ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Глазовский инженерно-экономический институт (филиал)

государственного образовательного учреждения

высшего профессионального образования

«Ижевский государственный технический университет»

Кафедра “Естественно-научные и гуманитарные дисциплины”

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**по учебной дисциплине “Физика”**

**на тему “Колебания и волны. Оптика. Квантовая и ядерная физика”**

Выполнил студент

3 курса, гр. 6211У\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)

Проверил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Б.Федоров

(оценка, подпись)

Глазов 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…………………………………………………………………………..3

1. Механические электромагнитные колебания. Гармонический осциллятор…..5

2. Корпускулярно-волновой дуализм в микромире. Гипотеза де - Бройля.

Некоторые свойства волн де - Бройля. Вероятностный смысл волн де –

Бройля………………………………..……………………………………………..8

3. Колебания………………………………………………..…..….……...………..10

4. Электромагнитные волны….. ……………………………………..……...…….11

5. Интерференция света …………………………………………...….…...…...….12

6. Дифракция света ……………………………………………………...............…14

7. Поляризация...………………………………………...………………………….15

8. Квантовая природа излучения……………….………………….…………...….16

9. Основные понятия квантовой механики …....…………………….…….……..18

10. Основные понятия квантовой механики ………………….………………….19

11. Квантовая физика. Строение атома ……………..............................................20

12. Ядерная физика ………...……………………...………………….….………...21

Заключение..……………………………………………………….………………..22

Литература……………………………………………..………………….………...23

Приложения……………………………………………………………………..….24

ВВЕДЕНИЕ

В курсовой работе охвачены вопросы разделов «Колебания и волны. Оптика» и «Квантовая и ядерная физика».

Задачи на гармонические колебания охватывают такие вопросы, как определение амплитуды скорости, ускорения, энергии, периода механических колебаний, силы тока, напряжения, энергии и частоты электромагнитных колебаний.

Волновые процессы представлены задачами, в которых определяются частота, длина, скорость распространения, энергия и объемная плотность энергии механических и электромагнитных волн.

Задачи по теме «Интерференция света» включают расчет интерференционной картины от двух когерентных источников, интерференцию в тонких пленках, полосы равной толщины и равного наклона.

Тема «Дифракция света» представлена задачами на определение количества зон Френеля, дифракции в параллельных лучах на одной щели, на плоской и пространственной дифракционных решетках, разрешающей способности дифракционной решетки.

Задачи по теме «Поляризация света» охватывают такие вопросы, как применение законов Брюстера, Малюса, определение степени поляризации, вращение плоскости поляризации в растворах и кристаллах.

Тема «Распространение света в веществе» включают законы теплового излучения, фотоэффект, эффект Комптона, давление света.

Изучение элементов атомной и ядерной физики начинается с элементов квантовой механики и рассмотрения таких вопросов, как корпускулярно-волновой дуализм материи, гипотезы де Бройля, что движение любой частицы согласно этой гипотезе всегда сопровождается волновым процессом. Исходя из соотношений неопределенностей Гейзенберга, определяются границы применимости классической механики и, что из этих соотношений вытекает необходимость описания состояния микрочастиц с помощью волновой функции.

При изучении элементов физики атомного ядра и элементарных частиц, рассматривается состав атомного ядра и его характеристики: масса, линейные размеры, момент импульса, магнитный момент ядра, дефект массы ядра, энергия и удельная энергия связи ядра. Рассматривая состав ядра и взаимодействие нуклонов в ядре, выявляются свойства ядерных сил и их обменная природа.

При изучении темы «Ядерные реакции», нельзя забывать, что во всех ядерных реакциях выполняются законы сохранения: энергии, импульса, момента импульса, электрического заряда, числа нуклонов. Особое внимание уделяется реакциям синтеза легких и деления тяжелых ядер, вопросам ядерной энергетики и проблемам управления термоядерными реакциями.

В задачах данной темы рассматриваются следующие вопросы: определение длины волны де Бройля движущихся частиц, соотношения неопределенностей Гейзенберга, применение уравнения Шредингера для частицы, находящейся в одномерной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками, рентгеновское излучение и закон Мозли, закон радиоактивного распада, определение дефекта массы, энергии связи и удельной энергии связи ядра, энергии ядерных реакций.

1. МЕХАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ. ГАРМОНИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛЯТОР.

**Колеба́ния** — повторяющийся в той или иной степени во времени процесс изменения состояний системы около точки равновесия. Например, при колебаниях маятника повторяются отклонения его в ту и другую сторону от вертикального положения; при колебаниях в электрическом колебательном контуре повторяются величина и направление тока, текущего через катушку. Колебания почти всегда связаны с попеременным превращением энергии одной формы проявления в другую форму. Принципиальное отличие от волн: при колебаниях не происходит переноса энергии, это, так сказать, «местные» преобразования энергии. Выделение разных видов колебаний зависит от подчёркиваемых свойств колеблющихся систем.

**Различают следующие виды колебаний:**

**- По физической природе:**

* *Механические* (звук, вибрация)
* *Электромагнитные* (свет, радиоволны, тепловые)
* *Смешанного типа* — комбинации вышеперечисленных

### - По характеру взаимодействия с окружающей средой

* *Вынужденные* — колебания, протекающие в системе под влиянием внешнего периодического воздействия. Примеры: листья на деревьях, поднятие и опускание руки.
* *Свободные (или собственные)* — это колебания в системе под действием внутренних сил, после того как система выведена из состояния равновесия (в реальных условиях свободные колебания всегда затухающие). Ярким примером свободных колебания является колебания груза, прикреплённого к пружине, или груза, подвешенного на нити.
* *Автоколебания*— колебания, при которых система имеет запас потенциальной энергии, расходующейся на совершение колебаний (пример такой системы — механические часы).
* *Параметрические* — колебания, при которых за счет внешнего воздействия происходит изменение какого-либо параметра колебательной системы.

**Величины, характеризующие колебательное движение.**

* *Амплитуда* — максимальное отклонение колеблющейся величины от некоторого усреднённого её значения для системы, А **(м)**
* *Период* — промежуток времени, через который повторяются какие-либо показатели состояния системы (система совершает одно полное колебание), Т **(сек)**
* *Частота* — число колебаний в единицу времени,  (**Гц, сек−1)**.

Связь частоты и периода выражается формулой :

.

В круговых или циклических процессах вместо характеристики «частота» используется понятие *круговая (циклическая)* частота  **(рад/сек, Гц, сек−1)**, показывающая число колебаний за 2π единиц времени:



* *Смещение* — отклонение тела от положения равновесия, х (м).
* *Фаза колебаний* — определяет смещение в любой момент времени, то есть определяет состояние колебательной системы, (рад).

**Гармонические колебания** — колебания, при которых колеб­лющаяся величина изменяется со временем по закону синуса (косинуса). Гармонические колеба­ния величины *х* описываются уравнением типа

.

**Гармонический осциллятор** — это система, которая при смещении из положения равновесия испытывает действие возвращающей силы, пропорциональной смещению *х* (согласно закону Гука):



где *k* — положительная константа, описывающая жёсткость системы.

Механическими примерами гармонического осциллятора являются математический маятник (с малыми углами смещения), груз на пружине, торсионный маятник и акустические системы. Среди других аналогов гармонического осциллятора стоит выделить электрический гармонический осциллятор ,представляющий собой электрическую цепь, содержащую соединённые катушку индуктивности и конденсатор.

1. КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ В МИКРОМИРЕ.

ГИПОТЕЗА ДЕ - БРОЙЛЯ. НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ВОЛН ДЕ - БРОЙЛЯ. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ СМЫСЛ ВОЛН ДЕ - БРОЙЛЯ.

**Корпускуля́рно-волново́й дуали́зм** — принцип, согласно которому любой объект может проявлять как волновые, так и корпускулярные свойства. Был введён при разработке квантовой механики для интерпретации явлений, наблюдаемых в микромире, с точки зрения классических концепций. Французский ученый Луи де Бройль выдвинул в 1923 году гипотезу об универсальности корпускулярно-волнового дуализма. Он утверждал, что не только фотоны, но и электроны и любые другие частицы материи наряду с корпускулярными обладают также волновыми свойствами. Согласно де Бройлю, с каждым микрообъектом связываются, с одной стороны, корпускулярные характеристики — энергия *E* и импульс *p*, а с другой стороны — волновые характеристики — частота и длина волны. Формула де Бройля устанавливает зависимость длины волны λ, связанной с движущейся частицей вещества, от импульса *p* частицы:

, 

где *m* — масса частицы, *v* — ее скорость, *h* — постоянная Планка, *c* — скорость света. Волны, о которых идет речь, называются **волнами де Бройля**.

**Некоторые свойства волн де Броля.**

Фазовая скорость волн де Бройля свободной частицы



где ω = 2πν — циклическая частота, *E* — полная (релятивистская) энергия частицы, р — импульс частицы, *m*, *v* — её масса и скорость соответственно, λ — длина дебройлевской волны, k=- волновое число. Фазовая скорость *vфаз* волны де Бройля больше скорости света, но относится к числу величин, принципиально неспособных переносить информацию (является чисто математическим объектом).

Групповая скорость волны де Бройля *u* равна скорости частицы *v*:

.

Следовательно, групповая скорость волн де Броля равна скорости частицы.

Волны де Бройля имеют специфическую природу, не имеющую аналогии среди волн, изучаемых в классической физике: квадрат модуля амплитуды волны де Бройля в данной точке является мерой вероятности того, что частица обнаруживается в этой точке. Дифракционные картины, которые наблюдаются в опытах, являются проявлением статистической закономерности, согласно которой частицы попадают в определенные места в приёмниках — туда, где интенсивность волны де Бройля оказывается наибольшей. Частицы не обнаруживаются в тех местах, где, согласно статистической интерпретации, квадрат модуля амплитуды «волны вероятности» обращается в нуль.

3.СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

1. Материальная точка массой 7,1 г совершает гармонические колебания с амплитудой 2 см и частотой 5 Гц. Чему равна максимальная возвращающая сила и полная энергия колебаний?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| г  А=2 см  Гц | кг  м | -уравнение гармонических колебаний (1)  (2)  , =0  (3)    (4)  Подставляя (4) в (3) получаем:    W=Tкин+Ппотен= Tmax=Пmax      H  Дж  Ответ: H; Дж |
| Найти:  Fmax  W | Н  Дж |

4.ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

2.В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны 0,1 А/м. Определить амплитуду напряженности электрического поля волны и среднюю по времени плотность энергии волны.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| Нm=0,1 А/м  =1 |  | -плотность потока энергии.  Так как величины *Е* и *H* в каждой точке волны меняются со временем по гармоническому закону, находясь в одинаковых фазах, то мгновенное значение *р* равно:    Учитывая, что в электромагнитной волне  , найдем:  ,  I=  ,  B/м  I= Вт/м2  Ответ: B/м , I= Вт/м2 |
| Найти:  Еm  I | B/м  Вт/м2 |

5.ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

3. Расстояние между двумя когерентными источниками 0,9 мм, а расстояние от источников до экрана 1,5 м. Источники испускают монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Определить число интерференционных полос, приходящихся на 1 см экрана.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
|  | м  м  м | , где - расстояние между двумя интерференционными максимумами. (1)  - оптическая разность хода (2)    , (3)  (4)  Подставляя в (3) (2) и (4) получим:  , (5)  - условие интерференционного максимума, где . (6)  Подставляя в (6) (5) получим:  (7)  Возьмем два соседних максимума k и k+1.  (8)  Подставим (8) в (1) получим:  ,    Ответ: |
| Найти: |  |

6.ДИФРАКЦИЯ СВЕТА

4. Параллельный пучок света от монохроматического источника (= 0,5 мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром 1 мм. Темным или светлым будет центр дифракционной картины на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от диафрагмы?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| мм  мкм  м | м  м | , ,  - пренебрежимо мало, тогда (1)  (2).  Подставим (2) в (1), получим .  Если m- четное, будет темное кольцо,  Если m – нечетное , будет светлое кольцо.    Ответ: , центр дифракционной картины на экране будет светлым. |
| Найти: |  |

7.ПОЛЯРИЗАЦИЯ

5. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности воды, были максимально поляризованы?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
|  |  | Пусть  - угол падения солнечных лучей,  - угол между направлением на Солнце и горизонтом.  По закону Брюстера , где - показатель преломления воды.  Тогда .  Тогда  Ответ: |
| Найти: |  |

8.КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ИЗЛУЧЕНИЯ

6. Определить максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих из вольфрамового электрода, освещаемого ультрафиолетовым светом с длиной волны 0,2 мкм.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| m=кг |  | Максимальную скорость фотоэлектронов можно определить из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:  .  рассматривается как максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, а энергия фотона вычисляется по формуле:  ,  где  - постоянная Планка;  - скорость света в вакууме;  - длина волны излучения. Подставляя числовые значения в первую формулу, получим, что энергия электромагнитного излучения .  Так как энергия фотона - меньше энергии покоя электрона, то данный случай является нерялетивистским, и при решении задачи максимальную кинетическую энергию фотоэлектрона определим по формуле .  Отсюда максимальная скорость фотоэлектронов будет равна  Подставляя числовые значения в полученную формулу находим .  Ответ: |
| Найти: |  |

9.ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

7. Какой кинетической энергией должен обладать электрон, чтобы дебройлевская длина волны была равна его комптоновской длине волны?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| кг |  | де Бройля:  Комптона:  умножаем ур-е на с:  , где  - энергия покоя, тогда  Из СТО:  Решаем квадратное уравнение: D=8    Так как , то решением является только положительный корень: , тогда , подставим числовые значения  Дж:  =эВ  Ответ: эВ |
| Найти: | эВ |

10.ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

8.Среднее расстояние электрона от ядра в невозбужденном атоме водорода равно 52,9 пм. Вычислить минимальную неопределенность скорости электрона в атоме.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
| кг | м | Применим соотношение неопределенностей к электрону, движущемуся в атоме водорода.  После подстановки числовых значений находим  Ответ: |
| Найти: |  |

11.КВАНТОВАЯ ФИЗИКА. СТРОЕНИЕ АТОМА

9. Сколько линий спектра атома водорода попадает в видимую область (= 0,40 — 0,76 мкм)? Вычислить длины волн этих линий. Каким цветам они соответствуют?

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
|  |  | Длины волн спектральных линий водорода всех серий определяются формулой .  В видимой области спектра находятся первые четыре линии серии Бальмера (n=2, k=3,4,5,6). Длины волн этих линий будут равны:  - красная линия  - голубая линия  - фиолетовая линия  - фиолетовая линия  Ответ: , , , |
| Найти: | м |

12. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

10.Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи дейтерия.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дано: | СИ | Решение: |
|  |  | Дефект массы ядра определяем по формуле  .  Вычисление дефекта массы выполним во внесистемных единицах (а.е.м.). Для ядра  , . Массы нейтральных атомов водорода и дейтерия, а также нейтрона найдем из таблицы.  Подставим найденные массы в выражение и произведем вычисления. В итоге получаем  а.е.м.  Энергия связи ядра определяется соотношением .  Энергию связи ядра также найдем во внесистемных единицах (МэВ). Для этого дефект массы подставим в выражение энергии связи в а.е.м., а коэффициент пропорциональности () – в МэВ/(а.е.м.).  Подставляя числовые данные, получим  МэВ.  Удельная энергия связи, приходящаяся на один нуклон  Подставляя числовые данные, получим МэВ/нуклон  Ответ: а.е.м., МэВ, МэВ/нуклон |
| Найти: |  |

Заключение

В моей курсовой работе были рассмотрены следующие вопросы: механические гармонические колебания, гармонический осциллятор по теме «Свободные колебания» и корпускулярно-волновой дуализм в микромире, гипотеза де – Бройля, некоторые свойства волн де – Бройля, вероятностный смысл волн де – Бройля по теме «Основные понятия квантовой физики».

Решены задачи по следующим темам: «Свободные колебания», «Электромагнитные волны», «Интерференция света», «Дифракция света», «Волновая оптика», «Основные понятия квантовой механики», «Квантовая физика. Строение атома», «Ядерная физика».

Литература

1. Трофимова Т.Н. Курс физики.- М.: ВШ, 2000.

2. Савельев И.В. Курс общей физики,- М: Наука, 1982-1984, т. 1-3.

3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. - М.: Наука, 1979-1989, т. I-V.

4. Огурцов А.Н. Лекции по физике.

5. Методические указания и контрольные задания для курсовой работы. –Г: 2007

Приложения

1. Основные физические постоянные (округленные значения)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Физическая постоянная | Обозначение | Числовое значение |
| Нормальное ускорение свободного падения | *g* | 9,81 м/c2 |
| Гравитационная постоянная | *G* | м3/(кгс)2 |
| Постоянная Авогадро | *N*A | моль-1 |
| Молярная газовая постоянная | *R* | 8,31 Дж/(мольК) |
| Постоянная Больцмана | *k* | Дж/К |
| Объем одного моля идеального газа при нормальных условиях (*T*0 = 273,15 К, *p*0 = 101325 Па) | *V*0 | м3/моль |
| Элементарный заряд | *е* | Кл |
| Масса покоя электрона | *m*e | кг |
| Постоянная Фарадея | *F* | 9,65 Кл/моль |
| Скорость света в вакууме | *с* | м/с |
| Постоянная Стефана — Больцмана |  | Вт/(м2К4) |
| Постоянная Вина в первом законе (смещения) | *b*1 | мК |
| Постоянная Вина во втором законе | *b*2 | Вт/(м3К5) |
| Постоянная Планка | *h* | Джс |
|  | Джс |
| Постоянная Ридберга | *R* | м-1 |
| Боровский радиус | *r* | м |
| Комптоновская длина волны электрона |  | м |
| Энергия ионизации атома водорода | *Е*i | Дж = 13,6 эВ |
| Атомная единица массы | а. e. м. | кг |
| Энергия, соответствующая 1 а. е. м. |  | 931,50 МэВ |
| Электрическая постоянная |  | Ф/м |
| Магнитная постоянная |  | Гн/м |
| Магнетон Бора |  | Дж/Тл |
| Ядерный магнетон |  | Дж/Тл |

2. Удельное сопротивление р, 10-8, Омм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вольфрам | 5,5 | Железо | 9,8 | Никелин | 40 |
| Нихром | 110 | Медь | 1,7 | Серебро | 6,0 |

3. Показатель преломления

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алмаз | 2,42 | Вода | 1,33 | Глицерин | 1,47 |
| Каменная соль | 1,54 | Кварц | 1,55 | Сероуглерод | 1,63 |
| Скипидар | 1,48 | Стекло | 1,52 | Кислород | 1,00027 |

4. Интервалы длин волн, соответствующие различным цветам спектра, нм

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фиолетовый | 400 — 450 | Голубой | 480 — 500 | Желтый | 560 — 590 |
| Синий | 450 — 480 | Зеленый | 500 — 560 | Оранжевый | 590 — 620 |
| Красный | 620 — 760 |  |  |  |  |

5. Масса *m*0 и энергия *Е*0 покоя некоторых элементарных частиц и легких ядер

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частицы | *m*0 | | *Е*0 | |
| а. е. м. | 10-27, кг | МэВ | 10-10, Дж |
| Электрон | 5,48610-4 | 0,00091 | 0,511 | 0,00081 |
| Протон | 1,00728 | 1,6724 | 938,23 | 1,50 |
| Нейтрон | 1,00867 | 1,6748 | 939,53 | 1,51 |
| Дейтрон | 2,01355 | 3,3325 | 1876,5 | 3,00 |
| α-частица | 4,0015 | 6,6444 | 3726,2 | 5,96 |

6. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименовании

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приставка | | множитель | Приставка | | множитель |
| наименование | обозначение | наименование | обозначение |
| экса | Э | 1018 | санти | с | 10-2 |
| пета | П | 1015 | милли | м | 10-3 |
| тера | Т | 1012 | микро | мк | 10-6 |
| гига | Г | 109 | нано | н | 10-9 |
| мега | М | 106 | пико | п | 10-12 |
| кило | к | 103 | фемта | ф | 10-15 |
| деци | д | 102 | атто | а | 10-18 |

7. Работа выхода электронов из металла, эВ

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Алюминий | 3,7 | Литий | 2,3 | Платина | 6,3 | Цинк | 4,0 |
| Вольфрам | 4,5 | Медь | 4,4 | Цезий | 1,8 | Никель | 4,8 |

8. Элементы периодической системы н массы нейтральных атомов, а.е.м.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент  системы | Изотоп | Масса | Элемент  системы | Изотоп | Масса |
| Водород | — |  | Алюминий |  | 26,98135 |
|  |  | 1,00783 | Кремний |  | 26,81535 |
|  |  | 2,01410 | Фосфор |  | 32,97174 |
|  |  | 3,01605 | Сера |  | 32,97146 |
| Гелий | — |  | Железо |  | 55,94700 |
|  |  | 3,01605 | Медь |  | 63,5400 |
|  |  | 4,00260 | Вольфрам |  | 183,8500 |
| Литий |  | 7,01601 | Магний |  | 23,98504 |
| Бериллий |  | 7,01169 |  |  | 26,98436 |
| Бор |  | 10,01294 | Кальций |  | 47,95236 |
|  |  | 11,00931 | Серебро |  | 107,869 |
| Азот |  | 14,00307 | Радий |  | 226,0254 |
| Кислород |  | 15,99492 | Торий |  | 232,038 |
|  |  | 16,99913 | Уран |  | 238,0508 |