

Физика - 9

Краткий курс
для учащихся 9 класса

Составитель: М.В.Юлдашева

Рецензент: В.А. Отруцкая, доцент кафедры физики и
МОФ МаГУ.

Физика-9. Краткий курс для учащихся 9 класса. М –
Магнитогорск: Многопрофильный лицей №1, 2018 – 24 с.

В данном учебном пособии систематизированы основные понятия, величины, явления, законы, теории, изучаемые в курсе физики 9 класса, а также даны алгоритмы решения задач по каждому разделу курса. Пособие может быть использовано как учебное и справочное, при самостоятельном изучении учащимися пропущенных тем, для обобщающего повторения к экзаменам.

Пособие предназначено учащимся 9-11 классов школ, лицеев и гимназий.

Основные понятия

Модель – упрощённое представление реального объекта.

Модели кинематики:	Материальная точка - тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь. Условия: 1. небольшие размеры тела по сравнению с расстоянием; 2. поступательное движение тела.
	Система отсчёта – 1. оси координат; 2. тело отсчёта; 3. способ отсчёта времени.
Модели динамики:	Материальная точка Инерциальная система отсчёта – система отсчёта, находясь внутри которой нельзя определить, движется она или нет.
Модели механических колебаний:	Колебательная система – несколько взаимосвязанных тел, благодаря которым могут совершаться механические колебания.
	Математический маятник – шарик на нитке. В колебательную систему входят: шарик, нитка, опора, Земля.
	Пружинный маятник – груз на пружине. В колебательную систему входят: груз, пружина, опора, Земля.
Модели электродинамики	Постоянный полосовой магнит – тело в форме параллелепипеда, обладающее магнитным полем. Полюса магнита окрашены: северный полюс N - синим цветом, южный полюс S – красным цветом.
	Постоянный дуговой магнит – тело в форме согнутого подковообразно параллелепипеда, обладающее магнитным полем. Полюса магнита окрашены: северный полюс N - синим цветом, южный полюс S – красным цветом.
Модели атомной физики	Модель атома Резерфорда (планетарная) – 1. ядро, состоящее из протонов и нейтронов, расположенное в центре атома; 2. электронные оболочки, на которых находятся движущиеся вокруг ядра электроны. В нейтральном атоме число протонов и электронов одинаково.

Траектория – линия, вдоль которой движется тело. Может быть прямой и кривой.

Вектор – направленный отрезок. У него есть: 1. точка приложения, 2. длина; 3. направление. Виды векторов: свободные и связанные.

Радиус-вектор – вектор, соединяющий движущуюся точку с центром координат.

Искусственный спутник Земли – тело, перемещающее в пространстве вокруг Земли с первой космической скоростью.

Ракета-носитель – устройство для вывода на орбиту космического корабля. Использует реактивное движение, отталкиваясь от вырывающихся под большим давлением из сопла продуктов сгорания топлива.

Электромагнитное поле - вид материи, неразрывно связанной с электрическим зарядом. Если заряд покоится относительно наблюдателя, то проявляется как электрическое поле, если заряд движется – как магнитное поле.

Силовая линия магнитного поля – линия, касательная к векторам индукции магнитного поля. Изображает графически магнитное поле. Направлена от северного магнитного полюса к южному.

Изотопы – элементы, имеющие одинаковый порядковый номер в таблице Менделеева, но разную атомную массу. Находятся в одной клетке таблицы Менделеева. Не отличаются друг от друга химическими свойствами, но отличаются по физическим свойствам.

Нуклоны – частицы, входящие в состав ядра атома – протоны и нейтроны.

Ядерный реактор – установка для получения энергии при управляемой ядерной реакции.

Античастица – элементарная частица, обладающая противоположными по сравнению с частицей электрическим зарядом и направлением вращения вокруг своей оси.

План характеристики физической величины

1. Название, обозначение
2. Определение
3. Формула
4. Единицы измерения
5. Вектор или скаляр
6. Если вектор, изобразить графически

План характеристики физического явления

1. Когда, кем и как открыто
2. В чём заключается
3. Условия протекания
4. Законы
5. Примеры проявления в природе
6. Использование в быту и технике

План характеристики физического закона

1. Кем, когда и как открыт
2. Формулировка
3. Математическая запись
4. Границы применения
5. Связь с другими законами
6. Примеры

План характеристики физической теории

1. Название
2. Авторы теории
3. Модели
4. Круг рассматриваемых явлений
5. Связь с другими теориями
6. Следствия
7. Применение

Физические величины в курсе 9 класса

Название	Обозначение	Определение
Координата	x, y, z	Проекция положения точки в пространстве на ось координат.
Перемещение	S	Вектор, соединяющий начальную и конечную точки движения.
Пройденный путь	l	Длина траектории.
Скорость	v	Перемещение в единицу времени.
Ускорение	a	Изменение скорости в единицу времени по величине.
Ускорение свободного падения	g	Изменение скорости тела за каждую секунду при свободном падении
Угловой путь	φ	Угол, описываемый радиус-вектором во время вращательного движения тела.
Угловая скорость	ω	Угловой путь, пройденный телом за единицу времени
Центростремительное ускорение	a	Изменение скорости в единицу времени по направлению.
Первая космическая скорость	v	Скорость, необходимая телу, чтобы стать искусственным спутником Земли
Импульс тела	p	Произведение массы и скорости тела
Механическая энергия	E	Функция параметров состояния механической системы.
Кинетическая энергия	E_k	Функция массы и скорости тела
Потенциальная энергия поднятого над землёй тела	E_p	Энергия, равная работе силы тяжести по подъёму тела на эту высоту.
Потенциальная энергия деформированного тела	E_p	Функция жесткости и деформации тела.

Амплитуда	x_{\max}	Максимальное отклонение от положения равновесия.
Период	T	Время одного полного оборота (колебания).
Частота	ν	Число оборотов (колебаний) за единицу времени.
Циклическая частота	ω	Число колебаний за 2π (6,28) секунд.
Длина волны	λ	Путь, пройденный волной за период.
Скорость звука	$v_{\text{зв}}$	Скорость распространения звуковой волны
Высота тона	-	Характеристика звука, зависящая от частоты колебаний источника звука
Громкость звука	-	Характеристика звука, зависящая от амплитуды колебаний источника звука
Индукция магнитного поля	B	Сила, действующая в магнитном поле на 1м длины проводника, если по нему течёт ток силой 1А.
Магнитный поток	Φ	Число силовых линий, проходящих через данную площадку.
Скорость света	c	Скорость распространения электромагнитной волны в вакууме
Дефект масс	ΔM	Разность между суммой масс входящих в ядро нуклонов и массой ядра изотопа
Энергия связи	$E_{\text{св}}$	Энергия взаимодействия элементарных частиц в ядре, необходимая для создания ядра и выделяющаяся при его распаде.

Формула	Единицы измерения	Вектор или скаляр
$x = x_0 + v_0 t + at^2/2$	м	скаляр
$S = v_0 t + at^2/2;$ $S = (v^2 - v_0^2)/2a$	м	вектор
$l = v_0 t + at^2/2$	м	скаляр
$v = v_0 + at$	м/с	вектор
$a = (v - v_0)/t$	м/с ²	вектор вдоль или против v
$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – для Земли; в задачах $g = 10 \text{ м/с}^2$	м/с ²	вектор вертикально вниз
$\varphi = \omega t$	рад (радиан)	скаляр
$\omega = \varphi/t;$ $\omega = 2\pi \nu; \omega = 2\pi/T$	рад/с	вектор вдоль оси вращения
$a_{ц} = v^2/r; a_{ц} = \omega v; a_{ц} = \omega^2 r$	м/с ²	вектор по радиусу к центру
$v = \sqrt{g r}$	км/с	вектор по касательной к траектории
$p = mv$	кг·м/с	вектор вдоль скорости
-	Дж (джоуль)	скаляр
$E_k = mv^2/2$	Дж	скаляр
$E_p = mgh$	Дж	скаляр
$E_p = kx^2/2$	Дж	скаляр

-	м	скаляр
$T = t/n; \quad T = 1/\nu$	с	скаляр
$\nu = n/t; \quad \nu = 1/T$	Гц = 1/с (герц)	Скаляр
$\omega = 2\pi\nu; \quad \omega = 2\pi/T$	рад/с	скаляр
$\lambda = \nu T$	м	скаляр
$v_{зв} = 340$ м/с в воздухе	м/с	скаляр
-	Гц	скаляр
-	Дб (децибелла)	скаляр
$B = F/I \cdot l$	Тл (тесла)	вектор от полюса N к полюсу S
$\Phi = B S$	Вб (вебер)	скаляр
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – для вакуума	м/с	вектор вдоль движения
$\Delta M = Zm_p + (A-Z) m_n - M_{\alpha}$	а.е.м.(атомная единица массы)	скаляр
$E_{св} = \Delta M c^2$		скаляр

Запись физических величин

Для записи физической величины можно использовать **стандартный вид числа**: $a \cdot 10^n$ и $b \cdot 10^m$

Умножение чисел: $a \cdot b \cdot 10^{n+m}$

Деление чисел: $(a/b) \cdot 10^{n-m}$

Сложение и вычитание чисел: привести значение степени числа 10 к одинаковому показателю. У суммы или разности показатель степени не меняется.

Возведение числа в степень: $(a \cdot 10^n)^m = a^m \cdot 10^{n \cdot m}$

Помимо стандартного вида числа можно использовать приставки.

Кратные приставки

Название	Обозначение	Множитель
Дека	да	10
Гекто	г	10^2
Кило	к	10^3
Мега	М	10^6
Гига	Г	10^9
Тера	Т	10^{12}
Пета	П	10^{15}
Экса	Э	10^{18}

Дольные приставки

Название	Обозначение	Множитель
Деци	д	10^{-1}
Санتي	с	10^{-2}
Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}
Нано	н	10^{-9}
Пико	п	10^{-12}
Фемто	ф	10^{-15}
Атто	а	10^{-18}

Физические явления в курсе 9 класса

Название	В чём заключается
Механическое движение	Изменение положения тела в пространстве относительно других тел
Поступательное движение	Движение, при котором все точки тела перемещаются одинаково.
Прямолинейное движение	Движение по прямой траектории.
Криволинейное движение	Движение по кривой траектории.
Равномерное движение	Движение, при котором тело за равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения. (Движение с постоянной скоростью).
Неравномерное движение	Движение, при котором тело за равные промежутки времени совершает неодинаковые перемещения.
Равноускоренное движение	Движение, при котором за равные промежутки времени скорость тела увеличивается на одинаковые значения. (Движение с постоянным ускорением).
Равнозамедленное движение	Движение, при котором за равные промежутки времени скорость тела уменьшается на одинаковые значения. (Движение с постоянным отрицательным ускорением).
Свободное падение	Равноускоренное движение вниз без начальной скорости. (Падение тела в вакууме).
Вращательное движение	Движение, при котором все точки тела перемещаются по окружности. (Частный случай колебательного движения).
Реактивное движение	Движение, происходящее благодаря отталкиванию тел или частей одного тела друг от друга.
Колебательное движение	Периодически повторяющееся движение.

Свободные колебания	Колебания, которые происходят под действием внутренних сил колебательной системы
Механические колебания	Колебания тел
Электромагнитные колебания	Периодические изменения характеристик электрического поля и тока.
Вынужденные колебания	Колебания, которые происходят под действием внешних для колебательной системы сил.
Затухающие колебания	Колебания в среде, обладающей трением
Незатухающие колебания	Колебания в среде без трения
Резонанс	Резкое возрастание амплитуды колебаний при совпадении частоты вынужденных колебаний с собственной частотой колебательной системы
Волна	Колебания, распространяющиеся в пространстве.
Звуковые колебания	Механические колебания, воспринимаемые человеческим ухом. Частота колебаний от 17 до 17000 Гц.
Звуковая волна	Механическая волна, воспринимаемая человеческим ухом
Отражение звука	Явление, при котором звуковая волна, попадая на препятствие, возвращается в первоначальную среду распространения
Эхо	Звуковое явление, возникающее в результате отражения звука
Звуковой резонанс	Резкое возрастание громкости звука при совпадении частоты вынужденных колебаний с собственной частотой колебаний источника звука.
Интерференция звука	Явление сложения нескольких звуковых волн, в результате которого в разных точках пространства громкость звучания различна.

Электромагнитная индукция	Явление возникновения электрического тока под действием переменного магнитного поля.
Переменный электрический ток	Электрический ток, у которого периодически изменяются сила тока, напряжение, направление движения заряженных частиц.
Электромагнитные волны	Переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве.
Свет	Электромагнитные волны, воспринимаемые человеческим глазом. (частота колебаний от $4 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц)
Интерференция света	Сложение нескольких световых волн, в результате которого в каждой точке пространства устанавливается своя интенсивность света.
Дифракция света	Отклонение света от прямолинейного направления распространения. Огибание светом препятствий, соизмеримых с длиной световой волны.
Радиоактивность	Самопроизвольный распад атомного ядра с испусканием α , β , γ - излучения
Цепная ядерная реакция	Процесс распада ядер, при котором выделяющиеся при распаде ядер первого поколения нейтроны становятся причиной распада ядер последующего поколения. Сопровождается выделением энергии.
Термоядерная реакция	Слияние атомных ядер при очень высоких температурах. Сопровождается выделением энергии.

Законы и закономерности в курсе 9 класса

Название закона	Формулировка	Формула
1 закон Ньютона	Если на тело не действует сила, или действие всех сил уравновешено, то оно движется по инерции или покоится в инерциальной системе отсчёта.	$F=0$
2 закон Ньютона	Если на тело действует сила, оно движется с ускорением в инерциальной системе отсчёта.	$F=ma$
3 закон Ньютона	Сила действия равна силе противодействия.	$F_{12}= F_{21}$
Закон всемирного тяготения	Сила гравитационного притяжения между двумя телами прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами взаимодействующих тел.	$F_G= Gm_1m_2/r^2$
Связь угловой и линейной скорости	Линейная скорость равна произведению угловой скорости и радиуса траектории вращения точки.	$v = \omega \cdot r$
Закон сохранения импульса	Сумма импульсов тел замкнутой системы не изменяется	$\sum p - const$
Закон сохранения энергии в колебательном процессе	При незатухающих колебаниях кинетическая и потенциальная энергии могут превращаться друг в друга, при этом полная механическая энергия колебательной системы не меняется.	$E_k = E_n$

Правило буравчика	Если вращать правый винт так, чтобы его поступательное движение совпадало с направлением тока в проводнике, то вращательное движение рукоятки винта укажет направление силовой линии магнитного поля, созданного током.	-
Правило левой руки	Если левую руку расположить так, чтобы силовые линии магнитного поля вошли в ладонь, четыре пальца направить вдоль тока, тогда отогнутый большой палец укажет направление силы, действующей в магнитном поле на проводник с током.	-
Закон электромагнитной индукции	Сила индукционного тока прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока и направлена против изменения магнитного потока.	-
Правило смещения	Положение изотопа в таблице Менделеева при α – распаде смещается на две клетки вперёд, при β -распаде на одну клетку назад.	

Лабораторная работа – экспериментальное исследование объекта или явления.

План оформления лабораторной работы

1. Название
2. Цель
3. Оборудование
4. Схема установки
5. Ход работы
6. Таблица результатов
7. Вычисления
8. Расчёт погрешностей
9. Вывод

Расчёт погрешностей в лабораторной работе

A – измеряемая величина

ΔA – абсолютная погрешность измерения

$$\Delta A = \Delta A_i + \Delta A_o,$$

где ΔA_i – погрешность измерительного прибора – в простейшем подсчёте равна половине цены деления шкалы (в точном подсчёте равна классу точности прибора умноженному на предел измерения и делённому на 100)

ΔA_o – погрешность измерения равна половине цены деления шкалы прибора

$\varepsilon = \Delta A/A$ – относительная погрешность измерения

Погрешности косвенных измерений

Вид формулы	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
$A=B+C$	$\Delta A=\Delta B+\Delta C$	$\varepsilon = \Delta A/(B+C)$
$A= B \cdot C$	$\Delta A=B\Delta C+C\Delta B$	$\varepsilon = \varepsilon B + \varepsilon C$
$A=B/C$	$\Delta A=(B\Delta C+C\Delta B)/C$	

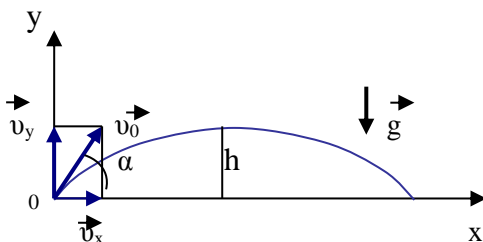
Алгоритмы решения задач

Кинематика поступательного движения

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Определить материальную точку. Выбрать систему отсчёта.
3. Построить чертёж, на котором указать:
 - оси координат;
 - начальное и конечное положение точки, её траекторию;
 - перемещение, скорость, ускорение точки.
4. Выбрать уравнения для
 - координаты: $x = x_0 + v_0 t + at^2/2$;
 - перемещения: $S = x - x_0$; $S = v_0 t + at^2/2$; $S = (v^2 - v_0^2)/2a$;
 - скорости: $v = v_0 + at$;
 - ускорения: $a = (v - v_0)/t$;в зависимости от величин, указанных в условии задачи. Определить характер движения. Если $a=0$, уравнения изменить подстановкой $a=0$.
5. Записать уравнения в проекции на ось x .
6. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных.
7. Решить систему уравнений.
8. Проанализировать и записать ответ.

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Определить материальную точку. Выбрать систему отсчёта.
3. Построить чертёж, на котором указать:



- оси координат;
 - начальное и конечное положение точки, её траекторию;
 - начальную скорость, угол бросания, скорости точки вдоль осей, высоту подъёма, ускорение точки.
4. Рассмотреть движение точки относительно каждой оси:
ось ox - движение равномерное;

$$S_x = v_x t; \quad v_x = v_0 \cos \alpha;$$

ось oy - движение равнозамедленное вверх и равноускоренное вниз; так как траектория – парабола, её ветви симметричны и можно рассматривать только движение вниз из максимальной точки подъёма.

$$h = gt^2/2; \quad h = v_y^2 / 2g; \quad v_y = gt; \quad v_y = v_0 \sin \alpha;$$

5. Записать уравнения в проекции на оси.
6. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных. Можно использовать теорему Пифагора:
$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2};$$
7. Решить систему уравнений.
8. Проанализировать и записать ответ

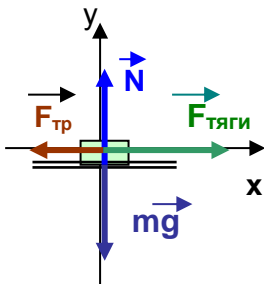
Кинематика вращательного движения

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Выбрать уравнения в зависимости от величин, указанных в условии задачи.
 $\varphi = \omega t$; $\omega = 2\pi \nu$; $\omega = 2\pi/T$; $v = \omega r$; $a_{ц} = v^2/r$; $a_{ц} = \omega v$; $a_{ц} = \omega^2 r$;
 $T = t/n$; $T = 1/\nu$; $\nu = n/t$; $\nu = 1/T$
3. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных.
4. Решить систему уравнений.
5. Проанализировать и записать ответ.

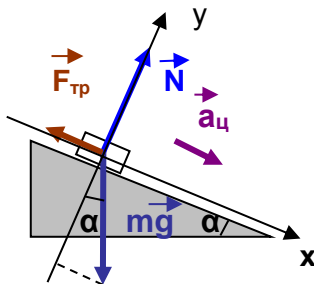
Динамика поступательного и вращательного движения

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Определить материальную точку. Выбрать систему отсчёта.
3. Построить чертёж, на котором указать:
 - все действующие силы;
 - равнодействующую или ускорение тела;
 - оси координат.
4. Определить характер движения, выбрать закон Ньютона: $F = 0$ или $F = ma$.
5. Записать уравнение для равнодействующей силы в векторной форме.
6. Взять проекции всех сил на оси координат. Составить уравнения.
7. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных.
8. Решить систему уравнений.
9. Проанализировать и записать ответ

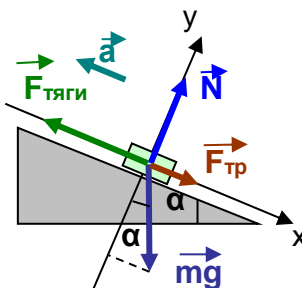
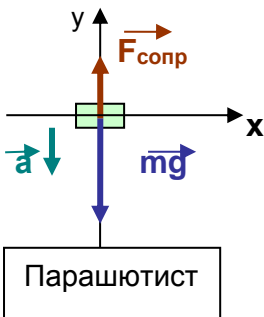
Динамика поступательного движения (чертежи)



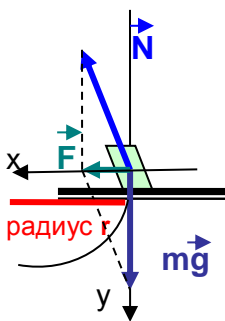
Автомобиль



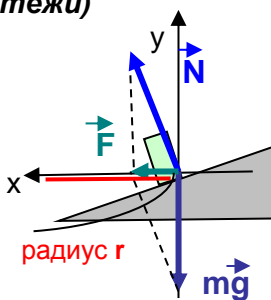
Наклонная плоскость



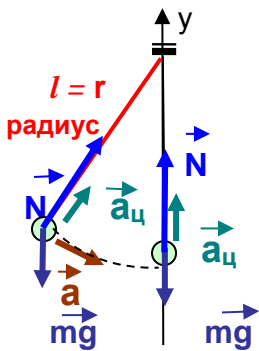
Динамика вращательного движения (чертежи)



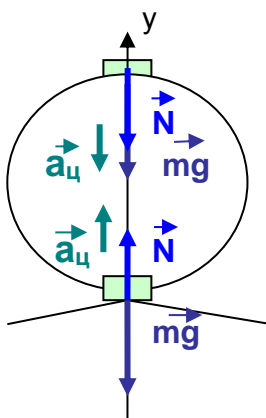
Велосипедист



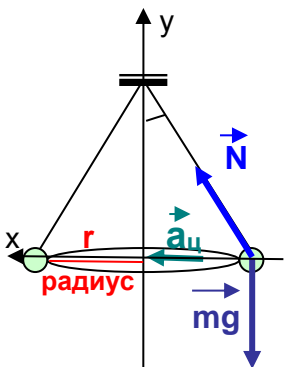
Трамвай на повороте,
велотрек



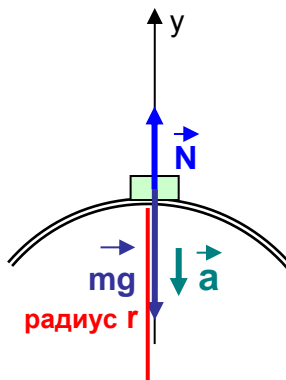
Математический маятник



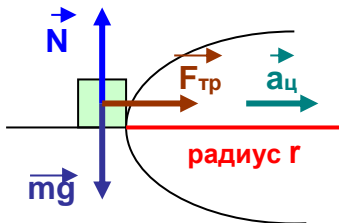
Мёртвая петля



Конический маятник



Круглый мост



Автомобиль на повороте

Закон сохранения импульса

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Указать входящие в систему тела. Определить момент и характер (упругое, неупругое) взаимодействия тел.
3. Выбрать систему отсчёта.
4. Записать сумму импульсов системы тел до и после взаимодействия в векторной форме.
 $\sum p$ до взаимодействия = p_1 ; $\sum p$ после взаимодействия = p_2 ;
5. Записать разность этих сумм. $\Delta p = p_1 - p_2$;
6. Приравнять её нулю, если выполняется закон сохранения импульса (взаимодействие происходит практически мгновенно).
 $\Delta p = 0$.
7. В противном случае, приравнять разность сумм импульсов тел до и после взаимодействия импульсу силы. $\Delta p = F\Delta t$.
8. Взять проекции импульсов на оси координат. Составить уравнения.
9. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных.
10. Решить систему уравнений.
11. Проанализировать и записать ответ

Закон сохранения энергии

1. Записать и проанализировать условия. Определиться с известными и неизвестными величинами. Привести единицы измерения величин к одной системе.
2. Выбрать систему отсчёта.
3. Указать входящие в систему тела, начальное и конечное состояние системы.
4. Определить механическую энергию системы в начальном состоянии – E_1 . При наличии потенциальной энергии поднятого над землёй тела выбрать её нулевой уровень.
5. Определить механическую энергию системы в конечном состоянии – E_2 .
6. Найти изменение механической энергии $\Delta E = E_1 - E_2$.
7. Если выполняется закон сохранения энергии, $\Delta E = 0$. в противном случае $\Delta E = A$.

Примечание: закон сохранения энергии не выполняется при неупругом взаимодействии.

8. Число уравнений должно соответствовать числу неизвестных. Если уравнений недостаточно, можно дополнительно использовать закон сохранения импульса.

9. Решить систему уравнений.

10. Проанализировать и записать ответ.

Уравнения ядерных реакций

1. Искусственная радиоактивность

Искусственная радиоактивность вызывается бомбардировкой атомов элементарными частицами. В результате из ядра вылетает другая частица и происходит превращение одного химического элемента в другой.

При записи элементов используется их обозначение из таблицы Менделеева. Порядковый номер, равный заряду ядра или числу протонов в ядре записывается перед элементом внизу, атомная масса, равная числу нуклонов в ядре, записывается перед элементом вверху.

Обозначения частиц:

${}^1_1\text{p}$ или ${}^1_1\text{H}$ – протон; ${}^0_1\text{n}$ – нейтрон; ${}^{-1}_0\text{e}$ – электрон; ${}^4_2\text{He}$ – альфа-частица (ядро атома гелия).

При уравнивании ядерной реакции используются законы сохранения электрического заряда и массы.

Пример: ${}^{55}_{25}\text{Mn} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^0_1\text{n}$. Сумма чисел справа и слева должна совпадать.

2. Естественная радиоактивность

Во время естественной радиоактивности из ядра атома могут вылетать альфа-частицы, электроны, гамма-кванты. При этом происходит превращение одного химического элемента в другой. Новый элемент определяют в таблице Менделеева по порядковому номеру Z . Для записи реакции используют правило смещения:

${}^A_Z\text{X} \rightarrow (Z-2) {}^{(A-4)}\text{Y}$ – для α -распада;

${}^A_Z\text{X} \rightarrow (Z+1) {}^A\text{Y}$ – для β -распада.

Пример: ${}^{226}_{88}\text{Ra} (\alpha) \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn}$; ${}^{238}_{92}\text{U} (\beta) \rightarrow {}^{238}_{93}\text{Np}$.

Алгоритм расчёта энергии связи атомных ядер

1. Определить количество протонов и нейтронов в ядре изотопа (Число протонов Z – порядковый номер элемента, число нейтронов – $(A-Z)$ атомный вес минус порядковый номер).
2. Найти сумму масс входящих в ядро частиц (в атомных единицах массы), предварительно умножив массу одной частицы на их количество.

Масса протона $m_p = 1,00728$ а.е.м.

Масса нейтрона $m_n = 1,00866$ а.е.м.

3. Определить по таблице «Относительная масса некоторых изотопов» массу ядра данного изотопа.

4. Вычесть из суммы масс нуклонов массу ядра. Эта разность называется дефектом масс ΔM .

$$\Delta M = Z m_p + (A-Z) m_n - M_{\text{я}}$$

4. Рассчитать энергию связи по формуле: $E_{\text{св}} = \Delta M c^2$, где $c^2 = 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$ Ответ получится в мегаэлектрон-вольтах.

5. Если нужно перевести значение энергии связи в Джоули, нужно умножить ответ на заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Примечание: нуклоны – это протоны и нейтроны.