. Построить график зависимости кинетической, потенциальной и полной энергии камня массой 1 кг, брошенного вертикально вверх, от времени.
2. Известно, что при прыжке с тарзанкой максимальная скорость в точке равновесия одного из смельчаков достигает величины 4 м/с. Он решает в 10 раз увеличить высоту прыжка. Какой будет его максимальная скорость в точке равновесия?
3. С площадки заднего вагона движущегося поезда человек бросает камень против движения поезда так, что камень отвесно падает на Землю. На что же была затрачена работа, совершенная человеком при броске, если в результате камень потерял кинетическую энергию, которой он обладал, двигаясь вместе с поездом?
4. Какой скорости должен достигать при разбеге чемпион по прыжкам в высоту; по прыжкам с шестом?
5. Санки скатились без трения с наклонной плоскости. Продемонстрируйте справедливость закона сохранения энергии в системе отсчета скатившихся санок.
6. Подготовить пантомиму «Закон сохранения импульса» (полной механической энергии).

Если с покоящимся телом соударяется одинаковое с ним тело, то ударившееся тело приходит в состояние покоя, а покоящееся тело приходит в движение со скоростью ударившегося об него.

Х. Гюйгенс

Урок 66/11. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ

Кинетические участники фандома обеспечивают движение фандома, создавая контент!

Цель урока: Показать, что применение законов сохранения энергии и импульса к упругому центральному удару позволяет определить конечные скорости, не зная сил.

Тип урока: решение задач.

Оборудование:

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

II. Опрос фундаментальный: 1. Закон сохранения полной механической энергии. 2. Применение закона сохранения механической энергии.

Задачи.

1. Начальная скорость пули 600 м/с, ее масса 10 г. Под каким углом к горизонту она вылетает из дула ружья, если ее кинетическая энергия в высшей точке траектории равна 450 Дж? Какова максимальная высота подъема пули?
2. Тело брошено вертикально вверх со скоростью 16 м/с. На какой высоте кинетическая энергия тела равна его потенциальной энергии?
3. С какой скоростью вылетает камень массой 20 г из рогатки при растяжении резинового жгута на 10 см, если для его растяжения на 1 см необходима сила 6 Н?
4. Гиря, положенная на верхний конец спиральной пружины, сжимает ее на $\Delta x = 20$ мм. На сколько сожмет пружину та же гиря, упавшая на конец пружины с высоты $h = 50$ см?
5. Прикрепленный к вертикальной пружине груз медленно опускается до положения равновесия, причем пружина растягивается на длину $\ell = 15$ см. На какую величину удлинится пружина, если предоставить тому же прикрепленному к пружине грузу опускаться свободно?

Закон Гука определяет, на какую длину растянется канат под весом прыгуна с тарзанкой. Рассчитать эту длину — дело необходимое, поскольку канат должен рвануть назад прыгуна, летящего в каньон, до того, как его голова врежется в камни.

6. Тележка скатывается по гладким рельсам, образующим вертикальную петлю радиуса R. С какой мини-

мальной высоты от нижней точки петли должна скатываться тележка для того, чтобы не покинуть рельсы по всей их длине (демонстрация).

7. Брусок массой М приводят в движение нитью, перекинутой через блок. К нити подвешена пружина с грузом массой m. Груз отпускают из положения, в котором нить не растянута. Какую минимальную массу должен иметь груз, чтобы брусок сдвинулся после рывка? Коэффициент трения бруска о стол равен μ.

Вопросы:

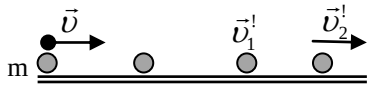
1. Могут ли внутренние силы изменять механическую энергию системы?
2. В какой точке параболической траектории тела, брошенного под углом к горизонту, его скорость минимальна?
3. При каких условиях механическую систему можно считать консервативной?
4. Один грузик подвешен на нерастяжимой нити, а другой – на жестком невесомом стержне такой же длины. Одинаковые ли минимальные скорости нужно сообщить грузикам в нижнем положении, чтобы они совершили полный оборот в вертикальной плоскости?
5. Какому роботу легче прыгать – миниатюрному или крупному? Почему?
6. Со дна озера всплывает пузырек воздуха. За счет чего увеличивается его потенциальная энергия?
7. Кабинка в американских горках нам большей части пути не приводится в движение электромотором. Как же она движется?
8. В деревянный массивный шар, висящий на легком подвесе, производится выстрел из винтовки в горизонтальном направлении. В каком случае угол отклонения подвеса от вертикали будет больше: если подвес стальной или резиновый?
9. Начертите графики потенциальной и кинетической энергии тела массой m, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью υ_0, от высоты подъема h.
10. Объясните, применив закон сохранения энергии, почему рекорд прыжка с шестом в высоту около 6 м.
11. Сила тяжести на Луне в шесть раз меньше, чем на Земле. Согласны ли вы с тем, что спортсмен, прыгающий на Земле на 2 метра, сможет взять на Луне высоту в 12 метров?

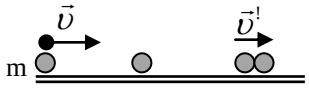
III. Удар – это столкновение двух и более тел, при котором их взаимодействие длится очень короткое время.

Самый простой случай – центральный удар двух шаров.

Задачи:

1. **Абсолютно упругий** и **неупругий** удары на примере взаимодействия двух шаров одинаковой массы из стали и из пластилина.





сталь

$m\upsilon = m\upsilon_{1X}' + m\upsilon_2'$

$m\cdot\upsilon^2/2 = m\cdot\upsilon_1'^2/2 + m\cdot\upsilon_2'^2/2$

$\upsilon_2' = \upsilon;\ \upsilon_1' = 0.$

пластилин

$m\upsilon = 2m\upsilon'$

$m\upsilon^2/2 = 2(m\upsilon^2/8) + Q$

$\upsilon' = \upsilon/2$

При **абсолютно упругом ударе** кинетическая энергия вообще не переходит в тепло, а скорость шара после удара точно равна скорости до удара. При **неупругом ударе** кинетическая энергия предмета частично или полностью теряется (переходит в тепло). Как мне сказал один студент: *«Неупругий удар, это когда все слиплось».*

Дома проведите опыты с упругими столкновениями двух одинаковых монет.

2. Шар массой *m* движется со скоростью υ и сталкивается с покоящимся шаром массой *M*. Определить скорости шаров после удара. Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.

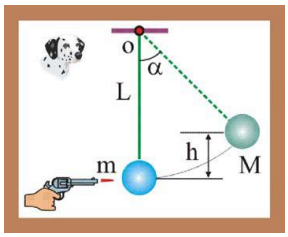
Решает учитель. Каков был бы ответ задачи, если бы налетающий шар имел массу 10 г, скорость 100 м/с, а покоящийся шар массу 10 кг?

Решение учителя: $m\upsilon = m\upsilon_{1x}' + M\upsilon_2' \rightarrow \upsilon = x + (M/m)\,y \rightarrow \upsilon = x + \alpha y.$

$m\upsilon^2/2 = m\upsilon_{1x}'^2/2 + M\upsilon_2'^2/2 \rightarrow \upsilon^2 = x^2 + \alpha y^2.$ $\upsilon_{1x}' = \upsilon - \dfrac{2M\upsilon}{m+M}, \upsilon_2' = \dfrac{2m\upsilon}{m+M}$. 1) Если m << M, то $\upsilon_2' = 0$, $\upsilon_{1x}' = -\upsilon$. Легкая частица при столкновении с тяжелой сильно изменяет свой импульс, почти не изменяя энергии! 2) Если m = M, то $\upsilon_2' = \upsilon$, $\upsilon_{1x}' = 0$! 3) Если m>> M (удар тяжелой теннисной ракеткой по легкому мячу, удар молекулы о стенку, капля дождя налетает на комара), то $\upsilon_{1x}' = \upsilon$, $\upsilon_2' = 2\upsilon$ (подача)! Какую скорость приобретет мяч при встречном ударе?

Высказывание: *"Губит людей не энергия, губит людей давление!"* – обсудить.

3. Пуля, летевшая горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в брусок, подвешенный на нити длиной 4 м, и застревает в нем. Определите угол α, на который отклонился брусок, если масса пули 20 г и масса бруска 5 кг. Нить невесома и нерастяжима.



4. Молот свайного копёра массой 1 т до удара по свае преодолевает расстояние 1,25 м. Удар происходит в течение 25 мс и молот при этом не отскакивает. Определим силу удара свайного копёра.
5. Брусок массы m, движущийся по гладкому столу со скоростью υ, налетает на невесомую пружину жесткостью k, прикрепленную к другому бруску массой M. Определите максимальную деформацию сжатия пружины.
6. Нейтрон массой m_0 ударяется о неподвижное ядро атома углерода $m = 12m_0$. Найти, во сколько раз уменьшится энергия нейтрона, если удар будет центральным и абсолютно неупругим (абсолютно упругим)? $E_{K0}/E_K = 13^2$. $E_{K0}/E_K = (13/11)^2$.

7. Два тела движутся равномерно по одной прямой навстречу друг другу. Первое тело массой 5 кг имеет скорость 4 м/с, а второе тело массой 15 кг имеет скорость 2 м/с. Какое количество теплоты выделится в виде тепла при неупругом соударении тел?

Вопрос: Несколько стальных шаров висят на нитках, касаясь друг друга. Если отклонить и отпустить один шар, то с другой стороны отлетит один шар, а не два, но в два раза медленнее. Почему?

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
(ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ)

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. Изобразите на рисунке систему взаимодействующих тел.
4. Выясните, является ли система тел замкнутой и консервативной.
5. Выберите начальное и конечное состояние рассматриваемой системы тел так, чтобы в число их параметров входили как известные, так и искомые величины.
6. Произвольно (часто в одном из состояний) выберите нулевой уровень отсчета потенциальной энергии.
7. Если на тело системы действуют только консервативные силы, написать закон сохранения полной механической энергии в виде: $Ек_1 + Еп_1 = Ек_2 + Еп_2$ и закон сохранения импульса (если надо).
8. Определить потенциальную и кинетическую энергию системы в каждом состоянии и, подставив их в уравнение закона сохранения энергии, решить уравнение относительно 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.

IV. Упр. 32, № 3, 6, 7. Подготовиться к выполнению лабораторной работы № 7.

1. При какой наименьшей скорости велосипедист может перевернуться через голову вместе с велосипедом, если переднее колесо застрянет, провалившись в щель?
2. На гладком столе лежит пружина массы m, жесткости k и длины ℓ. Какой станет длина пружины, если ее поставить на столе вертикально?
3. В ящик, наполненный газом тяжелых частиц с массой M, впрыскивается струя легких частиц массой m и с энергией: $E_1 = \frac{m\upsilon^2}{2} > E_к = \frac{MV^2}{2}$. Какие процессы будут происходить после закрытия ящика?
4. В книге Э.Распе "Приключения барона Мюнхгаузена" написано: "*Обе пушки грянули в один и тот же миг. Случилось то, чего я ожидал: в намеченной мною точке два ядра – наше и неприятельское – столкнулись с ужасающей силой, и неприятельское ядро полетело назад к испанцам. Наше ядро тоже не доставило им удовольствия…"* Возможно ли описанное здесь явление, если при соударении ядра не разорвались?
5. Оценить размер камня, для которого дальность выстрела из рогатки была бы максимальной. Сопротивлением воздуха пренебречь (задача Капицы).
6. В неподвижный шар ударяется не по линии центров другой такой же шар. Под каким углом разлетятся шары, если они абсолютно упругие и абсолютно гладкие?
7. Почему капли дождя не сбивают комаров с курса, ведь масса капли почти в 50 раз больше массы среднего комара.

Тайна – это всего лишь задача, которую нужно решить.
Вильям Крукс

Урок 67/12.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6: «ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ».

Наука началась тогда, когда в хаосе случайных фактов научились выделять простые закономерности.

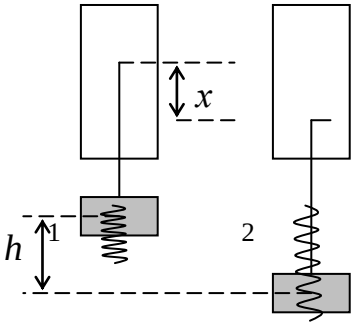
Цель работы: Проверить справедливость закона сохранения полной механической энергии экспериментально.

Тип урока: лабораторная работа.

Оборудование: динамометр, линейка измерительная, груз из набора по механике (масса груза 0,100 ± 0,002 кг), штатив с муфтой и лапкой.

План урока:
1. Вступительная часть
2. Краткий инструктаж
3. Выполнение работы
4. Задание на дом

II. *Краткая теория.* Если предоставить прикрепленному к пружине грузу возможность опускаться свободно, то пружина растянется на длину x. Измерив среднее растяжение пружины ($x_{ср} = h$), можно рассчитать потенциальную энергию груза в 1 состоянии системы ($E_П = mgh = E_1$) и потенциальную энергию пружины во 2 состоянии системы ($E_{ПП} = \frac{kx_{ср}^2}{2} = E_2$), а также установить справедливость закона сохранения полной механической энергии с допустимой в данном опыте точностью.



$$k = \frac{mg}{\ell};\ \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta \ell}{\ell}.$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta E_1}{E_1} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta x_{ср}}{x_{ср}};\ \varepsilon_2 = \frac{\Delta E_2}{E_2} = \frac{\Delta k}{k} + \frac{\Delta g}{g} + 2\frac{\Delta x_{ср}}{x_{ср}},\ \Delta x_{ср} = \frac{\Delta x}{\sqrt{N}}.$$

III. ***Ход работы.***

№ п/п	x, м	$x_{ср} = h$	Δx	E_1	ε_1	k	Δk	E_2	ε_2
1.									
2.									
…									
5.									

IV.

1. Возьмите маленький и большой резиновые мячи. Поставьте маленький мяч сверху на большой мяч и одновременно отпустите их. Как поведут себя мячи после удара о пол? Почему? Как падающие мячики связаны с гравитационным манёвром?
2. Вдоль длинной тонкой вертикальной струны соскальзывают вниз один за другим три шара, расположенные на малых расстояниях друг от друга. Нижний шар имеет массу 10 кг, следующий 100 г, а последний 1 г. Оцените, на какую высоту подскочит верхний шар, если нижний шар перед ударом о пол имел скорость 1 м/с, а все удары можно считать упругими абсолютно (сверхупругий удар).

Дополнительная информация. Характерный щелчок при правильном взмахе длинного кнута, так хорошо знакомый любителям фильмов про Зорро и Индиану Джонса, возникает, когда кончик кнута преодолевают звуковой барьер. Порождаемая при этом небольшая ударная

звуковая волна движется быстрее скорости звука. Почему это происходит? Пробка из бутылки шампанского вылетает со скоростью около 20 м/с, при этом поток газа оказался намного быстрее — его скорость до 400 м/с. Ударная волна создается сверхзвуковой струей газа и создает характерный хлопок.

Ничто из того, что есть, не может быть уничтожено. Всякое изменение есть только соединение и разделение частей.
Демокрит

Урок 68/13. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ТЕЛА В ПОЛЕ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ (ОБЩИЙ СЛУЧАЙ). РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ.

Каков предельный размер астероида, с которого еще можно спрыгнуть в космос?

Цель урока: Развить представления учащихся о потенциальной энергии и применить это понятие к наиболее привычному для человека силовому полю – полю силы тяжести.

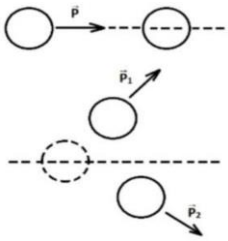
Тип урока: комбинированный.

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

II. Опрос фундаментальный: закон сохранения полной механической энергии.

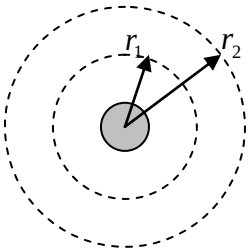
Задачи.

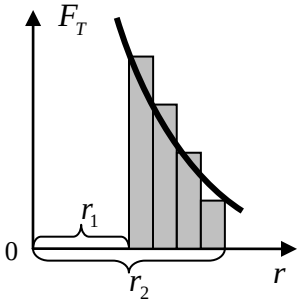
1. На пути тела массой m, скользящего по гладкой плоскости, находится гладкая горка высотой H и массой M. При какой минимальной скорости u тело сможет преодолеть горку? Горка может скользить без трения по плоскости, не отрываясь от нее.



2. Камень для керлинга скользит без трения по льду с импульсом 5 кг·м/с и в какой-то момент сталкивается с другим покоящимся камнем той же массы. После удара камни разлетелись под углом 90^0 как показано на рисунке. Определите импульс второго камня после соударения, если импульс первого камня уменьшился до 4 кг·м/с, а удар камней был абсолютно упругим.

III. При выводе формулы для потенциальной энергии тела вблизи поверхности Земли мы предполагали, что сила тяжести постоянна и равна *mg*. Изменение силы тяжести с высотой $F_т = G\frac{Mm}{r^2}$.





Работа внешней силы по перемещению тела с одной эквипотенциальной поверхности на другую: $A = E_{п2} - E_{п1} = F_{т1}\,\Delta r_1 + F_{т2}\,\Delta r_2 \pm \ldots + F_{тN} r_N = GmM\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = -GmM\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$. $E_П = -\frac{GmM}{r}$. При h‹‹R, имеем: $E_П = -GmM/R(1 + h/R) = -GmM/R(1 - h/R) = -GmM/R + GmMh/R^2 = -GmM/R + mgh$. **Потенциальная энергия тела в гравитационном поле Земли отрицательна (связанное состояние).** При $r \to \infty$, $E_П \to 0$. **Полная энергия тела в гравитационном поле:** $E = E_K + E_п = \frac{m\upsilon^2}{2} - \frac{GmM}{r}$. Покоящееся тело, находящееся на бесконечном удалении от Земли или любого другого массивного тела, обладает нулевой полной энергией!

Какую минимальную энергию необходимо сообщить телу на поверхности Земли, чтобы его полная энергия стала положительной (свободное состояние)? $E_{Kmin} = G\frac{mM}{r_3}$.

Вторая космическая скорость: $\frac{m\upsilon_2^2}{2} = G\frac{mM}{r_3} \to \upsilon_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r_3}} = 11{,}2$ км/с.

Вторая космическая скорость – наименьшая скорость, которая должна быть сообщена всякому телу, чтобы оно могло покинуть Землю безвозвратно.

Какая минимальная энергия необходима для вывода спутника на круговую орбиту вблизи поверхности Земли? $\frac{m\upsilon_1^2}{r_3} = G\frac{mM}{r_3^2} \to \frac{m\upsilon_1^2}{2} = G\frac{mM}{2r_3}$ (в два раза меньшая энергия).

Первая космическая скорость (повторение): $\upsilon_1 = \sqrt{\frac{GM}{r_3}}$; $\upsilon_2 = \upsilon_1\sqrt{2}$.

Вопросы: 1) Когда расходуется больше энергии — при запуске спутника вдоль меридиана или вдоль экватора?

2) Космический аппарат, располагаясь на круговой солнечной орбите, включил двигатели и увеличил свою скорость в 1,5 раза. Какой стала его новая орбита? гиперболической

3) Какая минимальная энергия необходима для перевода спутника с круговой орбиты в свободное состояние (энергия связи)? $E_{св} = G\frac{mM}{2r_3}$.

IV. *Задачи*:

1. При выводе спутника на круговую орбиту, проходящую вблизи поверхности Земли, была совершена работа $3{,}2 \cdot 10^{10}$ Дж. Найти массу спутника.
2. Каковы первая и вторая космическая скорости для планеты, масса и радиус которой в два раза больше, чем у Земли? А если радиус в четыре раза меньше при той же массе? Черные дыры (обсуждение).
3. Метеор на высоте 720 км над поверхностью Земли имел скорость 85 м/с. После падения на Землю вертикально вниз он остановился, зарывшись в песок на 3 м в глубину. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите: а) скорость метеора непосредственно перед ударом в песок; б) работу, которую произвел песок при торможении метеора (масса метеора 600 кг; в) среднюю силу, действовавшую на метеор со стороны песка; г) количество выделившегося тепла.
4. Спутник запускается на полюсе Земли строго вертикально с первой космической скоростью. На какое максимальное расстояние от поверхности Земли удалится спутник?
5. Искусственный спутник Земли находится на круговой орбите высотой 200 км. Включается двигатель, и скорость спутника возрастает на 5 км/с. В результате он улетает в межпланетное пространство. Найдите скорость спутника вдали от Земли. Радиус Земли равен 6370 км, ускорение свободного падения у поверхности Земли 9,8 м/с^2.
6. Лунтик у себя на Луне выстрелил из рогатки вертикально вверх, и камень поднялся на высоту $0{,}7 \cdot R_л$. Лунтик растянул рогатку сильней, и второй камень поднялся в 10 раз выше. Во сколько раз растяжение резины в рогатке было больше при втором выстреле?

Вопросы:

1. Кинетическая энергия спутника на круговой орбите положительна. А какова по знаку его полная механическая энергия?
2. В каком случае требуется больше затрат энергии для вывода ракеты за пределы тяготения планеты – при запуске ракеты с поверхности планеты или с круговой орбиты?
3. Женский или мужской экипаж экономичнее отправлять в межпланетную экспедицию?

4. Какую скорость имела бы Земля перед падением на Солнце, если бы вдруг движение ее по орбите прекратилось? Как долго падала бы Земля в этом случае на Солнце?
5. Чем больше сопротивление, которое оказывает разреженный газ на спутник при его движении, тем быстрее увеличивается скорость спутника. Объясните этот аэродинамический парадокс.

V. Доказать, что отношение работы, необходимой для вывода спутника на круговую орбиту радиуса r, к его кинетической энергии, равно 2 H/r.

Дополнительный материал: Чтобы разорвать путы солнечного притяжения, мы должны сообщить кораблю параболическую скорость относительно Солнца: $\upsilon_{пар} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot G \cdot M}{r_{орб}}} = 42{,}1$ **км/с.**

Но Земля сама движется со скоростью $\upsilon_{орб} = 29{,}8$ **км/с.** $\upsilon_{пар} = \sqrt{2} \cdot \upsilon_{орб}$**.** Выведем третью и четвертую космическую скорости! ***Не надо плакать!***

Поэтому минимальная скорость, позволяющая в принципе долететь до любого объекта за пределами Солнечной системы и лежащего в плоскости орбиты Земли (**третья космическая скорость**) равна: $\upsilon_3 = \sqrt{\upsilon_2^2 + (\upsilon_{пар} - \upsilon_{обр})^2} = 16{,}7$ км/с.

Четвертая космическая скорость - минимально необходимая скорость тела, позволяющая преодолеть притяжение галактики в данной точке. По оценкам составляет около 550 км/с!

Черные дыры: $\upsilon_2 = \sqrt{\dfrac{2GM}{R}} = c \rightarrow R_{гр} = \dfrac{2GM}{c^2}$ – с объекта такого радиуса (гравитационный радиус) не улетит даже свет! Упасть в черную дыру можно, а вот выбраться из нее — нет, даже если очень сильно захотеть. Вы не успеете даже крикнуть "мама!".

Среди физиков вера в законы сохранения была так сильна, как если бы они представлялись очевидными.
Е. Вигнер

Во всех случаях трение служит образцом, которому подражают разнообразные необратимые явления…
А. Пуанкаре

Урок 69/14.

РАБОТА СИЛЫ ТРЕНИЯ

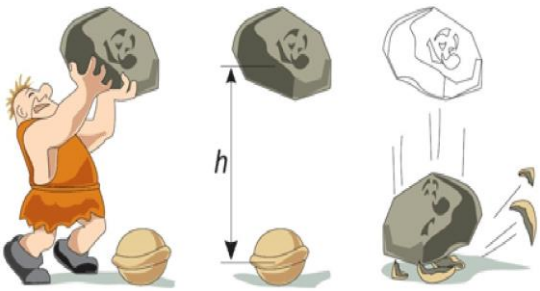
Истины в науке доказываются, а явления - объясняются.

Цель урока: Показать, что трение уменьшает полную механическую энергию замкнутой системы тел, однако ее полная энергия остается неизменной.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

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



II. *Задачи*.

1. Трубка с каплей эфира подвешена на легком стержне длиной 1 м. С какой скоростью должна вылететь пробка после подогревания эфира чтобы трубка

сделала полный оборот в вертикальной плоскости? Масса пробки 20 г, масса трубки 100 г.

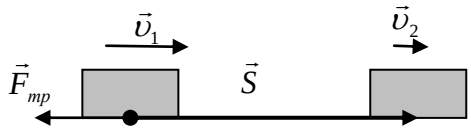
2. К потолку привязан резиновый шнур, свободный конец которого находится на высоте h над полом. Если подвесить к нему небольшой тяжелый груз, который затем плавно опустить, то конец шнура с грузом опустится на расстояние h/3. На какую наименьшую высоту над полом надо затем поднять груз, чтобы после того, как его отпустят, он ударился о пол?
3. Найти наибольшую силу давления человека на качели, если его масса 70 кг, а наибольший угол отклонения качелей от вертикали 60^0.
4. Пуля массой m_1, летящая горизонтально, попадает в деревянный шар массой m_2, висящий на нити длиной ℓ, и застревает в нем. При какой минимальной скорости пули шар может сделать один полный оборот в вертикальной плоскости?
5. Веревка выдерживает двух восьмиклассников, висящих на ее конце. Выдержит ли веревка, если один восьмиклассник начнет раскачиваться на ней с отклонением на 45^0?
6. Легкий шарик начинает свободно падать и, пролетев расстояние 1,25 м, сталкивается абсолютно упруго с тяжелой плитой, движущейся вверх со скоростью 2,5 м/с. На какую высоту подпрыгнет шарик после удара?
7. Грузы массами 10 кг и 15 кг подвешены на нитях длиной 2 м так, что они соприкасается между собой. Меньший груз был отклонен на угол 60^0 и отпущен. На какую высоту поднимутся грузы после неупругого удара?
8. На неподвижный шар массы M налетает со скоростью υ другой шар. В результате упругого удара шар массы m отлетел со скоростью $u = m\upsilon/M$. Правильное ли это утверждение?

Вопросы:

1. Можно ли определить скорость пули, выстрелив из винтовки в контейнер с песком?
2. Двум одинаковым телам сообщают равные скорости, направленные под одним и тем же углом к горизонту. Одно тело находится после броска в свободном движении, а другое движется без трения по прямой трубе. Какое тело поднимется на большую высоту?
3. Как объяснить, что двигавшийся биллиардный шар при лобовом столкновении останавливается, а неподвижный шар движется вперед?
4. Когда ружье стреляет дальше, когда оно закреплено в станке или, когда оно укреплено на подвеске?
5. Почему при абсолютно упругом соударении шарика со стенкой импульс шарика изменяется, а кинетическая энергия не меняется?
6. Чем отличается абсолютно упругий удар от абсолютно неупругого удара?

7. На тележку, движущуюся со скоростью υ, опускают с небольшой высоты кирпич. Изменится ли кинетическая энергия тележки?
8. 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?
9. Тело массой m, движущееся со скоростью υ, упруго ударяется о покоящееся тело массой M. В каком случае первое тело отскочит назад? остановится? будет продолжать движение в том же направлении?
10. Воздушный шар, удерживаемый веревкой, поднялся на высоту H. Как изменилась потенциальная энергия системы шар - воздух - Земля?
11. На нити подвешен шарик. Нить приводят в горизонтальное положение и затем отпускают шарик. В какой точке траектории его ускорение направлено вверх; вертикально вниз; горизонтально?
12. На горизонтальной плоскости покоится шар. С ним сталкивается другой шар такой же массы. Удар абсолютно упругий и нецентральный. Определите угол, под которым разлетятся шары после удара.

III. Возникновение силы трения при относительном движении соприкасающихся тел. Направление силы трения скольжения всегда противоположно направлению скорости, а, следовательно, и направлению перемещения.



Поэтому **работа силы трения скольжения всегда отрицательна** ($A = -F_{тр}S$) и при перемещении тела по замкнутому пути не равна нулю (неконсервативная сила). **Работа силы трения покоя может быть, как положительной** (ходьба, движение автомобиля, кирпич на ленте транспортера), **так и отрицательной** (спуск с горки без проскальзывания).

Если при движении тела работу совершает только сила трения скольжения (рисунок на доске), то для вычисления работы можно воспользоваться теоремой о кинетической энергии: $A = A_п = E_{K2} - E_{K1} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2}$. Поскольку $A < 0$, то $\upsilon_2 < \upsilon_1$ и $-F_{TP} \cdot S = \frac{m\upsilon_2^2}{2} - \frac{m\upsilon_1^2}{2} \rightarrow \frac{m\upsilon_1^2}{2} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} + F_{TP} \cdot S$ (чем больше S, тем меньше $E_{к2}$). Пройдя некоторое расстояние, тело остановится совсем ($\upsilon_2 = 0$): $\frac{m\upsilon_1^2}{2} = F_{тр} \cdot S_{тор}$. Куда делась механическая энергия тела (демонстрация)?! Исчезла?! Другие примеры «исчезновения» механической энергии: падение мяча с высоты h, удар молотком по куску свинца, забивание гвоздя ударом молотка, колебания маятника. Маятник воздействует на молекулы воздуха и расталкивает их в стороны. Энергию невозможно уничтожить!

Нет! **Механическая энергия не исчезает, а переходит во внутреннюю энергию!** Теплота представляет собой особую форму энергии и должна учитываться

в законе сохранения и превращения энергии! Для того чтобы сформулировать общий закон сохранения энергии, физикам помимо тепловой пришлось признать существование электрической, химической и других видов энергии. При этом было установлено, что полная энергия замкнутой системы, являющейся суммой кинетической, потенциальной и других видов энергии, сохраняется:

$$\mathbf{E_{к1} + E_{п1} + (другие\ виды\ энергии)_1 = E_{к2} + E_{п2} + (другие\ виды\ энергии)_2.}$$

При любых процессах полная энергия замкнутой системы не увеличивается и не уменьшается (никуда не девается и не берется из ничего). Энергия может превращаться из одного вида в другой и передаваться от одного тела к другому, но ее полная величина остается неизменной. В нашем примере:

$$E_{к1} + E_{п1} + U_1 = E_{к2} + E_{п2} + U_2 \rightarrow \frac{m\upsilon_1^2}{2} = \frac{m\upsilon_2^2}{2} + \Delta U \rightarrow \quad \Delta U = F\text{тр}\cdot S$$

Энергия обладает тремя важнейшими свойствами: во-первых, она может проявляться в различных формах; во-вторых, различные виды энергии могут переходить друг в друга; в-третьих, при любых физических процессах полная энергия в замкнутой системе сохраняется.

Дополнительная информация. Например, в текстильной промышленности на трение расходуется до 80% потребляемой энергии. Все вокруг стремится к беспорядку. Любой процесс перехода энергии из одной формы в другую должен сопровождаться потерей некоторой ее части в виде теплоты, так как стопроцентная эффективность преобразования невозможна.

После популярной лекции одна из слушательниц обратилась к лектору с вопросом:

- *Господин профессор, я поняла, что энергия сохраняется, но где именно?*

Хочется сразу отметить, что физика до сих пор не может до конца определиться с тем, что есть такое энергия на самом деле!

Дополнительная информация. Безынерционный молоток (безоткатный, космический молоток) — специализированный молоток, основным свойством которого является отсутствие отдачи. В космосе отскок обычного молотка от поверхности неудобен и даже опасен. Ударная часть специального космического молотка полая, в полость насыпаны металлические шарики или иной сыпучий материал, например, дробь или песок.

Дополнительная информация. Электроны в каждом атоме обладают определенной электрической потенциальной энергией, зависящей от их места в атоме. После объединения атомов в молекулы эти же электроны будут обладать уже другой энергией, обусловленной их новым положением. Обычно суммарная энергия до и после химического взаимодействия не одинакова. Энергию, обеспечивающую возможность такого изменения электронной конфигурации атомов, мы называем **химической потенциальной энергией.**

IV. *Задачи.*

1. Стальной шарик массой 20 г, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 81 см. Определите количество теплоты, выделившееся во время удара.
2. Тело массой 10 кг брошено с высоты 100 м вертикально вниз со скоростью 14 м/с. Определите среднюю силу сопротивления грунта, если тело углубилось в песок на 0,2 м. Сопротивление воздуха не учитывать.
3. В аэропорту при спуске с наклонного трапа отпустили без начальной скорости чемодан на колесиках. Определите конечную скорость чемодана, кото-

рую он достиг в конце спуска. Угол наклона трапа к горизонту 18^0, а его длина 12 м. Коэффициент трения между колесиками и поверхностью трапа равен 0,1.

$E_2 - E_1 = A + Q$ – изменение полной механической энергии тела равно работе всех действующих на нее неконсервативных сил.

Вопросы:

1. Всегда ли в замкнутой системе полная механическая энергия сохраняется?
2. Почем стальной шарик хорошо отскакивает от мраморной плиты и хуже – от асфальта?
3. Как зависит длина тормозного пути от скорости движения автомобиля?
4. Сравните тормозные пути порожнего и груженого автомобиля.
5. Почему при скольжении соприкасающиеся поверхности нагреваются?
6. Ньютон – школьник победил на соревнованиях по прыжкам в длину, потому что выждал момент, когда ветер помогал ему. Почему это удалось?
7. В какой вид энергии превращается потенциальная энергия падающего в жидкости тела?
8. Во сколько раз возрастает время торможения при увеличении скорости в два раза?
9. Санки массой m скатываются с горы высотой H и останавливаются. Оцените работу, которую нужно совершить, чтобы затащить санки от точки остановки на вершину горы.
10. В каком случае космический корабль многоразового использования нагревается сильнее – при взлете или при спуске?

V. § 49, упр.28, № 2-6

1. Определите коэффициент трения бруска о плоскость, не имея динамометра.
2. Тело свободно падает с высоты H над поверхностью земли. Постройте график зависимости его потенциальной, кинетической и полной энергии в зависимости от высоты тела над землей.
3. Предложите конструкцию прибора для измерения скорости пуль и снарядов (баллистический маятник).
4. Если уронить мячик от настольного тенниса на пол, он подпрыгнет. Исследуйте этот процесс, если мячик наполнить жидкостью. Как характер соударения будет зависеть от количества жидкости в мяче, рода жидкости и других существенных параметров?
5. Прижатый к твердой поверхности и внезапно отпущенный упругий обруч может подпрыгнуть в воздухе. Исследуйте, как высота прыжка зависит от подходящих параметров.
6. Изучите центральный удар пятикопеечной монеты массой 2,56 г с однокопеечной монетой массой 1,46 г. Установите, какая доля кинетической энергии налетающей частицы переходит в тепло при столкновении.

Тайна – это всего лишь задача, которую нужно решить.

Вильям Крукс

Урок 70/15.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

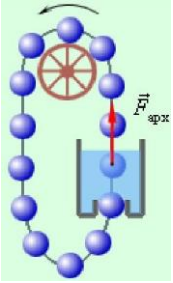
На что мы расходуем энергию при ходьбе?

Цель урока: Показать, что применение закона сохранения энергии позволяет легко решать задачи, которые с трудом решались динамическим методом, а также определить изменение внутренней энергии замкнутой системы.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование: микрокалькулятор.

План урока:

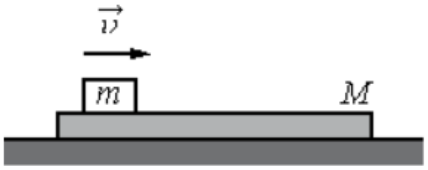


1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Решение задач
4. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Работа силы трения. 2 Закон сохранения энергии.

Задачи.

1. Какая сила необходима для вытаскивания из доски гвоздя длиной 120 мм, если он забит двенадцатью ударами молотка массой 0,5 кг при скорости молотка перед ударом 5 м/с? Силу сопротивления считать не зависящей от направления движения.
2. С горки высотой 2 м и основанием 5 м съезжают санки, которые останавливаются, пройдя горизонтально путь 35 м от основания горы. Найти коэффициент трения.
3. Какой высоты обледенелую горку с углом наклона α может преодолеть брусок, если его начальная скорость у подножья υ, а коэффициент трения бруска о лед μ?
4. Автомобиль с полным приводом въезжает на обледенелую горку, поверхность которой образует угол α с горизонтом. Какой высоты горку сможет преодолеть автомобиль, если его начальная скорость у подножья υ, а коэффициент трения колес о лед μ?
5. На гладкой горизонтальной плоскости находится длинная доска массой M = 2 кг. По доске скользит шайба массой m. Коэффициент трения между шайбой и доской μ= 0,2. В начальный момент времени скорость шайбы υ_0 = 2 м/с, а доска покоится. В момент τ = 0,8 с шайба перестаёт скользить по доске. Чему равна масса шайбы m?



Вопросы:

1. Человек бежит по беговой дорожке и при этом остается на одном месте. На что он расходует энергию?
2. Как с помощью линейки измерить коэффициент трения скольжения?
3. Каким образом рессоры смягчают движение кузова?

4. При абсолютно упругом ударе свободно падающий шарик отскакивает от земли на ту же высоту, при абсолютно неупругом ударе – не отскакивает вообще! Почему?
5. Тело массы m = l,0 кг брошено вверх с начальной скоростью υ_0= 10 м/с. Высота подъема тела оказалась равной h = 4,0 м . Найти по этим данным работу силы сопротивления воздуха A_c.
6. Сила трения совершила работу 30 Дж. Как это понимать?
7. Перед тем как взлететь, ночная бабочка довольно долго подрагивает крылышками. Зачем?
8. Если обойти школу с мешком картошки на плечах, то моя работа будет равна нулю. Так ли это?
9. Произведенная работа показывает, какая энергия передается от одного физического объекта (какого?) к другому (какому?) при их взаимодействии. Приведите примеры.
10. В каких случаях кинетическая энергия системы тел изменяется, а суммарный импульс остается постоянным?
11. Винтовка большего или меньшего калибра лучше для снайперской стрельбы на большое расстояние?

III. *Задачи.*

1. По небольшому куску мягкого железа, лежащего на наковальне массой 300 кг, ударяется молот массой 8 кг. Определите КПД удара, если удар неупругий. Полезной считать энергию, затраченную на деформацию заготовки.
2. Пуля массой 9 г, летевшая вертикально вверх со скоростью 200 м/с, пробила лежавшую на двух столах доску массой 0,27 кг, при этом доска подпрыгнула на высоту 0,2 м над уровнем столов. Какое количество теплоты выделилось при прохождении пули через доску?
3. Баржа плыла под мостом со скоростью u = 6 м/с, когда на нее с моста плавно опустили мешок с цементом. Мешок заскользил по палубе и оставил след длиной s = 3 м. Второй мешок при спуске сорвался и упал на палубу. С какой минимальной высоты h сорвался мешок, если он не скользил и не оставил следа? $h = \frac{2gS}{u^2} = 1{,}7$ м.
4. На катке навстречу друг другу едут хоккеист массой m_1 = 90 кг и судья массой m_2 = 60 кг, их скорости равны υ_1 = 5 м/с и υ_2 = 3 м/с соответственно. Происходит абсолютно неупругий удар. Сколько тепла выделится в результате такого столкновения?
5. На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массой M = 2 кг. На

доске находится брусок массой m = 1 кг. Коэффициент трения между доской и бруском μ = 0,5. Бруску сообщают скорость υ_0 = 3 м/с вдоль доски. Определите: а) скорость доски с бруском, когда проскальзывание прекратится; б) время скольжения бруска по доске; в) какое расстояние пройдет доска за время проскальзывания бруска; г) на какое расстояние относительно доски сместится брусок за время проскальзывания.

IV.

1. Почему удар молотком по наковальне, лежащей на груди у человека, не вызывает ощущения боли?
2. Почему очень легкое тело очень трудно бросить на большое расстояние?
3. Камень и теннисный мяч ударяют палкой. Почему мяч при прочих равных условиях летит дальше камня?
4. Два кузнеца обрабатывают кусок железа. Сначала его кладут на наковальню и бьют молотком по очереди, потом подвешивают к потолку и бьют одновременно с разных сторон. Сила удара кузнеца одна и та же в обоих случаях. В каком случае кусок железа больше нагреется за один удар?
5. Утверждают, что при забивании гвоздя он входит в дерево на разную глубину в начале и в конце процесса. Так ли это и почему?
6. Оцените количество теплоты, выделяющееся при экстренном торможении современного грузового железнодорожного состава.

Физик спрашивает у математика:

- Слушай, почему у поезда колеса круглые, а когда он едет, они стучат?

- Это элементарно, физик! Формула круга πr^2, так вот этим квадратом как раз и стучит!

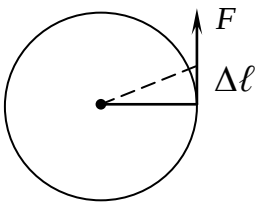
Студенческая шутка

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ: КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТЕЛА.

С горки одновременно скатываются диск и кольцо. Что скатится быстрее?

Тело, движущееся поступательно, обладает кинетической энергией. Если тело только вращается вокруг оси, то оно также обладает энергией, поскольку способно совершить работу (пример с маховиком). Эту энергию называют кинетической энергией вращения. По аналогии с поступательным движением получим формулу для кинетической энергии вращающегося тела: $E_K = \frac{I\omega^2}{2}$. Докажем справедливость этого соотношения для твердого тела, вращающегося вокруг некоторой оси: $E_K = \sum \frac{1}{2} m_i \upsilon_i^2 = \frac{1}{2}\sum mi\omega^2 R_i^2 = \frac{1}{2}\omega^2 \sum m_i R_i^2 = \frac{I\omega^2}{2}$.

Если ось вращения не закреплена, то формула для кинетической энергии вращения может принимать более сложный вид. Проведем аналогию дальше. Пусть к диску по касательной к его ободу (демонстрация) приложена сила F. За малый промежуток времени Δt эта сила вызовет перемещение Δℓ и, следовательно, совершит работу: $A = F\Delta\ell = FR\Delta\varphi = M\Delta\varphi$. Работа этой силы идет на увеличение кинетической энергии диска: $M\Delta\varphi = \frac{I\omega^2}{2} - \frac{I\omega_0^2}{2}$ (теорема о кинетической энергии).



Формула для мощности приобретает вид: $N = \frac{A}{t} = M\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = M\omega$.

Если тело вращается, и при этом его центр масс перемещается поступательно, то оно обладает как кинетической энергией поступательного, так и вращательного движения. Полная кинетическая энергия тела равна сумме кинетической энергии поступательного движения его центра масс и кинетической энергии его вращения относительно центра масс:

$$\mathbf{E_К = E_{К.пост} + E_{К.вращ}}$$

— Что делать, если все надоело?

— Взглянуть на мир иначе.

Таким образом, если вращающийся объект продолжает вращаться бесконечно долго, это означает, что он может исполнять роль хранилища энергии. Маховое колесо может вращаться очень долго. А поскольку с вращением связана дополнительная энергия, оно может ее запасать. **Маховик (*маховое колесо*)** — массивное вращающееся колесо, использующееся в качестве накопителя (инерционный аккумулятор) кинетической энергии.

Задачи:

1. Твердый шар массой *M* и радиусом *R* скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости высоты H из состояния покоя. Чему будет равна скорость этого шара у основания наклонной плоскости?
2. Маховик диаметром 40 см и массой 25 кг может накопить 10 кВт·ч энергии. С какой угловой скоростью он должен вращаться?
3. Шест высотой 5 м удерживается в равновесии, стоя вертикально на одном из своих концов. Чему будет равна скорость верхнего конца шеста непосредственно перед тем, как он коснется земли? Считать, что нижний конец шеста не скользит.
4. Маховик в виде кольца массы *m* и радиуса *R* с невесомыми спицами раскрутили до угловой скорости ω. Из-за трения он остановился. Найдите момент силы трения, если маховик остановился через время *t*; если маховик до полной остановки сделал *N* оборотов?
5. Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с, вращаясь около продольной оси с частотой 3000 $с^{-1}$. Принимая пулю за цилиндр диаметром 8 мм, определите полную кинетическую энергию пули.
6. Обруч, раскрученный в вертикальной плоскости и посланный по полу рукой гимнастки, через несколько секунд сам возвращается к ней. Определите коэффициент трения между обручем и полом, если начальная скорость центра обруча равна υ, а расстояние, на которое откатывается обруч, равно L.

Вопросы:

1. При приземлении самолета можно наблюдать, что в момент касания колеса с посадочной полосой появляется легкий дымок. Почему?
2. Известно, что для того, чтобы отличить сырое яйцо от яйца, сваренного вкрутую, достаточно попытаться закрутить его на столе. Вареное яйцо крутится долго. А вот сырое — почти сразу же остановится. Объяснить, на чем основан этот способ.
3. Почему жонглер, поставив на нос длинный шест, может двигаться с ним по сцене? Почему такое нельзя сделать с карандашом?
4. Почему вареное яйцо сначала вращается «лёжа» , а потом «стоя»?
5. Энергия вращения обратно пропорциональна квадрату периода. Так ли это?
6. В лежащем на горизонтальном столе кубике застревает горизонтально летевшая пуля. Будет ли зависеть начальная скорость бруска от того, в какую точку попадет пуля?
7. Шар и сплошной цилиндр одинаковых масс из одного и того же материала, катятся без скольжения с одинаковой скоростью. Определить, во сколько раз отличаются их кинетические энергии.
8. С наклонной плоскости скатываются две одинаковые бутылки, имеющие одинаковые массы, наполненные одна водой, а другая – смесью песка с древесными опилками. Почему бутылка с водой скатывается быстрее?

9. При игре в бильярд два шара оказались напротив лузы. Опытный игрок тихим «накатом» укладывает в нее два шара, а новичок бьет сильно и забивает только один шар. Почему?
10. В лаборатории была изготовлена точная копия турбины, уменьшенная в 10 раз. Во сколько раз кинетическая энергия вращения ее ротора меньше кинетической энергии вращения ротора оригинала, если их угловые скорости одинаковы?
11. Покажите, что колесо на наклонной плоскости разгоняется медленнее, чем тело, которое просто соскальзывает.
12. Если шар, гладкий куб и цилиндр одинаковой массы будут одновременно пущены вниз по гладкой наклонной плоскости, что первым очутится внизу?
13. Перед Олимпиадой-2018 главный тренер сборной России по керлингу обратился к физикам с заданием: «Исследовать и определить, какой диск, совершающий вращение вокруг оси или не совершающий, пройдет больший путь до своей полной остановки, если: а) начальные поступательные скорости центров равны; б) механические энергии дисков равны». А как вы думаете, какой диск проедет дальше и почему?

Дополнительный материал (аккреция вещества): Для того, чтобы вещество «упало» с далекой орбиты на ближнюю (то есть чтобы происходила аккреция), веществу необходимо как-то «потерять» момент импульса. Чтобы «запустить» аккрецию, к модели кеплеровского диска нужно добавить что-нибудь еще - какую-нибудь силу трения (вязкость) между слоями или неустойчивость.

Все есть число и числа правят миром.
Пифагор

Урок 71/16.

МОЩНОСТЬ

Как трогаться с места на скользкой дороге?

Цель урока: На основе наблюдений и экспериментов ввести понятие "мощность".

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

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

II. Опрос фундаментальный: закон сохранения энергии.

Задачи:

1. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены взаимно противоположно и равны соответственно 15 м/с и 5 м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. К моменту, когда скорость слипшихся бруска и пластилина уменьшилась в 2 раза, они переместились на 0,22 м. Определите коэффициент трения бруска о поверхность стола.
2. На каком минимальном расстоянии от места закругления склона должна располагаться стартовая площадка лыжников, чтобы они, достигнув закругления, начали свободный полет? Угол склона α, радиус его закругления R, ко-

эффициент трения между лыжами и снегом $\mu < tg\alpha$.

Вопросы.

1. На обледеневшем участке шоссе коэффициент трения между колесами и дорогой в десять раз меньше, чем на не обледеневшем. Во сколько раз нужно уменьшить скорость автомобиля, чтобы тормозной путь на обледеневшем участке шоссе остался прежним? 3,2 раза.
2. Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость тела от 2,0 до 6,0 м/с на пути 10 м? Масса тела 1,0 кг. На всем пути действует сила трения 2,0 Н. 34 Дж
3. Почему при неупругом ударе выделяется теплота?
4. Мяч бросили вертикально вверх. Что больше: время подъема или время падения?
5. Приведите примеры, когда механическую работу совершать сила трения покоя.
6. Тележка едет без трения по столу. На тележку быстро насыпают песок, масса которого равна массе тележки. Какую часть от начальной кинетической энергии тележки составляет выделившееся количество теплоты?
7. С вершины сортировочной горки поочередно скатывают два вагона: один пустой, другой - груженый. Какой вагон проедет дальше по прямолинейному участку после скатывания с горки?
8. Небольшую шайбу массы m пустили снизу вверх по горке с начальной скоростью υ_0. Добравшись до некоторой высоты, шайба соскальзывает вниз, имея у основания скорость υ. Найти работу силы трения $A_{тр}$ над шайбой на всем пути ее движения.
9. Шар катится по инерции по горизонтальной поверхности. а) Совершается ли при этом работа силой тяжести? б) Совершается ли в этом случае работа другой силой?
10. Чем круче склон, тем стремительнее вы набираете скорость при спуске. Почему?

III. Подъемный кран поднимает на пятый этаж строящегося дома бетонную плиту. Как измерить работу, которую он совершит? Может ли человек произвести такую же работу? А если плиту распилить?! За какое время человек произведет такую же работу?

Мощность (N) – свойство тела (двигателя) совершать работу за определенный промежуток времени, измеряемое отношением произведенной работы к этому промежутку времени.

$$N = \frac{A}{t} \qquad 1\ Вт = \frac{1 Дж}{1 с} \rightarrow [N] = [Дж/с] = [Вт]$$

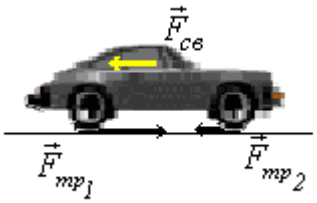
Если объект за любые равные промежутки времени производит одинаковую работу, то его мощность постоянная; если же это условие не выполняется, то следует говорить о средней или мгновенной мощности ($N = F \cdot \upsilon \cdot \cos\alpha$). **Мощность - это скорость, с которой производится работа или передается энергия!**

Дополнительная информация. За определенное время более мощный мотор совершит

большую работу, чем менее мощный! Средняя мощность человека 250 Вт, подъемного крана 10 - 100 кВт; мощность, которую обеспечивает усиленно работающая лошадь, 735,499 Вт (1 л.с. в РФ). Первым двигателем была машина с названием эолопил, которую создал греческий ученый Герон Александрийский. Может ли человек увеличить свою среднюю мощность?
Если известна мощность двигателя, то по формуле A = N·t можно рассчитать произведенную работу. Единицы работы: 1 Дж = 1 Вт · с, 1 кВт · ч = 3,6 · 10^6 Дж = 3,6 МДж.

Движение тел при постоянной силе сопротивления: самолеты, корабли, автомобили.

$$\left|\vec{F}_c\right| = \left|\vec{F}\right|; \qquad N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot \upsilon = F_c \cdot \upsilon \to \upsilon = \frac{N}{F_c}.$$



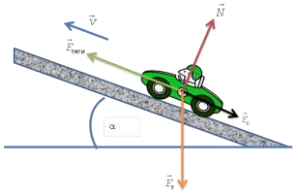
При постоянной силе сопротивления скорость тела пропорциональна мощности двигателя.

Это не совсем так, поскольку при таких скоростях $F_c = k\upsilon^2$ и $N = k\upsilon^3$. Поэтому, если мы хотим увеличить скорость автомобиля вдвое, то мощность двигателя (затраты топлива) нужно увеличить в восемь раз.

Из формулы $F = \frac{N}{\upsilon}$ следует, **что при постоянной мощности двигателя сила тяги F больше при малых скоростях (**переключение передач).

Почему грузовой автомобиль при большей мощности двигателя имеет меньшую скорость?
Формула мощности при вращении с постоянной угловой скоростью: $N = M \cdot \omega$.

IV. *Задачи*.



1. Требуется вычислить мощность, необходимую для движения автомобиля массой 1400 кг, если автомобиль въезжает на холм под углом 10^0 к горизонту с постоянной скоростью 72 км/ч. Считать, что сила сопротивления равна 700 Н.
2. Самолет для взлёта должен иметь скорость 25 м/с. Длина пробега перед взлетом 100 м. Какова должна быть мощность моторов при взлёте, если масса самолета 1000 кг и коэффициент сопротивления 0,02? Движение самолета считать равноускоренным.
3. Теплоход тянет буксирную баржу со скоростью 9 км/ч, при этом натяжение буксирного каната составляет 120 кН, а мощность двигателя 400 кВт. Какой будет скорость буксира, если он будет плыть без баржи при той же мощности двигателя? Сила сопротивления воды прямо пропорциональна скорости движения.
4. Ветрогенератор вырабатывает электроэнергию при любой скорости вращения лопастей, а его мощность пропорциональна квадрату скорости ветра. Один ветрогенератор развивает мощность 1 МВт при скорости ветра 12 м/с. Какую суммарную мощность будут развивать 10 параллельно соединенных генераторов при скорости ветра 2 м/с?
5. Троллейбус массой 12 т на некотором горизонтальном участке пути увеличил скорость от 5 м/с до 10 м/с. Двигатель троллейбуса развивал постоянную

мощность 60 кВт. Пренебрегая сопротивлением движению, найдите максимальное и минимальное значение ускорения троллейбуса на этом участке.

6. Оцените минимальное время, за которое гоночный автомобиль с полным приводом массой 1000 кг и двигателем мощностью 100 кВт на ровной асфальтовой горизонтальной дороге сможет разогнаться до скорости 100 км/ч, стартуя с нулевой начальной скоростью. Коэффициент трения шин об асфальт 0,7. Сопротивлением воздуха и трением качения пренебречь.

Вопросы:

1. Если автомобиль въезжает на гору при неизменной мощности двигателя, то он уменьшает скорость движения. Почему?
2. На скоростных автомобилях ставят двигатели значительно большей мощности, чем на обычных автомобилях. Почему?
3. Где сила тяги лунохода больше – на Земле или на Луне?
4. Тормозной путь автомобиля короче при блокировке передних колес или задних? При блокировке колеса не вращаются.
5. Как определить среднюю и мгновенную мощности сил, действующих на тело?
6. Велосипедист, съехав с горки на горизонтальное шоссе, очень сильно разогнался. Сможет ли он поддерживать эту скорость очень долго?
7. Почему пловцы высокого класса на соревнованиях поднимают голову над водой только для вдоха, а выдох делают в воду?
8. Какова сила трения скольжения при торможении автомобиля ведущими колесами, такова и его максимальная сила тяги. Так ли это?
9. Один и тот же груз нужно протащить по грунту на заданное расстояние. В каком случае больше мощность: если приложить к грузу силу F в направлении перемещения или силу $2F$ под углом 60^0 к нему?
10. Тело брошено под углом к горизонту. В каких точках его траектории мощность силы тяжести имеет наибольшее и наименьшее значение?

V. § 50, Упр. 29, № 1-5.

1. Какую максимальную мощность вы развиваете, поднимаясь с первого этажа на третий? во время прыжка в высоту? во время прыжка в длину? на стометровке?
2. На Земле спортсмен прыгает в высоту на 2 м. На какую высоту он прыгнет на Луне?
3. Как измеряют мощность двигателя ракеты?
4. Докажите, что мощность ветра пропорциональна кубу его скорости.
5. Ни один человек не сможет бежать со скоростью 10 метров в секунду продолжительное время. Почему?
6. Автомобиль веса P, обе оси которого ведущие, трогается с места. Двигатель автомобиля работает с постоянной мощностью N, коэффициент трения скольжения колёс о дорогу равен μ. Найдите зависимость скорости автомобиля от времени и нарисуйте график этой зависимости. Сопротивлением воздуха и трением в механизмах пренебрегите.
7. Тело двигается под действием силы F при постоянной мощности двигателя. Как сила F зависит от времени?

8. Пренебрегая потерями энергии, найдите, как будет зависеть от времени скорость автомобиля массой M, если мощность мотора линейно возрастает от нуля до N_0 за время τ.
9. Заполните одну бутылку водой, а другую такую же — песком. Дайте им скатиться с наклонной плоскости без проскальзывания. Какая из бутылок скатится быстрее? Почему?
10. Составить обобщающую таблицу "Мощность", используя рисунки, чертежи и текстовый материал.

Не по частям водочерпательницы, а по совокупности ее частей суди об ее достоинствах.

Козьма Прутков

Никто не может дать четкого определения энергии, мы не можем ее описать, поэтому все, что мы можем – это изучать ее свойства. Ричард Фейнман говорил: «Важно понимать, что в сегодняшней физике мы не имеем представления об энергии. Мы не можем сказать, что энергия поступает в маленьких сгустках определенного количества».

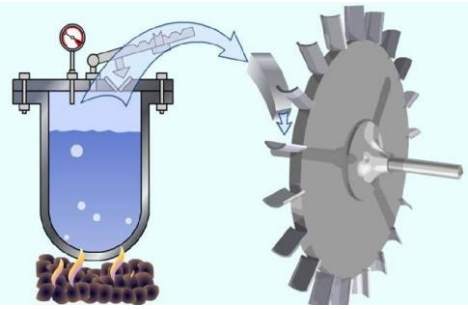
Урок 72/17. ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИН

Каков максимальный КПД ГЭС при данной температуре и напоре воды?

Цель урока: Развить представление учащихся о процессе превращения тепла и других видов энергии в работу посредством машин.

Тип урока: комбинированный.

Оборудование:

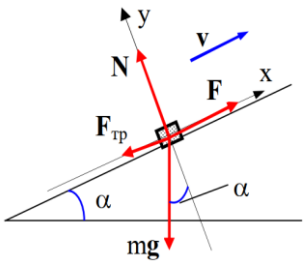


План урока:
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Объяснение
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: Мощность.

Задачи.

1. Поднимаясь равномерно, как всегда, из окна Малыша к себе на крышу, Карлсон в тот день, когда его угостили вареньем, затратил на подъем на 4 с больше, чем обычно. Какова масса съеденного им варенья, если мощность мотора всегда равна 75 Вт, а высота подъема 10 м?
2. Автомобиль массой m = 1,5 т движется под гору с уклоном n = 0,02 при выключенном моторе с постоянной скоростью υ = 60 км/ч. Какую мощность должен развивать двигатель автомобиля, чтобы двигаться с той же скоростью в гору с таким же уклоном.

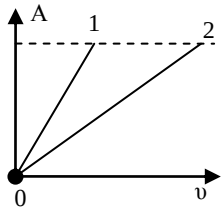


3. Камень шлифовального станка радиусом R = 30 см вращается с частотой n = 2 об/с. Обрабатываемая деталь прижимается к камню с силой F = 1000 Н. Какую мощность развивает электродвигатель станка при шлифовке, если коэффициент трения камня о деталь μ = 0,2?
4. В момент старта автогонщик для скорейшего набора скорости развил мощность двигателя 500 кВт. Машина при этом стала ускорятся в режиме про-

скальзывания двух ведущих колес вплоть до скорости 50 м/с. Какая часть совершенной двигателем работы перешла в энергию движения машины? Масса машины с гонщиком 1000 кг, коэффициент трения протекторов колес о дорогу 0,5. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Вопросы:

1. Когда и почему двигатель автомобиля развивает большую мощность: при разгоне или равномерном движении с достигнутой при разгоне скоростью?
2. Правильно ли поступил водитель, проехав на большой скорости лужу с илистым дном?
3. На одинаковых автомобилях установлены моторы разной мощности. Какой из автомобилей быстрей "берет" с места?
4. Судно перешло из реки в море. При этом мощность, развиваемая двигателями, и число оборотов винта не изменились. Изменилась ли скорость движения суд на относительно воды?
5. Максимальное ускорение автомобиля с полным приводом можно найти по формуле $a = mg\mu/m = g\mu$. Получается, что ускорение автомобиля постоянно и не зависит от мощности двигателя. Так ли это на самом деле?
6. Почему при разгоне автомобиля по горизонтальной дороге невыгодно включать большую мощность при малых скоростях? Почему же при разгоне самолета его двигатели сразу включаются на максимальную мощность?
7. Автомобилист хочет набрать максимальную скорость за минимальное время. Как ему надо для этого двигаться?
8. При какой скорости автомобиля используют максимальную мощность его двигателей?
9. Соревнования по гребле проводятся между лодками с 1, 2, 4, или 8 гребцами. Во сколько раз восьмёрка идет быстрее одиночки?
10. Гимнасты, многократно отскакивая от батута (туго натянутой сетки), увеличивают высоту прыжков. Можно ли с помощью батута подняться на бесконечно большую высоту?
11. Если один аккумулятор может разогнать некоторое тело до определенной скорости, то никакие физические законы не исключают возможности заставить это тело двигаться в миллиард раз быстрее, используя миллиард аккумуляторов. Так ли это?
12. На рисунке представлены графики работы двух тел от скорости. Какое из тел развило большую механическую мощность? 1



13. Почему, въезжая в гору, водитель автомобиля переключает сцепление на более низкую передачу, а при спуске с нее его отключает?

III. Процесс превращения тепла в работу человек использует уже около 200 лет.

...рабочая машина – это такой механизм, который ... совершает своими орудиями те самые операции, которые раньше совершал рабочий подобными же орудиями.

К. Маркс

Машина совершает работу за счет затрат энергии: механической, внутренней, электромагнитной, ядерной, химической, биологической. Единство и связь различных видов энергии проявляются в их **способности к взаимному превращению друг в друга**.

Цепь превращений энергии в ТЭС. Цепь превращения энергии в ГЭС (заполняют дома ученики). Все превращения подчиняются закону сохранения энергии. При любых превращениях нельзя получить энергии одного вида больше, чем затрачено энергии другого вида.

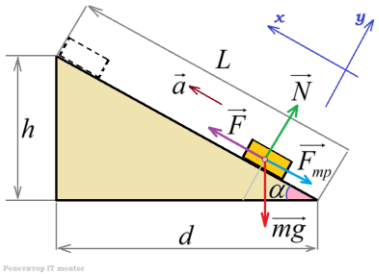
Проблема "вечных двигателей". Почему не работает "вечный двигатель", схематически изображенный на рисунке 208 учебника? Потери энергии при преобразованиях.

КПД двигателя или механизма: $$\eta = \frac{A_п}{A_з} \cdot 100\%$$

С научной точки зрения энергия обладает тремя важнейшими свойствами: во-первых, она может проявляться в различных формах; во-вторых, различные виды энергии могут переходить друг в друга; в-третьих, при любых физических процессах совокупная энергия в замкнутой системе сохраняется.

Дополнительная информация (простые механизмы): Принято выделять **восемь простых механизмов** (четыре из них являются разновидностью двух основных:

- **Наклонная плоскость** - простой механизм в виде плоскости, установленной под острым углом к горизонтальной поверхности.
- **Клин** - позволяет увеличить давление за счёт концентрации силы на малой площади. Используется в копье, лопате, пуле и др.
- **Винт** - используется в шурупах, для подъёма воды (Архимедов винт), в качестве сверла в дрелях, отбойных молотках и др.
- **Рычаг** - описан Архимедом. Используется для подъёма тяжестей, в качестве выключателей и спусковых крючков (шатун-кривошип - используется в ткацком станке, паровой машине, двигателях внутреннего сгорания).
- **Ворот** - используется для подъёма воды в колодцах, для ременной передачи и др.
- **Блок** - колесо с жёлобом, по которому пропускают верёвку, трос или цепь. Применяется для изменения величины или направления силы.
- **Колесо** - используется на транспорте и в зубчатых передачах.
- **Поршень** - позволяет использовать энергию расширяющихся нагретых газов или пара. Применяется в огнестрельном оружии и паровой машине.
- **Шестерни** используются не только для изменения частоты обращения, но и для изменения момента силы.



IV. *Задачи.*

1. Определите работу по подъему груза по наклонной плоскости, среднюю мощность подъемного устройства и КПД наклонной плоскости, если масса груза 100 кг, длина наклонной плоскости 2 м, угол ее наклона к горизонту 30^0, коэффициент трения 0,1, ускорение при подъеме 1 м/с^2. У основания наклонной плоскости груз находился в покое.

2. Двигатель робота развивает постоянную мощность P, и он начинает подниматься по наклонной плоскости длиной L = 1 м на высоту H = 0,6 м с почти нулевой начальной скоростью. Сначала он движется с постоянным ускорением, но после достижения некоторой «критической» скорости его ускорение начинает уменьшаться. Объясните это поведение ускорения. Для мощности, равной 8 Вт, массы робота 3 кг и коэффициента трения 0,8 найдите величину «критической» скорости.
3. Полная эффективная поверхность крыльев ветряной мельницы составляет S = 4,6 м^2. Какой может быть максимальная мощность P генератора мельницы при постоянном ветре, дующем со скоростью υ = 6,7 м/с? Какой может быть эта мощность (P_2), если скорость ветра увеличится на 10%? Плотность воздуха составляет ρ = 1,2 кг/м^3. $P = \rho S \upsilon^3/2 \approx 830$ Вт; $P_1 \approx 1{,}1$ кВт.

V. § 51 Упр.30, № 1-4.

1. Ракета с работающим двигателем "зависла" над поверхностью Земли. На что расходуется мощность ее двигателя?
2. Почему нельзя увеличить КПД, взяв на борт самолета лошадь?
3. Найдите максимальный КПД винтового домкрата, у которого сила трения не позволяет грузу опускаться.

Ибо не может ничто из материи прочь отделиться,
Бывши в нее включено, напротив, не могут ворваться
Новые силы в нее при посредстве которых возможно
Переиначить природу вещей и порядок движенья.
Лукреций

Урок 73/18.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Не можешь найти работу, умножь мощность на время!

Цель урока: Углубить знания учащихся о законе сохранения энергии и научить их применять его при решении конкретных задач.

Тип урока: решение задач.

Оборудование:

План урока:

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

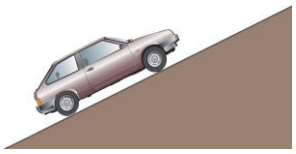
II. Опрос фундаментальный: 1. Превращение энергии и использование машин. 2. КПД простого механизма.

Задачи:

1. Горный ручей с сечением потока *S* образует водопад высотой *h*. Скорость течения воды в ручье υ. Найти мощность водопада. Потерями энергии пренебречь.

2. Мощность гидроэлектростанции 73,5 кВТ. Чему равен расход воды в 1 с, если КПД станции 75%, и плотина поднимает уровень воды на высоту 10 м?
3. Можно ли на машине «Волга» за 15 с заехать на холм под углом 20^0, максимальная высота которого над уровнем равнины 100 м, если учесть, что мощность двигателя машины примерно 103 кВт, а масса машины около 2 т?

Смог бы он подняться на холм с «разгона» 15 с, если бы все четыре колеса автомобиля были бы ведущими, а коэффициент трения колес о дорогу 0,8. Размерами автомобиля пренебречь?



Вопросы:

1. Как с помощью двух подвижных блоков получить выигрыш в силе в 4 раза?
2. Вертолет неподвижно завис на данной высоте. Совершается ли при этом механическая работа?
3. Для подъема грузов применяется наклонная плоскость и наклонный транспортер–лента, движущаяся по роликам. Какое их этих устройств имеет больший КПД?
4. Какой режим для вертолета экономичней – режим полета или зависание на месте?
5. Почему при езде на велосипеде мы устаем куда меньше, чем при ходьбе? Не противоречит ли этот факт закону сохранения энергии? Почему при спортивной ходьбе мы устаем значительно меньше?
6. Во сколько раз падает нужная кораблю мощность при уменьшении его скорости в 3 раза?

Корабль, идущий вверх по течению, заходит через нижние ворота в шлюз, уровень воды в котором совпадает с уровнем реки ниже плотины. Ворота шлюза закрываются, и в него накачивается вода до уровня воды в водохранилище. Определите, во сколько раз нужно увеличить мощность насоса, накачивающего воду в шлюз, чтобы этот процесс занимал вдвое меньше времени. 8

7. Бетонный раствор поднимают в бадье на третий этаж строящегося дома при помощи подвижного блока. В первом случае бадью заполняют раствором на одну треть, а во втором случае – полностью. В каком случае коэффициент полезного действия механизма выше? Ответ обосновать.

III. *Задачи*.

1. Масса вертолета равна 3000 кг. Диаметр винта, отбрасывающего вниз струю воздуха плотностью 1,3 кг/м^3 того же диаметра, равен 8 м. Определите мощность мотора, если вертолет неподвижен; вертолет поднимается вертикально вверх с ускорением 0,2 м/с^2.

Справка: Подъемная сила вертолета пропорциональна четвертой степени частоты вращения винта! Вопрос: Зачем вертолёту такой большой винт?

IV. Упр.30, № 3-4

1. Оцените мощность, выделяющуюся в виде тепла при экстренном торможении грузовика.
2. Вертолет зависает в воздухе при мощности двигателя 2000 л.с. Какую мощность должен иметь двигатель в действующей модели, выполненной в масштабе 1:40?

3. Как лучше забить гвоздь в стену?
4. По нормативам, принятым в армии США, военнослужащий должен выполнить 72 отжимания от пола за 1 мин. Какова развиваемая им при этом мощность?

Всякий легко согласится с тем, что теория о силах и движениях жидкости, …, не является ни бесполезной, ни тривиальной.

Даниил Бернулли

Урок 75/20. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ ПО ТРУБАМ

(механика текучих сред, гидродинамика)

Уравнение, которое объясняет, как поднимаются в небо самолеты.

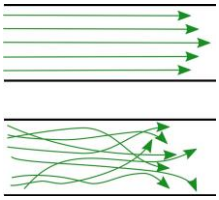
Цель урока: Показать, что с увеличением скорости потока жидкости уменьшается давление в потоке; на основании закона сохранения энергии получить уравнение Бернулли.

Тип урока: лекция.

Оборудование: прибор для демонстрации распределения давления в потоке жидкости разного сечения, проекционный аппарат.

План урока:

1. Вступительная часть
2. Лекция
3. Ответы на вопросы
4. Задание на дом



II. Гидродинамика и аэродинамика – изучает движение жидкостей и газов и обтекание жидкостями и газами различных тел. Гидродинамика и аэродинамика: насосы, кондиционеры, корабли, самолеты, автомобили.

1. Ламинарное течение (каждая частица движется по гладкой траектории, и траектории разных частиц не пересекаются).

2. Турбулентное течение (характеризуется наличием в газе или жидкости вихрей). Турбулентность возникает даже тогда, когда просто дует ветер, мы кипятим воду или размешиваем молоко в кофе.

Именно турбулентная конвекция в ядре Земли создаёт магнитное поле нашей планеты. Спокойная река течёт в одном направлении (ламинарное течение), а бурный поток (турбулентный) – в нескольких направлениях сразу. Вихри поглощают огромное количество энергии (энергия быстро передается с вихря на вихрь), поэтому при турбулентном течении вязкость жидкости гораздо выше. Как утверждают современные теории, хаос присутствует везде. Завихряется струйка дыма, трепещет и полощется флаг на ветру, капли воды из подтекающего крана то одна за другой срываются вниз, то словно выжидаю. Хаос обнаруживается и в капризах погоды, и в траектории движения летательного аппарата, и в поведении автомобилей в дорожной пробке, и в том, как струится нефть по нефтепроводу. Каковы бы ни были особенности конкретной системы, ее поведение подчиняется одним и тем же закономерностям.

На будущее будем считать жидкость несжимаемой, вязкостью будем пренебрегать, течение будем считать стационарным (скорость в каждой точке не зависит от времени) и безвихревым. Линии тока. Скорость в каждой точке

направлена по касательной к линии тока. Трубка тока. **Уравнение неразрывности:** $S_1\upsilon_1 = S_2\upsilon_2$ - открыто Б. Кастелли 1628 г.

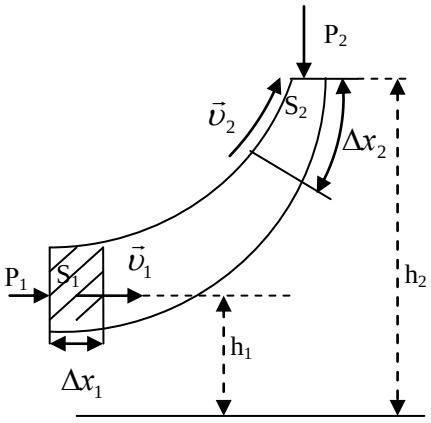
Почему при раскуривании трубки курилка затыкает ее отверстие пальцем?

Отсюда я вижу потоков рожденье
И первое грозных обвалов движенье.
А.С. Пушкин

Почему пламя свечи направлено вверх? Пламя всегда направлено из области большего давления воздуха в область меньшего давления! Если через стеклянную трубку подуть на расстоянии 2 – 3 см от пламени, то оно отклонится в сторону струи воздуха и тем сильнее. Чем больше скорость струи (демонстрация). Почему? Почему слипаются два листа бумаги, если подуть между ними?

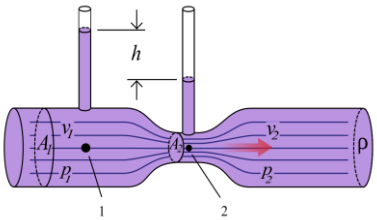
Течение жидкости по трубе переменного сечения (демонстрация). Где скорость жидкости больше? Где давление меньше? Согласно закону Бернулли, давление в потоке жидкости или газа выше там, где скорость меньше, и наоборот. **Уравнение Бернулли:**

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho\upsilon_2^2 + \rho g h_2$$



Примеры: пульверизатор, шарик для пинг-понга в потоке воздуха (опыт с воздуходувкой), подъемная сила крыла самолета, проветривание нор у кротов, «крученый» мяч, гидротурбина, водоструйный насос, аэрация почвы.

В силу вязкого трения скорость жидкости или газа на поверхности омываемого ими тела всегда равны нулю (демонстрация с вентилятором, лопасти которого припудрены). Почему пудра не стряхивается во время работы вентилятора? Скорость ветра на поверхности земли всегда равна нулю?



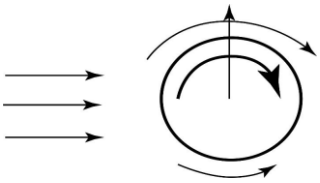
Дополнительная информация: Если артерия сужается, скорость крови, проходящей узкое место, возрастает согласно уравнению Бернулли. Когда сосуд сужается вдвое, скорость протекающей по нему крови возрастает в четыре раза. Это убыстрение кровотока в ограниченных областях может приводить к проблемам. Во-первых, если скорость потока крови достаточно высока, он может стать турбулентным, вихревым, в нем появятся подобия водоворотов. Турбулентность вблизи сердца порождает в нем шумы — характерные звуки, которые умеют различать врачи. Кроме того, падение давления в ограниченной области может приводить к стягиванию мягких стенок сосудов, а это усугубит проблему еще сильнее. Если артерию расширить посредством пластической операции (ангиопластика), объем потока увеличится и все снова будет хорошо.

III. *Вопросы:*

1. Почему дым в печной трубе поднимается вверх?

2. Почему порыв ветра на улице "захлопывает" открытые форточки и балконные двери?
3. С одинаковой ли скоростью вытекает вода из сосуда, находящегося на вершине горы и из сосуда, находящегося у её подножия?
4. Если сильно подуть между двумя пустыми баночками от сока, то они сближаются. Почему?
5. Почему возникает тяга (поземка или пылевая буря)?
6. Почему ураган срывает крыши с домов и шляпы с прохожих?
7. Почему не бывает росы под густым деревом?
8. Почему пламя свечи всегда заострено сверху?
9. Почему парит шарик от тенниса в вертикальной струе воздуха?
10. Почему крученый (резаный) мяч не летит прямо?
11. Почему ветер в арках зданий особенно сильный?
12. Почему при измерении артериального давления манжета, соединенная с манометром, надевается на руку, примерно, на уровне сердца?
13. Как сделать так, чтобы вода, вытекающая из отверстия, сделанного в нижней части сосуда, вытекала из него с постоянной скоростью?
14. Чем меньше диаметр выходного отверстия пластмассового тюбика, тем большую силу прикладываешь для выдавливания его содержимого. Почему?
15. Почему шарик от пинг-понга, находящийся в воронке из пластиковой бутылки, не выталкивается водой, хотя вода слабой струйкой подтекает под него?
16. Объяснение принципа действия пульверизатора (карбюратора), возникновение подъемной силы при обдувании крыла самолета потоком воздуха.
17. Почему ложка, подвешенная через отверстие в ручке к лапке штатива, отклоняется в сторону омывающего ее потока жидкости (демонстрация)? Эффект Коанда.

Дополнительная информация: Демонстрация скатывания с наклонной плоскости (стула) скомканного листа бумаги и цилиндра, склеенного из такого же листа бумаги. Почему скомканный лист падает заметно дальше? **Эффект Магнуса** - физическое явление, возникающее при обтекании вращающегося тела потоком жидкости или газа. Это является результатом совместного воздействия таких физических явлений, как эффект Бернулли и образования пограничного слоя в среде вокруг обтекаемого объекта. Такое явление часто применяется в спорте, например, специальные удары: топспин, сухой лист в футболе или система Hop-Up в страйкболе. Эффект описан немецким физиком Генрихом Магнусом в 1853 году.



Задачи:

1. Допустимая скорость течения воды в трубопроводе 2,5 м/с. Рассчитайте минимальный диаметр трубопровода при расходе 5600 $м^3$ воды в час.

2. Каким должно быть давление в водопроводе, чтобы струя из пожарного шланга била на высоту 25 м? Атмосферное давление нормальное.
3. Высота подъема воды в женевском фонтане h = 140 м. Площадь сечения сопла S = 100 см^2. Сколько воды расходует фонтан ежесекундно?
4. С катера, идущего со скоростью 18 км/ч, опускают в воду изогнутую под прямым углом трубку так, что опущенный конец трубки горизонтален и обращен отверстием в сторону движения. Другой конец трубки, находящийся в воздухе, вертикален. На какую высоту по отношению к уровню воды в озере поднимается вода в трубке? Трением пренебречь.
5. С каким ускорением движется автомобиль, если поверхность бензина в его баке составляет с горизонтом угол 7°?
6. На поршень медицинского шприца диаметром 1 см давят с постоянной силой 0,2 Н. С какой скоростью вытекает струя идеальной жидкости из маленького отверстия, расположенного на оси шприца, в горизонтальном направлении? Плотность жидкости 1200 кг/м^3.
7. С какой скоростью вытекает вода из отверстия в дне бака, наполненного до высоты 4,6 м? Вязкость не учитывать.
8. Подводная лодка находится на глубине 100 м. Определить, сколько воды проникает за 1 ч в лодку через отверстие диаметром 2 см. Давление воздуха в лодке равно атмосферному.
9. Сосуд с ртутью поставлен на легкую тележку. Сбоку в сосуде на расстоянии h = 20 см ниже уровня жидкости сделано отверстие площадью S =16 мм^2. Найдите силу F, которая будет передвигать сосуд при вытекании ртути из отверстия. Плотность ртути = 13,6 г/см^3.

Вопросы:

1. Почему при сильном ветре нижняя часть облаков, плывущих над нами, заметно отстает от движущихся с большей скоростью верхних их частей?
2. Если обдувать потоком воздуха одно из колен сообщающегося сосуда, то уровень жидкости в нем повышается. Почему?
3. Почему самое быстрое место в русле реки обычно оказывается и самым глубоким?
4. Почему в печах с высокими трубами тяга больше, чем в печах с низкими трубами?
5. Правда ли, что человека, попавшего в водоворот, затягивает на дно?
6. По трубе переменного сечения течет вода. В трубу поместили эластичный резиновый мячик. Как изменится его диаметр при прохождении узкой части трубы? (Эмболия).
7. Почему нельзя стрелять под водой из обыкновенного автомата?

8. Зажженную свечу боковой поверхностью прикрепляют к стене. Куда будет стекать стеарин - к стене или в противоположную сторону?
9. В мире бактерий не бывает турбулентности. Так ли это?
10. Почему при некотором значении скорости ветер начинает «поднимать» песчинки?
11. Как зарождается волна на море под действием ветра?
12. Почему могут «застревать» пузырьки воздуха в соединениях водопроводных труб?
13. Почему тяга из печных труб зимой больше, чем летом?
14. Из небольшой дырки в пакете вытекает молоко. Будет ли оно вытекать во время свободного падения пакета? Почему?

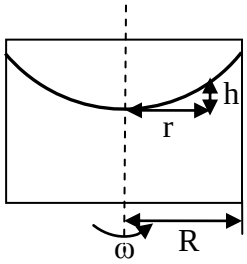
Водяные часы (клепсидра) — сосуд с небольшой дырочкой на дне, через которую равномерно вытекала вода. Такими часами отмеряли, например, время для речей в суде, да и выражение «время истекло» возникло благодаря этим часам.

15. Как дельфинам удается двигаться с легкостью и быстротой (ламинарное обтекание, значительная сила тяги)?
16. Как объяснить, что в озеро Байкал втекают 336 рек, а вытекает только одна – Ангара?
17. Как передается волнам энергия ветра?
18. Почему вблизи стены здания винт вертолета стремится перевернуться и "присосаться" к ней своей плоскостью?
19. Почему легкая пластиковая занавеска в ванной во время приема душа упорно стремится налипнуть на голое тело?
20. Почему при порезе пальца кровь вытекает равномерно, а не толчками, в такт биениям сердца?
21. Во сколько раз возрастает полезная мощность вентилятора при увеличении скорости вращения в два раза?

IV. § 52.

1. Предложите конструкцию прибора для измерения скорости судна относительно воды (лаг).
2. Полное джакузи выливается за 20 минут. За сколько времени выливается джакузи, заполненное наполовину?
3. В Долине Смерти на юго-западе США скорость ветров достигает 145 км/ч, под действием которых перемещаются на значительные расстояния камни массой порядка 300 кг. Как объяснить это явление?
4. Два тела уравновешены на весах с разными плечами. Равновесие не нарушается, если поменять их местами и опустить в воду. Определить соотношение плеч весов.
5. Исследуйте зависимость между объемом пузырька воздуха и скоростью его движения в трубке с водой.
6. Найти среднюю плотность деревянного стержня.

7. Поставьте горящую свечу в глубокий стакан. Возьмите стакан в вытянутую руку и начните вращаться на месте. Куда и почему отклоняется пламя свечи?
8. Сосуд с жидкостью вращают с угловой скоростью 4,9 рад/с вокруг вертикальной оси. Постройте график зависимости высоты уровня жидкости h от расстояния r до оси вращения. Радиус сосуда R = 20 см.



9. Оцените время вытекания воды из бутылки, которая вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр, с некоторой угловой скоростью.
10. Предложите конструкцию прибора для измерения скорости ветра.
11. Поставьте горящую свечу за бутылкой. Если подуть на бутылку, свеча может потухнуть, как если бы бутылки не было. Объясните данное явление.
12. Постройте график вытекания воды из самовара, отложив по оси абсцисс номер наполняемого стакана, а по оси ординат – время его наполнения.

Техника давно познала высокую цену науки и ее влиянию обязана своим современным блестящим развитием.

Н.Е. Жуковский

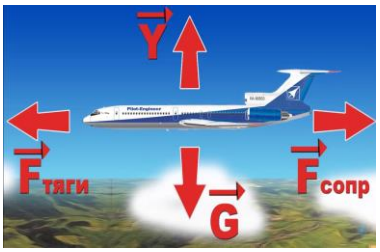
Урок 76/21. ЗНАЧЕНИЕ РАБОТ Н.Е. ЖУКОВСКОГО В РАЗВИТИИ АВИАЦИИ

Как летает тяжелый самолет? Каким образом муха поворачивает, например, направо?

Цель урока: Применить получение при изучении гидродинамики знания к объяснению принципа действия пульверизатора, карбюратора, крыла самолета. Дать представление о лобовом сопротивлении.

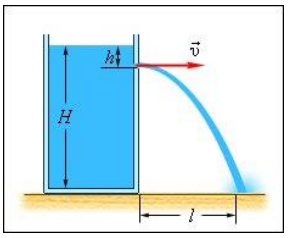
Тип урока: комбинированный.

Оборудование:



План урока:
1. Вступительная часть
2. Опрос
3. Ответы на вопросы
4. Закрепление
5. Задание на дом

II. Опрос фундаментальный: 1. Гидростатика. 2. Уравнение неразрывности. 3. Уравнение Бернулли.



Задачи:

1. Цилиндрический сосуд высотой H полностью заполнен жидкостью. На какой высоте h необходимо пробить маленькое отверстие, чтобы дальность полета струи была максимальной?
2. Краскопульт выбрасывает струю жидкой краски со скоростью 25 м/с. Плотность краски 800 г/л. Определить давление, создаваемое компрессором в краскопульте.
3. По трубе сечением 40 см^2 вода движется со скоростью 50 см/с. После разветвления трубы на две трубы скорость воды в обеих трубах снижается до 40 см/с. Каково сечение одной из труб, если сечение другой 40 см^2?

4. Определите мощность воздушного потока, набегающего на электропоезд, который движется со скоростью 108 км/ч, если площадь лобовой поверхности 10 м^2. Перед предметом, быстро перемещающимся в воздухе, создается область повышенного давления (молекулы не успевают разлететься в стороны). Это давление равно атмосферному давлению.
5. Если скорость ветра над вашим домом равна 25 м/с, то какая сила действует на крышу площадью 250 м^2?
6. Сколько литров воды вытекает из отверстия в стенке сосуда за 10 мин, если уровень воды находится на высоте 1,5 м над отверстием, а диаметр отверстия составляет 5,0 мм, что много меньше диаметра сосуда? 64 л

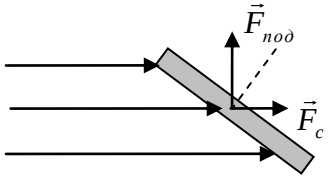
Вопросы:

1. Почему, спускаясь на лодке по реке, плывут посредине реки, а, поднимаясь, стараются держаться берега?
2. Альбатрос поднимается от поверхности воды, где скорость ветра меньше, вверх, где скорость ветра значительно выше. Почему ему это удается сделать без усилий?

3. Почему в устьях рек образуются мели и острова?
4. Судно получило большую пробоину в боковой подводной части. В какую сторону оно начнет перемещаться вследствие этого?
5. В каком направлении нужно придать вращение мячу, чтобы увеличить дальность его полета?
6. Почему на речках с переменным или ускоренным течением есть места с песчаным дном, а на перекатах — только голые валуны?
7. Почему рифленый резаный мяч отклоняется сильнее, чем гладкий?
8. Почему при ветре пламя свечи изгибается по направлению ветра?
9. Почему иногда из отверстия прохудившегося шланга вода не вытекает, а, наоборот, в отверстие засасывается воздух?
10. Почему при больших скоростях нос вертолета начинает задираться вверх?
11. Почему полет пушечного ядра был неустойчив, и его траектория сильно отличалась от расчетной траектории?
12. Почему в некоторых местах комнаты пламя свечи вытягивается, и она начинает сильно дымить?
13. В трубке с сужением течет вода. В ней находится пузырек воздуха. Как изменится его диаметр при прохождении узкой части трубы?
14. Как удерживается в полете воздушный змей? Зачем ему приделывают хвост?
15. Зачем в центре купола парашюта делают отверстие?

16. Почему щиты, установленные вдоль дороги, предохраняют дорогу от снежных заносов?
17. Почему при выпуске воды из ванны над сливным отверстием образуется воронка, а иногда и воздушный канал?
18. Как должна измениться мощность насоса, чтобы он стал перегонять через узкое отверстие в единицу времени вдвое большее количество воды?

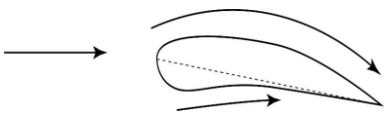
III. Подъемная сила крыла самолета. Желание покорить небеса у человека было еще с давних времен, что подтверждается знаменитым древнегреческим мифом про Икара. Технологический прогресс и неутолимое любопытство человека позволило создать машины, позволяющие нам уподобиться птицам.

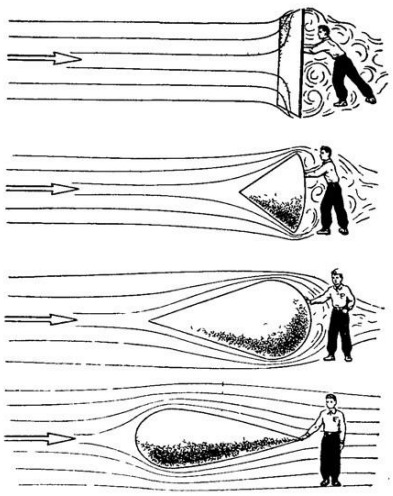


Два источника подъёмной силы самолёта: угол атаки (скоростной напор) и особая форма крыла. Угол, под которым воздух дует на крыло, называется **углом атаки**. Оптимальный угол атаки для плоского крыла лежит в пределах от 2 до 9^0. $\frac{\vec{F}_{под}}{\vec{F}_c}$ - аэродинамическое качество.

Опираться можно только на то, что оказывает сопротивление.
Стендаль

Крылья самолета спроектированы так, что почти всегда нижняя часть крыла плоская, а верхняя – выпуклая. Такое техническое решение позволяет создать ту самую «подъемную силу»: поток воздуха обтекает крыло самолета снизу медленнее, чем сверху (под крылом воздух становится плотнее). В результате, по мере набора самолетом скорости, возрастает направленная вверх разность давлений, и на крылья самолета действует нарастающая по мере разгона подъемная сила. Как только она начинает превышать силу гравитационного притяжения самолета к земле, самолет в буквальном смысле взмывает в небо. Эта же сила удерживает самолет в горизонтальном полете: на крейсерской скорости и высоте подъемная сила уравновешивает силу тяжести.



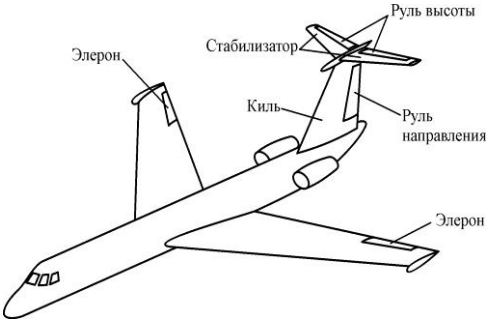


Почему падает давление при течении жидкости по трубе постоянного сечения (демонстрация)? $P_1 = P_2 + F_c/S$. Почему за книгой, обдуваемой потоком воздуха, давление меньше (демонстрация)? Возникновение силы сопротивления. Зависимость силы сопротивления от скорости, размеров и формы тела (демон-

страция): $F_c = c(\alpha)\rho\upsilon^2 S$. (Провести ладонью в воде и в воздухе, в воде с разной скоростью, в воздухе листом фанеры, при разных углах). А что будет при сравнивании подъемной силы и веса самолета? Правильно – горизонтальный полет, скорость которого обеспечивается за счет тяги двигателя.

Дополнительная информация: Аэродинамическое качество выпуклого крыла значительно больше, чем плоского. Путь воздуха сверху крыла больше, чем снизу, следовательно, сверху скорость воздуха больше. Это приводит к появлению разницы давлений и возникновению дополнительной подъемной силы, которая в 10 – 20 раз больше силы сопротивления и в 2 раза больше подъемной силы для плоского крыла. Крыло создает поток импульса воздуха вниз в точности равный весу самолета. Можно сказать, что самолет опирается на землю.

Дополнительная информация: Основная часть крыла неподвижна относительно фюзеляжа, а на задних крыльях устанавливают небольшие дополнительные крылышки-закрылки (руль высоты), руль поворота – на вертикальном оперении. Наклонить самолет вправо или влево можно с помощью элеронов, которые расположены на концевых частях основных крыльев самолета. При углах атаки 50 – 60^0 точка приложения суммарной аэродинамической силы совпадает с центром масс самолета, при меньших углах – находится выше центра масс (задирает нос самолета), при больших углах – ниже центра масс (опускает нос самолета). Самолет Су-27 достигает некоторого максимального угла атаки и возвращается в исходное состояние («Кобра»).



Вопрос: Плавающие и летающие организмы обладают особым строением тела, которое обеспечивает им как можно более эффективное движение. Что это за приспособления?

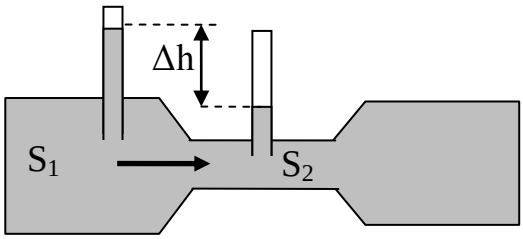
Дополнительная информация (линия Кармана). Подъемная сила летательного аппарата зависит от скорости по отношению к воздушной среде. Чем среда более разряженная, тем выше должна быть скорость. Эта начальная скорость для полета при помощи крыльев минимальна на поверхности Земли, а на высоте 100 км достигает первой космической скорости (линия Кармана). То есть выше этой границы аппарат из летательного аппарата переходит в космический аппарат, независимо от конструкции. Практический потолок авиации находится где-то в районе 25 км, а стратонавтики (высотные полеты на шарах) в 50 км. Космические аппараты же ощущают вход в атмосферу и начинают разрушаться на высотах ниже примерно 150 км. Получается, что по техническим соображениям граница космоса размазана где-то от 50 до 150 км высоты. В среднем, получается 100 км.

IV. *Задачи*:

1. Чему равна подъемная сила крыла, обусловленная эффектом Бернулли, если площадь крыла равна 50 м^2, а скорость потока воздуха над крылом и под ним равны соответственно 320 и 290 м/с?
2. Гейзер Эксельсиор в Йеллоустонском национальном парке (США) выбрасывает воду на высоту 76 м. Оценить давление жидкости у основания гейзера. Сколько литров воды извергается за секунду, если диаметр гейзера 10 м?

   > 0,75 МПа; $3\cdot10^6$ л

3. Площадь поршня, вставленного в горизонтально расположенный налитый водой цилиндр S_1 = 1,5 см^2, а площадь выходного отверстия, расположенного по оси цилиндра S_2 = 0,8 мм^2. Ход поршня 5 см. Пренебрегая трением, определить время, в течение которого вода будет удалена из цилиндра через отверстие S_2 под действием силы 5 Н, приложенной к поршню. 1 с
4. Самолет массой m поднимается с постоянной скоростью V по прямой, угол наклона которой к горизонту α. Сопротивление воздуха при движении пропорционально квадрату скорости: $F_c = kV^2$ (коэффициент известен). Найдите силу тяги двигателя и подъемную силу (она направлена перпендикулярно скорости).
5. В бочку заливается вода со скоростью 200 см^3/с. На дне бочки образовалось отверстие площадью поперечного сечения 0,8 см^2. Определите уровень воды в бочке.
6. Простейший прибор для измерения объема протекшей через него воды (водомер) представляет собой отрезок горизонтальной трубы переменного сечения, в широкую и узкую части которой вмонтированы тонкие вертикальные трубки. Площади сечения широкой и узкой части трубы равны, соответственно, S_1 = 30 см^2 и S_2 = 10 см^2. Какой объем воды V протекает через водомер за единицу времени, если разность уровней воды в вертикальных трубках составляет Δh = 4 см? Течение воды считать стационарным, капиллярными эффектами в вертикальных трубках пренебречь.



Вопросы:

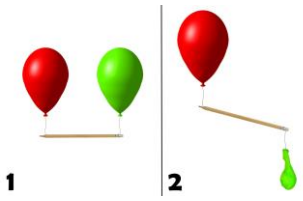
1. Почему сильный ветер вздымает высоко над землей легкие предметы?
2. Почему большие оконные стекла при сильном ветре выдавливаются изнутри?
3. Почему самолет в аэропорту вашего родного города в разные дни берет разгон по взлетно-посадочной полосе в противоположных направлениях?
4. Как получить в футболе «резаный мяч»?
5. Почему вибрирует листок, лежащий на столе, если на него подуть?
6. Почему нарушается равновесие весов, если подуть под одну из чашек?
7. Перед гонками скоростных болидов сварщики на трассе заваривают крышки канализационных люков. Почему?
8. Почему велосипедисты на автомобильной трассе часто едут позади большого грузовика?
9. Почему флаг «полощется» на ветру?
10. Поэтому автомобиль не может летать?
11. Почему полет - это самый энергозатратный способ передвижения? Что необходимо для того, чтобы самолет взлетел?

12. Как сделать так, чтобы самолеты летали быстрее?
13. Что птицы делают, чтобы взлететь? Как взлетают кайры, альбатросы, голуби?
14. Почему самолёт взлетит быстрее, когда будет двигаться против ветра?
15. Летать кондор может только тогда, когда солнце прогревает землю и воздух! Почему?
16. Главным препятствием при скоростном спуске оказывается аэродинамическое сопротивление. Как его уменьшить?
17. Правда ли, что самолет держится в воздухе точно так же, как держится на водной глади человек, катающийся на водных лыжах?
18. Как измеряется скорость и высота полета самолёта?
19. Почему стаи многих птиц при дальних перелетах выстраиваются V-образным клином?
20. За счет чего обеспечивается хорошее сцепление шин с дорогой у современных гоночных машин (крылья машин, поток воздуха под днищем)?
21. Чем обусловлены свободные от снега круговые углубления, которые можно видеть вокруг стволов деревьев?
22. Ураган на Марсе поднимает мельчайшую пыль, но не сможет сдвинуть с места даже клочок бумаги. Почему?
23. Почему жука легче сдуть, чем человека?

Масса (вес, да и мышечная сила) пропорциональна кубу, а парусность квадрату. Почему?

24. Почему вращающийся диск летит дальше камня при прочих равных условиях?
25. Можно ли на парусной яхте в безветренную погоду перебраться на другой берег, если нет ни весла, ни двигателя?
26. При увеличении угла атаки от 10^0 до 20^0 самолет сваливается в штопор. Почему?
27. Шарик вставлен в длинную трубку, с одной стороны которой насосом откачивают воздух. Почему чем меньше шарик, тем с большим ускорением он движется?
28. Каким образом пилот самолета управляет:
    - поворотом самолета в нужную сторону?
    - высотой полета?
    - поворотом самолета вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр масс?
    - поворотом самолета вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр масс?

29. Если с помощью ложки привести во вращение чай в стакане, то чаинки быстро соберутся в центре чашки. Почему?
30. Почему у акулы хвост расположен вертикально, а у дельфина - горизонтально?
31. За летящим самолетом образуются два вихря, которые закручиваются в разные стороны. Так ли это и почему?
32. Зачем нужны рыбам задние плавники?
33. Почему в сырую погоду спуск на парашюте значительно медленнее, чем в сухую?
34. На рисунке изображен воображаемый результат эксперимента с двумя шарами. Так ли это на самом деле?



35. Что произойдет с глубиной погружения шарика, плавающего в стакане с водой, если стакан начнет с ускорением двигаться вверх?
36. Взлетит ли самолет, если вместо взлетной полосы будет беговая дорожка?
37. Почему мяч (резиновый шарик), брошенный без начальной скорости с некоторой высоты, то подскакивает выше, то ниже, но не выше того уровня, с которого он брошен?
38. Почему над ямой в быстрой реке лед подтаивает, образуя круги диаметром до нескольких метров?
39. Почему для полета на скорости более 2000 км/ч ракетоносец Ту-160 должен подняться на высоту 14–16 км, где плотность воздуха в пять раз меньше, чем у земли.
40. Правда ли, что над формированием каждого вихря (циклона, смерча) трудится вся атмосфера планеты?

Дополнительная информация: Существует еще одна сила, основанная на перепаде давлений. В области стены глаза давление воздуха высокое, а в области самого глаза – низкое. А поскольку воздух стремится перейти из области высокого давления в область низкого, эта вторая сила давит внутрь, заставляя молекулы двигаться по окружности (уравновешивая центробежную силу) и не позволяя урагану рассыпаться.

Дополнительная информация: Вязкость - это мера сопротивления растеканию. Оливковое масло примерно в 100 раз вязче воды, а мед в 100 раз вязче масла. Вязкость пека больше вязкости воды в 230 миллиардов раз.

Задача: Какой наибольшей скорости может достичь дождевая капля диаметром d = 0,3 мм, если динамическая вязкость воздуха равна $\eta = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ Па·с? 4,2 м/с

V. Подготовиться к выполнению контрольной работы № 7.

1. Используя метод размерностей, выясните, как зависит подъемная сила самолета от его размеров, скорости и плотности воздуха.
2. Можно ли изготовить прибор, который бы измерял "силу выдоха"?
3. Объясните, почему при вытекании через сливное отверстие воды из ванны в ней образуется заполненная воздухом воронка? Перепад давлений и вызывает появление воронки.
4. Предложите способы уменьшения трения при движении тела в жидкости или газе.

5. Предложите способ измерения диаметра отверстия у иглы медицинского шприца с помощью транспортира, измерительной линейки и секундомера.
6. Почему пчелы, согласно принципам авиации, не должны летать, но летают?
7. Два очень сильных и «совершенно одинаковых» спортсмена по прогнозам специалистов должны были победить в шоссейной гонке на 100 км с одинаковым временем. Но один из них пришел к финалу позже. Как потом выяснилось, к ободу заднего колеса его велосипеда злоумышленники прикрепили гайку массой 5 г. На сколько, по вашему мнению, отстал пострадавший?
8. Оцените время вытекания воды из заполненной ванны.
9. Исследуйте зависимость между объемом дробинки и скоростью ее движения в трубке с водой.
10. При каком условии самолет может лететь «вверх колесами»?
11. Иногда можно увидеть, что на конце крыла самолёта прикреплено маленькое вертикально стоящее крылышко. Его называют винглетом. Винглеты препятствуют вращательному движению воздуха вокруг концов крыльев и поэтому ослабляют завихрение воздуха. Как?
12. Чем меньше радиус смерча, тем больше скорость его вращения. Почему? Если радиус смерча уменьшится в 10 раз, то во сколько раз возрастет его скорость; плотность; энергия; сила, действующая на 1 $м^2$ вблизи его стенки?
13. Открыв кран и пустив воду, пронаблюдайте, как происходит превращение ламинарного потока в турбулентный поток.
14. Почему тяжелогруженый плот плывет по реке быстрее, чем легкий?
15. Зачем на поверхности мяча для гольфа нужны вмятины?
16. Какой из шлангов будет оказывать большее сопротивление текущей по нему воде - гофрированный или гладкий, с учетом того, что их длины и диаметры равны?
17. Чайка над морем, в сносящем потоке воздуха, не двигая крыльями, может висеть над одной точкой поверхности. Ветер ее не сносит. Почему?
18. Оказалось, что для того чтобы вампиру высосать 15 процентов крови из наружной сонной артерии на шее человека потребуется, согласно законам гидродинамики, всего 6,4 минуты. Так ли это?
19. Оказавшись в эпицентре торнадо, взрываются, например, консервные банки. Почему? Что происходит с птицами?
20. При какой скорости ветра задувается свеча?
21. Реактивная струя из моторов первых реактивных самолётов сжигала хвостовое оперение. Но конструкторы предложили слегка повернуть моторы на небольшой угол α. Струя перестала сжигать хвостовое оперение (отклонившись на $\ell \cdot tg\alpha$, где ℓ — расстояние до него). Какой частью силы тяги F пришлось для этого пожертвовать?
22. Наливая молоко в кофе, и помешивая ложечкой, попробуйте подтвердить справедливость приведенного ниже наблюдения.

Крупный вихрь рождает мелкие,
Скоростную энергию тратя,
Мелкий вихрь — более мелкие,
Пока вязкость не скажет: «Хватит».
А.А. Шейпак

Наблюдать, изучать, работать.
М. Фарадей

Урок 77/22.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 7

Ученье без размышления - потеря времени, размышление без обучения опасно. Конфуций

- Да! Рожденный ползать летать не может!

- Рожденный ползать везде пролезет.

...не следует думать, что великое творение Ньютона можно реально ниспровергнуть теорией относительности или какой-либо другой теорией. Его ясные и всеобъемлющие идеи навсегда сохранят свое уникальное значение как фундамента, на котором построено задание современной физики.

А. Эйнштейн

Урок 78/23. **ОБОБЩАЮЩИЙ УРОК ПО МЕХАНИКЕ**

Цель урока: Систематизировать и обобщить знания учащихся по механике.

Тип урока: повторительно-обобщающий.

Оборудование: обобщающая таблица «Классическая механика», зачетные папки, приборы ПДЗМ с принадлежностями.

План урока:
1. Вступительная часть
2. Обобщающее повторение
3. Самостоятельная работа
4. Задание на дом

II. Заполнение обобщающей таблицы «Классическая механика».

Классическая механика

I. Основание.

1. Наблюдения: механическое движение в природе и технике, простые механизмы и машины.
2. Эксперименты: опыты с ПДЗМ.
3. Основные понятия: Время, пространство, материя, движение, система отсчета, путь, перемещение. Скорость, ускорение, взаимодействие, масса, сила тяжести, сила упругости, сила трения. Механическая работа, энергия, кинетическая энергия.
4. Идеализированный объект: материальная точка, ИСО.

II. Ядро теории.

1. Постулаты:
2. Законы: три закона Ньютона, закон всемирного тяготения, законы сохранения энергии и импульса.
3. Константы: $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Н · м^2/кг^2.

III. Следствия:

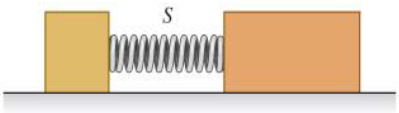
1. Формулы-следствия: решение прямой и обратной задачи механики в конкретных случаях движения тела, под действием приложенных к нему сил, либо на основе законов сохранения.
2. Экспериментальная проверка: определение ускорения свободного падения; изучение движения тела, брошенного горизонтально, изучение движения тела по окружности, изучение движения тела по наклонной плоскости, опыт с ПДЗМ.
3. Границы применимости: законы классической механики: применимы при $\upsilon << c$, неприменимы для описания движения микрочастиц в ограниченных областях пространства.
4. Практические применения: расчет траекторий движущихся тел, реактивное движение, простые механизмы, движение жидкости по трубам.

III. Осуществить классификацию предложений по структурным элементам теории из зачетной папки «Законы сохранения».

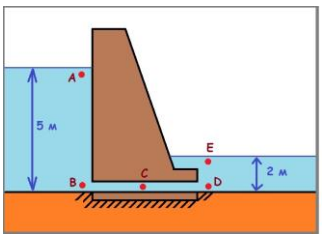
IV. Составить обобщающую таблицу «Классическая механика», используя рисунки, чертежи и текстовый материал.

Дополнительные задачи:

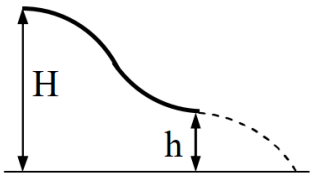
1. Сидевший на корточках человек резко выпрямляется и, оттолкнувшись от пола, подпрыгивает так, что его центр массы поднимается на высоту h, равную 3/4 его роста (высота отсчитывается от пола). Найдите среднюю силу, с которой человек действует на пол во время отталкивания. Центр массы человека, когда он выпрямился, находится на высоте h/2 от пола. Перед прыжком центр массы человека находился на высоте h/4 от пола. Масса человека равна m = 75 кг.
2. Две платформы собственной массой по $m_1 = m_2 = m = 400$ кг катятся по инерции в одном направлении по параллельным рельсам со скоростями $\upsilon_1 = \upsilon_2 = 2$ м/с. На одной из них лежит груз 100 кг. Найти скорости платформ после того, как груз будет переброшен с одной платформы на другую. Закон сохранения импульса и энергии: $\upsilon_1' = \sqrt{2} м/с; \upsilon_2' = 2{,}3 м/с$



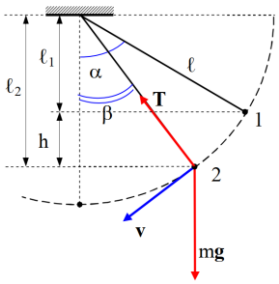
3. На гладком горизонтальном столе лежат два бруска А и В, имеющие массы 1 кг и 2 кг соответственно. Бруски соединены невесомой пружиной жёсткостью 100 Н/м сжатой в начальный момент на величину 2 см. Систему отпускают без начальной скорости. Найдите модуль относительной скорости брусков в момент, когда пружина окажется в недеформированном состоянии.
4. Высота уровня воды перед плотиной 5 м, позади нее 2 м. Определите, под каким давлением проходит вода по трубе, расположенной у основания плотины. С какой скоростью движется вода по данной трубе?



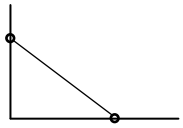
5. Санки, движущиеся поступательно по горизонтальной поверхности льда со скоростью 4 м/с, выезжают на горизонтальный асфальт. Направление движения санок перпендикулярно границе раздела льда и асфальта. Длина полозьев санок 1 м, коэффициент трения об асфальт 0,8. Какой путь пройдут санки по асфальту до полной остановки?
6. Тело соскальзывает с вершины гладкой горки высотой H = 10 м, имеющей горизонтальный трамплин. При какой высоте трамплина h тело пролетит наибольшее расстояние по горизонтали?



7. Под каким углом разлетятся два шарика равной массы посл
5. Частица кинетической энергии E упруго сталкивается с такой же неподвижной частицей и отклоняется от первоначального направления на угол 60^0. Определите кинетическую энергию частиц после соударения.
6. Тело массой m = 3 кг подвешено на нерастяжимой верёвке длиной ℓ = 2 м. Тело отклонили от вертикали на угол $\alpha = 60^0$ и предоставили самому себе. Найдите силу натяжения T верёвки, когда она составляет угол $\beta = 30^0$ с вертикалью. Ускорение силы тяжести $g = 9{,}8$ м/с^2.



7. Маленький шарик скатывается с вершины жесткозакрепленной полусферы радиуса R. В какой точке он оторвется от полусферы?
8. Если отец на 10 процентов выше сына, то, насколько больше его ускорение при спуске с горы и предельная скорость?
9. Шар катится по горизонтальной поверхности со скоростью υ. На какую высоту h относительно своего первоначального положения поднимется шар, если он начнет вкатываться на наклонную плоскость без проскальзывания?



10. Стержень согнули под углом 90° и расположили так, что одна из сторон получившегося угла вертикальна, вторая горизонтальна. На каждую сторону угла надели маленькие массивные одинаковые бусинки и соединили их невесомым стержнем длиной l. В начальный момент стержень вертикален. Затем от малого толчка

он приходит в движение и бусинки скользят по сторонам угла (см. рисунок). Найти максимальную скорость нижней бусинки в процессе последующего движения.

11. На краю вращающейся с угловой скоростью ω_0 платформе стоит человек массой m. После того, как человек перешёл в другую точку платформы, угловая скорость её вращения стала равной ω. Найти расстояние от оси вращения до человека, считая платформу диском массой M и радиусом R.

Дополнительные вопросы.

1. Как в вашей жизни проявляют себя законы механики Ньютона?
2. Почему капля дождя, налетая на комара, предает ему очень малый импульс?
3. По словам барона Мюнхгаузена, он смог поймать пушечное ядро руками. Пренебрегая тем, что ядро горячее, поясните, мог бы он это сделать в XVIII веке и сейчас? Считайте, что максимальная дальность полёта ядра 1 км, а сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Живущим сегодня людям довелось жить в период, который можно рассматривать как три или четыре самых необычайных столетия в истории человечества.

Джулиан Саймон

Урок 77/22.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 8

Почему для муравья падать со стола или с небоскрёба практически одно и то же?

«Наука — капитан, а практика — солдаты».

Леонардо да Винчи

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. Интернет-ресурсы: http://www.physbook.ru/.
18. А.А. Найдин. Примерные планы уроков. Законы сохранения в механике. – М.: ИПК, Новокузнецк, 2001, ISBN: 5-7291-0220-8.
19. Исаков А. Я. Физика. Решение задач ЕГЭ, часть 1 - 9. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2012.
20. 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.
21. Горлач В. В. Методы решения физических задач. – М.:ООО Юрайт, 2024.
22. К о н д р а т ь е в А. С., У з д и н В. М. Физика. Сборник задач. —М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 392 с. — ISBN 5-9221-0579-5.
23. Личный сайт Найдина Анатолия Анатольевича. https://naidin.ru