

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»  
Кафедра физики**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**« История и методология физики»**

**для специальности 010701.65 - «Физика»**

Благовещенск 2012

УМКД разработан канд. физ. – мат. наук, Польшиным В.И.

Рассмотрен на заседании кафедры физики

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Голубева И.А. \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

СОГЛАСОВАНО:

Протокол заседания УМСС \_\_\_\_\_

№ \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель УМСС \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Рабочая программа дисциплины 4 -12
2. Краткий конспект лекций 13-72
3. Самостоятельная работа студентов 73 -76
4. Экзаменационные билеты 77-79

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ В.В. Проказин

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2012 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**История и методология физики**

для специальности 010701.65 - «Физика»

по специализациям «Физическое материаловедение»

«Медицинская физика»

«Информационные технологии в образовании и научной деятельности»

Квалификация выпускника: физик

Курс 5

Семестр 9

Лекции 42 (час.)

Зачет 9 семестр

Самостоятельная работа 18 (час.)

Общая трудоемкость дисциплины 60 (час.)

Составитель: В.И. Польшин, доцент, канд. физ.-мат. наук.

Факультет: инженерно-физический

Кафедра: теоретической и экспериментальной физики

2012 г.

Рабочая программа составлена на основании ГОС ВПО специальности 010701 «Физика» и авторских разработок.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012г., протокол № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Е.А. Ванина

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методического совета по специальности 010701 «Физика»

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от \_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, дата И.О.Ф.

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись, И.О.Ф.)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

\_\_\_\_\_ Е.А. Ванина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

\_\_\_\_\_ Л.А. Проказина

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью* изучения дисциплины является получение знаний по истории физики, развитию научных понятий и теорий для обогащения теории познания и повышения научного и профессионального уровня будущих физиков.

*Задачами* дисциплины являются: изучение натурфилософии античности, методологии и организации физики средневековья, развития понятий и теорий по всем разделам общей и теоретической физики в исторической последовательности, важнейших открытий в области физики и личного вклада ученых.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Цикл СД ДС.Р.3. – дисциплины специализации.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

- *знать*: историю и методологию развития фундаментальных понятий, законов и теорий общей и теоретической физики, а также личный вклад ученых;
- *уметь*: применять полученные знания для более глубокого и философски осмысленного понимания законов, понятий и теорий физики.
- *владеть*: навыками работы с информацией из различных источников по истории и методологии физики для использования в познавательной и профессиональной деятельности.

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «История и методология физики» составляет 60 час.

№ п/п	Раздел дисциплины	семестр	Виды учебной работы		Формы текущего контроля
			Лекции (час.)	СРС (час.)	
1	2	3	4	6	7
1	<b>1. Физика древности</b>	9	2		
2	<b>2. Атомистика в послеаристотелевскую эпоху</b>	9	2		
3	<b>3. Физика средневековья</b>	9	4		
4	<b>4. Научная революция Коперника</b>	9	2		
5	<b>5. Новая методология и новая организация науки</b>	9	2	2	Письменный опрос Реферат
6	<b>6. Завершение научной революции в XVIII веке. Наука в России</b>	9	2	1	Письменный опрос Реферат
7	<b>7. Молекулярная физика, теплота, оптика, электричество и магнетизм в XVIII веке</b>	9	2	1	Реферат
8	<b>8. Развитие механики и волновой оптики в первой половине XIX века</b>	9	2	2	Письменный опрос Реферат
9	<b>9. Возникновение электродинамики и ее развитие до Максвелла.</b>	9	2	1	Письменный опрос Реферат
10	<b>10. Открытие закона сохранения и превращения энергии</b>	9	2	1	Реферат
1	2	3	4	6	7

11	<b>11. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля</b>	9	2	2	Письменный опрос Реферат
12	<b>12. Электродинамика движущихся сред и электронная теория</b>	9	2	1	Реферат
13	<b>13. Теория относительности Эйнштейна</b>	9	2	2	Письменный опрос Реферат
14	<b>14. Возникновение атомной и ядерной физики</b>	9	2	1	Реферат
15	<b>15. Первый этап революции в физике</b>	9	2	1	Реферат
16	<b>16. Атом Резерфорда-Бора</b>	9	2	1	Реферат
17	<b>17. Возникновение квантовой механики</b>	9	4	1	Письменный опрос Реферат
18	<b>18. Этапы развития ядерной физики</b>	9	4	1	Реферат
19	<b>Итого</b>	9	42	18	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

- 1. Физика древности.** Зарождение научных знаний. Античная натурфилософия. Возникновение атомистики.
- 2. Атомистика в послеплатоновскую эпоху.** Архимед. Развитие механики и оптики.
- 3. Физика средневековья.** Достижения науки средневекового Востока и Европейская средневековая наука.
- 4. Научная революция Коперника.** Борьба за гелиоцентрическую систему.
- 5. Новая методология и новая организация науки.** Бэкон и Декарт.
- 6. Завершение научной революции в XVIII веке. Наука в России.** Ломоносов.
- 7. Молекулярная физика, теплота, оптика, электричество и магнетизм в XVIII веке.**
- 8. Развитие механики и волновой оптики в первой половине XIX века.**
- 9. Возникновение электродинамики и ее развитие до Максвелла.** Электромагнетизм.
- 10. Открытие закона сохранения и превращения энергии.** Возникновение и развитие термодинамики. Карно. Создание лабораторий. Второе начало термодинамики. Механическая теория тепла и атомистика.
- 11. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля.** Изобретение радио. А.С. Попов.
- 12. Электродинамика движущихся сред и электронная теория.**
- 13. Теория относительности Эйнштейна.**
- 14. Возникновение атомной и ядерной физики.** Открытия Рентгена, П. и М. Кюри, радиоактивности и квантов.
- 15. Первый этап революции в физике.** Открытие радиоактивных превращений. Развитие квантовой теории Эйнштейна.
- 16. Атом Резерфорда-Бора.**
- 17. Возникновение квантовой механики.** Идеи де Бройля. Открытие спина. Механика Гейзенберга и Шредингера.
- 18. Этапы развития ядерной физики.**

## 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы по [1.]осн.	Трудоемкость в часах
1	2	3	4
1	<b>5. Новая методология и новая организация науки</b>	Самостоятельное изучение вопросов. Гл.1, §1.4.	2
1	2	3	4
2	<b>6. Завершение научной</b>	Самостоятельное изучение вопросов	1

	<b>революции в XVIII веке. Наука в России</b>	Гл.1, §1.5, §1.6.	
3	<b>8. Развитие механики и волновой оптики в первой половине XIX века</b>	Самостоятельное изучение вопросов Гл.4, §§4.1- 4.3.	2
4	<b>11. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля</b>	Самостоятельное изучение вопросов Гл.2, Гл.3.	2
5	<b>13. Теория относительности Эйнштейна</b>	Самостоятельное изучение вопросов Гл.8, Гл.9	2
6	<b>17. Возникновение квантовой механики</b>	Самостоятельное изучение вопросов Гл.5, Гл.14.	1
7	<b>18. Этапы развития ядерной физики</b>	Самостоятельное изучение вопросов Гл.3, Гл.6.	1
8	<b>Разделы 5-18</b>	Подготовка рефератов	7
<b>Итого в семестре</b>			<b>18</b>

1. **Подготовка к зачету.** Подготовка осуществляется в соответствии с вопросами, выносимыми на зачет.

## 2. Темы рефератов

1. Исаак Ньютон и его роль в развитии физики.
2. Леонард Эйлер.
3. Развитие физической науки в XVIII веке.
  - а) Механика и оптика.
  - б) Развитие учения о теплоте.
  - в) Развитие учения об электричестве и магнетизме.
4. Физика М.В. Ломоносова.
5. Физика первой половины XIX века (период подготовки и установления закона сохранения и превращения энергии).
6. Развитие оптики в первой половине XIX века.
7. Развитие учения об электромагнитных явлениях в первой половине XIX века.
  - а) Луиджи Гальвани, Александр Вольта, Василий Владимирович Петров.
  - б) Открытие электромагнетизма и первые исследования электромагнитных явлений. Х.К. Эрстед, Био и Савар, Андре Ампер, Георг Ом, М. Фарадей - открытие электромагнитной индукции.
8. Первые шаги в практическом применении открытий в области электричества и магнетизма; развитие техники эксперимента. Шиллинг, Гаусс, Вебер, Генри, Морзе, Б.С. Якоби, Нобили.
9. Дальнейшее развитие электромагнетизма в первой половине XIX века. Э.Х. Ленц, Ф. Нейман, Джоуль.
10. М. Фарадей.
11. Развитие механики и технофизики в первой половине XIX века. Установление закона сохранения и превращения энергии.
  - а) Развитие механики. В. Гамильтон, М.В. Остроградский, К. Якоби, Л. Карно, Кориолис.
  - б) Развитие теплофизики. С Карно, Клапейрон, Менделеев, Деви, Клаузиус, Бойль, Мариотт, Гей-Люссак.
12. История установления закона сохранения и превращения энергии. Гров, Р. Майер, Д.П. Джоуль, Гельмгольц, Клаузиус, Томпсон.
13. Особенности развития техники второй половины XIX века.
14. Основные черты физики XIX века.
15. Установление основ термодинамики. В. Томсон, Р. Клаузиус, Кольраум, Ранкин, Цейнер, Масье, Гельмгольц, Д.У. Гиббс и др.

16. Развитие кинетической теории газов. Д. Дальтон, Авогадро, Гей-Люссак, Ампер, Ранкин, Джоуль, Крениг, Клаузиус, Д.К. Максвелл, Л. Больцман, Ван-дер-Ваальс.
17. Людвиг Больцман. Борьба вокруг статистического понимания второго закона термодинамики.
18. Д. Максвелл. Возникновение теории электромагнитного поля.
19. Экспериментальное обоснование теории электромагнитного поля.
20. Возникновение и развитие электромагнитной теории.
21. Начало революции в физике в конце XIX, начале XX веков.
22. Развитие оптики движущихся тел.
23. Развитие электродинамики движущихся сред.
24. Развитие представлений о пространстве и времени в классической физике.
25. А. Эйнштейн. Возникновение специальной теории относительности.
26. Эйнштейн. Возникновение общей теории относительности.
27. Развитие теории излучения и возникновение квантовой теории.
28. Возникновение теории строения атома, теория атома Бора.
29. Развитие квантовой механики.
30. Развитие интерпретации квантовой механики.
31. Открытие радиоактивности.
32. Создание оптических квантовых генераторов
  - а) Работы советских физиков.
  - б) Работы зарубежных ученых.

## **7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

### **7.1. Методы применяемые в обучении**

При чтении лекций по данной дисциплине используется активный неимитационный метод обучения «проблемная лекция». Перед изучением раздела обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал данного раздела.

### **7.2. Информационные технологии**

При чтении лекций используются мультимедийные презентации и видеоматериалы.

### **7.3. Информационные системы**

При разработке лекционных занятий используются материалы электронных библиотек и электронные базы учебно-методических ресурсов, указанных в п.10в. настоящей программы, а также электронный ресурс библиотеки АмГУ (<http://www.biblio@amursu.ru/>). Перечисленные электронные ресурсы также рекомендуются для самоподготовки студентов.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **8.1. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ**

1. Что изучает физика? Какова современная структура физики?
2. Каковы место физики в системе наук и ее роль в развитии естествознания?
3. Каковы основные этапы развития физики?
4. Каковы основные этапы развития представлений о пространстве и времени и основные физические концепции пространства и времени?
5. Чем отличается эксперимент от наблюдения?
6. Как связано представление о существовании эфира с принципом относительности?
7. Что такое принцип близкодействия и дальнего действия и как менялись взгляды на природу электромагнитного взаимодействия?
8. Почему принцип относительности Эйнштейна не согласуется с Ньютоновскими представлениями об абсолютном времени.
9. В чем трудности построения релятивистской теории гравитации?

10. Каковы предпосылки построения геометризованной теории гравитации?
11. Какие изменения произошли в космологии в XX веке?
12. Как были получены первые свидетельства реальности существования атомов?
13. Почему молекулярно-кинетическая теория подвергалась критике в конце XIX века?
14. Какие свидетельства реальности существования атомов, полученные в конце XIX – начале XX века оказались решающими?
15. В чем состояли трудности классической физики при описании строения атомов?
16. Что нового внесла квантовая теория поля в физическую картину мира?
17. Каковы современные представления о строении вещества?

## **8.2. ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Физика древности.
2. Античная наука. Возникновение атомистики.
3. Атомистика в послеплатоновскую эпоху. Архимед.
4. Достижения науки средневекового Востока. Альхазена.
5. Европейская средневековая наука.
6. Научная революция Коперника.
7. Борьба за гелиоцентрическую систему. Галилей.
8. Бэкон и Декарт.
9. Наука в России. М.В.Ломоносов.
10. Развитие науки в XVIII столетии.
11. Развитие механики и волновой оптики в первой половине девятнадцатого столетия.
12. Возникновение электродинамики и развитие ее до Максвелла.
13. Возникновение и развитие термодинамики. Карно.
14. Открытие закона сохранения и превращения энергии.
15. Создание лабораторий.
16. Механическая теория тепла и атомистика. Дальнейшее развитие теплофизики и атомистики.
17. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля. Изобретен радио. А.С.Попов.
18. Электродинамика движущихся зарядов и электронная теория.
19. Теория относительности Эйнштейна.
20. Открытия Рентгена, П. и М. Кюри.
21. Первый этап революции в физике. Открытие радиоактивных превращений.
22. Развитие квантовой теории Эйнштейна.
23. Атом Резерфорда - Бора.
24. Идеи де Бройля. Открытие спина.
25. Механика Гейзенберга и Шредингера.
26. Открытие нейтрона. Чедвик.
27. Гипотеза нейтрино. Теория  $\beta$ - распада. Ферми.
28. Космические лучи. Андерсон.
29. Открытие Гана и Штрассмана и его последствия для мира.
30. Создание первого реактора. Э. Ферми. Н.Бор.
31. Физика высоких энергий.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. Владимиров Ю.С. Метафизика/ Ю.С. Владимиров. -2-е изд., перераб. и доп.. -М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2009.-568 с.
2. Милантьев В.П. История и методология физики/ В.П. Милантьев. – М.: ЛИБРОКОМ, 2007. (заказ).

**б) дополнительная литература**

1. Гиндикин С.Г. Рассказы о физиках и математиках/ С. Г. Гиндикин. -М.: МЦНМО, 2006.-464 с.
2. Григорьев В.И. О физиках и физике/ В. И. Григорьев. -М.: Физматлит, 2004.-270 с
3. Хайдеггер М. Что такое метафизика? : сб./ М. Хайдеггер ; пер. с нем. В. В. Библихина. - М.: Академический Проект, 2007.-304 с.
4. Захаров В.Д. Тяготение. От Аристотеля до Эйнштейна : учеб. пособие/ В. Д. Захаров. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2003.-279 с.
5. Исследования по истории физики и механики. 2003/ Рос. акад. наук. ин-т истории естествознания им. С.И. Вавилова; отв. ред Г. М. Илдис. -М.: Наука, 2003.-360 с.
6. Исследования по истории физики и механики. 2004/ отв. ред. Г. М. Илдис. -М.: Наука, 2005.-436 с.
7. Исследования по истории физики и механики. 2002/ Рос. акад. наук. ин-т истории естествознания им. С.И. Вавилова; отв. ред. Г. М. Илдис. -М.: Наука, 2003.-336 с.
8. Уиттекер Э. История теорий эфира и электричества : Современные теории 1900-1926 гг./ Э. Уиттекер; Пер. с англ. Н.А. Зубченко, под ред. Б.П. Кондратьева. -М.; Ижевск: Ин-т компьютерных исслед., 2004.-464 с.
9. Философия от античности до современности : Антология мировой философской мысли. -М.: ДиректМедиа Пабблишинг, 2003.-1 о=эл. опт. диск (CD-ROM). - (Электронная б-ка DirectMEDIA; Т. 9 ).

**в) периодические издания**

Журнал «Успехи физических наук»

Журнал «Известия вузов. Физика»

Журнал «Известия РАН. Серия физическая»

Реферативный журнал «Физика» сводный том

**г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	Свободная энциклопедия Википедия <a href="http://ru.wikipedia.org">http://ru.wikipedia.org</a>	Интернет-энциклопедия образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочники, а так же статьи различной тематики. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания.
2	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека-online» <a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	ЭБС по тематике охватывает всю область естественно-научных знаний и предназначена для использования в процессе обучения в высшей школе, как студентами так и преподавателями.
3	NeHudLit.Ru НЕХУДОЖЕСТВЕННАЯ БИБЛИОТЕКА <a href="http://nehudlit.ru/books/subcat267.html">http://nehudlit.ru/books/subcat267.html</a>	Справочники и энциклопедии. Электронные книги и журналы в различных форматах. Множество новинок! Только для Студентов. Учебники, справочники, учебная литература.
4	Большое собрание электронных книг <a href="http://book-i12.ru/">http://book-i12.ru/</a>	Учебная литература студентам ВУЗов. Теоретическая физика. Естественные науки. Математика.

**10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****Комплект ТСО**

1. Интерактивная доска
2. Видеопроектор Epson
3. Цв.телевизор ABEST-03г.

4. Графопроектор-2400 -02г.
5. Оверхед-проектор Geha 240/3 02г.
6. Проектор «Альфа-203»
7. Мультимедийный проектор-03г
8. Ноутбук Пентиум 100-03г.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель курса - изучение истории физики, развитие научных понятий для обогащения теории познания и повышения научного и профессионального уровня будущих специалистов-физиков.

Преподавание курса связано с курсом общей физики, философии. По завершении изучения дисциплины студент должен представлять всю картину развития физики на всем протяжении ее истории.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС

1. Физика древности. Зарождение научных знаний. Античная наука. Возникновение атомистики (2 ч.).
2. Атомистика в послеплатоновскую эпоху. Архимед. (2 ч.).
3. Физика средневековья. Достижения науки средневекового Востока. Европейская средневековая наука (4 ч)
4. Научная революция Коперника. Борьба за гелиоцентрическую систему (2 ч.)
5. Новая методология и новая организация науки. Бэкон и Декарт (2 ч.).
6. Завершение научной революции в XVIII в. Наука в России. Ломоносов (2 ч.)
7. Молекулярная физика, теплота, оптика, электричество и магнетизм в XVIII столетии (2 ч.).
8. Развитие механики и волновой оптики в первой половине девятнадцатого столетия (2 ч.).
9. Возникновение электродинамики и развитие ее до Максвелла. Электромагнетизм. Возникновение и развитие термодинамики. Карно (2 ч.).
10. Открытие закона сохранения и превращения энергии. Создание лабораторий. Второе начало термодинамики (2 ч.).
11. Механическая теория тепла и атомистика. Дальнейшее развитие теплофизики и атомистики. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля. Изобретение радио. А.С.Попов (2 ч.).
12. Электродинамика движущихся сред и электронная теория (2 ч.).
13. Теория относительности Эйнштейна (2ч).
14. Возникновение атомной и ядерной физики. Открытия Рентгена, П. и М. Кюри, радиоактивности и квантов (2 ч.).
15. Первый этап революции в физике. Открытие радиоактивных превращений. Развитие квантовой теории Эйнштейна (2 ч.).
16. Атом Резерфорда - Бора (2 ч.).
17. Возникновение квантовой механики. Идеи де Бройля. Открытие спина. Механика Гейзенберга и Шредингера (4 ч.).
18. Этапы развития ядерной физики (4 ч.)

### Конспект лекций

#### Зарождение научных знаний

Человек добывал знания об окружающем его мире в суровой борьбе за существование. В этой борьбе обособились от животного мира его далекие предки, развились его руки и интеллект. От случайных и неосознанных применений палок и камней для защиты и добывания пищи он перешел к изготовлению орудий, сначала в виде грубо и примитивно обработанных кусков камня, затем ко все более совершенным каменным орудиям, к луку и стрелам, рыболовным снастям, охотничьим ловушкам — этим первым программирующим устройствам. Величайшим завоеванием человека было получение и использование огня. В этой занявшей тысячи и тысячи лет эволюции формировалось сознание человека, развивалась речь, накапливались знания и представления о мире, возникли первые антропоморфные объяснения окружающих явлений, остатки которых

сохранились и в нашем языке. Как и у первобытного человека, у нас солнце «ходит», месяц «смотрит» и т. д.

Другого способа понять природу, как уподоблять ее себе, живому существу, наделить ее чувствами и сознанием, у первобытного человека не было. Из этого источника развились и научные знания, и религиозные представления.

В библейском мифе о сотворении мира, записанном уже в эпоху развитого рабовладельческого общества, очень ярко выражены эти антропоморфные представления о боге, который поступает подобно человеку-земледельцу; проводит мелиоративные работы (отделил воду от земли), зажигает огонь («да будет свет»), создает все окружающие вещи и после трудов отдыхает. Наряду с этими фантастическими представлениями о природе человек обогащался реальными знаниями о небесных светилах, растениях и животных, о движении и силах, метеорологических явлениях и т. д. Накопленные знания и практические навыки, передаваясь от поколения к поколению, образовывали первоначальный фон будущей науки. По мере развития общества и общественного труда накапливались предпосылки для создания устойчивой цивилизации. Решающую роль здесь сыграло возникновение земледелия. Там, где сложились условия для получения устойчивых урожаев на одном и том же месте и из года в год, создавались поселения, города, а затем и государства.

Такие условия возникли в Северной Африке в долине Нила, ежегодные разливы которого оставляли на полях плодородный ил, в двуречье между реками Тигр и Евфрат, где уже в IV тысячелетии до н. э. стали складываться древнейшие рабовладельческие государства, ставшие колыбелью современной науки. Система орошаемого земледелия, добыча металла (меди) и его обработка, развитие техники и изготовление орудий создали предпосылки для возникновения сложного общественного организма с развитой экономикой. Общественные потребности привели к появлению письменности: иероглифов в Египте, клинописи в Вавилонии, к возникновению астрономических и математических знаний.

Сохранившиеся до наших дней великие пирамиды Египта свидетельствуют о том, что уже в III тысячелетии до н. э. государство могло организовывать большие массы людей, вести учет материалов, рабочей силы, затраченного труда. Для этой цели необходимы были специальные люди, работники умственного труда. Хозяйственные записи в Египте вели писцы, которым принадлежит заслуга фиксации научных знаний своего времени. Известные памятники II тысячелетия: папирус Ринда, хранящийся в Британском музее, и Московский папирус—содержат решение различных задач, встречающихся в практике, математические вычисления, вычисления площадей и объемов. В Московском папирусе дана формула для вычисления объема усеченной пирамиды. Площадь круга египтяне вычислили, возводя в квадрат восемь девятых диаметра, что дает для  $\pi$  достаточно хорошее приближенное значение — 3,16.

Определение времени начала разлива Нила требовало тщательных астрономических наблюдений. Египтяне разработали календарь, состоявший из двенадцати месяцев по 30 дней и пяти дополнительных дней в году. Месяц был разделен на три десятидневки, сутки — на двадцать четыре часа, двенадцать дневных, двенадцать ночных. Поскольку продолжительность дня и ночи менялась со временем года, величина часа была не постоянной, а менялась со временем года.

Высокого уровня достигли вавилонская математика и астрономия.

Вавилоняне знали теорему Пифагора, вычисляли квадраты и квадратные

корни, кубы и кубические корни, умели решать системы уравнений и квадратные уравнения. Им принадлежит также разделение эклиптики на двенадцать созвездий зодиака.

Следует подчеркнуть, что математика египтян и вавилонян носила практический характер и выросла из потребностей хозяйственной и строительной практики. По мнению историков математики, вавилонская математика находилась на более высоком научном уровне, чем египетская. Но в области геометрии египтяне ушли дальше вавилонян.

Астрономия была первой из естественных наук, с которой началось развитие естествознания, ф. Энгельс в «Диалектике природы» набросал схему развития естествознания, согласно которой сначала возникла астрономия из наблюдения смены дня и ночи, времен года и потому абсолютно необходимая для пастушеских и земледельческих народов. Для развития астрономии нужна была математика, а строительная практика стимулировала развитие механики.

Бесспорно, грандиозные сооружения древних государств (храмы, крепости, пирамиды, обелиски) требовали, по крайней мере, эмпирических знаний строительной механики и статики. При строительных работах находили применение простые машины: рычаги, катки, наклонные плоскости. Таким образом, практические потребности вызвали к жизни начатки научных знаний арифметики, геометрии, алгебры, астрономии, механики и других естественных наук.

Этими краткими замечаниями мы и ограничимся. Отметим в заключение, что значение начального периода в истории науки и культуры чрезвычайно велико. Не случайно историки математики уделяют большое внимание египетской и вавилонской математике. Здесь зародились начатки математических знаний, и прежде всего сформировалась фундаментальная идея числа, и основные операции с числами. Здесь были заложены основы геометрии. Здесь человек впервые описал звездное небо, движения Солнца, Луны и планет, научился наблюдать небесные светила и создал основы измерения времени, заложил основы алфавитного письма.

Особенно велико было значение письменности — основы науки и культуры. Недаром Галилей в «Диалоге» воздал восторженную хвалу создателю письменности.

Начальный этап античной науки

Несмотря на огромные заслуги науки Древнего Востока, подлинной родиной современной науки стала Древняя Греция. Именно здесь возникла теоретическая наука, разрабатывающая научные представления о мире, не сводящиеся к сумме практических рецептов, именно здесь развивался научный метод. Если египетский или вавилонский писец, формулируя правило вычисления, писал: «поступай так», не поясняя, почему надо «поступать так», то греческий ученый требова. доказательства. Основатель атомистики Демокрит высказал по этому поводу, замечательные слова: «Найти одно научное доказательство для меня значит больше, чем овладеть всем персидский Царством». Современная наука хорошо запомнила, кому она обязана своим Рождением. Об этом свидетельствует названия наук: математика, механика, физика, биология, география и т. д., взятые из греческого языка научные термины греческого происхождения (масса, атом, электрон, изотоп и т. д.), употребление греческих букв в формулах и, наконец, имена греческих ученых: фалеса, Пифагора, Демокрита, Аристотеля, Архимеда, Евклида, Птолемея и других, сохранившиеся в научной литературе.

Вавилонская и египетская наука, как было сказано, возникли из

потребностей практики. Что касается теоретического мышления египтян и вавилонян, то оно не выходило за рамки анимизма и мифологии; монополия на объяснение тайн принадлежала жрецам. Древние греки сумели возвыситься над этим уровнем и поставить задачу понимания природы без привлечения таинственных, божественных сил, такой, какова она есть.

В Древней Греции человеческий разум впервые осознал свою силу и люди стали заниматься наукой не только потому, что это нужно, но и потому, что это интересно, ощутили «радость познания», по выражению Аристотеля. Первые ученые стали называться философами, т. е. «любителями мудрости», и в греческом обществе возникла потребность в учителях мудрости, для удовлетворения которой появилась профессия ученого и учителя.

Академия Платона и лицей Аристотеля были первыми в мире учебно-научными учреждениями, предшественниками современной высшей школы. Постепенно в Древней Греции появились специалисты и более узкого профиля: инженеры, врачи, астрономы, математики, географы и историки, а также научные учреждения типа Александрийского музея, предшественника современных научно-исследовательских институтов. Вместе с тем здесь зародилась научная информация в виде научных сочинений, лекций, диспутов и переписки ученых.

Итак, в Древней Греции возникли систематические научные исследования, научное преподавание, появились специалисты-ученые и научная информация.

Древняя Греция стала родиной и истории науки. Сведения о многих научных достижениях древнегреческих ученых нередко доходили до нас из текстов других ученых и греческих историков науки.

Возникновение греческой науки обычно относят к эпохе расцвета городов в Малой Азии (VII—VI вв. до н. э.). Ионические города Милет и Эфес, острова Средиземноморья, греческие колонии в Южной Италии — вот арена деятельности первых греческих ученых.

Греческая наука зарождалась в обстановке интенсивной политической и экономической жизни, бурных выступлений демоса (народа) против господства аристократических родов; она возникла на торговых путях, идущих из стран Востока. Динамическая социальная обстановка, быстрые общественные перемены рождали представления об изменениях в окружающем мире. «Все течет!» — утверждал философ Гераклит из Эфеса (около 530-470 гг. до н. э.). «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку».

Родоначальник греческой науки Фалес Милетский (около 624—547 гг. до н. э.) и другие представители Ионийской школы: Анаксимандр (около 610—546 гг. до н. э.) и Анаксимен (около 585-525 гг. до н. э.) — выдвинули идею о материальной первооснове всех вещей, об их развитии из этой первоосновы. Так, Фалес считал, что такой основой является вода, Анаксимандр — некое бесконечное и неопределенное начало «алейрон», Анаксимен — воздух. Развивая эти воззрения, Гераклит создал представление о мире как о вечно вспыхивающем и вечно угасающем огне. «Мир, — утверждал Гераклит, — единый из всего, не создан никем из богов и никем из людей, а был, есть и будет вечно живым огнем, закономерно воспламеняющимся и закономерно угасающим...»

Таким образом, в противовес религиозным представлениям о сотворении мира божественной силой из ничего первые греческие мыслители выдвинули идею вечности и несотворимости мира, идею диалектического развития. Недаром К. Маркс и Ф. Энгельс считали греков «прирожденными диалектиками», а В. И. Ленин называл приведенный выше отрывок из высказываний Гераклита «очень хорошим изложением начал

диалектического материализма».

Почти одновременно с материалистическими представлениями ионийцев возникло идеалистическое направление в философии, развитое Пифагором (около 580—500 гг. до н. э.) и его учениками. Личность Пифагора окутана туманом легенд, и многие историки науки и философии считали самого Пифагора мифической личностью. Однако именно о Пифагоре сохранилось достаточное количество сведений биографического характера. Пифагор происходил из аристократического рода, ведущего свою родословную от мифического Геракла. Уроженец острова Самос, он принимал участие в политической борьбе аристократов и демократии на стороне аристократии и вынужден был бежать в Италию, где основал тайный союз. В политической борьбе союз был разгромлен, а Пифагор, по одним сведениям, был убит, по другим — умер в новом изгнании. Однако пифагорейская школа продолжала существовать и после смерти учителя. С ней связаны имена филолая (конец V — начало IV в. до н. э.), знаменитого философа Сократа и астронома Аристарха Самосского, жившего в конце IV и первой половине III в. до нашей эры.

Влияние пифагорейской школы было весьма значительным, и в эпоху Галилея учение о движении Земли именовалось «пифагорейским учением», философия и идеология пифагорейцев была реакционной, идеалистической. Центральным пунктом этой философии было учение о божественной роли чисел, которые, якобы, управляют миром. Пифагорейцы, приписывая числам мистические свойства, интерпретировали отдельные числа как совершенные символы: один — всеобщее первоначало, два — начало противоположности, три — символ природы и т. д. Они полагали, что любую вещь, любое явление мира можно выразить числами. Но так как они знали только рациональные числа, то, по преданию, открытие несоизмеримости диагонали квадрата с его стороной вызвало у них смятение.

Мистика чисел оказалась очень живучей. Она фигурирует в религиозных воззрениях, в магии, астрологии, в идеалистических системах. Вместе с тем в идее пифагорейцев о важности числовых отношений в природе имеется и рациональное зерно: количественный анализ, математические соотношения сегодня составляют основу научного описания природы. Первый пример такого описания дали сами пифагорейцы, открыв, что длины струн, звучания которых дают гармонические интервалы, относятся как простые целые числа (2:1, 3:2, 4:3). Важнейшей заслугой пифагорейцев является представление о шарообразности Земли и о ее движении.

Пифагорейцы выдвинули так называемую пироцентрическую систему, в которой Земля, Солнце, Луна и планеты движутся вокруг центрального огня. Считая десять священным числом, пифагорейцы ввели десять подвижных сфер, вращающихся вокруг центрального огня. Так как древние знали лишь пять планет, кроме Земли, то пифагорейцам для получения священного числа десять пришлось ввести дополнительное небесное тело «проти-воземлю» (предвзятая догма приводила к ложным гипотезам).

Таким образом, сферы Земли и противоземли, Солнца, Луны, пяти планет и неподвижных звезд вращались вокруг центрального огня. Расстояния этих сфер от центра, по учению пифагорейцев, подчиняются простым числовым соотношениям. Вращающиеся сферы издают неслышимые гармонические звуки (музыка сфер).

В дальнейшем Аристарх Самосский выбросил центральный огонь и противоземлю и, поместив в центре Вселенной Солнце, построил первую модель гелиоцентрической системы. По-видимому, эта модель не была известна Копернику. В посвящении к своей книге он ссылается на учение о

движении сфер вокруг центрального огня, изложенное пифагорейцем филолаем.

Отметим, что наука Древней Греции с самого начала опиралась на знания, добытые в странах Древнего Востока. Но также с самого начала проявились в этой науке новые черты. Мыслитель Древней Греции стремился обсуждать проблему, логически обосновать то или иное положение. Эта черта особенно ярко проявилась в воззрениях последующих ученых: известных из истории философии элеатов, атомистов и Аристотеля.

Таким образом, уже на первом этапе возникновения науки были поставлены глубокие вопросы о строении и происхождении мира, о причине движения, о роли количественных отношений в природе и т. д. Пытаясь ответить на эти вопросы, ионийцы, пифагорейцы и элеаты положили начало теоретическому анализу природы, разработке научной картины мира. В этих первых попытках много наивного, фантастического, ложного, еще отсутствует проверка гипотез и представлений опытом и математическим анализом. Но уже высказана четкая идея о вечности материи, о развитии мира в силу естественных причин, построены первые модели Вселенной. На смену религиозным и мифическим представлениям о возникновении и строении мира пришла наука.

Возникновение атомистики

Идея первичной материи (праматерии) ионийцев была очень привлекательной и неоднократно в той или иной форме возрождалась в физике. Однако всякий раз возникала трудность объяснения разнообразия вещей и происхождения изменений в мире. Элеаты обошли эту трудность допущением однородности и неизменности мира. Они, таким образом, сняли этот трудный вопрос и объяснили разнообразие мира и движения иллюзией, вызванной обманом чувств. Однако такой ответ находился в резком противоречии с повседневным опытом и не мог удержаться в науке. По существу он был враждебен науке, по самой своей природе призванной выдвигать вопросы и искать на них ответы.

Пытливое мышление древних греков отказалось от этой идеи элеатов, равно как и от идеи праматерии, и выдвинуло концепцию элементов, из которых построена Вселенная. Впервые эта концепция была выдвинута Эмпедоклом (около 490—430 гг. до н. э.), жившим в городе Акраганте (Агригенте) на острове Сицилия, «Эмпедокл, — говорил греческий философ и историк науки Тесьфраст, — предполагает четыре материальных элемента, а именно: огонь, воздух, воду и землю; эти элементы, будучи вечными, изменяются по числу и величине путем соединения и разделения.

Существуют два начала в современном смысле этого слова, при помощи которых элементы приводятся в движение; эти начала — Любовь и Вражда, ибо элементы должны подвергаться двоякому движению, а именно: то соединению путем Любви, то разделению путем Вражды».

Таким образом, все разнообразие вещей, по Эмпедоклу, обусловлено сочетанием четырех различных элементов, а причиной изменения в природе является действие притягательных и отталкивательных сил, которые у Эмпедокла носят названия — Любовь и Вражда.

Чрезвычайно существенно, что Эмпедокл со всей ясностью утверждал всеобщее начало сохранения. Его элементы вечны и неразрушимы: «они остаются сами собой», «если бы они совсем погибли и их не было бы более, как бы возникла Вселенная? Откуда она бы явилась?» — спрашивает Эмпедокл. Они не могут и исчезнуть, «нет пространства, не наполненного ими». Вечность элементов и, следовательно, Вселенной обусловлена всеобщим началом сохранения: «Ничто не может произойти из ничего, и

никак не может то, что есть, уничтожиться». С этого принципа Эмпедокла и начинается история законов сохранения, играющих такую фундаментальную роль в современной физике.

С V в. до н. э. центр греческой науки переместился в Афины. Здесь появились учителя мудрости — первые научные школы. В Афинах высокого уровня достигли искусство, литература. В эпоху Перикла был создан знаменитый Акрополь, великим скульптором фидием воздвигнуты статуи, греческий драматург Софокл писал трагедии, ставившиеся на сцене греческого театра, Аристофан сочинял комедии. В Афины приезжали выдающиеся представители греческой науки. Здесь учил математик Гиппократ, философ и физик Анаксагор (около 500—428 гг. до н. э.), создавший учение о «семенах» всех вещей и движущем начале «нус» (дух), сообщившем элементам материи вращательное движение, в результате которого образовалась Земля и все вещи.

Анаксагор учил, что Луна, Солнце, планеты и звезды, которым египтяне и греки приписывали божественную природу, являются раскаленными камнями.

За это смелое учение о материальности небесных светил он подвергся изгнанию из Афин и окончил свою жизнь в Малой Азии.

Анаксагор был современником основателей атомистики Левкиппа и Демокрита (около 460—370 гг. до н. э.).

Демокрит был родом из фракийского города Абдера. Сохранились сведения о том, что он много путешествовал, был в Египте, Вавилоне, Персии, написал множество произведений по различным отраслям науки: математике, физике, философии и др. Но его сочинения не дошли до нашего времени, и о них мы знаем только из книг других авторов, по фрагментам, приведенным этими авторами. Тем не менее основные положения теории Демокрита воспроизводятся во многих современных книгах по физике и философии почти одними и теми же словами. Вот эти принципы Демокрита:

1. Из ничего не происходит ничего. Ничто существующее не может быть разрушено. Все изменения происходят благодаря соединению и разложению частей.
2. Ничто не совершается случайно, но все совершается по какому-нибудь основанию и с необходимостью.
3. Не существует ничего, кроме атомов и чистого пространства, все другое только воззрение.
4. Атомы бесконечны по числу и бесконечно разнообразны по форме. В вечном падении через бесконечное пространство большие, которые падают скорее, ударяются о меньшие; возникающие из этого боковые движения и вихри служат началом образования мира. Бесчисленные миры образуются и снова исчезают одни рядом с другими и одни после других.
5. Различия между вещами происходит от различия их атомов в числе, величине, форме и порядке; качественного различия между атомами не существует. В атоме нет никаких «внутренних состояний»; они действуют друг на друга только путем давления и удара.
6. Душа состоит из тонких, гладких и круглых атомов, подобных атомам огня. Эти атомы наиболее подвижны, и движения их, проникающие в тело, производят все жизненные явления.

Атомное учение, пройдя через века, выдержало ожесточенную борьбу с идеализмом и поповщиной (еще Платон приказывал своим ученикам истреблять сочинения Демокрита) и, развиваясь, стало основой всего современного естествознания.

В учении атомистов играет существенную роль принцип сохранения, который, как мы видим, был уже у ионийцев. Новым моментом является допущение пустоты. Ни у ионийцев, ни у пифагорейцев, ни у элеатов пустоте нет места. С точки зрения элеатов, пустота — это небытие, а небытия нет, и его даже мыслить нельзя. У пифагорейцев мировое пространство заполнено «пустым и холодным эфиром». Эфир принимает и Анаксагор, с которым Демокрит встречался в Афинах, но, по-видимому, во взглядах с ним решительно разошелся. В системе Демокрита нет места для какого-то «разума», производящего движение частиц, движение атомов вечно и не нуждается в особом начале. Движущиеся в пустом бесконечном пространстве атомы, сталкиваясь друг с другом, производят все вещи и бесчисленные миры. Пустое бесконечное пространство Демокрита — это совершенно новый элемент картины мира, и его появление вызвано успехами геометрии.

Сам Демокрит был крупным математиком. Одним из фундаментальных результатов его математических работ было доказательство, что объем пирамиды равен одной третьей объема призмы, а объем конуса — одной третьей объема цилиндра. В математических доказательствах Демокрита огромную роль играла атомистика. Атомами линии были точки, атомами поверхности — линии, атомами объемов — тонкие листки.

Успехи геометрии шаг за шагом формировали представление о пустом пространстве, лишенном каких-либо чувственно осязаемых свойств. Линии, поверхности, геометрические тела становились абстрактными образами, чистой формой. Пространство, свойства которого в дальнейшем описал Евклид, является чистой протяженностью, лишенной материального содержания, и ареной движения атомов, вместившем всех тел природы.

Согласно учению атомистов бесконечно пустого пространства и атомов достаточно для описания разнообразных явлений мира, в том, числе социальных и психических. Учение атомистов — монистическое учение, по которому материя и движение — основы бытия.

Аристотель

Пелопоннесская война (431—404 гг. до н. э.) привела к упадку Афин и афинской демократии. Происходили глубокие изменения и в идеологии. Материалистическая система ионийцев и атомистов вытеснилась идеалистической философией Сократа (469—399 гг. до н. э.) и его ученика Платона (427—347 гг. до н. э.). Появились учителя беспринципной диалектики — софисты, на которых был большой спрос в обострившейся политической борьбе внутри господствующего класса. Вместе с тем развивалось искусство диалога, умение логически мыслить, повышался интерес к строгим математическим доказательствам, философ Платон, основавший свою школу, так называемую «Академию Платона», высоко ценил математику, хотя сам, не был даровитым математиком. По преданию, над входом в Академию была надпись: «Пусть не входит никто, не знающий математики». В трудах Платона содержался и ряд интересных физических идей, однако в историю науки он вошел по преимуществу как философ-идеалист. Общество ощущало потребность в систематизированном научном знании, и на долю ученика Платона, знаменитого мыслителя древности Аристотеля выпала задача составить систематический свод научных знаний своего времени.

Аристотель родился в 384 г. до н. э. в городе Стагире, в северо-восточной области Греции. Город находился недалеко от границы с Македонией, и отец Аристотеля Никомах был придворным врачом македонского царя Аминты II. Сын Аминты Филипп, отец Александра Македонского, был другом детства

Аристотеля, впоследствии, будучи царем, он пригласил Аристотеля в наставники к своему сыну Александру, будущему знаменитому полководцу. Македония далеко уступала Афинам в экономическом и культурном развитии. Афиняне презрительно называли македонцев варварами. Однако при Аминте и особенно Филиппе Македония превратилась в грозную в военном отношении державу, а политические распри в Афинах были искусно использованы Филиппом. Несмотря на сопротивление антимакедонской партии, возглавляемой знаменитым оратором Древней Греции Демосфеном, речи которого против Филиппа вошли в историю под названием «филиппики», Афины не устояли в военном столкновении с Македонией. В 338 г. до н. э. в битве при Херонее греческие войска были разбиты македонскими, а состоявшийся в следующем, 337 г. до н. э. Коринфский конгресс закрепил гегемонию Македонии над Афинами и Грецией. Сам Филипп стал готовиться к военному походу на Персию, но в 336 г. до н. э. был убит, и этот поход начался под предводительством его сына Александра Македонского. Александр в результате многолетних победоносных походов в Азию и Африку создал огромную империю, подчинив Персию, Египет, среднеазиатские государства, дойдя со своими войсками до Индии. Наступала новая эпоха в развитии древнего мира.

Но эти события были еще впереди, когда восемнадцатилетний Аристотель прибыл в Афины в Академию Платона. Однако Платона он там не застал, тот был в Сицилии. Академией руководил математик и астроном Евдокс Книдский (около 408—355 гг. до н. э.), впервые разработавший теорию движения планет вокруг Земли с помощью систем вращающихся сфер. Около двух лет Аристотель пробыл в Академии до встречи с ее основателем и около двадцати лет вместе с Платоном до самой смерти своего учителя. После смерти Платона Аристотель с 343 по 339 гг. до н. э. жил в столице Македонии Пелле в качестве наставника Александра. В 336 г. до н. э. Аристотель вернулся в Афины, где основал свой Лицей.

Александр Македонский умер во время походов в 323 г. до н. э. После его смерти в Афинах взяла верх анти-македонская партия. Демосфен вернулся из изгнания, а Аристотель был изгнан на остров Эвбею, где и умер осенью 322 г. до н. э., пережив своего знаменитого ученика на один год. Но противники Македонии торжествовали недолго. В год смерти Аристотеля антимакедонские силы были разбиты, Демосфен покончил жизнь самоубийством. Так личная судьба Аристотеля переплелась с бурным и напряженным периодом политической истории Древней Греции. Научное наследие Аристотеля огромно. Оно образует полную энциклопедию научных знаний своего времени. Правда, в его трудах мы не находим математических и механических исследований. Аристотелю долгое время приписывалось сочинение «Механические проблемы», однако, как выяснилось, оно написано после его смерти, лицом, по-видимому, вышедшим из школы Аристотеля.

Аристотель положил основание и истории науки. В его «Метафизике» мы находим мысли о возникновении науки и искусства, обзор и критический анализ результатов работ его предшественников. О многих античных ученых мы знаем только по сведениям, приводимым Аристотелем. Преемник Аристотеля по руководству Лицеем Теофраст (феофраст) был автором исторического сочинения «Мнения физиков», а другой ученик Аристотеля — Евдем Родосский был первым историком математики.

Пожалуй, ни один ученый не оказывал такого длительного и глубокого влияния на развитие человеческой мысли, как Аристотель. Его воззрения принимались за истину в течение ряда столетий. В средневековых

европейских университетах естествознание излагалось, по Аристотелю, которого называли предтечей Христа в истолковании природы. Последователей Аристотеля именовали перипатетиками, от греческого слова «перипатос» — место для прогулок (в этом месте находился Лицей). Новому естествознанию пришлось вступить в борьбу с представителями перипатетической философии, которые, превратив в догмат некоторые положения Аристотеля, стали врагами научного прогресса. В теории Аристотеля были высказывания, за которые ухватилась христианская церковь и объявила их каноническими догмами. «Поповщину — писал по этому поводу В.И. Ленин, — убила в Аристотеле живое и увековечила мертвое». (Ленин В. И. Конспект книги Аристотеля «Метафизика». — Полн. собр. соч., т. 29, с. 325. ) Поэтому борьба против учения Аристотеля была нелегким и опасным делом. Противников Аристотеля легко можно было обвинить в выступлениях против религии, против авторитета церкви, в ереси. Известно, как беспощадно расправлялась церковь с еретиками. Однако сам Аристотель был далеко не догматиком. «Древнегреческие философы, — писал Энгельс, — были все прирожденными, стихийными диалектиками, и Аристотель, самая универсальная голова среди них, уже исследовал существеннейшие формы диалектического мышления». (Энгельс ф. Анти-Дюринг. — Маркс К., Энгельс ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 19. ) Он не был и идеалистом, как его учитель Платон. Он признавал объективное существование материального мира и его познаваемость. Но одновременно он верил в существование богов, противопоставлял земной и небесный миры, искал высшую цель природы и т. п. Все это давало возможность церкви ухватиться за мертвое в философии Аристотеля и отбросить все живое — его пытливые искания, его стихийную диалектику и многие глубокие мысли, привлекающие к Аристотелю внимание таких мыслителей, как Маркс, Энгельс, Ленин. Современная физика нередко находит у Аристотеля интересные высказывания, звучащие весьма актуально. Аристотель был крестным отцом физической науки. Название его книги, посвященной исследованию природы («физика»), стало названием физической науки. Сам Аристотель в начале своей книги определяет цели и задачи этой науки следующим образом: «Так как научное знание возникает при всех исследованиях, которые простираются на начала, причины элементы путем их познания (ведь мы тогда уверены в познании всякой вещи, когда узнаем ее первые причины, первые начала и разлагаем ее вплоть до элементов), то ясно, что и в науке о природе надо определить прежде всего то, что относится к началам». (Аристотель, физика. — М.: Соцэргиз, 1936, с. 5. ) Из этого высказывания Аристотеля вытекает, что наука о природе должна исследовать «первые причины» природы, ее «первые начала» и «элементы». Говоря современным языком, физика должна изучать основные закономерности (первые причины) и принципы («первые начала») природы и ее «элементы» («элементарные частицы»). Таким образом, физика является общей теорией природы, основанной на фундаментальных законах и представлениях об основных элементах (частицах и полях в современной физике). Современный теоретик разделяет этот взгляд Аристотеля на задачи физики и работает над построением такой всеобъемлющей теории природы. Интересно замечание Аристотеля о пути познания природы: «Естественный путь к этому (к познанию «начал» природы.— П. К.) идет от более известного и явного для нас к более явному и известному с точки зрения природы вещей: ведь не одно и то же, что известно для нас и прямо, само по себе. Поэтому необходимо вести дело именно таким образом: от

менее явного по природе, а для нас более явного, к более явному и известному по природе»( Аристотель, физика. — М.: Соцэкгиз, 1936, с. 5. ) В свете истории науки это высказывание Аристотеля приобретает очень глубокое значение. Люди воспринимают вещи сначала такими, какими они им представляются («явными для нас»), а не такими, какими они являются сами по себе («по природе»). Камень в обыденном представлении и камень в понимании современного физика— разные вещи. Путь научного познания и лежит в направлении от обычного чувственного созерцания, весьма далекого от понимания истинной природы вещей, к более глубокому пониманию этой природы, весьма далекому от обычного представления «по здравому смыслу». Так, Земля представлялась плоской и неподвижной.

Открытие шарообразности Земли было крупным шагом в направлении познания к «явному по природе» и «менее явному для нас». Открытие Коперника представляло следующий шаг в том же направлении.

История науки подтверждает правильность высказывания Аристотеля о пути познания природы: от более известного и явного для нас к более явному и известному с точки зрения природы вещей.

Прежде чем изложить физическую картину мира по Аристотелю, остановимся на его методе познания. В аристотелевской «физике», в отличие от современного учебника физики, мы не найдем ни математических формул, ни описаний опытов и приборов. Аристотель приходит к тем или иным выводам путем рассуждений, установления логических противоречий в выводах, следующих из тех или иных предположений. Такой метод, метод диалектики и логики, был в большом ходу у древних мыслителей. Сократ, выдвигая те или иные положения, ставил вопросы, придумывал ответы, сопоставлял эти ответы и показывал логическую противоречивость тех или иных ответов, кажущихся на первый взгляд очевидными. Тем самым он доказывал их неправильность, абсурдность.

Диалог, дискуссия были основным методом Сократа и его ученика Платона, сочинения которого прямо написаны в форме диалога, «физика», «Метафизика» и другие труды Аристотеля, хотя формально и не являются диалогами, носят следы такого метода познания, и, несомненно, идеи Аристотеля вызревали в подобного рода дискуссиях и беседах. Читать его «физику» очень трудно прежде всего потому, что мы не знаем этой первичной основы книги, нам нередко непонятно, откуда берется то или иное положение, тогда как для Аристотеля и его учеников это было совершенно ясным.

Громадная практика дискуссий, научных и политических, составляющих привычную картину духовной и общественной жизни древнего греческого города, послужила основным материалом для научных обобщений Аристотеля, и этот материал нам в своей массе недоступен. Поэтому так многое у Аристотеля кажется непонятным. Комментаторам Аристотеля во все времена было немало работы.

Так или иначе метод эксперимента и математического анализа был отброшен Аристотелем. Конечно, в эпоху рабовладения «ремесленное» искусство экспериментаторов не пользовалось и не могло пользоваться уважением. Рабовладелец ценил тонкую игру мысли, но к искусной работе рук он относился с пренебрежением, что не мешало ему ценить достижения художников и архитекторов. Аристотель был тонким наблюдателем и даже искусным экспериментатором, как это видно в особенности из его биологических работ. Но в своей «физике» он не апеллирует к опыту, полагаясь исключительно на силу логического анализа.

Следует отметить, что Аристотель отличал вещи, существующие «по природе», от вещей, созданных искусственно. «По природе, мы говорим, существуют животные и части их, растения и простые тела, как-то: земля, огонь, вода, воздух». Вещи, существующие по природе, носят в самих себе «начало движения и покоя», в то время как тела, изготовленные искусственно, «не имеют в себе врожденного стремления к изменению», а изменяются постольку, поскольку они состоят из элементов природы.

Аристотелю вряд ли бы понравилось исследование природы с помощью комбинации искусственных вещей. Эксперимент нарушает жизнь природы и искажает ее познание. По тем же причинам Аристотель считал недопустимым применение математики в исследовании природы.

Математика, какой она была в Древней Греции, имела дело с постоянными величинами и отношениями, природа же нечто движущееся, непрерывно изменяющееся. Математика имеет дело с абстрактными, не материальными понятиями, природа же конкретна, материальна. «Точность, именно математическую точность, нужно требовать не во всех случаях, но лишь для предметов, у которых нет материи. Таким образом, этот способ не подходит для науки о природе, ибо природа во всех, можно сказать, случаях связана с материей».

Совершенно ясно, что при таких методологических предпосылках «физика» Аристотеля является скорее философским трактатом, чем руководством по естествознанию. В ней Аристотель обсуждает общие понятия науки о природе: понятия материи и движения, пространства и времени, разбирает действующие причины, вопрос о существовании пустоты, о конечном и бесконечном, о первичных качествах.

Аристотель признавал объективное существование материи, которая у него, однако, является своеобразным «текучим» понятием. «Я называю, — говорит

Аристотель, — материей первый субстрат каждой вещи, из которого возникает какая-нибудь вещь..» Так, материей статуи является мрамор, из которого она сделана, материей дуба — желудь, из которого он развился, и т. д. «Текучесть» понятия материи видна из того, что по отношению к мрамору, желудю и т. д. можно поставить вопрос об их субстрате и, таким образом, прийти к какой-то первичной субстанции — «первоматерии».

Существенным моментом в представлении Аристотеля о материи является то, что она сама по себе служит только возможностью возникновения реальной вещи, некоторым пассивным началом природы. Для того чтобы вещь стала реальностью, она должна получить форму, которая превращает возможность в действительность. Всякая вещь есть единство материи и формы, в природе происходят постоянные переходы материи в форму, формы в материю. Отсюда возникает учение Аристотеля о четырех действующих причинах: 1) материальной; 2) формальной; 3) производящей; 4) конечной. Активная производящая причина есть движение, конечная — цель.

Учение о четырех причинах получило большое распространение в средние века, став краеугольным камнем схоластики. Казалось, что именно в этом пункте и прежде всего в концепции конечной цели Аристотель скатывается на позиции идеализма. Природа у него действует подобно скульптору, который из глыбы мрамора (материи) осуществляет свою цель, придавая этой глыбе форму статуи. Отсюда недалеко и до признания «верховного скульптора» — бога, преследующего в мироздании «высшую цель». Так это и понималось в эпоху средневековья.

Однако развитие науки заставило по-новому оценить идеи Аристотеля о

материи как о возможности и цели.

Материя как возможность неожиданно получила свое воплощение в представлениях современной теоретической физики о виртуальных частицах и полях. Что же касается концепции цели, т. е. программирования материальных процессов, то представление Аристотеля о том, что желудь стремится осуществить цель — превратиться в дуб, получило права гражданства в современной биологии. Согласно современным представлениям, в молекулах ДНК (дезокси-рибонуклеиновой кислоты) запрограммировано будущее развитие биологического объекта. Вновь подтверждается справедливость утверждения ф. Энгельса, что «в многообразных формах греческой философии уже имеются в зародыше, в процессе возникновения, почти все позднейшие типы мировоззрений. Поэтому и теоретическое естествознание, если оно хочет проследить историю возникновения и развития своих теперешних общих положений, вынуждено возвращаться к грекам»

Движение Аристотель понимает как общее изменение, как активное превращение возможного в действительное. Механическое движение (греческое «фора», отсюда одно из названий кинематики — «форонмия») — это только один из видов движения, заключающийся в перемене места.

Понятие «место» Аристотель разбирает подробно. Оно и неразрывно связано с материальным телом (пространство, лишённое материи, Аристотель категорически отвергает) и образуется из отношения одного тела к другому. Место, по Аристотелю, не что иное, как граница объёмлющего тела. Например, воздух, окружающий Землю, является местом Земли.

Время Аристотель связывает с движением, оно служит своеобразной мерой движения, «числом движения». Наиболее простым Аристотель считает равномерное круговое движение, «так как число его является самым известным». «Оттого и время кажется движением сферы, что этим движением измеряются прочие движения и время измеряется им же». Так астрономическая практика, давшая основу измерения времени, отразилась в аристотелевской концепции времени.

В своей «физике» Аристотель подробно разбирает взгляды своих предшественников — ионийцев, элеатов, Анаксагора, Левкиппа и Демокрита на первоначала мира. Он критикует воззрения атомистов, признающих пустоту и бесчисленное множество атомов и миров, так как, по его мнению, эта точка зрения приводит к логическим противоречиям. Бесконечное мыслимо только в возможности («потенциальная бесконечность»), реальный мир конечен и ограничен и построен из конечного числа элементов.

Понятие пустоты, по Аристотелю также ведет к противоречиям с действительностью. Правильно подметив, что среда оказывает сопротивление движению и тем большее, чем она плотнее, Аристотель приходит к выводу, что бесконечное разреженное пустое пространство приводило бы к бесконечному движению. Это, по его мнению, невозможно. В отсутствие сопротивления скорость тела была бы бесконечной, что также невозможно. Любопытно, что другим аргументом против пустоты является совершенно правильный вывод Аристотеля об одинаковой скорости падения всех тел в пустоте, равно как и вывод о бесконечном инерциальном движении. В реальных условиях движение конечно и тела падают с разной скоростью. Аристотель полагает, что, чем тяжелее тело, тем быстрее оно падает. Только Галилей опроверг это мнение Аристотеля, подтвердив отвергнутое Аристотелем утверждение, что в пустоте все тела падают одинаково. Он же впервые ввел понятие о бесконечном инерциальном движении. Эйнштейн же аристотелевский принцип невозможности бесконечно большой скорости

совместил с допущением пустоты, приняв в качестве предельной скорости скорость света в вакууме. физическая картина мира Аристо-1 теля наряду с правильными и интерес-! ными мыслями содержит неверные и V реакционные положения. К таким утверждениям относится учение Аристотеля о существовании абсолютного, неподвижного центра мира (Земли), о противоположности земного и небес-/' ного.

Все эти утверждения, как уже говорилось, были канонизированы церковью и рассматривались в эпоху средневековья как абсолютная догма. Реальное земное тело не могло стать принадлежностью вечного, неразрушимого небесного мира.

Земной мир построен из изменчивых и превратимых друг в друга элементов, в нем происходит непрерывное изменение, разрушение и уничтожение. Четыре основные противоположности: сухость и влажность, тепло и холод—в своих сочетаниях дают начало четырем основным элементам мира: холодная и сухая Земля, холодная и влажная вода, теплый и влажный воздух, теплый и сухой огонь. Эти четыре элемента Аристотеля отличаются от аналогичных элементов Эмпедокла тем, что они могут переходить друг в друга путем изменения первичных качеств. Это учение Аристотеля стало теоретической базой алхимии.

В земном мире действуют также начала тяжести и легкости. Все тела в силу этих качеств стремятся либо к центру мира, либо от центра вверх. Так, дерево в воздухе стремится к центру, в воде же всплывает. Вертикальное падение или стремление вверх, по Аристотелю, является естественным движением, присущим телам в силу основных начал тяжести или легкости. Все прочие движения насильственны и поддерживаются только внешними силами и воздействиями. Само по себе тело придет в движение только в силу тяжести, во всех остальных случаях должна действовать сила. Небесным телам присуще равномерное круговое вращение. Круг вообще Аристотель считает за нечто чудесное и его чудесным свойством объясняет и действие рычага.

Пустота, невесомость, по Аристотелю, неестественны, невозможны. Аристотелевский физик—это человек, живущий в воздушной среде на неподвижной Земле, в поле тяготения этой Земли и не мыслящий мир без этих атрибутов. В соответствии с повседневными представлениями Аристотель принимает геоцентрическую систему мира и концепцию ограниченной Вселенной, расслоенной на сферы движения небесных светил. Естественнанию предстояло пройти длительный путь поисков и борьбы, чтобы прийти к иному миропониманию.

Европейская средневековая наука

Восточные государства значительно опережали Европу в экономическом и культурном развитии в течение эпохи раннего средневековья (VII—XI вв.)

Если, например, Бируни переводил Птолемея, определял радиус Земли, размышлял о гелиоцентрической системе мира, то в Европе господствовали наивные представления о Земле как о плоской лепешке, накрытой хрустальным колпаком и опоясанной океаном

Один из столпов католической церкви— блаженный Августин— объявил представления об антиподах нелепостью, другой католический авторитет— фома Аквинский— провозгласил тезис: «философия— служанка богословия».

Однако уже с X в. начинают развиваться экономические и культурные связи Европы и Востока. Большую роль в этом сыграли со второй половины

XI в. знаменитые крестовые походы, доставившие европейцам новые сведения: экономические, технические и культурные.

Происходящее в Европе развитие ремесла и торговли способствовало оживлению экономики и культуры. Появляются первые университеты, сначала в Испании, где уже арабами был организован университет в Кордове, затем в Италии, Париже и Англии. Университет средневековой Европы существенно отличался от современного университета, однако до нашего времени сохранились ученые степени доктора и магистра, звания профессора и доцента, лекции как основная форма сообщения знаний, факультеты как подразделения университета. Отмерла такая форма обучения, как диспут, имевшая широкое распространение в средневековых университетах, но научные дискуссии и семинары имеют большое значение и в современной науке, и в высшей школе.

Лекция (буквально — чтение) в средневековом университете по необходимости была основной формой сообщения знаний. Книг было мало, они были дороги, и поэтому чтение и комментирование богословских и научных трудов являлось важной формой информации.

Преподавание велось на латинском языке, равно как и богослужение в католических храмах. До XVIII в. латинский язык был международным научным языком, на нем писали Коперник, Ньютон и Ломоносов.

До сих пор в европейских университетах торжественные речи читаются, а дипломы пишутся на латинском языке. На торжественных актах профессора появляются в средневековых докторских мантиях и шапочках. Так современная наука сохраняет память о первых университетах, возникновение которых явилось одной из главных предпосылок научного прогресса.

Другой предпосылкой будущего расцвета науки послужило развитие техники. Механические часы, очки, книгопечатание, производство бумаги сыграли огромную роль в развитии естествознания. Немалую роль в развитии цивилизации сыграл компас, история которого начинается в Древнем Китае, где в рукописи II в. н. э. встречается указание на свойство намагниченной иглы указывать направление. Уже в XI в. китайцам было известно магнитное склонение. Арабские мореплаватели начиная с XII в. пользовались компасом. В Европу он проникает в XII-XIII вв.

О значении компаса в истории цивилизации свидетельствует тот факт, что именно наличие компаса позволило Колумбу предпринять свое историческое путешествие. «Компас — инструмент малый, но без него не была бы открыта Америка», — любил говорить известный советский ученый академик А. Н. Крылов. Отметим, что Колумб был первым европейцем, обнаружившим склонение магнитной стрелки.

Третья предпосылка научного прогресса — ознакомление с античным научным наследием. В XII в. появляются латинские переводы «Начал» Евклида, трудов Архимеда, Птолемея и других греческих авторов. Тогда же появились переводы Хорезми и Алхазена.

Основным фактором, определившим революционные изменения в развитии общества и науки, было то, что внутри феодального общества вызревали новые производительные силы, пришедшие в противоречие с феодальными производственными отношениями и потребовавшие как новых форм общественного бытия, так и новой науки. Пока же культивировавшаяся в университетах схоластическая наука базировалась на антинаучном по самой сути принципе — истина уже открыта в священном писании и в трудах богословских авторитетов (к которым причислялся и приспособленный к нуждам церковного мировоззрения Аристотель), и долг ученых — изучать и комментировать эту истину.

В этих условиях науке было трудно развиваться; свободная, самостоятельная мысль беспощадно подавлялась. Эта эпоха вошла в историю науки как «период застоя», как «темная ночь средневековья». Однако и в это время жили и работали люди, возвышавшиеся над общим уровнем, искавшие новых путей познания. Таким был, например, знаменитый монах Роджер Бэкон (1214—1294). Бэкон родился в Англии в графстве Сомерсет, учился в Оксфордском и Парижском университетах, в 1250 г. вступил в монашеский орден францисканцев. В Оксфорде он занимался научными исследованиями. Независимость в мышлении навлекла на него обвинение в ереси, и он был заключен в тюрьму. Освобожденный папой Климентом IV, он уехал во Францию, но там вновь подвергся преследованиям и вышел из тюрьмы только глубоким стариком в 1288 г. Бэкон считал, что ученый не должен сводить науку к толкованию авторитетов. По его мнению, наука должна строиться на строгих аргументах и точном опыте, доказывающем теоретические заключения. Бэкон резко выступал против всеобщего увлечения книгами Аристотеля, вдобавок искаженными невежественными переводчиками. В этом отношении он являлся прямым предшественником Галилея.

Бэкон не ограничивался указанием на большое значение опыта. Он неутомимо экспериментировал и сам производил химические, оптические, физические эксперименты и астрономические наблюдения.

Бэкон знал действие камер-обскуры, увеличивающее действие выпуклых линз, установил, что вогнутые зеркала фокусируют параллельные пучки в точку, лежащую между центром и вершиной зеркала, предвидел возможность построения оптических приборов. Он сделал шаг вперед в объяснении явления радуги, сравнивая ее цвета с радужными цветами при преломлении света в хрустале, в каплях росы, в водяных брызгах.

При этом он установил, что угол, образованный направлением падающего на водяные капли луча с лучом, направленным от радуги в глаз, составляет  $42^\circ$ .

Младший современник Бэкона поляк Вителло (родился около 1230 г.) был автором написанной в 70-х годах XIII в. книги по оптике «Перспектива». Он также исследовал радугу и пришел к выводу, что она образуется от преломления лучей в отдельных водяных каплях.

Ход светового луча в дождевой капле, приводящий к образованию радуги, правильно описал умерший в 1311 г. монах Дитрих (Теодорих) фрейбургский.

Таким образом, в XIII в. радуга привлекала внимание многих исследователей. Следует добавить, что в конце XIII в. были изобретены очки.

XIII век вообще характеризуется оживлением духовной жизни. В этом веке, кроме Бэкона, жили и работали такие деятели, как знаменитый богослов Фома Аквинский, идеалистическая философия которого («томизм») имеет распространение и в современной западной философии; Вильгельм Оккам, выступивший против идеалистической теории о реальном существовании общих понятий; Роберт Большоголовый, занимавшийся оптикой. Интересную фигуру представляет Петр Перегрин — рыцарь Пьер из Марикура, написавший 8 августа 1269 г. в военном лагере «Послание о магните» («Послание о магните Пьера де Марикура, по прозвищу Перегрина, к рыцарю Си геру де фукокур»).

В книге автор указывает, по каким признакам можно отобрать хороший «магнитный камень», как распознать полюса магнита. Все эти практические указания свидетельствуют о хорошем знании Марикуром естественных магнитов, о его большом опыте в обращении с магнитом. Марикур дает инструкцию проведения опыта, показывающего, что разноименные полюса

магнита притягиваются, а одноименные — отталкиваются.

Пьер де Марикур описывает подробно свойство плавающего магнита указывать на север «к звезде, которую называют мореходной, оттого, что она находится около полюса; но на самом деле он поворачивается не к упомянутой звезде, а к полюсу...» Далее Перегрин указывает, что если целый продолговатый магнит А О разломить на две части, то получится два магнита АВ и СО с двумя полюсами. Если магниты сблизить, они соединятся в месте разлома ВС.

Во второй части своего послания Марикур описывает конструкцию магнитного инструмента, «при помощи которого определяют на горизонте азимут Солнца, Луны и любой звезды», а также проект вечного двигателя с магнитом. Сочинение Пьера де Марикура представляет собой видную веху в ранней истории магнетизма. На фоне рассказов о фантастических свойствах магнитного камня, которые были в ходу даже спустя столетия после «Послания», сочинение Марикура выглядит как первое серьезное экспериментальное исследование магнетизма, а сам Мари-кур — как ученый-экспериментатор, строящий свои выводы на основе опытов. Роджер Бэкон высоко ценил Марикура, называя его в своих сочинениях «магистр Петр» и превознося его ученые заслуги. В «Послании» Марикур упоминает о своем не дошедшем до нас сочинении «О действиях зеркала», свидетельствующем, что он занимался не только магнетизмом, но и оптикой. Прозвище Марикура «Перегрин» — странник — указывает на то, что он много путешествовал и, по-видимому, бывал на Востоке.

В XIV в. начинается реакция. Усиливается со стороны церкви борьба с «ересью», вводится пытка. Было осуждено учение и сожжен труд Николая из Отрикура, который, следуя атомистам, утверждал, что в мире нет ничего, кроме сочетания и разделения атомов. Он был вынужден отречься от своего учения. Церковь осудила также учение Вильгельма Оккама, который защищал возможность двух видов познания — научного и божественного откровения — и требовал свободы для научного познания. Тем не менее и в XIV в. жизнь не стояла на месте. Продолжается развитие техники, появляются башенные колесные часы в Париже, в Германии, в Москве. В 1440 г. Иоганн Гуттенберг (1400-1468) изобретает книгопечатание отдельными вырезными буквами. Наступала новая эпоха в развитии цивилизации и науки.

Научная революция Коперника

«Революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости и как бы повторило лютеровское сожжение папской буллы, было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил — хотя и робко и, так сказать, лишь на смертном одре — вызов церковному авторитету в вопросах природы. Отсюда начинает свое летосчисление освобождение естествознания от теологии, хотя выяснение между ними отдельных взаимных претензий затянулось до наших дней и в иных головах далеко еще не завершилось даже и теперь» (Энгельс ф. Диалектика природы. - Маркс К., Энгельс ф. Соч., 2-е изд., т. 20 с. 347.) Так охарактеризовал Энгельс значение великого творения Коперника, сыгравшего огромную роль не только в истории естествознания, но и в истории мировой культуры.

Геоцентрическое мировоззрение опиралось на длительный общечеловеческий опыт. Человек пахал землю, строил города, не подозревая, что Земля с огромной скоростью движется в мировом пространстве. Он ежедневно наблюдал восход и заход Солнца, суточное движение звезд, которые вращались вокруг Земли самым явным образом. Гениальные догадки Аристарха Самосского и пифагорейцев о движении Земли настолько

противоречили этому повседневному опыту, что не смогли оставить глубокого следа в сознании людей и, наоборот, только укрепляли позиции сторонников геоцентризма. Вдобавок это укоренившееся мировоззрение было освящено авторитетом церкви. В «Библии» описывалось, как полководец Иисус Навин приказал Солнцу: «Стой, Солнце!» И по воле бога Солнце остановилось и стояло до тех пор, пока полководец не взял город. Это библейское сказание выдвигалось как неопровержимый аргумент в пользу геоцентрического мировоззрения.

Сторонникам нового мировоззрения необходимо было огромное мужество, чтобы выступить против многовековой традиции. Такое выступление носило характер подлинной революции в мировоззрении.

Николай Коперник, человек, сделавший этот революционный шаг, был сыном своей эпохи, одним из титанов, о которых писал ф. Энгельс. Энгельс подчеркивал, что эти люди не кабинетные ученые, а «живут в самой гуще интересов своего времени, принимают живое участие в практической борьбе...».( Энгельс ф. Диалектика природы. - Маркс К., Энгельс ф. Соч., 2-е изд., т. 20, 347) Именно таким человеком и был Коперник.

Николай Коперник, сын краковского купца, родился 19 февраля 1475 г. в польском городе Торуне на Висле. Он учился сначала в Краковском университете, затем в Болонье и Падуе, где изучал право и медицину. Одновременно Коперник с большим увлечением занимался математикой и астрономией, проводил астрономические наблюдения. После десятилетнего пребывания в Италии, получив в ферраре докторскую степень, Коперник вернулся на родину разносторонне образованным ученым, с обширными познаниями в области математики, астрономии, права, медицины, философии, греческих и новых языков. С 1512 г. он занимает должность каноника во Фромборке, главном городе Вармии, руководя не только церковными, но и хозяйственными, дипломатическими и военными делами своей епархии. Во время войны с тевтонским орденом он руководил обороной Ольштыня, разрабатывал проект монетной системы, реконструировал водопровод во Фромборке, лечил больных, судил и т. п. В этих условиях он не прекращал научных занятий и напряженно работал над своим трудом.

В 1530 г. он изложил основные положения своей теории в рукописном сочинении «Малый Комментарий». Сведения о новом учении дошли до папских кругов, и в 1536 г. кардинал Шон-берг обратился к Копернику с письмом, в котором просил прислать подробное изложение теории с таблицами для вычисления положения планет. Однако первым адептом нового учения стал профессор математики Виттенбергско-го университета Георг Иоханн Ретик. Виттенберг был протестантским городом, сам Ретик учился в Цюрихе, где жил и учил реформатор Цвингли, и, таким образом, протестанты сыграли видную роль в распространении нового учения, созданного католиком. В 1539 г. в Гданьске было напечатано подробное изложение системы Коперника, сделанное Ретиком. Ретик настойчиво убеждал Коперника опубликовать его работу и в конце концов получил рукопись для издания. Он решил напечатать ее в Нюрнберге, где была большая типография. Весной 1542 г. он приехал в Нюрнберг, чтобы лично проследить за печатанием. Не дождавшись окончания работы, он поручил нюрнбергскому математику и лютеранскому богослову Осиандеру довести дело до конца. Книга была показана Копернику, когда он был тяжело болен, за несколько дней до его смерти, последовавшей 24 мая 1543 г. Великое творение Коперника начало свою бессмертную жизнь после смерти своего создателя.

Коперник хорошо сознавал революционную силу своей теории, посягнувшей на догмы, утвержденные авторитетом священного писания. Этим объясняются его длительные колебания в вопросе об издании сочинения и его «предохранительное» предисловие, с которым он обратился к папе Павлу III. В этом предисловии он писал о своих колебаниях, ссылаясь на побуждения кардинала Шонберга и кульмского епископа Гизе и на то, что учение о движении Земли высказывалось древними: учеником Аристотеля Рикетом (Никетом у Коперника) Сиракузским, пифагорейцами филолаем и Экфантом и другими (Аристарха Коперник не упоминает).

Осиандер также хорошо понимал революционное значение теории Коперника и снабдил книгу защитительным предисловием, носящим, однако, весьма опасный характер. Осиандер объявил теорию Коперника математической гипотезой, служащей лишь для удобства описания движения планет. Он указывал, что совершенно «нет необходимости, чтобы эти гипотезы были верными или даже вероятными, достаточно только одного, чтобы они давали сходящийся с наблюдениями способ расчета...». Опираясь тем, верным для того времени, фактором, что «наука совсем не знает простых и глубоких причин видимых неравномерных движений», Осиандер писал, что астроном прибегает к лучшей и легчайшей гипотезе, философ, вероятно, потребует нечто более вероятное, но оба они без божественного откровения не в состоянии что-либо открывать или что-либо нам передавать. Таким образом, Осиандер в своей «защите» пошел настолько далеко, что отнял у науки право на познание истины, предоставив ей право лишь изобретать гипотезы для удобного описания действительности. Истина же доступна только божественному откровению. Этим предисловием открылась длительная борьба между материалистическим и идеалистическим пониманием природы научного познания. (Конечно, борьба материалистического и идеалистического понимания природы познания велась и в древности, и в средние века. Предисловие Осиандера открыло новую страницу в истории этой борьбы, появившись в момент зарождения нового естествознания.)

Сочинение Коперника «О вращениях небесных сфер» содержит шесть книг. На титульном листе напечатано обращение к читателю, в котором автор указывает, что в сочинении рассмотрены движения звезды планет, «представленные на основании как древних, так и современных наблюдений; развитые на новых и удивительных теориях». Таким образом обращение рекомендует книгу как «расписание» движения планет, составленное как на основе наблюдений, так и на новых теориях.

В обращении к папе Павлу III Коперник критикует теорию эпициклов, не согласующуюся достаточно хорошо с наблюдениями и не дающую целой картины мироздания: «...Они (т. е. авторы геоцентрических теорий. — П. К.) не смогли определить форму мира и точную соразмерность его частей. Таким образом, с ними получилось то же самое, как если бы кто-нибудь набрал из различных мест руки, ноги, голову и другие члены, нарисованные хотя и отлично, но не в масштабе одного и того же тела; ввиду полного несоответствия друг с другом из них, конечно, скорее составилось бы чудовище, а не человек». Коперник пишет, что он «стал досадовать, что у философов не существует никакой более надежной теории движений мирового механизма...». Сравнение системы мира с механизмом, употребленное здесь Коперником, очень ярко выражает сущность его основной идеи: построить простую модель солнечной системы, ее кинематический механизм. Такой механизм он нашел, относя движения всех планет, в том числе и Земли, к Солнцу. Этот шаг Коперника имел поистине

революционное значение. Делая Землю рядовым членом семейства планет, он порывал с аристотелевской и церковной доктринами о противоположности земного и небесного и с повседневными житейскими представлениями.

Сделав один революционный шаг, Коперник был вынужден сделать и второй. Так как движение Земли не отражается на видимой картине сферы неподвижных звезд, он принял, что эта сфера чрезвычайно велика по сравнению с размерами орбиты Земли. Расстояние Земли от центра мира «...будет несравненно малым, в особенности по отношению к сфере неподвижных звезд», — утверждает Коперник. Сама Вселенная бесконечно велика по сравнению с Землей: «...Небо неизмеримо велико по сравнению с Землей и представляет бесконечно большую величину; по оценке наших чувств Земля по отношению к небу, как точка к телу, а по величине, как конечное к бесконечному». Но Коперник думает и об измеримости этой бесконечности и сравнивает отношение Земли и Вселенной с отношением атома к телу. Атомы неощутимы для чувств, несколько атомов не составляют видимого тела, «а все же,— пишет Коперник, — эти частицы можно так умножить, что, наконец, их будет достаточно для слияния в заметное тело».

Так новое учение о космосе обращает мысль его основателя к материалистической атомистике. Оно неизбежно подводило также к представлению об относительности движения, к физическому релятивизму. «Всякое представляющееся нам изменение места происходит вследствие движения наблюдаемого предмета или наблюдателя или, наконец, вследствие неодинаковости перемещений того и другого, так как не может быть замечено движение тел, одинаково перемещающихся по отношению к одному и тому же (я подразумеваю движение между наблюдателем и наблюдаемым)».

В другом месте Коперник, возвращаясь к вопросу об относительности Движения, пишет: «Так при движении корабля в тихую погоду все находящееся вне представляется мореплавателям движущимся, как бы отражая движение корабля, а сами наблюдатели, наоборот, считают себя в покое со всем с ними находящимся. Это же, без сомнения, может происходить и при движении Земли, так что мы думаем, будто вокруг нее вращается вся Вселенная».

Таким образом, кинематически движения наблюдателя и наблюдаемого равноценны, любого из них можно считать неподвижным. Так же равноценны движения Земли и Вселенной, и это объясняет вековую иллюзию неподвижности Земли. Но астрономические и философские соображения заставляют Коперника считать неподвижность Земли только иллюзией, а реальностью — ее движение вокруг Солнца. Позднее эти идеи Коперника с особой основательностью разовьет Галилей, сформулировав классический принцип относительности.

Правда истории заставляет нас в этом месте вспомнить предшественника Коперника в учении об относительности движения и бесконечности Вселенной. Этим предшественником был кардинал Николай Кузанский (Николай из Кузы, 1401—1464), итальянский ученый. Сочинения Кузанского были изданы уже после смерти в 1515 г., т. е. при жизни Коперника, и, вероятно, были ему известны. В одном из сочинений мы читаем:

«...Для нас ясно, что Земля находится в движении, хотя нам этого и не кажется, потому что мы замечаем движение по сравнению с чем-нибудь неподвижным. Потому что если бы кто-нибудь сидел в лодке посередине реки, не зная, что вода течет, и не видя берегов, то как бы он узнал, что лодка движется? И таким образом, так как всякий, будет ли он находиться на

Земле, или на Солнце, или на другой какой звезде, полагает, что он находится в неподвижном центре, а что все другое движется, то он назначил бы себе различные полюсы — одни, если бы он был на Солнце, другие — на Земле, третьи — на Луне и так далее».

Космическое мышление Николая Кузанского представляет Вселенную бесконечной и все ее точки равноправными точками отсчета. Коперник выбирает из множества этих равноправных точек отсчета одну — Солнце, точнее, центр Солнца и строит модель солнечной системы, представляя планеты движущимися вокруг Солнца по круговым орбитам. Такая конкретная модель могла «работать» и могла быть проверена практическими наблюдениями, философские идеи Николая Кузанского Коперник перевел на язык фактов и чисел. Большая часть его книг содержит таблицы и расчеты, относящиеся к той видимой части Вселенной, которую с древних времен наблюдал и исследовал человек.

Новая методология и новая организация науки.

Бэкон и Декарт

К началу XVII столетия была подготовлена почва для быстрого развития физики. Эта подготовка заключалась прежде всего в осознании того факта, что преподаваемая в университетах физика не в состоянии была дать объяснение новым явлениям, обнаруженным в результате технических и географических открытий. Обращение к наследию античной науки позволило исправить ряд заблуждений и восстановить в правах утраченные достижения, но этого было далеко не достаточно для дальнейшего движения вперед. Самый метод опоры на авторитеты, какими бы высокими они ни казались, был несостоятельным. Нельзя было пойти дальше, не сломив слепое преклонение перед Аристотелем, царившее в университетах. Коперник, Бруно, Галилей вынуждены были каждый по-своему вступить в борьбу с аристотелевской традицией.

Это дело продолжали их современники и преемники.

Одним из современников Галилея, который особенно ясно осознал противоречие старой науки новым открытиям и необходимость опоры на новую методологию, был английский государственный деятель и философ Френсис Бэкон (1561—1626). Государственные дела, которые к тому же приходилось вершить в обстановке назревающей революции, не помешали Бэкону размышлять о научном прогрессе. Он задумал создать обширное сочинение под названием «Великое восстановление», из которого, однако, успел написать только одну часть под названием «Новый органон», вышедшую в 1620 г. В этом сочинении Бэкон указывает на неприглядное состояние «обычных», т. е. университетских, наук, на их бесплодие, в то время как в механических искусствах, т. е. технике, наблюдается интенсивное, непрерывное развитие: «Они, как будто восприняв какое-то удивительное дуновение, с каждым днем возрастают и совершенствуются». Это совершенствование беспредельно: «Скорее прекратятся и изменятся желания людей, чем эти искусства дойдут до предела своего совершенствования» Нам теперь видно, как глубоко прав был Бэкон, говоря так. Технический прогресс его времени не шел ни в какое сравнение с современным прогрессом техники, и все же Бэкон сумел увидеть в нем тенденцию непрерывного и беспредельного совершенствования техники.

Установив и резко подчеркнув несоответствие практики и теории, Бэкон указывает, что обращение к наследию древних не может устранить это несоответствие. «Было бы постыдно для людей, — говорит Бэкон, — если бы границы умственного мира оставались в тесных пределах того, что было открыто древними, тогда как в наши времена неизмеримо расширились и

приведены в известность пределы материального мира, т. е. земель, морей, звезд».

Бэкон вскрывает причины плачевного состояния наук, важнейшими из которых, по его мнению, являются неправильная цель и неправильный метод науки, противодействие научному прогрессу, оказываемое богословием и схоластикой: «По теперешнему положению дел условия для разговора о природе стали более жесткими и опасными по причине учения и метода схоластов», — писал Бэкон, добавив, что строптивая и колючая философия Аристотеля смешалась более чем следовало с религией. Бэкон полагал, что цель науки заключается в наделении человеческой жизни «новыми открытиями и благами», а не в бесполезных умствованиях схоластов. Схоластика и схоластическое преподавание препятствуют научному прогрессу: «В науках же и искусствах, как в рудниках, все должно шуметь новыми работами и дальнейшим продвижением вперед».

Что же нужно сделать для этого? Для этого, по мнению Бэкона, надо помочь науке правильным методом и правильной организацией.

Человеческий ум, по Бэкону, осаждают «Призраки» свойственные человеческому разуму и являющиеся источником заблуждения: ум склонен лег-ко обобщать единичные факты и приходить к выводам, не соответствующим действительности, он нелегко расстается со сложившимися убеждениями, ему присуща некоторая инерция.

Он более активно реагирует на эффекты, на то, «что сразу и внезапно может его поразить».

Далее, человек «скорее верит в истинность того, что предпочитает». Познанию истины мешает также несовершенство чувств, благодаря которому «остаются скрытыми тонкие перемещения частиц в телах». Все это обусловлено самой человеческой природой и названо Бэконом «призраками Рода». «Призраки Пещеры» обусловлены индивидуальными склонностями умов. Одни склонны к почитанию древности, другие к восприятию нового и т. п. «Призраки Рынка» порождены обычным словоупотреблением, общественным мнением. И наконец, «призраки Театра» обусловлены господствующими теориями, предвзятыми мнениями, суеверием. Из существования таких «призраков», по Бэкону, и вытекают серьезные трудности мыслительной работы, трудности познания природы. Правильный метод должен помочь преодолению этих «призраков», делу отыскания истины.

Бэкон разделяет ученых своего времени на два класса: эмпириков и догматиков. Эмпирики, подобно муравьям, тащат в свою муравьиную кучу всевозможные факты, догматики же, подобно пауку, ткнут ткань из самих себя. Надо, по Бэкону, в науке работать как пчела; извлекать материал из внешнего мира и перерабатывать его рационально.

В основе метода Бэкона лежит опыт. Наука должна опираться на опыт, на практику, строя из них выводы, «причины и аксиомы» методом индукции (наведения), т. е. переходя от частных фактов к обобщениям. Эти обобщения вновь проверяются опытом и практикой. «Наш путь и наш метод... состоит в следующем: мы извлекаем не практику из практики и опыт из опытов (как эмпирики), а причины и аксиомы из практики и опытов и из причин и аксиом — снова практику и опыты, как верные истолкователи природы». Научные истины проверяются, таким образом, опытом и практикой и, в свою очередь, выводятся из них.

Индуктивный метод сыграл огромную роль в развитии естествознания. Долгое время естественные науки: физику, химию, астрономию — называли индуктивными науками, противопоставляя их гуманитарным наукам и

чистой математике. Но уже сам Бэкон считает, что индукция неполна и несовершенна без теоретического анализа, без использования математики: «Лучше же всего продвигается вперед естественное исследование, когда физическое завершается в математическом». Он стоит на точке зрения атомистики, утверждая, что «каждое естественное действие совершается при посредстве самых малых частиц». Прекрасную характеристику философии и метода Бэкона дал Маркс: «Настоящий родоначальник английского материализма и всей современной экспериментирующей науки — это Бэкон, Естествознание является в его глазах истинной наукой, а физика, опирающаяся на чувственный опыт, — важнейшей частью естествознания. Анаксагор с его гомемериями и Демокрит с его атомами часто приводятся им как авторитеты. Согласно его учению, чувства непогрешимы и составляют источник всякого знания. Наука есть опытная наука и состоит в

применении рационального метода к чувственным данным. Индукция, анализ, сравнение, наблюдение, эксперимент суть главные условия рационального метода».(Маркс К. и Энгельс ф. Святое семейство, или Критика критической критики. Против Бруно Бауэра и компании. Маркс К., Энгельс ф. Соч., 2-е изд, т. 2, с. 142. )

Существенно, что Бэкон хорошо понимал необходимость финансирования науки и организации научных учреждений. В своем неоконченном фантастическом произведении «Новая Атлантида» он описывает такое учреждение — «Дом Соломона» — и его огромное значение для рационально построенного общества.

И действительно, потребность научного развития вызвала к жизни новые организации в виде научных обществ и академий. Первая такая академия — флорентийская академия опыта — была организована в 1657 г. во Флоренции учениками и последователями Галилея.

Флорентийские академики (их было всего девять) совместно ставили и обсуждали опыты, описанные позднее в сборнике трудов академии, вышедшем в 1667 г. В этом же году покровитель академии брат герцога Тосканского Леопольд Медичи по требованию папских кругов вынужден был закрыть академию. Так церковь уничтожила наследие Галилея, нанеся тем самым огромный вред итальянской науке, уступившей лидерство в научном соревновании другим странам.

Еще раньше, чем во Флоренции, начиная с 1645 г., в Лондоне стал собираться кружок любителей естественных наук. В Англии в те годы бушевала гражданская война, участники кружка по мере развития революционных событий разделились: одни остались в Лондоне, другие собирались в Оксфорде. После реставрации кружок вновь начал собираться в Лондоне и оформился организационно, получив формальный королевский статут 28 ноября 1660 г. как Лондонское Королевское общество. Общество было основано «для преуспевания экспериментальной философии» под девизом «ничего на слово» и существует и поныне как высшее научное учреждение Англии (Английская Академия наук).

Аналогичные собрания в сороковых годах проходили в Париже. Позднее министр короля Людовика XIV Кольбер внес предложение об открытии Академии наук в Париже, которая и была утверждена в 1666 г. Затем последовали организации научных обществ и академий в других государствах. Петр I во время своего путешествия по Европе ознакомился с английским королевским обществом, президентом которого в то время был

Ньютон. Уже будучи императором, Петр I посетил Париж и Парижскую Академию наук. Он хорошо понимал необходимость создания в России высшего научного учреждения. Он вел длительные переговоры с учеными Европы об организации академии и 28 января 1724 г. подписал указ об учреждении Петербургской Академии наук. Она начала свою работу в 1725 г., уже после смерти Петра, когда в Петербург приехали первые академики. Научные общества и академии были новыми центрами наук, возникшими в противовес старым университетам, все еще находившимся в плену схоластики. Однако перемены коснулись и университетов, которые постепенно втягивались в научное движение. Достаточно сказать, что в Кембриджском университете с 1669 по 1695 г. был профессором Исаак Ньютон.

Развитие науки потребовало развития научной информации. Обычными формами такой информации были личное общение и переписка (и, конечно, книги). В эпоху Галилея жил ученый монах Мерсенн (1588—1648), который известен своими открытиями в акустике. Но главным делом его жизни была организация взаимной научной информации ученых посредством переписки, которую он поддерживал со всеми ведущими учеными своего времени, служа своеобразным центром связи между ними. Мерсенна прозвали «человек-журнал». Но человека не стало, да и развитие науки стало таким, что один гений не мог охватить всех научных новостей, и вместо «человека-журнала» появились научные журналы. С 1665 г. начали выходить труды Лондонского Королевского общества (Philosophical Transactions), затем труды Парижской Академии наук. С 1682 г. в Лейпциге стал выходить научный журнал «Acta Eruditorum». Научная периодика и поныне является основной формой научной информации.

Таким образом, развитие науки подтверждало идеи Бэкона: опытное естествознание стало фактом общественного сознания, и были созданы новые организационные формы развития науки. Это, конечно, не означает, что наука развивалась по предначертаниям Бэкона. Просто Бэкон, как передовой человек своего времени, осознал значение науки для общественного прогресса, ее роль в развитии техники, причины неудач схоластической университетской науки и правильно понял роль опыта и практики в развитии естествознания. В XVII в. наука становится признанной общественной силой, способной помогать развитию общественного производства. Наука из служанки богословия превращается в самостоятельную форму общественного сознания

Таким образом, мы можем говорить о происшедшей в XVII в. научной революции, в результате которой возникла классическая физика (и не только физика) в той форме и с теми методами познания, какой мы ее сегодня знаем. Говоря о методе познания, следует напомнить, что наряду с индуктивным в современной науке находит широкое применение дедуктивный метод, когда из небольшого числа общих принципов выводятся и прослеживаются в деталях частные следствия. Так, классическая механика развивается из законов Ньютона или из вариационных принципов динамики, макроскопическая электродинамика — из уравнений Максвелла и т. д. Метод дедукции был обоснован вскоре после Бэкона французским философом Рене Декартом (1596—1650) в книге «Рассуждение о методе», которая вышла в свет в 1637 г.

Следует, однако, подчеркнуть, что было бы грубым упрощением считать Декарта основателем дедуктивного метода, а Бэкона—основателем индуктивного. Оба метода зародились еще в Древней Греции, и Бэкон и

Декарт лишь развили их применительно к естествознанию. При этом ни Бэкон не отрицал значения дедукции, ни Декарт не отрицал значения опыта и индукции. Научный метод основан на диалектическом сочетании индукции и дедукции, и это понимали оба великих философа. Но Бэкон подчеркивал ведущую роль опыта и индукции, Декарт же — логического анализа и правильных умозаключений. Он полагал, что в основу этих умозаключений должны быть положены ясные и простые принципы и строгая логическая последовательность выводов. Математика в методе Декарта играет первостепенную роль.

Он писал: «Те длинные цепи выводов, сплошь простых и легких, которыми обычно пользуются геометры, чтобы дойти до своих наиболее трудных доказательств, дали мне повод представить себе, что и все вещи, которые могут стать предметом знаний людей, находятся между собой в такой же последовательности. Таким образом, если остерегаться принимать за истинное что-либо, что таковым не является, и всегда наблюдать порядок, в каком следует выводить одно из другого, то не может существовать истины столь отдаленных, чтобы они не были недостижимы, ни столь сокровенных, чтобы нельзя было их раскрыть».

Таким образом, согласно Декарту, применяя метод геометров, т. е. математиков, можно добиться в изучении природы огромных успехов. Для этого метода нет недостижимых истин, «столь сокровенных, чтобы нельзя было их раскрыть». Эта вера в мощь математического метода весьма характерна для Декарта, и он особенно ценил Галилея за то, что тот «старается изучать вопросы с помощью математического рассуждения».

Но основной проблемой физики XVII в. были законы движения. Как применить математику к движению? И здесь Декарту принадлежит решающее открытие: он ввел в математику переменные величины, установил соответствие между геометрическими образами и алгебраическими уравнениями; Декарт положил начало аналитической геометрии. Здесь он «первые применил свой метод: «Приняв во внимание, что среди всех, искавших истину в науках, только математикам удалось найти некоторые доказательства, т.е. некоторые точные и очевидные соображения, я не сомневался, что и мне следовало начать с того, что было ими обследовано»

Результатом такого начала явилась «геометрия», приложенная к «Рассуждению о методе». Другими приложениями являются «Диоптрика» и «Метеоры».

Когда идея или открытие назревает, она возникает почти одновременно в нескольких головах. Так было и с идеей переменной величины. Галилей в своих механических исследованиях хорошо понимал необходимость оперирования переменными величинами. Идея мгновенной скорости, меняющейся от момента к моменту, была им освоена во всей полноте. В «Диалоге» он описывает, как свободно падающее тело проходит через все ступени скорости, начиная с нулевой. Собеседники не сразу могут принять эту идею, им трудно понять, что падающее тело обладает вначале такой скоростью, что, сохранись она неизменной, тело не достигло бы Земли и за день. Сальвиати подхватывает эту мысль, усиливает ее. «Можете сказать в год, в десять, в тысячу лет»

В «Беседах» обсуждение переменной скорости падающего тела занимает видное место. Сагрето вновь возвращается к своей Мысли: «Надлежит признать, что для промежутков времени, все более и более близких к моменту выхода тела из состояния покоя, мы придем к столь медленному движению, что при сохранении постоянства скорости тело не пройдет мили ни в час, ни в день, ни в год, ни даже в тысячу лет; даже в большее время оно

не продвинется и на толщину пальца — явление, которое весьма трудно себе представить, особенно когда наши чувства показывают, что тяжелое падающее тело сразу же приобретает большую скорость». Сальвиати подробно разъясняет это обстоятельство и, в частности, указывает, что при бросании тела вверх оно постоянно уменьшает свою скорость до полной остановки. Симпличио возражает в духе апорий Зенона, что невозможно исчерпать бесконечное количество степеней медленности и, таким образом, брошенное вверх тело никогда не останавливается. Возражение Симпличио Сальвиати парирует чрезвычайно сильно: «Это случилось бы, синьор Симпличио, если бы тело двигалось с каждой степенью скорости некоторое определенное время, но оно только проходит через эти степени, не задерживаясь более чем на мгновение, а так как в каждом, даже самом малом, промежутке времени содержится множество мгновений, то их число является достаточным для соответствия бесконечному множеству степеней скорости».

Как видно из этого опыта, Галилей отчетливо представляет текучесть переменной величины, которая проходит последовательно все значения и не задерживается «более чем на мгновение» Мгновение — бесконечно малая величина, число мгновений в небольшом промежутке времени бесконечно велико и взаимно однозначно соответствует числу значений переменной величины. Галилей владеет идеей взаимно однозначного соответствия бесконечных множеств. Это видно, например, из его утверждения, что всех членов натурального ряда чисел «столько же», сколько полных квадратов этих чисел.

Галилей независимо от Декарта пришел к идее представления переменной величины линией. Этой идеей он пользовался для вывода закона пути равноускоренного движения. Он разработал остроумный метод измерения конечной скорости падающего тела по глубине ямки, оставленной в мягкой пластине упавшим телом Установив, что эта глубина пропорциональна высоте падения, Галилей пришел сначала к ошибочному выводу, что скорость падающего тела пропорциональна пройденному пути Но он скоро понял свою ошибку и установил, что в равноускоренном движении скорость пропорциональна времени Изображая время отрезками вертикальной прямой, он изображал скорость, полученную телом в конце данного промежутка времени, отрезком перпендикуляра к оси времен, восстановленного в конце соответствующего отрезка времени

Таким образом, Галилей впервые изобразил зависимость скорости от времени графически, и его график отличается от принятого ныне только тем, что время мы откладываем теперь по горизонтальной оси, а скорость — по вертикальной, что, конечно, совершенно несущественно Путь, пройденный телом за данный промежуток времени, Галилей определяет по графику, суммируя все отрезки скорости, т. е. находит площадь фигуры (в случае равномерного движения — прямоугольника, в случае равноускоренного движения — прямоугольного треугольника), образованной графиком скорости, осью времен и начальным и конечным отрезками скорости По существу он выполняет операцию интегрирования

Ученики Галилея Кавальери и Торричелли также внесли свой вклад в основание теории бесконечно малых Дело создания основ математики переменных величин было завершено Ньютоном и Лейбницем.

Вернемся, однако, к Декарту В 1644 г Декарт издал обширное сочинение под названием «Начала философии» В него вошли части сочинения Декарта о мире (космосе), которое он намеревался издать еще в 1633 г Услышав об осуждении Галилея, он отложил издание своего сочинения и только спустя

одиннадцать лет обнародовал его в расширенном и переработанном виде В этом сочинении он изложил грандиозную программу создания теории природы, руководствуясь своим методологическим правилом брать за основу наиболее простые и ясные положения Еще в «Рассуждении о методе» Декарт подверг анализу всевозможные исходные положения, сомневаясь в справедливости любого из них, в том числе и в положении «Я существую» Однако в акте мышления сомнение невозможно, ибо наше сомнение уже есть мысль Отсюда знаменитое положение Декарта «Я мыслю, следовательно, существую» Чтобы обезопасить свое учение от нападков церковников, Декарт говорит о существовании бога и внешнего мира, созданного богом Но обмануть церковников не удастся, они распознали материалистическую сущность системы Декарта, и ученому под конец жизни пришлось искать убежища в Швеции, где он и умер Верный своему методу, Декарт ищет в материальном субстрате самое основное и простое и находит его в протяженности.

Материя Декарта — это чистая протяженность, материальное пространство, заполняющее всю безмерную длину, ширину и глубину Вселенной Части материи находятся в непрерывном движении, взаимодействуя друг с другом при контакте

Взаимодействие материальных частиц подчиняется основным законам или правилам «Первое правило заключается в следующем каждая частица материи в отдельности продолжает находиться в одном и том же состоянии до тех пор, пока столкновение с другими частицами не вынуждает ее изменить это состояние»

«В качестве второго правила я предполагаю следующее если одно тело сталкивается с другим, оно не может сообщить ему никакого другого движения, кроме того, которое потеряет во время этого столкновения, как не может и отнять у него больше, чем одновременно приобрести себе»

«В виде третьего правила я прибавлю, что хотя при движении тела его путь чаще всего представляется в форме кривой линии и что хотя невозможно произвести ни одного движения, которое не было бы в каком-либо виде круговым, тем не менее каждая из частиц тела по отдельности всегда стремится продолжать его по прямой линии»

В этих «правилах» обычно усматривают формулировку закона инерции и закона сохранения количества движения В отличие от Галилея Декарт отвлекается от действия тяготения, которое он, между прочим, также сводит к движению и взаимодействию частиц, и упоминает о направлении инерционного движения по прямой Однако его формулировка еще отличается от ньютоновской, он говорит не о состоянии равномерного и прямолинейного движения, а вообще о состоянии, не разъясняя подробно содержания его термина.

Из всего содержания «Начал» видно, что состояние частей материи характеризуется их величиной («количество материи»), формой, скоростью движения и способностью изменять эту скорость под воздействием внешних частиц Можно отождествить эту способность с инерцией, и тогда в одном из писем Декарта мы встречаем очень интересное утверждение «Можно утверждать с достоверностью, что камень неодинаково расположен к принятию нового движения или к увеличению скорости, когда он движется очень скоро и когда он движется очень медленно».

Другими словами: Декарт утверждает, что инерция тела зависит от его скорости. Известный русский физик Н. А. Умов, приводя в 1896 г. эту выдержку, подчеркнул важность утверждения Декарта и высказал мысль, что при скоростях, близких к скорости света, масса тела должна возрастать. Как

известно, закон возрастания массы со скоростью был установлен в теории относительности Эйнштейном, а для электромагнитной инерции — Д. Д. Томсоном.

В письмах Декарта встречается формулировка закона инерции, уже почти текстуально совпадающая с ньютоновской: «Полагаю, что природа движения такова, что, если тело пришло в движение, уже этого достаточно, чтобы оно его продолжало с той же скоростью и в направлении той же прямой линии, пока оно не будет остановлено или отклонено какой-либо другой причиной». Этот принцип сохранения скорости по модулю и направлению тем более интересен у Декарта, что, по его представлению, пустоты в мире нет и всякое движение является циклическим: одна часть материи занимает место другой, эта — предыдущей и т. д. В результате вся Вселенная пронизана вихревыми движениями материи. Движение во Вселенной вечно, так же как и сама материя (хотя Декарт и пишет о сотворении материи и движения богом, но в дальнейшем бог устраняется и природа действует по собственным законам), и все явления в мире сводятся к движениям частиц материи. Вначале эти движения были хаотическими и беспорядочными, в результате этих движений частицы дробились и сортировались

По Декарту, существуют три сорта частиц (три элемента): частицы земли, воздуха (неба), огня. Наиболее крупные частицы — это частицы земли. Они погружены в среду из частиц неба, в которые вкраплены также частицы огня, образующие Солнце. Вихревые движения круглых подвижных частиц «неба» увлекают в своем движении планеты, состоящие из элементов земли. Вся Вселенная разбита на такие вихревые области, которые можно рассматривать как предшественники современных галактик. Такова космогоническая гипотеза Декарта. В физике Декарта нет места силам, тем более силам, действ

Наука в России. М.В. Ломоносов

Процесс развития капитализма происходил неравномерно и в каждой стране по-своему. Так, в молодой буржуазной республике США капиталистическая «свобода» и буржуазная демократия сочетались с рабовладением и работорговлей. В России в результате петровских реформ создавалась промышленность и развивалась внутренняя и внешняя торговля на основе крепостного строя и помещичьего хозяйства. Сильны были феодальные порядки в раздробленной Германии, Австрии и Италии. Характерно, что именно в этих странах наука отставала от английской и французской науки, а после победы французской революции наука в области точного естествознания во Франции заняла ведущие позиции.

Петр I хорошо понимал значение науки для интенсивно развивающегося государства. Во время своих заграничных поездок он знакомился с организацией науки в Лондоне и Париже. Он поддерживал контакт с виднейшим представителем немецкой науки Лейбницем, советовался с ним по вопросу организации высшего научного учреждения в России. К тому времени сложились два основных типа таких учреждений: Лондонское Королевское общество и Парижская Академия наук. Лондонское Королевское общество, хотя и называлось Королевским, было объединением частных лиц, вносивших членские взносы на расходы общества по постановке экспериментов, по изданию печатных материалов, переписке и т. д. Ньютон, как несостоятельный человек, был при избрании его членом общества освобожден от уплаты членских взносов по поданному им заявлению.

Иное дело Парижская Академия. Она содержалась на средства короля, академики получали «пенсион» и, таким образом, являлись королевскими

служащими. Петр I выбрал в качестве образца парижский вариант. Но ему хотелось, чтобы академия решала задачу подготовки национальных научных кадров. Его указ предписывал учредить при академии гимназию и университет.

Однако академики не очень стремились выполнять педагогические обязанности, и академические учебные заведения владели жалкое существование. В конце концов преподавание сосредоточилось в специальных средних и высших учебных заведениях, не связанных с академией. Так, в 1755 г. в Москве по инициативе Ломоносова был организован университет, ныне носящий имя своего великого основателя.

Проблема подготовки национальных кадров в первые годы существования академии решалась плохо. Немало энергии потратил М.В.Ломоносов, чтобы добиться изменения положения к лучшему. В академии долгие годы ведущую роль играли немцы, и борьба русских и «иноязычных» ученых пронизывает всю историю Академии наук до Октября.

Указ Петра I об учреждении Академии наук был подписан 28 января 1724 г. Ровно через год после подписания указа Петр I умер, и академия начала работать уже при его преемниках. Это время было очень неблагоприятным для успешного развития академии. Дворцовые перевороты, смена временщиков поглощали все внимание правящей верхушки, которую академия мало интересовала.

Собравшиеся в 1725 г. в Петербурге ученые составили сильный научный коллектив, из которого особую известность получили Д. Бернулли (1700-1782) и Л. Эйлер (1707-1783). Даниил Бернулли и Леонард Эйлер были не только крупными математиками, но и естествоиспытателями, оставившими глубокий след в механике и физике. Широта научных интересов Эйлера поразительна: он занимался различными областями математики, механики, астрономии, физики, техники и даже сельского хозяйства. Его интересовали проблемы логики, философии, статистики. Каталог его сочинений содержит около 900 названий.

Даниил Бернулли является автором знаменитой «Гидродинамики», вышедшей в 1738 г. Оттуда вошло в учебники известное «уравнение Бернулли»; здесь был дан вывод закона Бойля — Мариотта на основе кинетической модели газа.

Широкой известностью пользовались в свое время физики Бильфингер и Крафт. Последний основал в академии физический кабинет, в котором сам начал экспериментировать. Ему принадлежит одна из первых калориметрических формул для определения температуры смеси горячей и холодной воды.

Академия наук с 1728 г. начала издавать научный журнал «Commentarii», сразу завоевавший широкую известность в научных кругах. В «Комментариях» Петербургской Академии наук считали за честь печататься видные зарубежные ученые. Научное лицо Петербургской Академии наук с первых лет ее существования определилось: она начала работать как первоклассное научное учреждение. Однако неблагоприятные политические условия тяжело отразились на работе молодой академии. Один за другим академики уезжали за границу, уехали Бернулли и Эйлер, Герман и Крафт. Академическими делами самовластно распоряжалась академическая канцелярия, которой командовал пронырливый библиотекарь Шумахер. В таком состоянии нашел академию будущий первый русский академик Михаил Васильевич Ломоносов.

Биография Ломоносова достаточно хорошо известна, хотя в ней еще есть

немало белых пятен. Только недавно установлено место его рождения; деревня Мишанинская, вблизи Холмогор, Архангельской губернии. День его рождения датируется «Михайловым днем» (8 ноября старого стиля) 20 ноября 1711 г. Ломоносов был сыном крестьянина-помора Василия Дорофеева. Мы не знаем точно, под влиянием каких обстоятельств родилась у молодого сына рыбака страсть к науке. Сам Ломоносов называл «вратами своей учености» «Грамматику» Мелетия Смотрицкого и «Арифметику» Леонтия Магницкого. В истории русской культуры и науки эти книги, из которых одна была своеобразной энциклопедией церковнославянского языка, а другая — энциклопедией математических наук, занимают видное место и характеризуют уровень науки и просвещения в России, достигнутый к началу XVIII столетия.

Эти книги и, по всей вероятности, беседы с бывальыми людьми пробудили в Ломоносове жажду знания, и зимой 1730 г. он отправился в Москву учиться. В 1731 г. он поступил в тогдашнее высшее учебное заведение — Заиконоспасскую духовную академию в Москве. Впоследствии Ломоносов сам описывал трудные условия, в которых в течение пяти лет проходило его учение.

Однако даровитого юношу не удовлетворяла церковная схоластика и жизненные перспективы по окончании академии. Одно время он подумывал ехать священником в экспедицию. Счастливый случай круто повернул его судьбу.

Организованная при Петре I промышленность по добыче и переработке металлических руд остро нуждалась в специалистах. Предполагалось выписать их из-за границы. Но в академии и в сенате нашлись люди, понимавшие, что настало время приступить к подготовке собственных кадров. По представлению «командира академии» Корфа сенат издал указ об отборе из числа учащихся существовавших тогда учебных заведений наиболее способных для продолжения образования в академическом университете. Во исполнение указа было отобрано двенадцать молодых людей, в том числе и студент Заиконоспасской академии Михаиле Ломоносов, прибывший в Петербург 1 января старого стиля 1736 г. За границу были посланы трое: Ломоносов, Виноградов и Рейзер — для подготовки из них специалистов горного дела. Сначала они должны были пройти общий курс наук в Марбурге у известного философа Христиана Вольфа. Выражаясь современным языком молодые люди должны были сначала пройти аспирантуру у Вольфа, а в дальнейшем — специальную подготовку по горному делу у Генкеля во Фрейбурге.

За границей Ломоносов пробыл пять лет. Это были напряженные и бурные годы его жизни. Он испытал немало жизненных приключений, которые иной раз могли окончиться для него весьма плачевно, но вместе с тем упорно и напряженно работал и вернулся в Россию в 1741 г. сложившимся ученым с определенными научными убеждениями и принципами.

С этого времени и до конца своей жизни Ломоносов трудился над приведением академии в «доброе состояние», над созданием условий, способствующих «процветанию наук» в России. Его личная научная работа поистине всеобъемлюща. Он первый русский профессор химии (1745), создатель первой русской химической лаборатории (1748), автор первого в мире курса физической химии. В области физики он оставил ряд важных работ по кинетической теории газов и теории теплоты, по оптике, электричеству, гравитации и физике атмосферы. Он занимался астрономией, географией, металлургией, историей, языкознанием, писал стихи, создавал мозаичные картины, организовал фабрику по производству цветных стекол.

Это был многогранный ученый, оставивший яркий след в разных областях науки, техники, литературы и искусства.

К этому надо добавить неутомимую общественную и организаторскую деятельность М.В.Ломоносова. Он активный член академической канцелярии, издатель академических журналов, организатор университета, руководитель ряда отделов академии. Эта разносторонняя кипучая деятельность, связанная с борьбой против «недрузгов наук российских», надломил силы Ломоносова. Он скончался 4 апреля 1765 г., не прожив и пятидесяти четырех лет.

Проследим основные этапы научного пути Ломоносова. Это поможет нам не только понять историческое значение Ломоносова-ученого, но и ознакомиться с идеями и проблематикой науки первой половины XVIII в.

Первыми научными трудами Ломоносова были сочинения, посылаемые им из Германии в Академию наук в качестве отчета о своих научных занятиях. 15 октября 1738 г. Ломоносов отправил в академию вместе с рапортом перевод оды фенелона и написанную на латинском языке «Работу по физике о превращении твердого тела в жидкое в зависимости от движения предсуществующей жидкости». В марте 1739 г. «студент математики и философии Михаиле Ломоносов» представил в Академию наук физическую диссертацию «О различии смешанных тел, состоящем в сцеплении корпускул». В Марбурге же Ломоносов начал большое сочинение «Элементы математической химии», рукопись которой, хранящаяся в архиве Академии наук, помечена 1741 г. Это сочинение осталось незаконченным, общий план задуманного Ломоносовым большого труда содержится в конце рукописи.

Вообще следует подчеркнуть, что законченных и опубликованных трудов по физике и химии у Ломоносова немного, большая часть осталась в виде заметок, фрагментов, неоконченных сочинений и набросков. В Полном собрании сочинений Ломоносова в первых четырех томах, содержащих работы по физике, химии, астрономии и приборостроению, опубликовано 85 работ, из них законченных и опубликованных при жизни Ломоносова 27, в том числе одна переводная книга «Вольфианская физика» и одна переводная брошюра («Описание появившейся в начале 1744 года кометы»). Таким образом, при жизни Ломоносова было завершено и опубликовано менее трети его работ.

В то же время, начиная с 1741 г., ежегодно публиковались оды и стихи Ломоносова, несколько изданий выдержали «Риторика» и «Грамматика» Ломоносова, выходили его исторические и географические труды. Вполне естественно, что Ломоносов долгое время был известен прежде всего как поэт и писатель и при слабом развитии истории естествознания в России фигурировал в учебниках истории словесности как один из первых русских писателей. Только Пушкин правильно расставил ударения на деятельности Ломоносова, подчеркнув его роль как ученого и просветителя, назвав его «первым русским университетом».

Возвращаясь к началу научного пути Ломоносова, следует подчеркнуть, что как его студенческие работы, так и в особенности «Элементы математической химии» предопределяют дальнейший ход развития его научных воззрений. Ломоносов начинал свой научный путь в эпоху становления химии как науки, кристаллизации ее основных понятий и методов. Химия XVII в. еще не освободилась от алхимических представлений и была своеобразным искусством приготовления веществ, нужных для практических целей. Алхимики искали средств превращения обычных веществ в благородные металлы, создания удивительного

вещества— «философского камня». Теория четырех элементов Аристотеля позволяла надеяться на достижение этих целей. Комбинируя первичные «качества» и подбирая сочетания «элементов», можно было надеяться получить вещество с любыми свойствами.

Неудачи алхимиков в достижении больших целей привели к замене недостижимых целей более практическими, к изготовлению лекарственных средств, к поискам полезных для технологических целей рецептов. В этих поисках был накоплен огромный эмпирический материал, для обработки которого элементы Аристотеля были совершенно недостаточной базой. Химики вводили новые «элементы», подсказываемые химической практикой. К аристотелевским элементам они добавляли ртуть, являющуюся, как они думали, началом металлического блеска, серу, служащую началом горючести, и соль — началом растворимости. Эти «философские» элементы не отождествлялись с конкретными — ртутью и серой, они являлись носителями указанных «начал».

Металлургическая практика стимулировала особый интерес к металлам и их окислам. Процесс восстановления металлов из их руд нуждался в теоретическом истолковании. В 1703 г. врач прусского короля Георг Эрнест Шталь (1660—1734) предложил гипотезу особого горючего вещества— флогистона. Шталь считал флогистон невесомым и даже допускал для него отрицательный вес. Металл, по Шталю, представляет собой соединение особого землистого вещества и флогистона, который выделяется при процессах окисления, а в процессе восстановления поглощается. «Гипотеза Сталя, — писал Д. И. Менделеев в «Основах химии», — отличается большой простотой, она в середине XVIII века нашла себе многих сторонников». Ее принимал и М.В.Ломоносов в сочинениях «О металлическом блеске» (1745) и «О рождении и природе селитры» (1749). флогистические воззрения встречаются в некоторых, его физико-химических заметках, в «Курсе истинной физической химии» (1752—1754), «Слове о рождении металлов» (1757), «Слове о происхождении света» и других сочинениях.

В сочинениях Ломоносова, в частности в «Слове о происхождении света», фигурирует и концепция трех элементов: ртути, соли и серы. Это и не удивительно. Ломоносов учился химии по распространенным тогда учебникам Бургаве, Шталя и Штабеля. Его учитель химии и горного дела Генкель был ограниченным эмпириком и не мог передать Ломоносову основательных химических воззрений. Во времена Ломоносова были известны только два газа: воздух и углекислый газ. Водород, кислород и азот были открыты после его смерти. В этих условиях создать правильную теорию горения было просто невозможно. Поразительно, что молодой Ломоносов увидел недостатки в современной ему науке и наметил правильные теоретические основы химии.

В сочинении «О действии химических растворителей вообще», написанном в 1743 г., опубликованном в 1750 г., Ломоносов отмечает, что, несмотря на длительные труды многих людей, химия «все еще покрыта глубоким мраком и подавлена своей собственной громадой».

«От нас, — продолжает Ломоносов, — скрыты подлинные причины удивительных явлений, которые производит природа своими химическими действиями, потому до сих пор нам неизвестны более прямые пути, ведущие ко многим открытиям, которые умножили бы счастье человеческого рода». Из этой цитаты, между прочим, видно, что теория, которая открыла бы пути «ко многим открытиям», имеет и важное практическое значение, поскольку

научные открытия умножают «счастье человеческого рода».

В науке, по мнению Ломоносова, теория и практика неразрывно связаны. Уже в одной из своих первых работ — «Элементы математической химии» — Ломоносов утверждает: «Истинный химик должен быть теоретиком и практиком». В этой работе Ломоносов называет химию наукой, а не искусством, какой она еще считалась и фактически была в те времена. Ломоносов в противоположность этому общепринятому взгляду на химию высказывает твердое убеждение, что «занимающиеся одной практикой — не истинные химики». «Истинный химик, — говорит Ломоносов, — ...должен быть также и философом».

В основе химических явлений, по Ломоносову, лежит движение частиц — «корпускул». Поэтому, «кто хочет глубже постигнуть химические истины», тот должен «изучать механику». «А так как знание механики предполагает знание чистой математики, то стремящийся к ближайшему изучению химии должен быть сведущ в математике». Так при самом зарождении химической науки Ломоносов, сам только начинавший свой научный путь, ясно понял, что химическая теория должна строиться на законах механики и математики. Современная теоретическая химия основывается на квантовой механике, для понимания которой нужно глубокое знание математики, и тем самым воочию подтверждает правоту учения Ломоносова.

6 сентября 1751 г. Ломоносов вновь высказал свои идеи об основаниях химической науки в своем знаменитом «Слове о пользе химии», произнесенном на публичном собрании Академии наук. Это слово Ломоносов произнес, будучи академиком, организатором первой в России химической лаборатории, лектором первого в мире курса физической химии. Здесь Ломоносов вновь подчеркнул, что для успеха химической науки «требуется весьма искусный химик и глубокий математик в одном человеке». «Химия руками, математика очами физическими по справедливости назваться может».

Ломоносов в своем «Слове» раскрывает важную роль в общественном прогрессе химии, физики и металлургии. Он указывает на большое практическое значение химии. «Широко распространяет химия руки свои в дела человеческие!» — восклицает Ломоносов. Вместе с тем он лишен ограниченности специалиста и предостерегает слушателей, чтобы они не думали, что он якобы «всечеловеческой жизни благополучие» видит в одной химии. «Имеет каждая наука равное участие в блаженстве нашем», — указывает Ломоносов.

Ломоносов является одним из основателей научной химии, глубоко понимавшим ее задачи и назначение. Он первым заговорил о физической химии как науке, объясняющей химические явления на основе законов физики и использующей физический эксперимент в исследовании этих явлений. Тем самым он опередил свою эпоху на более чем на сто лет. Практическую часть химии, то, что относится «к наукам экономическим, фармации, металлургии, стекольному делу и т. д.», Ломоносов предлагает отнести «в особый курс технической химии», опять-таки опередив свое время.

В химических работах Ломоносова важную роль играет атомистика, которая служит краеугольным камнем его научного мышления. Ломоносов является одним из основателей механической теории теплоты и кинетической теории газов. В своих работах на эту тему он сводит теплоту и упругость газов к движениям «нечувствительных частиц».

Как химик-практик, Ломоносов не мог еще отказаться от флогистона, но, как физик-теоретик, он категорически выступил против концепции

теплорода, считая ее рецидивом аристотелевского «элементарного огня». Заметим, что автор кислородной теории горения Лавуазье еще считал теплород (calorique) одним из химических элементов. В физике концепция теплорода господствовала целое столетие после опубликования классической работы Ломоносова «Размышления о причине теплоты и холода» (опубликована в 1750 г. на латинском языке в «Новых Комментариях»).

В научной системе Ломоносова важное место занимает «всеобщий закон» сохранения. Впервые он формулирует его в письме к Леонарду Эйлеру от 5 июля 1748 г. Здесь он пишет: «Но все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимается у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется к какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю от бодрствования, и т. д. Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет от своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому». Открытие закона сохранения и превращения энергии.

В.И. Ленин указывал, что развитие познания совершается по спирали. Наступает время, когда наука возвращается к идеям, однажды уже высказанным. Но это возвращение совершается на новом, более высоком уровне, которому предшествовал длительный исторический опыт познания. Ленин указывал, что попытки сохранить господствующие идеи, продолжить движение науки по прямой приводят к окостенению познания, к реакции, к идеализму. Мысли Ленина о развитии познания блестяще подтверждаются историей открытия закона сохранения энергии.

Открытие закона сохранения и превращения энергии

В.И. Ленин указывал, что развитие познания совершается по спирали. Наступает время, когда наука возвращается к идеям, однажды уже высказанным. Но это возвращение совершается на новом, более высоком уровне, которому предшествовал длительный исторический опыт познания. Ленин указывал, что попытки сохранить господствующие идеи, продолжить движение науки по прямой приводят к окостенению познания, к реакции, к идеализму. Мысли Ленина о развитии познания блестяще подтверждаются историей открытия закона сохранения энергии.

Воззрения на теплоту как форму движения мельчайших «нечувствительных» частиц материи высказывались еще в XVII в. ф. Бэкон, Декарт, Ньютон, Гук и многие другие приходили к мысли, что теплота связана с движением частиц вещества. Но со всей полнотой и определенностью эту идею разрабатывал и отстаивал Ломоносов. Однако он был в одиночестве, его современники переходили на сторону концепции теплорода, и, как мы видели, эта концепция разделялась многими выдающимися учеными XIX столетия.

Успехи экспериментальной теплофизики, и прежде всего калориметрии, казалось, свидетельствовали в пользу теплорода. Но тот же XIX в. принес наглядные доказательства связи теплоты с механическим движением. Конечно, факт выделения тепла при трении был известен с незапамятных времен. Сторонники теплоты усматривали в этом явлении нечто аналогичное электризации тел трением — трение способствует выжиманию теплорода из тела. Однако в 1798 г. Бенжамен Томпсон (1753-1814), ставший с 1790 г. графом Румфордом, сделал в мюнхенских военных мастерских важное наблюдение: при высверливании канала в пушечном стволе выделяется большое количество тепла. Чтобы точно исследовать это явление, Румфорд

проделал опыт по сверлению канала в цилиндре, выточенном из пушечного металла. В высверленный канал помещали тупое сверло, плотно прижатое к стенкам канала и приводившееся во вращение. Термометр, вставленный в цилиндр, показал, что за 30 минут операции температура поднялась на 70 градусов Фаренгейта. Румфорд повторил опыт, погрузив цилиндр и сверло в сосуд с водой. В процессе сверления вода нагревалась и спустя 2,5 часа закипала. Этот опыт Румфорд считал доказательством того, что теплота является формой движения.

Опыты по получению теплоты трением повторил Дэви. Он плавил лед трением двух кусков друг о друга. Дэви пришел к выводу, что следует оставить гипотезу о теплороде и рассматривать теплоту как колебательное движение частиц материи. Эта гипотеза была поддержана Юнгом. В 1837 г. немецкий аптекарь (с 1867 г. профессор фармакологии) Фридрих Мор (1806—1879) послал редактору журнала «Annalen der Physik» Поггендорфу статью «О природе теплоты». Тот ее не принял, сославшись на то, что статья не содержит новых экспериментальных исследований. В ней Мор со всей определенностью указывал, что теплота является формой движения.

Мы видели, как фарадей в споре со сторонниками контактной теории в 1839—1840 гг. утверждал идею превращения сил с сохранением их постоянной количественной величины, фарадей по характеру мышления резко отличался от профессиональных ученых. Поэтому можно с полным основанием утверждать, что идея закона сохранения и превращения энергии вызревала не у специалистов-физиков. И не специалисты сыграли решающую роль в утверждении великого закона. Врач Майер, пивовар Джоуль, врач Гельмгольц — вот те три человека, за которыми история науки навсегда закрепила славу открывателей закона сохранения и превращения энергии.

Майер. Юлиус Роберт Майер родился 25 ноября 1814 г. в Гейльбронне в семье аптекаря. Он получил медицинское образование и отправился в качестве корабельного врача на о. Ява (до этого он несколько месяцев работал в клиниках Парижа). В течение годичного плавания (1840—1841) врач Майер пришел к своему великому открытию. По его словам, на этот вывод его натолкнули наблюдения над изменением цвета крови у людей в тропиках. Производя многочисленные кровопускания на рейде в Батавии, Майер заметил, что «кровь, выпускаемая из ручной вены, отличалась такой необыкновенной краснотой, что, судя по цвету, я мог бы думать, что я попал на артерию». Он сделал отсюда вывод, что «температурная разница между собственным теплом организма и теплом окружающей среды должна находиться в количественном соотношении с разницей в цвете обоих видов крови, т. е. артериальной и венозной... Эта разница в цвете является выражением размера потребления кислорода или силы процесса сгорания, происходящего в организме».

Во времена Майера было распространено учение о жизненной силе организма (витализм). Живой организм действует благодаря наличию в нем особой жизненной силы. Тем самым физиологические процессы исключались из сферы физических и химических законов и обуславливались таинственной жизненной силой. Майер своим наблюдением показал, что организм управляется естественными физико-химическими законами, и прежде всего законом сохранения и превращения энергии. Вернувшись из путешествия, он тут же написал статью под заглавием «О количественном и качественном определении сил», которую направил 16 июня 1841 г. в журнал «Анналы...» Поггендорфу. Тот не напечатал статью и не вернул ее автору,

она пролежала в его письменном столе 36 лет, где и была обнаружена после смерти Поггендорфа.

Поггендорф имел определенные основания отнестись сурово к работе Майера. Великая идея в ней выступает еще в неясной форме, статья содержит туманные и даже ошибочные утверждения. Вместе с тем в ней имеются гениальные высказывания, которые свидетельствуют о ясном понимании Майе-ром величия сделанного им открытия. Она начинается с общего утверждения, что «мы можем вывести все явления из некоторой первичной силы, действующей в направлении уничтожения существующих разностей и объединения всего сущего в однородную массу в одной математической точке». По Майеру, следовательно, все движения и изменения в мире порождаются «разностями», вызывающими силы, стремящиеся уничтожить эти разности. Но движение не прекращается, потому что силы неуничтожаемы и восстанавливают разности. «Таким образом, принцип, согласно которому раз данные силы количественно неизменны, подобно веществам, логически обеспечивает нам продолжение существования разностей, а значит, и материального мира».

Эта формулировка, предложенная Майером, легко уязвима для критики. Не определено точно понятие «разность», неясно, что понимается под термином «сила». Это предчувствие закона, а не самый еще закон. Но из дальнейшего изложения понятно, что под силой он понимает причину движения, которое измеряется произведением массы на скорость. Но причины измеряются произведенным действием, следовательно, «это произведение  $MC$  точно выражает также самую силу  $V$ ; мы положим  $V = MC$ ». Ошибка Майера, не репутавшего количество движения с «силой», под которой он в дальнейшем понимает «энергию движения», очевидна. Но замечательно, что, рассматривая соударение двух тел равной массы, движущихся навстречу друг другу с равными скоростями, Майер описывает исчезновение механического движения оператором 0 («нуль») и считает, что движение  $2AC$  ( $A$  — масса тел,  $C$  — скорость) при абсолютно неупругом ударе не исчезло, а превратилось в другую форму, которую он обозначает символом  $02AC$ , а несколько позднее  $02MC$ . Майер считает, что этой формой движения является теплота, и пишет. «Нейтрализованное движение  $02MC$ , поскольку движение не происходит действительно в противоположных направлениях, служит выражением для теплоты.

Движение, теплота, и как мы намерены показать в дальнейшем, электричество представляют собою явления, которые могут быть сведены к одной силе, которые измеряются друг другом и переходят друг в друга по определенным законам».

Это вполне определенная и ясная формулировка закона сохранения и превращения силы, т. е. энергии. В первой половине цитаты Майер говорит о конкретном случае применения закона при неупругом ударе («поскольку движения не происходят действительно в противоположных направлениях»), исчезнувшее механическое движение переходит в тепло. То, о чем думали еще Декарт и особенно Ломоносов, высказано теперь Майером со всей категоричностью: «...Образовавшаяся теплота, — пишет он, — пропорциональна исчезнувшему движению». Однако в этой незаконченной работе Майер не дает количественной оценки механического эквивалента теплоты. Такая оценка появилась в следующей работе Майера—«Замечания о силах неживой природы», опубликованной в «Annalen der chemie und Pharmazie» за 1842 г.

Здесь Майер ставит своей задачей уточнить понятие «силы» и найти соотношение между ними. Поскольку, по мнению Майера, силы являются

причинами, к ним применимо общефилософское положение: «...causa aequat effectum (причина равна действию)». Так как в цепи причин и действий ни один член не может стать нулем, то силы неразрушимы. Вместе с тем различные причины являются проявлением одной и той же сущности. «...Причины,—говорит Майер,—суть (количественно) неразрушимые и (качественно) способные к превращениям объекты». По Майеру, в природе существуют два вида причин: материальные и силы. «Силы суть следовательно: неразрушимые, способные к превращениям, невесомые объекты».

К таким объектам относится «...пространственная разность весовых объектов», т. е. то, что теперь мы называем потенциальной энергией тяжелого тела в поле тяжести. Майер подчеркивает, что для этой силы, которую он называет силой падения, поднятие не менее необходимо, чем тяжесть тела, и падение тел нельзя приписывать только действию тяжести. Исчезновение силы падения сопровождается появлением живой силы, которую Майер измеряет произведением массы на квадрат скорости. Закон сохранения живых сил в механике основан, по Майеру, «на общем законе неразрушимости причин».

Однако в «бесконечном числе случаев» сила падения не превращается в движение или поднятие груза, и Майер ставит вопрос: «Какую дальнейшую форму способна принять сила, которую мы познали как силу падения или движения?». Ответ на этот вопрос дает опыт, который показывает, что при трении получается теплота. «...Для исчезающего движения,—говорит Майер,— во многих случаях... не может быть найдено никакого другого действия, кроме тепла, а для возникшего тепла — никакой другой причины, кроме движения...» Майер иллюстрирует эту мысль весьма современным для его эпохи примером локомотива: «Локомотив с его поездом может быть сравнен с перегонным аппаратом: тепло, разведенное под котлом, превращается в движение, а таковое снова осаждается на осях колес в качестве тепла».

Народившаяся теплотехника, подсказавшая Карно тему его замечательного сочинения, подсказала и творцам закона сохранения и превращения энергии их великую идею. Образ локомотива, появившийся в первой печатной работе Майера, наглядно подтверждает это.

Далее, Майер ставит вопрос о том, «как велико соответствующее определенному количеству силы падения или движения количество тепла», т. е. ставит вопрос о термическом эквиваленте работы. И спользуя соотношение между теплоемкостями газов при постоянном давлении и постоянном объеме, он приходит к выводу, «что опусканию единицы веса с высоты около 365 м соответствует нагревание равного веса воды от 0 до 1°». Таким образом, Майер указал совершенно правильный метод определения механического эквивалента теплоты и правильно оценил его порядок (так же как и Карно). История науки отметила эту заслугу Майера, присвоив уравнению  $sr - cV = R$  название «уравнение Майера».

Особенно замечательно, что Майер из своего результата сделал совершенно правильный вывод о несовершенстве паровых машин. «Если с этим результатом, — пишет он, — сравнить полезное действие наших лучших паровых машин, то увидим, что лишь очень малая часть разводимого под котлом тепла действительно превращается в движение или поднятие груза...» И здесь Майер высказывает замечательный прогноз о необходимости искать «более выгодный путь получения движения иным способом, чем посредством использования химической разности между С и 0, а именно — посредством превращения в движение электричества,

полученного химическим путем».

Современные электровозы, сменившие локомотивы, подтвердили правоту Майера. Но задача замены двигателей внутреннего сгорания в автомобилях и тракторах электромоторами, питающимися удобными и экономичными химическими источниками, остается еще не решенной. Можно, подводя итоги, сказать, что, несмотря на двусмысленность термина «силы», неверную меру живой силы ( вместо ), эта работа Майера по праву считается основополагающей в истории закона сохранения и превращения энергии. Особенно важна идея Майера о качественном превращении сил (энергии) при их количественном сохранении. Майер подробно анализирует всевозможные формы превращения энергии в брошюре «Органическое движение в его связи с обменом вещества», вышедшей в Гейльбронне в 1845 г. Майер сначала думал опубликовать свою статью в тех же «Анналах химии и фармации», в которых была опубликована статья 1842 г., но редактор Либих, сославшись на перегрузку журнала химическими статьями, посоветовал переслать статью в «Анналы» Поггендорфа. Майер, понимая, что Поггендорф поступит с ней так же, как со статьей 1841 г., решил опубликовать статью брошюрой за свой счет.

Таким образом, первая статья Майера не была опубликована вообще, вторая увидела свет в не читаемом физиками химическом журнале, третья — в частной брошюре. Вполне понятно, что открытие Майера не дошло до физиков, и закон сохранения открывали независимо от него и другими путями другие авторы, прежде всего Джоуль и Гельмгольц. Закономерно также, что Майер оказался втянутым в тягостно отразившийся на нем спор о приоритете.

Вернемся к брошюре Майера. Она начинается с указания, что математика получила широкое применение в технике и естествознании, «являясь прочной осью естественного исследования». Однако в биологии ее влияние незначительно, «между математической физикой и физиологией живо чувствуется пропасть». Задача сочинения Майера—«установить метод, посредством которого оказалось бы возможным сблизить эти обе науки...»

Опять-таки можно поражаться прозорливости Майера и его смелости в выборе цели. Только в наши дни благодаря введению кибернетических методов началось сближение биологии, математики и техники, о котором думал Майер.

Задавшись целью применить идеи механики в физиологии, Майер начинает с выяснения понятия силы. И здесь он вновь повторяет мысль о невозможности возникновения движения из ничего «*Ex nihilo nil fit*» («из ничего ничего не бывает»), сила—причина движения, а причина движения является неразрушимым объектом. «Количественная неизменность данного есть верховный закон природы, распространяющийся равным образом как на силу, так и на материю», — провозглашает Майер. Эта формулировка поразительно напоминает формулировку «всеобщего закона» Ломоносова, распространяемого им «и на самые правила движения».

Заметим, что выдвижение Ломоносовым и Майером всеобщего закона сохранения в качестве «верховного закона природы» принято современной наукой, которая формулирует многочисленные конкретные законы сохранения в качестве основной опоры научного исследования.

Майер считает закон сохранения вещества прерогативой химии, закон сохранения силы — прерогативой физики. «То, что химия выполняет в отношении вещества, осуществляется физикой в отношении силы», — пишет Майер. Он говорит, что единственная задача физики — изучение силы в ее различных формах, исследование условий ее превращения. Таким образом,

если химия, по Майеру, является наукой о превращении вещества, то физика является наукой о превращении силы, т. е. энергии.

В своей брошюре Майер перечисляет различные формы силы. Это, во-первых, «живая сила движения», т. е. кинетическая энергия движущихся масс. На второе место Майер ставит «силу падения», т. е. потенциальную энергию поднятого груза. «Величина силы падения измеряется произведением веса на данную высоту; величина движения — произведением движущейся массы на квадрат его скорости. Обе силы объединены также общим названием: «механический эффект».

Майер упорно опускает коэффициент  $1/2$  в выражении кинетической энергии, но он правильно объединяет потенциальную и кинетическую энергию как две формы механической энергии (механического эффекта).

Упомянув об исторической задаче человека: использовать для получения движения силы природы, — Майер характеризует современную ему техническую практику следующими словами: «Новому времени выпало на долю к силам старого мира — движущемуся воздуху и падающей воде — присоединить еще одну новую силу. Этой новой силой, на действия которой с удивлением смотрят люди нашего столетия, является тепло». И далее Майер утверждает: «Тепло есть сила: оно может быть превращено в механический эффект». На современном языке это утверждение Майера гласит: тепло есть энергия, оно может совершить механическую работу. Он подсчитывает работу локомотива, тянущего состав, и утверждает: «Действующая в локомотиве сила есть тепло».

Майер подробно подсчитывает механический эквивалент теплоты из разности теплоемкостей газа (этот подсчет нередко воспроизводится в школьных учебниках физики) и находит его, опираясь на измерения Делароша и Берара, а также Дюлонга, определивших отношение теплоемкостей для воздуха равным  $367 \text{ кгс} \cdot \text{м/ккал}$ . (1 кгс-м — употреблявшаяся ранее единица работы. Она равна 9,8 Дж.)

Майер приводит данные по теплотворной способности углерода и обращает внимание на низкий коэффициент полезного действия тепловых машин, максимальное значение которого в современных ему машинах составляло 5—6%, а в локомотивах не достигало и одного процента.

Затем Майер переходит к электричеству. Он рассматривает электризацию трением, действие электрофора и указывает, что здесь «механический эффект превращается в электричество». Бегло остановившись на магнетизме, он делает вывод: затрата механического эффекта вызывает как электрическое, так и магнетическое напряжение. Здесь в анализе Майера недостает той законченности и ясности, какая обнаруживается у него при анализе взаимоотношения теплоты и механического движения.

Электричество и магнетизм еще не были изучены столь подробно, как теплота, электрические измерения носили качественный характер, основные понятия не были четко разработаны. Нужно удивляться гениальной интуиции Майера, понявшего, что эти процессы подчиняются закону сохранения энергии.

В заключение своего анализа Майер останавливается на «химической силе». Интересно, что вопрос о химической энергии у него сочетается с вопросом об энергетике солнечной системы. Он указывает, что поток солнечной энергии (силы), являющийся и на нашу Землю, «есть та непрестанно заводящаяся пружина, которая поддерживает в состоянии движения механизм всех происходящих на Земле деятельностей». Майер набрасывает картину того механизма, который обеспечивает жизнь на Земле, круговорот воды и воздуха под действием солнечных лучей и

аккумуляции солнечной энергии для жизненных процессов.

«Природа, — пишет Майер, — поставила перед собой задачу поймать на лету льющийся на Землю свет и накопить самую подвижную силу, приведя ее в неподвижное состояние. Для достижения этой цели она покрыла земную кору организмами, которые, живя, поглощают солнечный свет и при использовании этой силы порождают непрерывно возобновляющуюся сумму химических различий. Этими организмами являются растения».

Так Майер раскрыл космическую роль растений и выдвинул перед наукой проблему фотосинтеза. Недаром строки его книги, посвященные анализу превращений солнечной энергии в живых организмах, вдохновили великого русского ученого К.А.Тимирязева, и он предпослал своей книге «Солнце, жизнь и хлорофилл» эпиграф из этой статьи Майера. Тимирязев подчеркивал в этой книге, что «рассматриваемый с точки зрения Майера процесс усвоения углерода приобретает новый и еще более широкий интерес».

Майер закончил развитие своих идей к 1848 г., когда в брошюре «Динамика неба в популярном изложении» он поставил и сделал попытку решить важнейшую проблему об источнике солнечной энергии. Майер понял, что химическая энергия недостаточна для восполнения огромных расходов энергии Солнца. Но из других источников энергии в его время была известна только механическая энергия. И Майер сделал вывод, что теплота Солнца восполняется бомбардировкой его метеоритами, падающими на него со всех сторон непрерывно из окружающего пространства. В работе 1851 г. «Замечания о механическом эквиваленте теплоты» Майер излагает сжато и популярно свои идеи о сохранении и превращении силы. Здесь он впервые защищает свой приоритет. Он признает, что открытие сделано им случайно (наблюдение на Яве), но «оно все же моя собственность, и я не колеблюсь защищать свое право приоритета». Он ссылается на свою статью 1842 г., цитирует ее, приводит значение механического эквивалента теплоты, разъясняет свои взгляды на силу, которую он рассматривает как то, что позднее назвали энергией. Майер указывает далее, что закон сохранения энергии, «а также численное выражение его, механический эквивалент теплоты, были почти одновременно опубликованы в Германии и Англии». Он указывает на исследования Джоуля и признает, что Джоуль «открыл безусловно самостоятельно» • закон сохранения и превращения энергии и что «ему принадлежат многочисленные важные заслуги в деле дальнейшего обоснования и развития этого закона». Но Майер не склонен уступать свое право на приоритет и указывает, что из самих его работ видно, что он не гонится за эффектом. Это, однако, не означает отказа от прав на свою собственность.

Спокойный и достойный тон его заявлений о приоритете маскирует ту глубокую душевную травму, которая была нанесена ему «мелкой завистью цеховых ученых» и «невежеством окружающей среды», по словам К. А. Тимирязева. Достаточно сказать, что в 1850 г. он пытался покончить жизнь самоубийством, выбросившись из окна, и остался на всю жизнь хромым. Его травили в газетах, обвиняли скромного и честного ученого в мании величия, подвергли принудительному «лечению» в психиатрической больнице. С негодованием писал К.А.Тимирязев о тех, кто преследовал Майера и искалечил его жизнь «за то только, что он был гениальным ученым в среде окружающей его жалкой посредственности».

Майер умер 20 марта 1878 г. Незадолго до смерти, в 1874 г. вышло собрание его трудов по закону сохранения и превращения энергии под заглавием «Механика тепла». В 1876 г. вышли его последние сочинения «О торричеллиевой пустоте» и «Об освобождении сил».

Джоуль. Широкое, философское понимание закона сохранения энергии Майером, обобщение им закона на явления жизни и космос смущали физиков и рассматривались ими как метафизические размышления. Но проводимые одновременно и независимо от Майера эксперименты Джоуля подвели под обобщения Майера прочную экспериментальную основу.

Джеймс Прескотт Джоуль, манчестерский пивовар, владелец большого пивоваренного завода, родился 24 декабря 1818 г. Он рано увлекся электрическими исследованиями и конструированием электрических приборов, которые описывал систематически в небольшом специальном журнале. В октябре 1841 г. он опубликовал в «Philosophical Magazine» статью о тепловом эффекте электрического тока, в которой установил, что количество теплоты, выделяемое током в проводнике, пропорционально квадрату силы тока.

Задолго до Джоуля аналогичные исследования были начаты петербургским академиком Э.Х. Ленцем, который опубликовал свою работу в 1843 г. под заглавием «О законах выделения тепла гальваническим током». Ленц упоминает о работе Джоуля, публикация которого опередила публикацию Ленца, но считает, что, хотя его результаты в «основном совпадают с результатами Джоуля», они свободны от тех обоснованных возражений, которые вызывают работы Джоуля.

Ленц тщательно продумал и разработал методику эксперимента, испытал и проверил тангенс-гальванометр, служивший у него измерителем тока, определил применяемую им единицу сопротивления (напомним, что закон Ома к этому времени еще не вошел во всеобщее употребление), а также единицы тока и электродвижущей силы, выразив последнюю через единицы тока и сопротивления.

Ленц тщательно изучил поведение сопротивлений, в частности исследовал вопросе существовании так называемого «переходного сопротивления» при переходе из твердого тела в жидкость. Это понятие вводилось некоторыми физиками в эпоху, когда закон Ома еще не был общепризнанным. Затем он перешел к основному эксперименту, результаты которого сформулировал в следующих двух положениях:

1. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально сопротивлению проволоки.

2. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально квадрату служащего для нагревания тока».

Точность и обстоятельность опытов Ленца обеспечили признание закона, вошедшего в науку под названием закона Джоуля — Ленца.

Джоуль сделал свои эксперименты по выделению тепла электрическим током исходным пунктом дальнейших исследований выяснения связи между теплотой и работой. Уже на первых опытах он стал догадываться, что теплота, выделяемая в проволоке, соединяющей полюсы гальванической батареи, порождается химическими превращениями в батарее, т. е. стал прозревать энергетический смысл закона. Чтобы выяснить далее вопрос о происхождении «джоулева тепла» (как теперь называется теплота, выделяемая электрическим током), он стал исследовать теплоту, выделяемую индуцированным током. В работе «О тепловом эффекте магнитоэлектричества и механическом эффекте теплоты», доложенной на собрании Британской Ассоциации в августе 1843 г., Джоуль сформулировал вывод, что теплоту можно создавать с помощью механической работы, используя магнитоэлектричество (электромагнитную индукцию), и эта теплота пропорциональна квадрату силы индукционного тока.

Вращая электромагнит индукционной машины с помощью падающего груза, Джоуль определил соотношение между работой падающего груза и теплотой, выделяемой в цепи. Он нашел в качестве среднего результата из своих измерений, что «количество тепла, которое в состоянии нагреть один фунт воды на один градус Фаренгейта, может быть превращено в механическую силу, которая в состоянии поднять 838 фунтов на вертикальную высоту в один фут». Переводя единицы фунт и фут в килограммы и метры и градус Фаренгейта в градус Цельсия, найдем, что механический эквивалент тепла, вычисленный Джоулем, равен 460 кгс-м/ккал.

Этот вывод приводит Джоуля к другому, более общему выводу, который он обещает проверить в дальнейших экспериментах: «Могучие силы природы... неразрушимы, и... во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты». Он утверждает, что животная теплота возникает в результате химических превращений в организме и что сами химические превращения являются результатом действия химических сил, возникающих из «падения атомов»

Таким образом, в работе 1843 г. Джоуль приходит к тем же выводам, к которым ранее пришел Майер.

Сообщение Джоуля было встречено собранием Британской Ассоциации с недоверием. Джоулю не было еще 25 лет, когда он выступил с этими новыми революционными воззрениями. Однако Джоуль продолжал свои исследования и в 1845 г. опубликовал работу «Об изменениях температуры, вызванных сжатием и разрежением воздуха». Как и в работе 1843 г., экспериментальная установка помещалась в сосуд с водой, служивший калориметром. Установка состояла из нагнетательного насоса и сосуда с воздухом, подвергающимся сжатию. Воздух сжимался до 22 атмосфер, и измерялась выделяемая при этом теплота.

Джоуль показал себя искусным и вдумчивым экспериментатором. Он принял меры для обеспечения постоянства температуры поступающего воздуха, учел поправки на теплоту, производимую трением, и установил, что механический эквивалент тепла в этом опыте равен 795 футо-фунтов на килокалорию (436 кгс-м/ккал). Затем Джоуль поместил в сосуд с водой два одинаковых сосуда, соединенные трубкой. В одном из сосудов воздух был сжат до 22 атмосфер, а из другого выкачан. Когда между обоими сосудами устанавливалось сообщение, измеряли температуру водяного резервуара. Она, как определил Джоуль, оставалась неизменной. Из этого часто описываемого в курсах термодинамики опыта Джоуль сделал вывод, что теплота не может быть веществом, она состоит в движении частиц тела. Из многочисленных опытов по нагреванию воздуха сжатием Джоуль нашел механический эквивалент теплоты равным 798 футо-фунтам на килокалорию (438 кгс\*м/ккал).

Во второй работе 1845 г. и в работе 1847 г. Джоуль описывает многочисленные опыты с перемешиванием воды в калориметре. В 1850 г. он произвел новые классические опыты, из которых нашел значение механического эквивалента равным 424 кгс\*м/ккал.

За опытами Джоуля с большим интересом следил молодой шотландский физик Вильям Томсон, будущий лорд Кельвин. Томсон еще в 1848 г. считал, что «превращение теплоты в механическую энергию, вероятно, невозможно и, безусловно, еще не открыто». Кажется странным, что современник паровых машин, паровозов и пароходов говорит о невозможности

превращения теплоты в механическую энергию, но у Томсона, видимо, речь идет о другом. Он пишет: «Такой вывод можно сделать исходя из всего, что написано на эту тему. Противоположная точка зрения выдвигается Джоулем из Манчестера, поставившим целый ряд в высшей степени интересных опытов по выделению теплоты при трении жидкостей; некоторые хорошо известные явления в области электромагнетизма, по-видимому, в самом деле указывают на переход механической энергии в тепловую, но опыты, при которых имело бы место обратное преобразование, им не проводились».

Томсон знал работу Карно, знал, что Карно стоял на точке зрения теплорода. Ему известно было также, что ни Джоуль, ни кто-либо другой не проводил опытов по превращению теплоты в работу без остатка. Так намечался подход к будущему второму началу термодинамики. Тем не менее Томсон уже тогда глубоко интересовался работами Джоуля и в пятидесятых годах XIX в. провел с Печатная публикация закона последовала через 12 лет, в 1760 г., в диссертации «Рассуждение о твердости и жидкости тел». Здесь в русском переводе конец читается так: «Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения; ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает». Это, по-видимому, первая в истории физики формулировка закона «сохранения силы». До введения Ранкиным термина «энергия» закон сохранения энергии именовался законом сохранения силы. У Ломоносова он является частным случаем всеобщего закона сохранения.

Недостатком формулировки Ломоносова является отсутствие точной количественной меры силы. Во времена Ломоносова спорили о двух мерах механического движения:  $mv$  и  $mv^2$ , еще только вырабатывались понятия калориметрии, в области электричества и магнетизма вообще еще не было количественных характеристик, и поэтому отсутствие количественной формулировки сохранения силы у Ломоносова вполне естественно.

Ломоносов сделал важный шаг, введя для количественной характеристики химических реакций весы. В отчете о своих работах за 1756 г. он записывает: «Между разными химическими опытами, которых журнал на 13 листах, деланы опыты в заплавленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать: прибывает ли вес металлов от чистого жару. Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере».

Все замечательно в этой сухой фразе отчета: первая в мире опытная проверка закона сохранения веса при химической реакции, опытное опровержение ошибочного мнения крупного авторитета и первый значительный шаг к теории горения Лавуазье. Ломоносов здесь показал, так же как и в своей теории теплоты, конкретное применение всеобщего закона сохранения. В истории закона сохранения энергии и массы Ломоносову по праву принадлежит первое место.

Ломоносов был пионером во многих областях науки. Он открыл атмосферу Венеры и нарисовал яркую картину огненных валов и вихрей на Солнце. Он высказал правильную догадку о вертикальных течениях в атмосфере, правильно указал на электрическую природу северных сияний и оценил их высоту. Он пытался разработать эфирную теорию электрических явлений и думал о связи электричества и света, которую хотел обнаружить экспериментально. В эпоху господства корпускулярной теории света он открыто поддержал волновую теорию «Гугения» (Гюйгенса) и разработал оригинальную теорию цветов.

Печатная публикация закона последовала через 12 лет, в 1760 г., в диссертации «Рассуждение о твердости и жидкости тел». Здесь в русском

переводе конец читается так: «Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения; ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает». Это, по-видимому, первая в истории физики формулировка закона «сохранения силы». До введения Ранкиным термина «энергия» закон сохранения энергии именовался законом сохранения силы. У Ломоносова он является частным случаем всеобщего закона сохранения.

Недостатком формулировки Ломоносова является отсутствие точной количественной меры силы. Во времена Ломоносова спорили о двух мерах механического движения:  $mv$  и  $mv^2$ , еще только вырабатывались понятия калориметрии, в области электричества и магнетизма вообще еще не было количественных характеристик, и поэтому отсутствие количественной формулировки сохранения силы у Ломоносова вполне естественно.

Ломоносов сделал важный шаг, введя для количественной характеристики химических реакций весы. В отчете о своих работах за 1756 г. он записывает: «Между разными химическими опытами, которых журнал на 13 листах, деланы опыты в заплавленных накрепко стеклянных сосудах, чтобы исследовать: прибывает ли вес металлов от чистого жару. Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере».

Все замечательно в этой сухой фразе отчета: первая в мире опытная проверка закона сохранения веса при химической реакции, опытное опровержение ошибочного мнения крупного авторитета и первый значительный шаг к теории горения Лавуазье. Ломоносов здесь показал, так же как и в своей теории теплоты, конкретное применение всеобщего закона сохранения. В истории закона сохранения энергии и массы Ломоносову по праву принадлежит первое место.

Ломоносов был пионером во многих областях науки. Он открыл атмосферу Венеры и нарисовал яркую картину огненных валов и вихрей на Солнце. Он высказал правильную догадку о вертикальных течениях в атмосфере, правильно указал на электрическую природу северных сияний и оценил их высоту. Он пытался разработать эфирную теорию электрических явлений и думал о связи электричества и света, которую хотел обнаружить экспериментально. В эпоху господства корпускулярной теории света он открыто поддержал волновую теорию «Гугения» (Гюйгенса) и разработал оригинальную теорию цветов.

Открытие закона сохранения и превращения энергии

Джоуль продолжал свои эксперименты и в 60-х и в 70-х годах. В 1870 г. он вошел в состав комиссии по определению механического эквивалента теплоты. В состав этой комиссии входили В. Томсон, Максвелл и другие ученые. Но Джоуль не ограничился работой экспериментатора. Он решительно встал на точку зрения кинетической теории теплоты и стал одним из основоположников кинетической теории газов. Об этой работе Джоуля будет сказано позднее.

Как мы уже говорили, Майер считал Джоуля одним из открывателей закона сохранения и превращения энергии. Но тогда уже многие претендовали на приоритет в этом открытии. Датский инженер Людвиг Август Кольдинг доложил в 1843 г. в Королевском Копенгагенском обществе о результатах своих опытов по определению отношения между механической работой и теплотой, которое он нашел равным 350. Майер упоминает о Гольцмане, который в 1845 г. вычислил механический эквивалент теплоты тем же методом, что и Майер. Можно было бы назвать ряд других имен, в

той или иной мере причастных к великому открытию. Все это лишний раз доказывает, что время для открытия закона назрело и что к его открытию приходили разными путями врачи, инженеры, заводчики. Вопреки воззрениям цеховых ученых это красноречиво говорит о том, что жизнь и ее запросы являются основными двигателями научного прогресса.

Джоуль умер 11 октября 1889 г., за пять лет до смерти третьего члена «триады» Германа Гельмгольца.

Гельмголец. Гельмголец был одним из самых знаменитых физиков второй половины XIX столетия, общепризнанным лидером физической науки.

Герман Людвиг фердинанд Гельмголец родился 31 августа 1821 г. в семье потсдамского учителя гимназии, в городе, бывшем резиденцией прусских королей, в том самом Потсдаме, где спустя 124 года после его рождения состоялась Потсдамская конференция, зафиксировавшая разгром фашистской Германии.

Гельмголец получил медицинское образование, и его диссертация, защищенная им в 1842 г., была посвящена строению нервной системы. В этой работе двадцатидвухлетний врач впервые доказал существование целостных структурных элементов нервной ткани, получивших позднее название нейронов.

С 1843 г. начался служебный путь Гельмгольца в качестве потсдамского военного врача. Эскадронный хирург гусарского полка находил время и для занятия наукой. В 1845 г. он едет в Берлин для подготовки к государственным экзаменам на звание врача и здесь усердно занимается в домашней физической лаборатории Густава Магнуса.

Другим учителем Гельмгольца в Берлине был известный физиолог Иоганн Мюллер. В журнале Мюллера Гельмголец опубликовал в 1845 г. работу «О расходовании вещества при действии мышц». В том же, 1845 г. молодые ученые, группировавшиеся вокруг Магнуса и Мюллера, образовали Берлинское физическое общество. В него вошел и Гельмголец. С 1845 г. общество, превратившееся в дальнейшем в Немецкое физическое общество, стало издавать первый реферативный журнал «Успехи физики» («Fortschritte der Physik»). Научное развитие Гельмгольца происходило, таким образом, в благоприятной обстановке возросшего интереса к естествознанию в Берлине. Уже в первом томе «Fortschritte der Physik in Jahre 1845», вышедшем в Берлине в 1847 г., был напечатан обзор, выполненный Гельмгольцем по теории физиологических тепловых явлений. 23 июля 1847 г он сделал на заседании Берлинского физического общества доклад «О сохранении силы». Подобно Майеру, Гельмголец от физиологии перешел к закону сохранения энергии. Так же, как и у Майера, Поггендорф не принял работу Гельмгольца, и она была опубликована отдельной брошюрой в 1847 г. На чествовании Гельмгольца по случаю его 70-летия он произнес 2 ноября 1891 г. речь, в которой охарактеризовал свой научный путь. Он указал, что под влиянием Иоганна Мюллера заинтересовался вопросом о загадочной сущности жизненной силы. Сам Мюллер в этом вопросе колебался между метафизическим учением виталистов и естественнонаучным подходом. Размышляя над этой проблемой, Гельмголец в последний год студенчества пришел к выводу, что теория жизненной силы «приписывает всякому живому телу свойства так называемого *perpetuum mobile*». Гельмголец был знаком с проблемой *perpetuum mobile* со школьных лет, а в студенческие годы «в свободные минуты... разыскивал и просматривал сочинения Даниила Бернулли, Даламбера и других математиков прошлого столетия». «Таким

образом, я,— говорил Гельмгольц,— натолкнулся на вопрос: «Какие отношения должны существовать между различными силами природы, если принять, что *perpetuum mobile* вообще невозможен?» и далее: «Выполняются ли в действительности все эти отношения?» В моей книжке о сохранении силы я намеревался только дать критическую оценку и систематику фактов в интересах физиологов». Гельмгольц рассказывал, что авторитеты в то время не только не сочли его мысли известными, но, наоборот, «были склонны отвергать справедливость закона; среди той ревностной борьбы, какую они вели с натурфилософией Гегеля, и моя работа была сочтена за фантастическое умствование...». Однако в отличие от Майера Гельмгольц не был одинок, его поддержала научная молодежь, и прежде всего будущий знаменитый физиолог Дюбуа Реймон (1818—1896), и молодое Берлинское физическое общество. Что же касается отношения к работам Майера и Джоуля, то Гельмгольц неоднократно признавал приоритет Майера и Джоуля, подчеркивая, однако, что с работой Майера он не был знаком, а работы Джоуля знал недостаточно. Обратимся к самой работе Гельмгольца. В отличие от своих предшественников он связывает закон с принципом невозможности вечного двигателя (*perpetuum mobile*). Этот принцип принимал еще Леонардо да Винчи, ученые XVII в. (вспомним, что Стевин обосновал закон наклонной плоскости невозможностью вечного движения), и, наконец, в XVIII в. Парижская Академия наук отказалась рассматривать проекты вечного двигателя. Гельмгольц считает принцип невозможности вечного двигателя тождественным принципу, что «все действия в природе можно свести на притягательные или отталкивательные силы». Материю Гельмгольц рассматривает как пассивную и неподвижную. Для того чтобы описать изменения, происходящие в мире, ее надо наделить силами как притягательными, так и отталкивательными. «...Явления природы, — пишет Гельмгольц, — должны быть сведены к движениям материи с неизменными движущими силами, которые зависят только от пространственных взаимоотношений». Таким образом, мир, по Гельмгольцу, — это совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом с центральными силами. Силы эти консервативны, и Гельмгольц во главу своего исследования ставит принцип сохранения живой силы Принцип Майера «из ничего ничего не бывает» Гельмгольц заменяет более конкретным положением, что «невозможно при существовании любой произвольной комбинации тел природы получать непрерывно из ничего движущую Силу». Этот принцип требует, чтобы «количество работы, которое получается, когда тела системы переходят из начального положения во второе, и количество работы, которое затрачивается, когда они переходят из второго положения в первое, всегда было одно и то же, каков бы ни был способ перехода, путь перехода или его скорость». При этом мерой произведенной работы Гельмгольц считает половину произведения  $(mv)^2$ . «Для лучшего согласования с употребительным в настоящее время способом измерения силы я предлагаю величину  $1/2(mv)^2$  обозначить как количество живой силы, благодаря чему она будет тождественна по величине с величиной затраченной работы». Таков важный шаг, сделанный Гельмгольцем, в развитии закона сохранения энергии. Принцип сохранения живой силы в его формулировке гласит: «Если любое число подвижных материальных точек движется только под влиянием таких сил, которые зависят от взаимодействия точек друг на друга или которые направлены к неподвижным центрам, то сумма живых сил всех взятых вместе точек останется одна и та же во все моменты времени, в которые все точки получают те же самые относительные положения друг по отношению к другу

и по отношению к существующим неподвижным центрам, каковы бы ни были их траектории и скорости в промежутках между соответствующими моментами». Гельмгольц выражает этот принцип математически формулой: где  $Q$  и  $q$  - скорости в положениях  $R$  и  $r$ ,  $\Phi$  - «величина силы, которая действует по направлению  $r$ » и «считается положительной, если имеется притяжение, и отрицательной, если наблюдается отталкивание...».

Величину, выражаемую интегралом  $\int dr$ , Гельмгольц называет «суммой напряженных сил между расстояниями  $R$  и  $r$ », и закон сохранения энергии получает следующую формулировку: «увеличение живой силы точки при ее движении под влиянием центральной силы равно сумме соответствующих изменению ее расстояния напряженных сил». Сегодня мы вместо «увеличение живой силы» говорим «приращение кинетической энергии» и вместо «сумма напряженных сил» — «убыль потенциальной энергии».

Переходя к системе точек, Гельмгольц устанавливает общее положение: «Всегда сумма существующих в системе напряженных сил и живых сил постоянна». «В этой наиболее общей форме, — пишет Гельмгольц, — мы можем наш закон назвать принципом сохранения силы». Сформулировав этот принцип, Гельмгольц рассматривает его применения в различных частных случаях. Он указывает, что сохранение живых сил уже применялось в таких случаях, как движения, происходящие под влиянием силы всемирного тяготения, в явлениях передачи движений при посредстве несжимаемых твердых и жидких тел, в движениях вполне упругих твердых и жидких тел. Остановившись, в частности, на явлениях интерференции волн, распространяющихся в упругой среде, Гельмгольц показывает, что при интерференции «не имеется никакого уничтожения живой силы, а лишь только иное распределение ее». Рассматривая электрические явления, Гельмгольц находит выражение энергии точечных зарядов и показывает физическое значение функции, названной Гауссом потенциалом. Далее он вычисляет энергию системы заряженных проводников и показывает, что при разряде лейденских банок выделяется теплота, эквивалентная запасенной электрической энергии. Он показал при этом, что разряд является колебательным процессом и электрические колебания «делаются все меньше и меньше, пока, наконец, вся живая сила не будет уничтожена суммой сопротивлений». Затем Гельмгольц рассматривает гальванизм. Он указывает, что количество теплоты, выделяемое в металлическом проводнике с сопротивлением  $w$  в течение времени  $t$ , «равно, по Ленцу», и показывает, что это соответствует работе электрических сил. Гельмгольц разбирает энергетические процессы в гальванических источниках, в термоэлектрических явлениях, положив начало будущей термодинамической теории этих явлений. Рассматривая магнетизм и электромагнетизм, Гельмгольц, в частности, дает свой известный вид выражения электродвижущей силы индукции, исходя из исследований Неймана и опираясь на закон Ленца. В своем сочинении Гельмгольц в отличие от Майера уделяет главное внимание физике и лишь очень бегло и сжато говорит о биологических явлениях. Тем не менее именно это сочинение открыло Гельмгольцу дорогу к кафедре физиологии и общей патологии медицинского факультета Кенигсбергского университета, где он в 1849 г. получил должность экстраординарного профессора. Эту должность Гельмгольц занимал до 1855 г., когда он перешел профессором анатомии и физиологии в Бонн. В 1858 г. Гельмгольц становится профессором физиологии в Гейдельберге. В Гейдельберге Гельмгольц много и успешно занимался физиологией зрения. Эти исследования существенно обогатили область знания и практическую медицину. Итогом этих исследований

явилась знаменитая «физиологическая оптика» Гельмгольца, первый выпуск которой вышел в 1856, второй — в 1860, третий — в 1867 г. Здесь же, в Гейдельберге, Гельмгольц проводил свои классические исследования по скорости распространения нервного возбуждения, по акустике. Его книга «Учение о звуковых ощущениях как физиологическая основа акустики» вышла в 1863 г. Наконец, в Гейдельберге вышли его классические работы по гидродинамике и основаниям геометрии. С марта 1871 г. Гельмгольц становится профессором Берлинского университета. Он создает физический институт, в который приезжали работать физики всего мира, принимает активное участие в организации Государственного физико-технического института — центра немецкой метрологии, первым президентом которого он становится. Умер Гельмгольц 8 сентября 1894 г. Разными путями шли открыватели закона сохранения и превращения энергии к его установлению. Майер, начав с медицинского наблюдения, сразу рассматривал его как глубокий всеобъемлющий закон и раскрывал цепь энергетических превращений от космоса до живого организма. Джоуль упорно и настойчиво измерял количественное соотношение теплоты и механической работы. Гельмгольц связал закон с исследованиями великих механиков XVIII в. Идя разными путями, они наряду со многими другими современниками настойчиво боролись за утверждение и признание закона вопреки противодействию цеховых ученых. Борьба была нелегкой и порой принимала трагический характер, но она окончилась полной победой. Наука получила в свое распоряжение великий закон сохранения и превращения энергии.

Воззрения на теплоту как форму движения мельчайших «нечувствительных» частиц материи высказывались еще в XVII в. ф. Бэкон, Декарт, Ньютон, Гук и многие другие приходили к мысли, что теплота связана с движением частиц вещества. Но со всей полнотой и определенностью эту идею разрабатывал и отстаивал Ломоносов. Однако он был в одиночестве, его современники переходили на сторону концепции теплорода, и, как мы видели, эта концепция разделялась многими выдающимися учеными XIX столетия.

Успехи экспериментальной теплофизики, и прежде всего калориметрии, казалось, свидетельствовали в пользу теплорода. Но тот же XIX в. принес наглядные доказательства связи теплоты с механическим движением. Конечно, факт выделения тепла при трении был известен с незапамятных времен. Сторонники теплоты усматривали в этом явлении нечто аналогичное электризации тел трением — трение способствует выжиманию теплорода из тела. Однако в 1798 г. Бенжамен Томпсон (1753-1814), ставший с 1790 г. графом Румфордом, сделал в мюнхенских военных мастерских важное наблюдение: при высверливании канала в пушечном стволе выделяется большое количество тепла. Чтобы точно исследовать это явление, Румфорд проделал опыт по сверлению канала в цилиндре, выточенном из пушечного металла. В высверленный канал помещали тупое сверло, плотно прижатое к стенкам канала и приводившееся во вращение. Термометр, вставленный в цилиндр, показал, что за 30 минут операции температура поднялась на 70 градусов Фаренгейта. Румфорд повторил опыт, погрузив цилиндр и сверло в сосуд с водой. В процессе сверления вода нагревалась и спустя 2,5 часа закипала. Этот опыт Румфорд считал доказательством того, что теплота является формой движения.

Майер

Опыты по получению теплоты трением повторил Дэви. Он плавил лед трением двух кусков друг о друга. Дэви пришел к выводу, что следует оставить гипотезу о теплороде и рассматривать теплоту как колебательное движение частиц материи. Эта гипотеза была поддержана Юнгом. В 1837 г. немецкий аптекарь (с 1867 г. профессор фармакологии) Фридрих Мор (1806—1879) послал редактору журнала «Annalen der Physik» Поггендорфу статью «О природе теплоты». Тот ее не принял, сославшись на то, что статья не содержит новых экспериментальных исследований. В ней Мор со всей определенностью указывал, что теплота является формой движения.

Мы видели, как фарадей в споре со сторонниками контактной теории в 1839—1840 гг. утверждал идею превращения сил с сохранением их постоянной количественной величины, фарадей по характеру мышления резко отличался от профессиональных ученых. Поэтому можно с полным основанием утверждать, что идея закона сохранения и превращения энергии вызревала не у специалистов-физиков. И не специалисты сыграли решающую роль в утверждении великого закона. Врач Майер, пивовар Джоуль, врач Гельмгольц — вот те три человека, за которыми история науки навсегда закрепила славу открывателей закона сохранения и превращения энергии.

Майер. Юлиус Роберт Майер родился 25 ноября 1814 г. в Гейльбронне в семье аптекаря. Он получил медицинское образование и отправился в качестве корабельного врача на о. Ява (до этого он несколько месяцев работал в клиниках Парижа). В течение годичного плавания (1840—1841) врач Майер пришел к своему великому открытию. По его словам, на этот вывод его натолкнули наблюдения над изменением цвета крови у людей в тропиках. Производя многочисленные кровопускания на рейде в Батавии, Майер заметил, что «кровь, выпускаемая из ручной вены, отличалась такой необыкновенной краснотой, что, судя по цвету, я мог бы думать, что я попал на артерию». Он сделал отсюда вывод, что «температурная разница между собственным теплом организма и теплом окружающей среды должна находиться в количественном соотношении с разницей в цвете обоих видов крови, т. е. артериальной и венозной... Эта разница в цвете является выражением размера потребления кислорода или силы процесса сгорания, происходящего в организме».

Во времена Майера было распространено учение о жизненной силе организма (витализм). Живой организм действует благодаря наличию в нем особой жизненной силы. Тем самым физиологические процессы исключались из сферы физических и химических законов и обуславливались таинственной жизненной силой. Майер своим наблюдением показал, что организм управляется естественными физико-химическими законами, и прежде всего законом сохранения и превращения энергии. Вернувшись из путешествия, он тут же написал статью под заглавием «О количественном и качественном определении сил», которую направил 16 июня 1841 г. в журнал «Анналы...» Поггендорфу. Тот не напечатал статью и не вернул ее автору, она пролежала в его письменном столе 36 лет, где и была обнаружена после смерти Поггендорфа.

Поггендорф имел определенные основания отнестись сурово к работе Майера. Великая идея в ней выступает еще в неясной форме, статья содержит туманные и даже ошибочные утверждения. Вместе с тем в ней имеются гениальные высказывания, которые свидетельствуют о ясном осознании Майером величия сделанного им открытия. Она начинается с общего утверждения, что «мы можем вывести все явления из некоторой

первичной силы, действующей в направлении уничтожения существующих разностей и объединения всего сущего в однородную массу в одной математической точке». По Майеру, следовательно, все движения и изменения в мире порождаются «разностями», вызывающими силы, стремящиеся уничтожить эти разности. Но движение не прекращается, потому что силы неуничтожаемы и восстанавливают разности. «Таким образом, принцип, согласно которому раз данные силы количественно неизменны, подобно веществам, логически обеспечивает нам продолжение существования разностей, а значит, и материального мира».

Эта формулировка, предложенная Майером, легко уязвима для критики. Не определено точно понятие «разность», неясно, что понимается под термином «сила». Это предчувствие закона, а не самый еще закон. Но из дальнейшего изложения понятно, что под силой он понимает причину движения, которое измеряется произведением массы на скорость. Но причины измеряются произведенным действием, следовательно, «это произведение  $MS$  точно выражает также самую силу  $V$ ; мы положим  $V = MS$ ». Ошибка Майера, не репутавшего количество движения с «силой», под которой он в дальнейшем понимает «энергию движения», очевидна. Но замечательно, что, рассматривая соударение двух тел равной массы, движущихся навстречу друг другу с равными скоростями, Майер описывает исчезновение механического движения оператором 0 («нуль») и считает, что движение  $2AC$  ( $A$  — масса тел,  $C$  — скорость) при абсолютно неупругом ударе не исчезло, а превратилось в другую форму, которую он обозначает символом  $02AC$ , а несколько позднее  $02MC$ . Майер считает, что этой формой движения является теплота, и пишет. «Нейтрализованное движение  $02MC$ , поскольку движение не происходит действительно в противоположных направлениях, служит выражением для теплоты.

Движение, теплота, и как мы намерены показать в дальнейшем, электричество представляют собою явления, которые могут быть сведены к одной силе, которые измеряются друг другом и переходят друг в друга по определенным законам».

Это вполне определенная и ясная формулировка закона сохранения и превращения силы, т. е. энергии. В первой половине цитаты Майер говорит о конкретном случае применения закона при неупругом ударе («поскольку движения не происходят действительно в противоположных направлениях»), исчезнувшее механическое движение переходит в тепло. То, о чем думали еще Декарт и особенно Ломоносов, высказано теперь Майером со всей категоричностью: «...Образовавшаяся теплота, — пишет он, — пропорциональна исчезнувшему движению». Однако в этой незаконченной работе Майер не дает количественной оценки механического эквивалента теплоты. Такая оценка появилась в следующей работе Майера—«Замечания о силах неживой природы», опубликованной в «Annalen der chemie und Pharmazie» за 1842 г.

Здесь Майер ставит своей задачей уточнить понятие «силы» и найти соотношение между ними. Поскольку, по мнению Майера, силы являются причинами, к ним применимо общефилософское положение: «...causa aequat effectum (причина равна действию)». Так как в цепи причин и действий ни один член не может стать нулем, то силы неразрушимы. Вместе с тем различные причины являются проявлением одной и той же сущности. «...Причины, — говорит Майер, — суть (количественно) неразрушимые и (качественно) способные к превращениям объекты». По Майеру, в природе существуют два вида причин: материальные и силы. «Силы суть следовательно: неразрушимые, способные к превращениям, невесомые

объекты».

К таким объектам относится «...пространственная разность весо́мых объектов», т. е. то, что теперь мы называем потенциальной энергией тяжелого тела в поле тяжести. Майер подчеркивает, что для этой силы, которую он называет силой падения, поднятие не менее необходимо, чем тяжесть тела, и падение тел нельзя приписывать только действию тяжести. Исчезновение силы падения сопровождается появлением живой силы, которую Майер измеряет произведением массы на квадрат скорости. Закон сохранения живых сил в механике основан, по Майеру, «на общем законе неразрушимости причин».

Однако в «бесконечном числе случаев» сила падения не превращается в движение или поднятие груза, и Майер ставит вопрос: «Какую дальнейшую форму способна принять сила, которую мы познали как силу падения или движения?». Ответ на этот вопрос дает опыт, который показывает, что при трении получается теплота. «...Для исчезающего движения, — говорит Майер, — во многих случаях... не может быть найдено никакого другого действия, кроме тепла, а для возникшего тепла — никакой другой причины, кроме движения...» Майер иллюстрирует эту мысль весьма современным для его эпохи примером локомотива: «Локомотив с его поездом может быть сравнен с перегонным аппаратом: тепло, разведенное под котлом, превращается в движение, а таковое снова осаждается на осях колес в качестве тепла».

Народившаяся теплотехника, подсказавшая Карно тему его замечательного сочинения, подсказала и творцам закона сохранения и превращения энергии их великую идею. Образ локомотива, появившийся в первой печатной работе Майера, наглядно подтверждает это.

Далее, Майер ставит вопрос о том, «как велико соответствующее определенному количеству силы падения или движения количество тепла», т. е. ставит вопрос о термическом эквиваленте работы. И спользуя соотношение между теплоемкостями газов при постоянном давлении и постоянном объеме, он приходит к выводу, «что опусканию единицы веса с высоты около 365 м соответствует нагревание равного веса воды от 0 до 1°». Таким образом, Майер указал совершенно правильный метод определения механического эквивалента теплоты и правильно оценил его порядок (так же как и Карно). История науки отметила эту заслугу Майера, присвоив уравнению  $sr - cV = R$  название «уравнение Майера».

Особенно замечательно, что Майер из своего результата сделал совершенно правильный вывод о несовершенстве паровых машин. «Если с этим результатом, — пишет он, — сравнить полезное действие наших лучших паровых машин, то увидим, что лишь очень малая часть разводимого под котлом тепла действительно превращается в движение или поднятие груза...» И здесь Майер высказывает замечательный прогноз о необходимости искать «более выгодный путь получения движения иным способом, чем посредством использования химической разности между С и 0, а именно — посредством превращения в движение электричества, полученного химическим путем».

Современные электровозы, сменившие локомотивы, подтвердили правоту Майера. Но задача замены двигателей внутреннего сгорания в автомобилях и тракторах электромоторами, питающимися удобными и экономичными химическими источниками, остается еще не решенной. Можно, подводя итоги, сказать, что, несмотря на двусмысленность термина «силы», неверную меру живой силы ( вместо ), эта работа Майера по праву считается основополагающей в истории закона сохранения и превращения энергии.

Особенно важна идея Майера о качественном превращении сил (энергии) при их количественном сохранении. Майер подробно анализирует всевозможные формы превращения энергии в брошюре «Органическое движение в его связи с обменом вещества», вышедшей в Гейльбронне в 1845 г. Майер сначала думал опубликовать свою статью в тех же «Анналах химии и фармации», в которых была опубликована статья 1842 г., но редактор Либих, сославшись на перегрузку журнала химическими статьями, посоветовал переслать статью в «Анналы» Поггендорфа. Майер, понимая, что Поггендорф поступит с ней так же, как со статьей 1841 г., решил опубликовать статью брошюрой за свой счет.

Таким образом, первая статья Майера не была опубликована вообще, вторая увидела свет в не читаемом физиками химическом журнале, третья — в частной брошюре. Вполне понятно, что открытие Майера не дошло до физиков, и закон сохранения открывали независимо от него и другими путями другие авторы, прежде всего Джоуль и Гельмгольц. Закономерно также, что Майер оказался втянутым в тягостно отразившийся на нем спор о приоритете.

Вернемся к брошюре Майера. Она начинается с указания, что математика получила широкое применение в технике и естествознании, «являясь прочной осью естественнонаучного исследования». Однако в биологии ее влияние незначительно, «между математической физикой и физиологией живо чувствуется пропасть». Задача сочинения Майера—«установить метод, посредством которого оказалось бы возможным сблизить эти обе науки...»

Опять-таки можно поражаться прозорливости Майера и его смелости в выборе цели. Только в наши дни благодаря введению кибернетических методов началось сближение биологии, математики и техники, о котором думал Майер.

Задавшись целью применить идеи механики в физиологии, Майер начинает с выяснения понятия силы. И здесь он вновь повторяет мысль о невозможности возникновения движения из ничего «*Ex nihilo nil fit*» («из ничего ничего не бывает»), сила—причина движения, а причина движения является неразрушимым объектом. «Количественная неизменность данного есть верховный закон природы, распространяющийся равным образом как на силу, так и на материю», — провозглашает Майер. Эта формулировка поразительно напоминает формулировку «всеобщего закона» Ломоносова, распространяемого им «и на самые правила движения».

Заметим, что выдвигание Ломоносовым и Майером всеобщего закона сохранения в качестве «верховного закона природы» принято современной наукой, которая формулирует многочисленные конкретные законы сохранения в качестве основной опоры научного исследования.

Майер считает закон сохранения вещества прерогативой химии, закон сохранения силы — прерогативой физики. «То, что химия выполняет в отношении вещества, осуществляется физикой в отношении силы», — пишет Майер. Он говорит, что единственная задача физики — изучение силы в ее различных формах, исследование условий ее превращения. Таким образом, если химия, по Майеру, является наукой о превращении вещества, то физика является наукой о превращении силы, т. е. энергии.

В своей брошюре Майер перечисляет различные формы силы. Это, во-первых, «живая сила движения», т. е. кинетическая энергия движущихся масс. На второе место Майер ставит «силу падения», т. е. потенциальную энергию поднятого груза. «Величина силы падения измеряется произведением веса на данную высоту; величина движения — произведением движущейся массы на квадрат его скорости. Обе силы

объединены также общим названием: «механический эффект».

Майер упорно опускает коэффициент  $1/2$  в выражении кинетической энергии, но он правильно объединяет потенциальную и кинетическую энергию как две формы механической энергии (механического эффекта).

Упомянув об исторической задаче человека: использовать для получения движения силы природы, — Майер характеризует современную ему техническую практику следующими словами: «Новому времени выпало на долю к силам старого мира — движущемуся воздуху и падающей воде — присоединить еще одну новую силу. Этой новой силой, на действия которой с удивлением смотрят люди нашего столетия, является тепло». И далее Майер утверждает: «Тепло есть сила: оно может быть превращено в механический эффект». На современном языке это утверждение Майера гласит: тепло есть энергия, оно может совершить механическую работу. Он подсчитывает работу локомотива, тянущего состав, и утверждает: «Действующая в локомотиве сила есть тепло».

Майер подробно подсчитывает механический эквивалент теплоты из разности теплоемкостей газа (этот подсчет нередко воспроизводится в школьных учебниках физики) и находит его, опираясь на измерения Делароша и Берара, а также Дюлонга, определивших отношение теплоемкостей для воздуха равным  $367 \text{ кгс} \cdot \text{м/ккал}$ . (1 кгс·м — употреблявшаяся ранее единица работы. Она равна 9,8 Дж.)

Майер приводит данные по теплотворной способности углерода и обращает внимание на низкий коэффициент полезного действия тепловых машин, максимальное значение которого в современных ему машинах составляло 5—6%, а в локомотивах не достигало и одного процента.

Затем Майер переходит к электричеству. Он рассматривает электризацию трением, действие электрофора и указывает, что здесь «механический эффект превращается в электричество». Бегло остановившись на магнетизме, он делает вывод: затрата механического эффекта вызывает как электрическое, так и магнетическое напряжение. Здесь в анализе Майера недостает той законченности и ясности, какая обнаруживается у него при анализе взаимоотношения теплоты и механического движения.

Электричество и магнетизм еще не были изучены столь подробно, как теплота, электрические измерения носили качественный характер, основные понятия не были четко разработаны. Нужно удивляться гениальной интуиции Майера, понявшего, что эти процессы подчиняются закону сохранения энергии.

В заключение своего анализа Майер останавливается на «химической силе». Интересно, что вопрос о химической энергии у него сочетается с вопросом об энергетике солнечной системы. Он указывает, что поток солнечной энергии (силы), являющийся и на нашу Землю, «есть та непрестанно заводящаяся пружина, которая поддерживает в состоянии движения механизм всех происходящих на Земле деятельностей». Майер набрасывает картину того механизма, который обеспечивает жизнь на Земле, круговорот воды и воздуха под действием солнечных лучей и аккумуляции солнечной энергии для жизненных процессов.

«Природа, — пишет Майер, — поставила перед собой задачу поймать на лету льющийся на Землю свет и накопить самую подвижную силу, приведя ее в неподвижное состояние. Для достижения этой цели она покрыла земную кору организмами, которые, живя, поглощают солнечный свет и при использовании этой силы порождают непрерывно возобновляющуюся сумму химических различий. Этими организмами являются растения».

Так Майер раскрыл космическую роль растений и выдвинул перед наукой

проблему фотосинтеза. Недаром строки его книги, посвященные анализу превращений солнечной энергии в живых организмах, вдохновили великого русского ученого К.А.Тимирязева, и он предпослал своей книге «Солнце, жизнь и хлорофилл» эпиграф из этой статьи Майера. Тимирязев подчеркивал в этой книге, что «рассматриваемый с точки зрения Майера процесс усвоения углерода приобретает новый и еще более широкий интерес».

Майер закончил развитие своих идей к 1848 г., когда в брошюре «Динамика неба в популярном изложении» он поставил и сделал попытку решить важнейшую проблему об источнике солнечной энергии. Майер понял, что химическая энергия недостаточна для восполнения огромных расходов энергии Солнца. Но из других источников энергии в его время была известна только механическая энергия. И Майер сделал вывод, что теплота Солнца восполняется бомбардировкой его метеоритами, падающими на него со всех сторон непрерывно из окружающего пространства. В работе 1851 г. «Замечания о механическом эквиваленте теплоты» Майер излагает сжато и популярно свои идеи о сохранении и превращении силы. Здесь он впервые защищает свой приоритет. Он признает, что открытие сделано им случайно (наблюдение на Яве), но «оно все же моя собственность, и я не колеблюсь защищать свое право приоритета». Он ссылается на свою статью 1842 г., цитирует» ее, приводит значение механического эквивалента теплоты, разъясняет свои взгляды на силу, которую он рассматривает как то, что позднее назвали энергией. Майер указывает далее, что закон сохранения энергии, «а также численное выражение его, механический эквивалент теплоты, были почти одновременно опубликованы в Германии и Англии». Он указывает на исследования Джоуля и признает, что Джоуль «открыл безусловно самостоятельно» • закон сохранения и превращения энергии и что «ему принадлежат многочисленные важные заслуги в деле дальнейшего обоснования и развития этого закона». Но Майер не склонен уступать свое право на приоритет и указывает, что из самих его работ видно, что он не гонится за эффектом. Это, однако, не означает отказа от прав на свою собственность.

Спокойный и достойный тон его заявлений о приоритете маскирует ту глубокую душевную травму, которая была нанесена ему «мелкой завистью цеховых ученых» и «невежеством окружающей среды», по словам К. А. Тимирязева. Достаточно сказать, что в 1850 г. он пытался покончить жизнь самоубийством, выбросившись из окна, и остался на всю жизнь хромым. Его травили в газетах, обвиняли скромного и честного ученого в мании величия, подвергли принудительному «лечению» в психиатрической больнице. С негодованием писал К.А.Тимирязев о тех, кто преследовал Майера и искалечил его жизнь «за то только, что он был гениальным ученым в среде окружающей его жалкой посредственности».

Майер умер 20 марта 1878 г. Незадолго до смерти, в 1874 г. вышло собрание его трудов по закону сохранения и превращения энергии под заглавием «Механика тепла». В 1876 г. вышли его последние сочинения «О торричеллиевой пустоте» и «Об освобождении сил».

Джоуль. Широкое, философское понимание закона сохранения энергии Майером, обобщение им закона на явления жизни и космос смущали физиков и рассматривались ими как метафизические размышления. Но проводимые одновременно и независимо от Майера эксперименты Джоуля подвели под обобщения Майера прочную экспериментальную основу.

Джеймс Прескотт Джоуль, манчестерский пивовар, владелец большого пивоваренного завода, родился 24 декабря 1818 г. Он рано увлекся электрическими исследованиями и конструированием электрических

приборов, которые описывал систематически в небольшом специальном журнале. В октябре 1841 г. он опубликовал в «Philosophical Magazine» статью о тепловом эффекте электрического тока, в которой установил, что количество теплоты, выделяемое током в проводнике, пропорционально квадрату силы тока.

Задолго до Джоуля аналогичные исследования были начаты петербургским академиком Э.Х. Ленцем, который опубликовал свою работу в 1843 г. под заглавием «О законах выделения тепла гальваническим током». Ленц упоминает о работе Джоуля, публикация которого опередила публикацию Ленца, но считает, что, хотя его результаты в «основном совпадают с результатами Джоуля», они свободны от тех обоснованных возражений, которые вызывают работы Джоуля.

Ленц тщательно продумал и разработал методику эксперимента, испытал и проверил тангенс-гальванометр, служивший у него измерителем тока, определил применяемую им единицу сопротивления (напомним, что закон Ома к этому времени еще не вошел во всеобщее употребление), а также единицы тока и электродвижущей силы, выразив последнюю через единицы тока и сопротивления.

Ленц тщательно изучил поведение сопротивлений, в частности исследовал вопросе существовании так называемого «переходного сопротивления» при переходе из твердого тела в жидкость. Это понятие вводилось некоторыми физиками в эпоху, когда закон Ома еще не был общепризнанным. Затем он перешел к основному эксперименту, результаты которого сформулировал в следующих двух положениях:

«1. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально сопротивлению проволоки.

2. Нагревание проволоки гальваническим током пропорционально квадрату служащего для нагревания тока».

Точность и обстоятельность опытов Ленца обеспечили признание закона, вошедшего в науку под названием закона Джоуля — Ленца.

Джоуль сделал свои эксперименты по выделению тепла электрическим током исходным пунктом дальнейших исследований выяснения связи между теплотой и работой. Уже на первых опытах он стал догадываться, что теплота, выделяемая в проволоке, соединяющей полюсы гальванической батареи, порождается химическими превращениями в батарее, т. е. стал прозревать энергетический смысл закона. Чтобы выяснить далее вопрос о происхождении «джоулева тепла» (как теперь называется теплота, выделяемая электрическим током), он стал исследовать теплоту, выделяемую индуцированным током. В работе «О тепловом эффекте магнитоэлектричества и механическом эффекте теплоты», доложенной на собрании Британской Ассоциации в августе 1843 г., Джоуль сформулировал вывод, что теплоту можно создавать с помощью механической работы, используя магнитоэлектричество (электромагнитную индукцию), и эта теплота пропорциональна квадрату силы индукционного тока. Вращая электромагнит индукционной машины с помощью падающего груза, Джоуль определил соотношение между работой падающего груза и теплотой, выделяемой в цепи. Он нашел в качестве среднего результата из своих измерений, что «количество тепла, которое в состоянии нагреть один фунт воды на один градус Фаренгейта, может быть превращено в механическую силу, которая в состоянии поднять 838 фунтов на вертикальную высоту в один фут». Переводя единицы фунт и фут в килограммы и метры и градус Фаренгейта в градус Цельсия, найдем, что механический эквивалент тепла, вычисленный Джоулем, равен 460 кгс-м/ккал.

Этот вывод приводит Джоуля к другому, более общему выводу, который он обещает проверить в дальнейших экспериментах: «Могучие силы природы... неразрушимы, и... во всех случаях, когда затрачивается механическая сила, получается точное эквивалентное количество теплоты». Он утверждает, что животная теплота возникает в результате химических превращений в организме и что сами химические превращения являются результатом действия химических сил, возникающих из «падения атомов». Таким образом, в работе 1843 г. Джоуль приходит к тем же выводам, к которым ранее пришел Майер.

Сообщение Джоуля было встречено собранием Британской Ассоциации с недоверием. Джоулю не было еще 25 лет, когда он выступил с этими новыми революционными воззрениями. Однако Джоуль продолжал свои исследования и в 1845 г. опубликовал работу «Об изменениях температуры, вызванных сжатием и разрежением воздуха». Как и в работе 1843 г., экспериментальная установка помещалась в сосуд с водой, служивший калориметром. Установка состояла из нагнетательного насоса и сосуда с воздухом, подвергающимся сжатию. Воздух сжимался до 22 атмосфер, и измерялась выделяемая при этом теплота.

Джоуль показал себя искусным и вдумчивым экспериментатором. Он принял меры для обеспечения постоянства температуры поступающего воздуха, учел поправки на теплоту, производимую трением, и установил, что механический эквивалент тепла в этом опыте равен 795 футо-фунтов на килокалорию (436 кгс·м/ккал). Затем Джоуль поместил в сосуд с водой два одинаковых сосуда, соединенные трубкой. В одном из сосудов воздух был сжат до 22 атмосфер, а из другого выкачан. Когда между обоими сосудами устанавливалось сообщение, измеряли температуру водяного резервуара. Она, как определил Джоуль, оставалась неизменной. Из этого часто описываемого в курсах термодинамики опыта Джоуль сделал вывод, что теплота не может быть веществом, она состоит в движении частиц тела. Из многочисленных опытов по нагреванию воздуха сжатием Джоуль нашел механический эквивалент теплоты равным 798 футо-фунтам на килокалорию (438 кгс·м/ккал).

Во второй работе 1845 г. и в работе 1847 г. Джоуль описывает многочисленные опыты с перемешиванием воды в калориметре. В 1850 г. он произвел новые классические опыты, из которых нашел значение механического эквивалента равным 424 кгс·м/ккал.

За опытами Джоуля с большим интересом следил молодой шотландский физик Вильям Томсон, будущий лорд Кельвин. Томсон еще в 1848 г. считал, что «превращение теплоты в механическую энергию, вероятно, невозможно и, безусловно, еще не открыто». Кажется странным, что современник паровых машин, паровозов и пароходов говорит о невозможности превращения теплоты в механическую энергию, но у Томсона, видимо, речь идет о другом. Он пишет: «Такой вывод можно сделать исходя из всего, что написано на эту тему. Противоположная точка зрения выдвигается Джоулем из Манчестера, поставившим целый ряд в высшей степени интересных опытов по выделению теплоты при трении жидкостей; некоторые хорошо известные явления в области электромагнетизма, по-видимому, в самом деле указывают на переход механической энергии в тепловую, но опыты, при которых имело бы место обратное преобразование, им не проводились».

Томсон знал работу Карно, знал, что Карно стоял на точке зрения теплорода. Ему известно было также, что ни Джоуль, ни кто-либо другой не проводил опытов по превращению теплоты в работу без остатка. Так намечался подход к будущему второму началу термодинамики. Тем не менее

Томсон уже тогда глубоко интересовался работами Джоуля и в пятидесятых годах XIX в. провел совместно с ним знаменитый эксперимент, приведший к открытию эффекта, носящего имя Джоуля — Томсона.

Джоуль продолжал свои эксперименты и в 60-х и в 70-х годах. В 1870 г. он вошел в состав комиссии по определению механического эквивалента теплоты. В состав этой комиссии входили В. Томсон, Максвелл и другие ученые. Но Джоуль не ограничился работой экспериментатора. Он решительно встал на точку зрения кинетической теории теплоты и стал одним из основоположников кинетической теории газов. Об этой работе Джоуля будет сказано позднее.

Как мы уже говорили, Майер считал Джоуля одним из открывателей закона сохранения и превращения энергии. Но тогда уже многие претендовали на приоритет в этом открытии. Датский инженер Людвиг Август Кольдинг доложил в 1843 г. в Королевском Копенгагенском обществе о результатах своих опытов по определению отношения между механической работой и теплотой, которое он нашел равным 350. Майер упоминает о Гольцмане, который в 1845 г. вычислил механический эквивалент теплоты тем же методом, что и Майер. Можно было бы назвать ряд других имен, в той или иной мере причастных к великому открытию. Все это лишнее раз доказывает, что время для открытия закона назрело и что к его открытию приходили разными путями врачи, инженеры, заводчики. Вопреки воззрениям цеховых ученых это красноречиво говорит о том, что жизнь и ее запросы являются основными двигателями научного прогресса.

Джоуль умер 11 октября 1889 г., за пять лет до смерти третьего члена «триады» Германа Гельмгольца.

Гельмголец. Гельмголец был одним из самых знаменитых физиков второй половины XIX столетия, общепризнанным лидером физической науки.

Герман Людвиг фердинанд Гельмголец родился 31 августа 1821 г. в семье потсдамского учителя гимназии, в городе, бывшем резиденцией прусских королей, в том самом Потсдаме, где спустя 124 года после его рождения состоялась Потсдамская конференция, зафиксировавшая разгром фашистской Германии.

Гельмголец получил медицинское образование, и его диссертация, защищенная им в 1842 г., была посвящена строению нервной системы. В этой работе двадцатидвухлетний врач впервые доказал существование целостных структурных элементов нервной ткани, получивших позднее название нейронов.

С 1843 г. начался служебный путь Гельмгольца в качестве потсдамского военного врача. Эскадронный хирург гусарского полка находил время и для занятия наукой. В 1845 г. он едет в Берлин для подготовки к государственным экзаменам на звание врача и здесь усердно занимается в домашней физической лаборатории Густава Магнуса.

Другим учителем Гельмгольца в Берлине был известный физиолог Иоганн Мюллер. В журнале Мюллера Гельмголец опубликовал в 1845 г. работу «О расходовании вещества при действии мышц». В том же, 1845 г. молодые ученые, группировавшиеся вокруг Магнуса и Мюллера, образовали Берлинское физическое общество. В него вошел и Гельмголец. С 1845 г. общество, превратившееся в дальнейшем в Немецкое физическое общество, стало издавать первый реферативный журнал «Успехи физики» («Fortschritte der Physik»).

Научное развитие Гельмгольца происходило, таким образом, в благоприятной обстановке возросшего интереса к естествознанию в Берлине. Уже в первом томе «Fortschritte der Physik in Jahre 1845», вышедшем в

Берлине в 1847 г., был напечатан обзор, выполненный Гельмгольцем по теории физиологических тепловых явлений. 23 июля 1847 г он сделал на заседании Берлинского физического общества доклад «О сохранении силы». Подобно Майеру, Гельмгольц от физиологии перешел к закону сохранения энергии. Так же, как и у Майера, Поггендорф не принял работу Гельмгольца, и она была опубликована отдельной брошюрой в 1847 г.

На чествовании Гельмгольца по случаю его 70-летия он произнес 2 ноября 1891 г. речь, в которой охарактеризовал свой научный путь. Он указал, что под влиянием Иоганна Мюллера заинтересовался вопросом о загадочной сущности жизненной силы. Сам Мюллер в этом вопросе колебался между метафизическим учением виталистов и естественнонаучным подходом. Размышляя над этой проблемой, Гельмгольц в последний год студенчества пришел к выводу, что теория жизненной силы «приписывает всякому живому телу свойства так называемого *perpetuum mobile*». Гельмгольц был знаком с проблемой *perpetuum mobile* со школьных лет, а в студенческие годы «в свободные минуты... разыскивал и просматривал сочинения Даниила Бернулли, Даламбера и других математиков прошлого столетия». «Таким образом, я,— говорил Гельмгольц,— натолкнулся на вопрос: «Какие отношения должны существовать между различными силами природы, если принять, что *perpetuum mobile* вообще невозможен?» и далее: «Выполняются ли в действительности все эти отношения?» В моей книжке о сохранении силы я намеревался только дать критическую оценку и систематику фактов в интересах физиологов». Гельмгольц рассказывал, что авторитеты в то время не только не сочли его мысли известными, но, наоборот, «были склонны отвергать справедливость закона; среди той ревностной борьбы, какую они вели с натурфилософией Гегеля, и моя работа была сочтена за фантастическое умствование...».

Однако в отличие от Майера Гельмгольц не был одинок, его поддержала научная молодежь, и прежде всего будущий знаменитый физиолог Дюбуа Реймон (1818—1896), и молодое Берлинское физическое общество. Что же касается отношения к работам Майера и Джоуля, то Гельмгольц неоднократно признавал приоритет Майера и Джоуля, подчеркивая, однако, что с работой Майера он не был знаком, а работы Джоуля знал недостаточно.

Обратимся к самой работе Гельмгольца. В отличие от своих предшественников он связывает закон с принципом невозможности вечного двигателя (*perpetuum mobile*). Этот принцип принимал еще Леонардо да Винчи, ученые XVII в. (вспомним, что Стевин обосновал закон наклонной плоскости невозможностью вечного движения), и, наконец, в XVIII в. Парижская Академия наук отказалась рассматривать проекты вечного двигателя. Гельмгольц считает принцип невозможности вечного двигателя тождественным принципу, что «все действия в природе можно свести на притягательные или отталкивательные силы». Материю Гельмгольц рассматривает как пассивную и неподвижную. Для того чтобы описать изменения, происходящие в мире, ее надо наделить силами как притягательными, так и отталкивательными. «..Явления природы, — пишет Гельмгольц, — должны быть сведены к движениям материи с неизменными движущими силами, которые зависят только от пространственных взаимоотношений».

Таким образом, мир, по Гельмгольцу, — это совокупность материальных точек, взаимодействующих друг с другом с центральными силами. Силы эти консервативны, и Гельмгольц во главу своего исследования ставит принцип сохранения живой силы Принцип Майера «из ничего ничего не бывает» Гельмгольц заменяет более конкретным положением, что «невозможно при

существовании любой произвольной комбинации тел природы получать непрерывно из ничего движущую Силу». Этот принцип требует, чтобы «количество работы, которое получается, когда тела системы переходят из начального положения во второе, и количество работы, которое затрачивается, когда они переходят из второго положения в первое, всегда было одно и то же, каков бы ни был способ перехода, путь перехода или его скорость».

При этом мерой произведенной работы Гельмгольц считает половину произведения  $(mv)^2$ . «Для лучшего согласования с употребительным в настоящее время способом измерения силы я предлагаю величину  $1/2(mv)^2$  обозначить как количество живой силы, благодаря чему она будет тождественна по величине с величиной затраченной работы». Таков важный шаг, сделанный Гельмгольцем, в развитии закона сохранения энергии. Принцип сохранения живой силы в его формулировке гласит: «Если любое число подвижных материальных точек движется только под влиянием таких сил, которые зависят от взаимодействия точек друг на друга или которые направлены к неподвижным центрам, то сумма живых сил всех взятых вместе точек останется одна и та же во все моменты времени, в которые все точки получают те же самые относительные положения друг по отношению к другу и по отношению к существующим неподвижным центрам, каковы бы ни были их траектории и скорости в промежутках между соответствующими моментами». Гельмгольц выражает этот принцип математически формулой: где  $Q$  и  $q$  - скорости в положениях  $R$  и  $r$ ,  $\Phi$  - «величина силы, которая действует по направлению  $r$ » и «считается положительной, если имеется притяжение, и отрицательной, если наблюдается отталкивание...».

Величину, выражаемую интегралом  $\int \phi dr$ , Гельмгольц называет «суммой напряженных сил между расстояниями  $R$  и  $r$ », и закон сохранения энергии получает следующую формулировку: «увеличение живой силы точки при ее движении под влиянием центральной силы равно сумме соответствующих изменению ее расстояния напряженных сил». Сегодня мы вместо «увеличение живой силы» говорим «приращение кинетической энергии» и вместо «сумма напряженных сил» — «убыль потенциальной энергии».

Переходя к системе точек, Гельмгольц устанавливает общее положение: «Всегда сумма существующих в системе напряженных сил и живых сил постоянна». «В этой наиболее общей форме, — пишет Гельмгольц, — мы можем наш закон назвать принципом сохранения силы».

Сформулировав этот принцип, Гельмгольц рассматривает его применения в различных частных случаях. Он указывает, что сохранение живых сил уже применялось в таких случаях, как движения, происходящие под влиянием силы всемирного тяготения, в явлениях передачи движений при посредстве несжимаемых твердых и жидких тел, в движениях вполне упругих твердых и жидких тел. Остановившись, в частности, на явлениях интерференции волн, распространяющихся в упругой среде, Гельмгольц показывает, что при интерференции «не имеется никакого уничтожения живой силы, а лишь только иное распределение ее».

Рассматривая электрические явления, Гельмгольц находит выражение энергии точечных зарядов и показывает физическое значение функции, названной Гауссом потенциалом. Далее он вычисляет энергию системы заряженных проводников и показывает, что при разряде лейденских банок выделяется теплота, эквивалентная запасенной электрической энергии. Он показал при этом, что разряд является колебательным процессом и электрические колебания «делаются все меньше и меньше, пока, наконец, вся живая сила не будет уничтожена суммой сопротивлений».

Затем Гельмгольц рассматривает гальванизм. Он указывает, что количество теплоты, выделяемое в металлическом проводнике с сопротивлением  $w$  в течение времени  $t$ , «равно, по Ленцу», и показывает, что это соответствует работе электрических сил. Гельмгольц разбирает энергетические процессы в гальванических источниках, в термоэлектрических явлениях, положив начало будущей термодинамической теории этих явлений. Рассматривая магнетизм и электромагнетизм, Гельмгольц, в частности, дает свой известный вид выражения электродвижущей силы индукции, исходя из исследований Неймана и опираясь на закон Ленца.

В своем сочинении Гельмгольц в отличие от Майера уделяет главное внимание физике и лишь очень бегло и сжато говорит о биологических явлениях. Тем не менее именно это сочинение открыло Гельмгольцу дорогу к кафедре физиологии и общей патологии медицинского факультета Кенигсбергского университета, где он в 1849 г. получил должность экстраординарного профессора. Эту должность Гельмгольц занимал до 1855 г., когда он перешел профессором анатомии и физиологии в Бонн. В 1858 г. Гельмгольц становится профессором физиологии в Гейдельберге. В Гейдельберге Гельмгольц много и успешно занимался физиологией зрения. Эти исследования существенно обогатили область знания и практическую медицину. Итогом этих исследований явилась знаменитая «физиологическая оптика» Гельмгольца, первый выпуск которой вышел в 1856, второй — в 1860, третий — в 1867 г.

Здесь же, в Гейдельберге, Гельмгольц проводил свои классические исследования по скорости распространения нервного возбуждения, по акустике. Его книга «Учение о звуковых ощущениях как физиологическая основа акустики» вышла в 1863 г. Наконец, в Гейдельберге вышли его классические работы по гидродинамике и основаниям геометрии.

С марта 1871 г. Гельмгольц становится профессором Берлинского университета. Он создает физический институт, в который приезжали работать физики всего мира, принимает активное участие в организации Государственного физико-технического института — центра немецкой метрологии, первым президентом которого он становится. Умер Гельмгольц 8 сентября 1894 г.

Разными путями шли открыватели закона сохранения и превращения энергии к его установлению. Майер, начав с медицинского наблюдения, сразу рассматривал его как глубокий всеобъемлющий закон и раскрывал цепь энергетических превращений от космоса до живого организма. Джоуль упорно и настойчиво измерял количественное соотношение теплоты и механической работы. Гельмгольц связал закон с исследованиями великих механиков XVIII в.

Идя разными путями, они наряду со многими другими современниками настойчиво боролись за утверждение и признание закона вопреки противодействию цеховых ученых. Борьба была нелегкой и порой принимала трагический характер, но она окончилась полной победой. Наука получила в свое распоряжение великий закон сохранения и превращения энергии.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Физика древности.
2. Античная наука. Возникновение атомистики.
3. Атомистика в послеаристотелевскую эпоху. Архимед.
4. Достижения науки средневекового Востока. Альхазена.
5. Европейская средневековая наука.
6. Научная революция Коперника.
7. Борьба за гелиоцентрическую систему. Галилей.
8. Бэкон и Декарт.
9. Наука в России. М.В.Ломоносов.
10. Развитие науки в XVIII столетии.
11. Развитие механики и волновой оптики в первой половине девятнадцатого столетия.
12. Возникновение электродинамики и развитие ее до Максвелла.
13. Возникновение и развитие термодинамики. Карно.
14. Открытие закона сохранения и превращения энергии.
15. Создание лабораторий.
16. Механическая теория тепла и атомистика. Дальнейшее развитие теплофизики и атомистики.
17. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля. Изобретение

радио. А.С.Попов.

18. Электродинамика движущихся сред и электронная теория.
19. Теория относительности Эйнштейна.
20. Открытия Рентгена, П. и М. Кюри.
21. Первый этап революции в физике. Открытие радиоактивных превращений.
22. Развитие квантовой теории Эйнштейна.
23. Атом Резерфорда - Бора.
24. Идеи де Бройля. Открытие спина.
25. Механика Гейзенберга и Шредингера.
26. Открытие нейтрона. Чедвик.
27. Гипотеза нейтрино. Теория  $\beta$  - распада Ферми.
28. Космические лучи. Андерсон.
29. Открытие Гана и Штрассмана и его последствия для мира.
30. Создание первого реактора. Э. Ферми. Н.Бор.
31. Физика высоких энергий.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Исследования по истории физики и механики./ отв. ред. Г. М. Идлис. - М.: Наука, 2003.
2. Богуш А.А. Очерки по истории физики микромира. М.: Едиториал УРСС, 2004.
3. Бунге М. Философия физики. пер. с англ. Ю. Б. Молчанова. - М.: Едиториал УРСС, 2003.
4. Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики/ пер. с англ. Н. Ф. Овчинникова. - М.: Едиториал УРСС, 2004.
5. Исследования по истории физики и механики./ отв. ред. Г. М. Идлис. - М.: Наука, 2005.
6. Соломатин В.А. История науки: учеб.: Рек. УМО/ В. А. Соломатин. - М.: ПЕР СЭ, 2003.
7. Гейзенберг В. У истоков квантовой теории: Сб. / В. Гейзенберг; сост. А.

- Л. Самсонов.- М.: Тайдекс Ко, 2004.
8. Ильин В.А. История физики: учеб. пособие / В. А. Ильин. - М.: Академия, 2003.
  9. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. М.: Просвещение, 1982.
  10. Льюис М. История физики. М.: Мир, 1970.
  11. Спасский Б.И. История физики. М.: Высшая школа, 1977. Т.1, II.

Критерии оценки при сдаче зачета

1. К сдаче зачета допускаются студенты:
  - посетившие все лекционные занятия данного курса;
  - защитившие реферативные работы;
  - выполнившие все работы по промежуточному контролю знаний на положительную оценку.

При наличии пропусков темы пропущенных занятий должны быть отработаны, т.е. проведены преподавателем устные собеседования по темам лекций. Программные вопросы к зачету доводятся до сведения студентов за месяц до зачета.

2. Критерии оценки:

Итоговая оценка знаний студентов должна устанавливать активность и текущую успеваемость студентов в течение семестра по данному предмету. Оценка «зачет» - ставится при 70 - 100 % правильных ответов на зачете и наличии защищенных реферативных работ.

Самостоятельная работа

1. Достижения науки средневекового Востока. Альхазена. 2 ч.
2. Борьба за гелиоцентрическую систему. Галилей. 2 ч.
3. Развитие науки в XVIII столетии. 2 ч.
4. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля. Изобретение радио. А.С.Попов. 2 ч.
5. Открытия Рентгена, П. и М. Кюри. 2 ч.
6. Создание первого реактора. Э. Ферми. Н.Бор. 2 ч.
7. Механика Гейзенберга и Шредингера. 2 ч.

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ БИЛЕТЫ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 1

1. Физика древности.
2. Наука в России. М.В.Ломоносов.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 2

8. Античная наука. Возникновение атомистики.
9. Развитие науки в XVIII столетии.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 4

1. Достижения науки средневекового Востока. Альхазена.
2. Борьба за гелиоцентрическую систему. Галилей.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 3

1. Атомистика в послеплатоновскую эпоху. Архимед.
2. Бэкон и Декарт.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 5

1. Европейская средневековая наука.
2. Научная революция Коперника.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 6

1. Развитие механики и волновой оптики в первой половине девятнадцатого столетия.
2. Открытия Рентгена, П. и М. Кюри.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 7

1. Возникновение электродинамики и развитие ее до Максвелла.
2. Физика высоких энергий.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 8

1. Возникновение и развитие термодинамики. Карно.
2. Теория относительности Эйнштейна.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ

\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 8

1. Открытие закона сохранения и превращения энергии.
2. Возникновение и развитие теории электромагнитного поля. Изобретение радио. А.С.Попов.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ № 9

1. Механическая теория тепла и атомистика. Дальнейшее развитие теплофизики и атомистики.
2. Атом Резерфорда – Бора.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ №10

1. Электродинамика движущихся сред и электронная теория.
2. Космические лучи. Андерсон.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ №11

1. Первый этап революции в физике. Открытие радиоактивных превращений.
2. Создание первого реактора. Э. Ферми. Н.Бор.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ №12

15. Развитие квантовой теории Эйнштейна.

16. Открытие Гана и Штрассмана и его последствия для мира.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ №13

1. Идеи де Бройля. Открытие спина.
2. Гипотеза нейтрино. Теория  $\beta$  - распада Ферми.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ Кафедра ФМиЛТ  
\_\_\_\_\_ 2002 г Факультет ИФФ  
Заведующий кафедрой Курс 3  
Утверждаю: \_\_\_\_\_ Дисциплина История и  
методология физики

БИЛЕТ №14

1. Механика Гейзенберга и Шредингера.
2. Открытие нейтрона. Чедвик.

