

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Томский государственный университет систем управления и  
радиоэлектроники». (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
«Управление инновациями»  
\_\_\_\_\_ /А.Ф.Уваров  
(подпись) (ФИО)  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2013 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ  
по дисциплине

**История и методология науки и производства  
в области электронной техники**

Составлена кафедрой

«Управление инновациями»

Для студентов, обучающихся  
по направлению магистерской подготовки 222000.68 «Инноватика»  
Профиль «Управление инновациями в электронной технике»

Форма обучения очная

Составитель  
Доцент, к.ф.-м.н.,

\_\_\_\_\_ П.Н. Дробот

Томск 2013 г.

## Оглавление

Введение.....	3
Практическое занятие № 1 Структура научного знания. Специфика научной деятельности. Критерии научного знания.....	4
Практическое занятие № 2 Методы и средства научного познания. Этические нормы науки.....	7
Практическое занятие № 3 Метод, научный метод, методика, методология науки.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Практическое занятие № 4 История открытия полупроводниковых свойств кристаллических веществ в XIX веке. ....	10
Практическое занятие № 5 XIX–XX век, развитие полупроводниковой электроники до окончания второй мировой войны.....	12
Практическое занятие № 6 XX век, транзисторная революция .....	12
Практическое занятие № 7 XX век, интегральная революция.....	14
Практическое занятие № 8 XX–XI век, проблемы микроэлектроники на рубеже веков. Нанозлектроника. ....	14
Библиографический список .....	15

## **Введение**

Дисциплина «История и методология науки и производства в области электронной техники» М1.В.ОД.1 относится к вариативной части М1.В общенаучного цикла М1 дисциплин ФГОС по направлению 222000.68 «Инноватика». Дисциплина имеет важное, профессионально ориентирующее значение в специальной подготовке магистрантов по направлению «Инноватика».

Цель данного пособия состоит в выработке практических навыков применения в профессиональной деятельности будущего магистра знаний основ научно-практической методологии и навыков анализа, основанного, с одной стороны, на понимании опыта методологии науки и, с другой стороны, на глубоком знании истории полупроводниковой электроники и электронной техники.

Предлагаемые практические занятия позволят глубже освоить теоретические и практические вопросы научной методологии, глубоко изучить и понять вопросы истории полупроводниковой электроники и электронной техники и научиться применять полученные знания на практике в профессиональной деятельности для оценки инновационных разработок, в первую очередь в сферах полупроводниковой электроники и электронной техники по следующим критериям: степень методологической проработки, высота технического уровня, изобретательский уровень и другие характерные ключевые аспекты инновационной разработки.

## **Практическое занятие № 1 по разделу 1 Введение. Методология науки.**

**Цель занятия: Изучить и понять структуризацию современной науки по группам, отраслям и отдельным дисциплинам и по ее связи с производством**

### **Основные этапы:**

1. Внимательно рассмотрите и изучите диаграмму структуры науки рис.1.1 Приложение 1. Одновременно запомните международные названия приведенных на диаграмме наименований научных разделов и дисциплин. Уясните, что существует три основных группы наук: естественные, общественные и технические. Каждая группа наук делится на отрасли, например, физика, химия, биология и другие.
2. Обратите внимание, что одновременно наука структурирована по ее связи с производством, как это показано в Приложении 1 на диаграмме рис.1.2.
3. Рассмотренное структурирование науки сложилось за многовековую историю развития человечества, то есть это развитие имеет значительную длительность и историческую протяженность. В связи с этим постарайтесь продумать и дать ответ на вопрос – когда возникла наука?
4. От момента формирования науки как социального института, что ознаменовалось образованием в 1662 году Лондонского королевского общества, а в 1666 году – Парижской академии наук, до начала XIX века, до основания Берлинского университета наука была свободной деятельностью отдельных ученых и никак специально не финансировалась. В связи с этим ответьте на вопросы: как появилось понятие научный работник, как наука стала профессиональной. Покажите, что научное познание это динамический процесс и развивающаяся система знаний. Раскройте особенности научного познания и критерии научного знания.
5. Дайте развернутое описание трех, связанных друг с другом, но отличающихся, уровней научного знания (Приложение 1, рис.1.3).

Раскройте методы и средства эмпирического уровня: сравнение, измерение, наблюдение, эксперимент, анализ, индукция. Раскройте методы и средства теоретического уровня: абстрагирование, идеализация, синтез, дедукция, восхождение от абстрактного к конкретному. Опишите третий уровень научного знания – уровень философских предпосылок, философских оснований. Раскройте специализацию профессиональных ученых в соответствии со структурой научного познания – так называемые теоретики и экспериментаторы. Основные методы эмпирического знания – наблюдение и эксперимент. Способы теоретического мышления – мысленный эксперимент и математический эксперимент.

На эмпирическом уровне научного познания используются следующие методы и средства:

1. *сравнение* – познавательская операция, позволяющая судить о сходстве или различии объектов, выявляющая качественные и количественные характеристики предметов;
2. *измерение* – определение отношения измеряемой величины к другой однородной величине, принятой за единицу, хранящуюся в техническом средстве измерений;
3. *наблюдение* – целенаправленное и организованное восприятие, регистрация и описание фактов и данных об изучаемом объекте;
4. *эксперимент* – (от лат. *experimentum* – проба) исследование в управляемых условиях.
5. *анализ* – (от древнегреческого «разложение», «расчленение») операция мысленного или реального расчленения целого на составные части;
6. *индукция* – движение мысли от частного к общему.

Опыт никогда не делается вслепую, в этом нет никакого смысла – он планируется в соответствии с теорией от первоначального плана до последних деталей в экспериментальной лаборатории. Главная задача теоретического познания – достижение объективной истины во всей ее

конкретности и полноте содержания. В какой степени это удается – зависит от верности теории, от степени ее упрощений и приближений к реальности.

При этом широко используются следующие познавательные приемы и средства:

- 1) *абстрагирование* – мысленное выделение из конкретного множества некоторых элементов и отвлечение их от прочих элементов,
- 2) *идеализация* – создание чисто мысленных объектов («точка», «идеальный газ» и др.),
- 3) *синтез* – объединение результатов анализа в систему,
- 4) *дедукция* – движение познания от общего к частному,
- 5) *восхождение* от абстрактного к конкретному и др.

При разработке теории применяют различные способы теоретического мышления:

1) *мысленный эксперимент* – здесь теоретик проигрывает возможные варианты поведения разработанных им идеализированных объектов.

2) *математический эксперимент* – современная разновидность мысленного эксперимента, при котором возможные последствия изменения условий в математической модели просчитываются на компьютерах.

Характер движения научного познания, быстрее или медленнее, значительно определяется развитием используемых наукой средств. Например, в астрономии – от подзорной трубы к телескопу, затем к радиотелескопу. В биологии – от оптического микроскопа – к электронному. А использование компьютера вообще революционизировало развитие науки.

Методы и средства, используемые в разных науках, не одинаковы. Эти различия определяются и спецификой предмета исследования и уровнем развития средств в каждой отрасли. Но постоянно происходит взаимопроникновение методов и средств разных наук, что является одним из источников новаций в науке.

**Практическое занятие № 2 по разделу 1 Введение. Методология науки.**

**Цель: Изучение и освоение научных понятий и категорий, определяющих методологию науки. Методология науки как инструмент предметного познания мира.**

**Основные этапы:**

1. Дайте определение методологии

Методология науки – это умения, навыки, методы и принципы исследовательской деятельности ученых, посредством которых реализуются наука как деятельность (это функция, функциональный смысл науки) и наука как знание (это предмет науки).

2. Дайте и расшифруйте следующие термины и определения, которыми оперирует методология: метод, научный метод, методика, методология науки.

3. Английский философ Ф.Бэкон как родоначальник привычной нам методологии науки, трактат «Новый органон» (1620 год). Обоснование Бэконом эмпирического подхода к научному познанию. Особый статус методологии науки в трудах немецкого философа И. Канта и ее дальнейшее развитие в диалектической философии Гегеля.

4. Деление методологии науки на общую и частную методологии.

Разновидности частной методологии – методология естественных наук (физика, химия, биология, и т. п.) и методология общественных наук.

5. Два научных уровня методологии – общенаучный и конкретно-научный. Обычно начало развития методологии конкретного уровня связывают с механикой и физикой Галилея. А до него господствовала методология Аристотеля.

6. Механистическая парадигма науки как образец научной методологии, труды Галилея. Разрушая аристотелевскую картину мира, механика Галилея и Ньютона не отказалась от ее методологии, а продолжала ее

развивать путем дополнения. Основные методологические принципы Галилея: 1) «не умножать сущностей сверх того, что дает природа» – не усложняй; 2) чувственный опыт может быть обманчивым; 3) важная роль анализа; 4) широкое использование метода аналогий; 5) мир познаваем; 6) одного-единственного опыта достаточно для сокрушения вероятных теоретических рассуждений; 7) критика теории необходима: «сила правды иногда укрепляется нападками на нее».

7. Ньютон впервые в истории науки разработал единую научную картину мира, «Математические начала натуральной философии» (лат. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*) – фундаментальный труд Ньютона.

Именно в объединении всех имевшихся тогда достижений физики и ее методологии в систему – великая заслуга Ньютона. Эта система стала затем теоретическим и методологическим фундаментом дальнейшего развития физики – в ее основе методологические принципы:

1) Не должно требовать в природе других причин, сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснений явлений.

2) Посему, поскольку возможно, те же причины должно приписывать проявлениям природы одинакового рода.

3) Такие свойства тел, которые не могут быть ни усилиемы, ни ослабляемы и которые оказываются присущими всем телам, над которыми возможно проводить испытания, должны быть почитаемы за свойства всех тел вообще.

4) В экспериментальной философии предложения, выведенные из явлений с помощью общей индукции, должны быть почитаемы за точные или приближенно верные, несмотря на возможность противных им гипотез, пока не обнаружатся такие явления, которыми они еще более уточняются или же окажутся подверженными исключениям. Этому правилу должно следовать, чтобы доводы индукции не уничтожались гипотезами.

8. Разрушение методологической системы механицизма началось с 1820 года, когда Г. Эрстед показал, что электрический ток в прямолинейном проводнике, идущем вдоль меридиана, отклоняет магнитную стрелку от направления меридиана. Этим экспериментом Эрстед показал существование сил неньютоновского типа. Из опыта Эрстеда было ясно видно, что сила действует не по прямой, соединяющей магнитный полюс и элемент тока, а по нормали к ней. Классическое описание взаимодействия тел по ньютоновскому типу оказалось невозможным. Продолжили разрушение механистической парадигмы Ньютона исследования А. Ампера и М. Фарадея, а после создания Дж. Максвеллом электродинамики это разрушение стало неизбежным. К концу XIX века электродинамика представлялась уже окончательно сформированной, четко определенной наукой, а установленные принципы допускали практическое свое воплощение в процессе создания электрических машин.

Развитие естествознания второй половины XIX века привело к тому, что в начале XX века в методологии сложилась революционная ситуация, которая разрешилась в связи с созданием теории относительности и квантовой механики действительной революцией в методологии, разрушившей дух аристотелизма. Все попытки построения теории вещества и поля на основе классической методологии оказывались безуспешными. С развитием электронной теории были предприняты попытки свести законы механики к законам электродинамики и также безуспешно. Выявилась несостоятельность фундаментальных физических представлений, лежащих в основе классической физики, для описания совершенно нового класса явлений.

9. Решительный шаг в направлении радикального пересмотра теоретико-физических и методологических оснований был сделан Альбертом Эйнштейном, создавшим теорию относительности и внесшим большой

вклад в развитие квантовой механики. Именно в процессе становления и развития квантовой механики был сделан наиболее радикальный, революционный шаг в создании новой методологической системы для новой физики.

10. Наиболее полно методология в контексте квантовой теории была рассмотрена Бором. Согласно Бору, квантовая теория характеризуется признанием принципиальной ограниченности классических физических представлений в применении к атомным явлениям. Для решения проблемы соотношения пространственно-временного описания и причинности необходимо ввести в методологическую систему принцип дополнительности. Эту идею подтвердил принцип неопределенностей Гейзенберга. Следующий принцип, который Бор выдвигает и обсуждает в качестве методологического, – принцип соответствия, требующий установления связи между классическими представлениями и неклассическими теориями и рассмотрения последних как рационального объяснения и обобщения первых. Другими словами, неклассическая теория при предельном переходе становится классической.

### **Практическое занятие № 3 и №4 по разделу №2 История открытия полупроводниковых свойств кристаллических веществ в XIX веке.**

**Цель:** глубокое изучение сущности экспериментов М.Фарадея, П.С.Мунка, Ф.Розеншельда, А.Э.Беккереля, К.Ф.Брауна и Э.Холла, впервые показавших необычные свойства плохих проводников, явившихся базовыми полупроводниковыми свойствами, лежащими в основе работы всех полупроводниковых приборов.

#### **Основные этапы:**

1. Опишите схему и методику экспериментов М.Фарадея, с какими полупроводниками проводилась работа, назовите дату проведенных исследований. Расскажите об основном свойстве материала, которое было исследовано, в чем состояла его необычность. В каких трудах

- были опубликованы эти исследования. Как используются эти результаты в современных исследованиях (температурная зависимость электропроводности полупроводников).
2. Опишите схему и методику экспериментов П.С.Мунк аф Розеншельда, с какими материалами проводилась работа, назовите дату проведенных исследований. Расскажите об основном свойстве материала, которое было исследовано, в чем состояла его необычность. В каких трудах были опубликованы эти исследования. Почему результаты не оказались востребованы ни в технике, ни в дальнейших научных исследованиях (проводимость измельченных порошков металлов и других веществ, впервые наблюдавшаяся односторонняя проводимость).
  3. Опишите схему и методику экспериментов А.Э.Беккереля, с какими полупроводниками проводилась работа, назовите дату проведенных исследований. Расскажите об основном свойстве материала, которое было исследовано, в чем состояла его необычность. В каких трудах были опубликованы эти исследования. Как используются эти результаты в современных исследованиях (фото-эдс, фотовольтаический эффект).
  4. Опишите схему и методику экспериментов К.Ф.Брауна, с какими полупроводниками проводилась работа, назовите дату проведенных исследований. Расскажите об основном свойстве материала, которое было исследовано, в чем состояла его необычность. В каких трудах были опубликованы эти исследования. Как используются эти результаты в современных исследованиях (односторонняя проводимость, выпрямляющий эффект, структура типа «кошачий ус»).
  5. Опишите схему и методику экспериментов Э.Холла, с какими материалами проводилась работа, назовите дату проведенных исследований. Расскажите о вкладе Роулэнда в открытие эффекта Холла, об основном свойстве материала, которое было исследовано, в

чем состояла его необычность. В каких трудах были опубликованы эти исследования. Как используются эти результаты в современных исследованиях (эффект Холла, температурная зависимость постоянной Холла).

**Практическое занятие № 5 по разделу №3 XIX–XX век, развитие полупроводниковой электроники до окончания второй мировой войны**

**Цель:** глубокое изучение вопросов успешного практического применения непонятых свойств полупроводников в первых конструкциях полупроводниковых приборов и образцов электронной техники.

**Основные этапы:**

1. Расскажите историю создания, схему и методику экспериментов и опишите конструкции ранних фотоэлектрических приборов из селена. (работы У.Смита и его помощника Мэя, селеновый фоторезистор, работы У.Адамса и его студента Р.Дэя, первый фотоэлемент на основе контакта селена и платины, Ч.Фриттс и его первый солнечный элемент).
2. Опишите первые кристаллические детекторы А.С.Попова и Дж.Ч.Бозе, Данвуди и Пиккарда, из каких материалов они были сделаны.
3. Концепция полупроводникового прибора, управляемого электрическим полем, изобретение Лилиенфельда. Устройство и принципы работы кристадина Лосева, из какого полупроводника был изготовлен кристадин?
4. Какую выдающуюся роль сыграла твердотельная электроника во второй мировой войне? (Битва за Англию, радиолокация и высокочастотные детекторы).

**Практическое занятие № 6 XX век, транзисторная революция**

**Цель:** изучение вопросов развития физики полупроводников и их влияния на развитие полупроводниковой электроники: изобретение точечного и плоскостного транзистора.

**Основные этапы:**

1. Основы зонной теории твердых тел в работах Блоха, Бриллюэна, Пайерлса, концепция дырочной проводимости Пайерлса и Френкеля. Теория твердых тел Вильсона. Развитие физики полупроводников отечественными учеными: Тамм, Давыдов, Иоффе.
2. Экспериментальное обнаружение p–n–перехода Ойлом и Лашкаревым, теория контактных явлений Шоттки и Давыдова. Изобретение точечного транзистора Бардиным и Браттейном. «Страстная неделя» Шокли, концепция плоскостного транзистора. Французский точечный транзистор немецких изобретателей Велкера и Матаре.
3. Координационный комитет по экспортному контролю и стратегия «контролируемого технологического отставания». Создание транзистора в СССР, работы Красилова и Мадоян. Создание полупроводниковых институтов – номерных НИИ.
4. Технологический рывок, технологии роста и очистки кристаллов: методы Чохральского и зонной плавки, изобретение метода зонной плавки с плавающей зоной. Переход к кремниевой транзисторной технологии: от BellLabs к Texas Instruments
5. Соглашение Шокли и Бекмана (1955 г.) о создании в Кремниевой долине компании Shockley Semiconductor Laboratory как отделения Beckman Instruments. Первый промышленный полевой транзистор текнетрон (1958 год, Станислав Тешнер, Франция). Современный полевой транзистор на базе структуры металл – окисел – полупроводник (МОП).
6. «Вероломная восьмерка», покинувшая Shockley Semiconductor Laboratory организовала компанию Fairchild Semiconductor Corporation в Пало Альто. Создание мезатранзистора.
7. Освоение промышленного производства транзисторной электронной техники. Слуховые аппараты (Sonotone, Maico), радиоприемники (TR-1 Regency, TR-52 Sony), компьютеры (SEAC, TRADIC, TX-0, ETL Mark III). 1960-1966 г.г. Советские компьютеры 1 и 2 поколения.

### **Практическое занятие № 7 XX век, интегральная революция**

**Цель:** изучение технологических аспектов интегральной революции и их влияния на развитие полупроводниковой электроники: изобретение интегральных схем.

#### **Основные этапы:**

1. Создание планарной технологии. Работы Килби и Нойса. Начало промышленного производства интегральной электронной техники: узкоспециализированная аппаратура, космическое приборостроение, компьютеры на ИС. Создание 34-х электронных фирм в Кремниевой долине. Закон Мура.
2. Развитие советской микроэлектроники в 60-70-е гг XX века, создание НИИ, научных центров и заводов полупроводниковых приборов.
3. Создание микропроцессоров и микроконтроллеров, микроминиатюризация, скачок в развитии технологии производства интегральных схем.

### **Практическое занятие № 8 XX–XI век, проблемы микроэлектроники на рубеже веков. Нанозлектроника.**

**Цель:** изучение проблем, связанных с дальнейшей микроминиатюризацией элементов интегральных схем и их влияния на развитие нанозлектроники.

#### **Основные этапы:**

1. Сложные проблемы, связанные с масштабированием элементов транзистора и выходом на субмикронные размеры.
2. Признание Мура в 2008 году, что его «закон» уже перестает действовать из-за атомарных ограничений и влияния скорости света.
3. Возможные конструктивные решения: транзисторы с проницаемой базой, транзисторы на горячих электронах, нанотранзисторы и наносхемы.

4. Принципиально новые идеи создания одноэлектронных транзисторов, работающих по принципу «один обработанный электрон - один бит информации». Новые идеи транзисторостроения, связанные с появлением наноматериалов, в первую очередь углеродных нанотрубок.

### **Библиографический список**

1. А.Ф.Кравченко. История и методология науки и техники .– Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005.– 360 с.
2. Формирование радиоэлектроники (середина 20-х - середина 50-х гг.): / Л. С. Бененсон [и др.] ; ред. В. М. Родионов ; Академия наук СССР, Институт истории естествознания и техники. - М. : Наука, 1988. - 384 с.
3. Современная радиоэлектроника (50 - 80-е годы) : научное издание / В. П. Борисов, Э. Х. Гуланян, А. А. Дворников и др.; Ред. В. П. Борисов, Ред. В. М. Родионов ; Российская Академия наук, Институт истории естествознания и техники. - М. : Наука, 1993.
4. Л.И. Шарыгина. Хронология развития радиоэлектроники. – Томск: ТУСУР, 2009. –197 с.
5. А.Ф.Кравченко. История науки и техники .– Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005.– 435 с.
6. Нобелевские лекции по физике. 1901-1921 гг. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований; Москва: Редакция журнала «Успехи физических наук».– 2002.– 416 стр.
7. Электроника: прошлое, настоящее, будущее.– М.: Мир, 1980.– 297 с.
8. А.А.Щука. Электроника .– СПб: БХВ–Петербург, 2005.–800 с.
9. В. Шокли. Теория электронных полупроводников .– Москва: ИИЛ, 1953 .– 714 с.
10. 100 лет радио: Сборник статей / В. Г. Астафуров, Б. Вайсберг, А. В. Нефедов, Б. Брудерманс ; ред. В. В. Мигулина, ред. А. В. Гороховского. – М. : Радио и связь, 1995. – 384 с.
11. Из предыстории радио: Сб. оригинальных статей и материалов / Сост. С.М. Рытов. Ред. Л.И. Мандельштам. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – (50 лет радио. Вып.1).

## Приложение 1

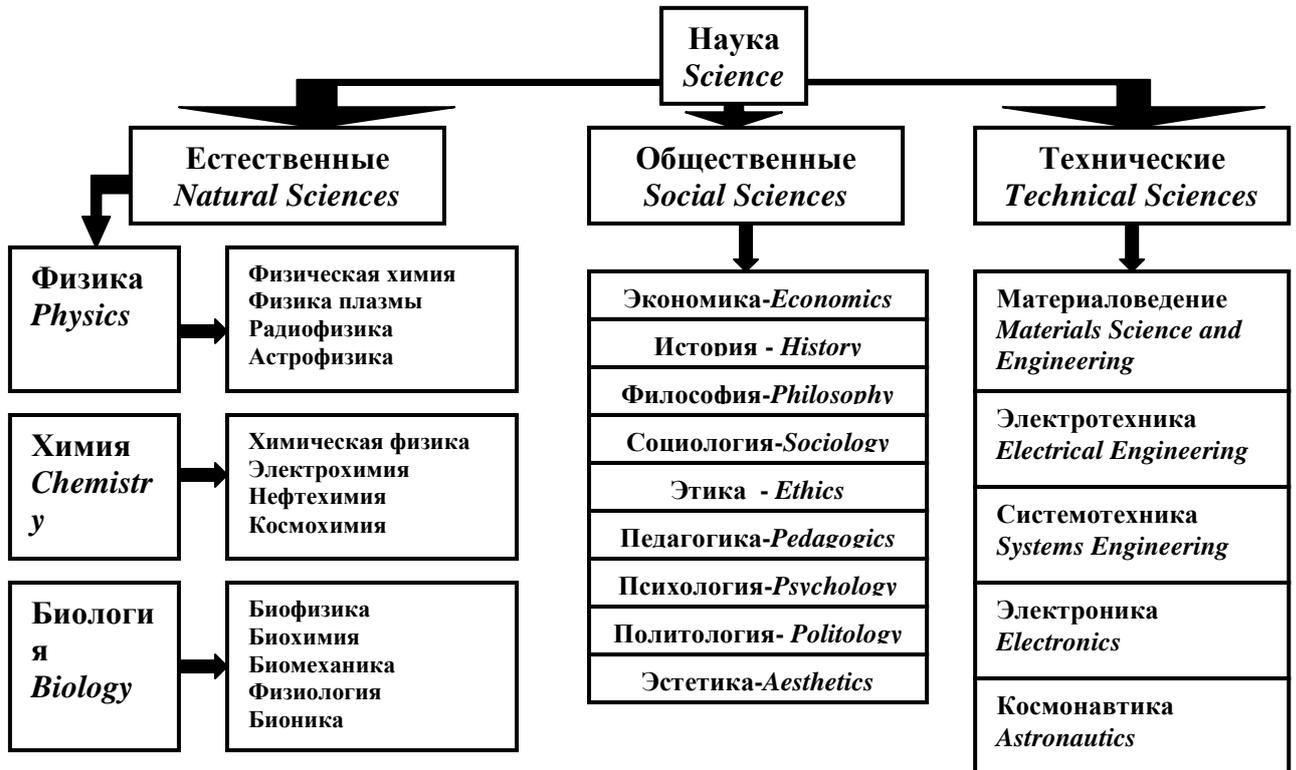


Рис.1.1 Деление науки по предмету и методу познания

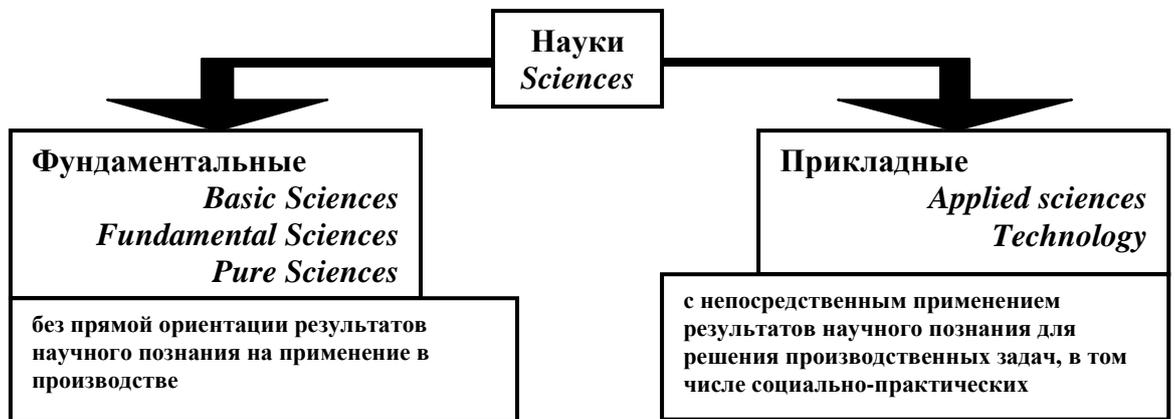


Рис.1.2. Деление науки по связи с производством



Рис.1.3. Структура научного знания.