

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт естественных наук  
Кафедра фундаментальной и прикладной химии

## **Биографии известных физикохимиков**

Учебно-методическое пособие



Ижевск  
2024

УДК 544(092)(075.8)

ББК 24.5я73

Б631

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим Советом УдГУ*

**Рецензент:** д-р физ.-мат. наук, профессор, ИМИТиФ ФГБОУ ВО «УдГУ» **М.Д. Кривилев.**

**Составитель:** Макарова Л.Л.

Б631 Биографии известных физикохимиков : учеб.-метод. пособие / сост. Л.Л. Макарова. – Ижевск : Удмуртский университет, 2024. – 85 с. – Текст: электронный.

Учебно-методическое пособие представляет собой дополнение к курсу, содержит биографии выдающихся химиков и ученых XIX—XX столетий, работавших в химической области науки и внесших высокий вклад в развитие такой области химии, как физическая химия.

УДК 544(092)(075.8)

ББК 24.5я73

© Макарова Л.Л., сост., 2024  
© ФГБОУ ВО «Удмуртский  
государственный университет», 2024

## Содержание

Предисловие .....	4
Очерк 1 Сванте Август Аррениус .....	5
Очерк 2 Уильям Генри .....	20
Очерк 3 Герман Иванович Гесс .....	25
Очерк 4 Джозайя Уиллард Гиббс .....	32
Очерк 5 Николя Леонар Сади Карно.....	41
Очерк 6 Рудольф Юлиус Эмануэль Клаузиус.....	45
Очерк 7 Ирвинг Ленгмюр .....	52
Очерк 8 Анри - Луи Ле Шателье .....	60
Очерк 9 Вальтер Герман Фридрих Нернст .....	67
Очерк 10 Макс Карл Эрнст Людвиг Планк .....	78
Список использованной литературы.....	84
Домашнее задание для самостоятельной работы студента: .....	85

## Предисловие

Настоящий сборник биографий является одновременно и своеобразной историей химии: включенный в него материал выходит за рамки жизни и деятельности того или иного творца науки, в каждом очерке содержатся сведения и о других химиках-современниках данного героя, даётся история открытия того или иного физико-химического закона, явления. Это собрание биографий характерно еще и тем, что в нем четко прослеживается связь развития физической химии как науки и судеб отдельных её представителей с такими факторами, как запросы практики, выявляется связь с другими науками, в первую очередь с физикой и биологией. Коллективный характер науки всё сильнее проявляется в процессе развития производительных сил. Особенно заметным он стал в последние 150-200 лет. Вместе с выдающимися открытиями, сделанными в XIXв, в частности, в области физической химии, с разработкой термодинамики, химической кинетики и катализа, учеными были созданы теоретические предпосылки возникновения новых областей исследования и производства.

Цель учебно-методического пособия – дать сведения об открытии физико-химических законов, явлений, показать связь развития физической химии как науки и судеб её отдельных представителей. С другой стороны, вызвать интерес студентов к научной работе.

*Очерк 1*  
**Сванте Август Аррениус**



19.02.185-02.10.1927

Выдающийся шведский физик Сванте Август Аррениус относится к плеяде тех учёных, которые в конце прошлого и начале этого века заложили основы современной науки. Имя крупного деятеля науки всегда связано с чем-то очень определенным, с его основным вкладом в науку. Сванте Аррениусу мы обязаны замечательными открытиями, которые легли в основу современной физической химии. С его именем связано создание теории электролитической диссоциации и введение понятия энергии активации в учение о химических реакциях. Сейчас эти понятия кажутся простыми, но в своё время это были подлинно революционные идеи, внедрение которых в науку позволило уяснить ряд областей, ранее не понятных.

В историю мировой науки он вошёл как классик естествознания. По гениальности мысли, по силе творческой интуиции, по широте охвата и разнообразию научных интересов С. Аррениус принадлежит к числу естествоиспытателей самого крупного масштаба.

Выдающийся шведский учёный был известен не только как химик. С. Аррениус написал много учебников, научных и научно-популярных книг и статей по различным отраслям знания: геофизике и космической физике, астрономии и биологии, физиологии, биохимии и медицине.

Но путь к мировому признанию был для С. Аррениуса совсем не прост. Понадобились годы напряжённой работы, твёрдость убеждений, настойчивость в достижении цели, беспримерное трудолюбие и громадная выдержка.

Широкая программа научных исследований, порождённая теорией Аррениуса, раскрыла перед нами удивительный мир ионного состояния материи. Научная картина мира конца XIX в. во многом определялась трудами физиков и физико-химиков, среди которых С. Аррениус занимал одно из почётных мест.

В своём автобиографическом очерке Аррениус писал: «Переживать и непосредственно участвовать в столь сильном развитии науки является самым большим счастьем, о котором можно только мечтать».

Как горячий сторонник творческого союза между учёными различных стран Сванте Аррениус активно выступал за мир, дружбу и развитие науки для блага всего человечества. Великое и простое, доброе и мужественное сочеталось в характере этого замечательного человека.

Подобно великим натуралистам прошлых времён, Сванте Аррениус включал в область своих научных интересов самые разнообразные проблемы естествознания. Его богатое воображение, подкреплённое обширным запасом знаний, искало взаимосвязей между совершенно различными областями. И как следствие, его оригинальные идеи касались пограничных наук физической химии, геофизики, космической химии, иммунохимии. От мира ионов он мог перейти к миру планет, от изучения гидролиза сахарозы – к изучению сущности жизни и высказать при этом оригинальную идею переноса живого с одной планеты на другую силой светового давления.

Увенчанный научными почестями всего мира, Сванте Аррениус не принял позы великого человека. Его добрая открытая улыбка и простота обхождения располагали к нему и короля Швеции, и почтальон, который каждый день приносил в дом учёного корреспонденцию из различных стран мира.

В ночь с шестого на седьмое августа 1848г. в Стокгольме скончался некоронованный король химии Якоб Берцелиус. Швеция была в трауре. Провожая в последний путь великого ученого, многие, оплакивая тяжелую утрату, думали, родится ли еще в Швеции ученый, слава которого будет равна славе Берцелиуса. И кто мог предположить, что спустя всего лишь 11 лет, 19 февраля 1859г. в Швеции, под Упсалой, в имении Вейк, в семье землемера Густава Аррениуса и Каролины Тюнберг родится сын, который в конце XIX в. возродит славу столицы Швеции как крупного международного центра химической мысли. Немного отойдем от темы....

В 1898г. на торжественном заседании, посвященном пятидесятилетию со дня смерти Я. Берцелиуса, один из учителей Сванте Арре-

ниуса, профессор П.Т. Клеве сказал: «Плащ, упавший с плеч Берцелиуса, носит теперь Аррениус».

Вернемся в семью Густава Аррениуса. Можно понять радость отца, когда у него родился сын. Ему дали имя Сванте. 10 сентября родилась дочь Сигрид.

Фамилия Аррениус произошла от названия сила Агена в приходе Мэллила. Предки Сваете Аррениуса издавна жили на хуторе Клевдала в приходе Иереда. Здесь родился дядя ученого Йоганн Аррениус, известный ботаник, чьи работы оказали весьма сильное влияние на развитие сельского хозяйства в Швеции. Он был в течение многих лет секретарем Сельскохозяйственной академии в Стокгольме. На хуторе Клевдала родился и отец Сванте – Густав Аррениус. Вместе со своим братом Густав уехал в Упсалу, где окончил университет. Он был землемером, впоследствии академическим смотрителем в Упсальском университете и одновременно управляющим старым замком Вейк в провинции Уппланд.

Густав Аррениус, сам получив высшее образование, стремился дать высшее образование своему любимому сыну. В начале 1860-х годов материальное положение отца улучшилось и он, оставив службу управляющего замком, уехал в Упсалу и посвятил себя целиком своей основной работе – работе землемера.

Детские и юношеские годы голубоглазого с белокурыми, как лен, волосами мальчика прошли в старинном университетском городе, расположенной на живописной реке Фюрис. Многие безмятежные дни своего детства провёл Сванте на её берегах.

С детских лет Сванте обнаруживает большие дарования. Он рано начал читать, а в шестилетнем возрасте помогал отцу в казначейских расчётах. Первым домашним учителем Сванте был студент-богослов, который своими наставлениями и строгостью вызвал в мальчике отвращение к религии на всю жизнь. В возрасте восьми лет Сванте поступил во второй класс одной из частных школ в Упсале, где сразу же был зачислен в вундеркинды. В школе Сванте учился совсем недолго: отец перевёл его в реальную гимназию,



где он впервые с большим интересом стал изучать физику и математику.

Весной 1876 г., сдав в гимназии выпускные, Сванте Аррениус получает аттестат зрелости. Что дальше делать – раздумывать не пришлось: рядом был Упсальский университет – знаменитое старинное учебное заведение Швеции, основанное в 1474 г. Через год, в сентябре 1877 г. он становится свидетелем торжественного празднования 400-летнего юбилея Упсальского университета, на котором присутствовали многие иностранные гости. Среди них выделялся Д.И. Менделеев, автор периодического закона и периодической системы химических элементов. Неизвестно, видел ли Сванте Август Менделеева или нет, но мы знаем, что творчество самого Аррениуса близко соприкоснётся с творчеством Д.И. Менделеева.

Студенческие годы Аррениус проводил как типичный студент. Он весело жил, участвовал в традиционных студенческих пирушках и в то же время думал о том, что не за горами государственные экзамены по физике, математике и химии.

Из естественных наук, преподававшихся в университете, своей специальностью Сванте Аррениус выбрал физику, а математику – дополнительной. Аррениус очень много занимался самостоятельно и вскоре создал собственный стиль работы, который значительно выделял его среди других физиков Упсальского университета того времени. Его талант проявлялся прежде всего в поиске соотношений и обнаружении закономерностей, связывающих опытные данные. Аррениус прибегал к эксперименту, но лишь для того, чтобы сделать обобщающие выводы и предложить смелые гипотезы. Именно в этой области ему хотелось выполнить самостоятельные экспериментальные исследования и на их основе подготовить диссертацию и получить доцентуру в родном университете. Планы были хорошие, но реализовать их в университете не удалось. Обстановка на кафедре физике «испарилась» все надежды и закрыла доступ в лабораторию.

«С физикой, которая была моим основным предметом – вспоминал Аррениус, дело обстояло совсем плохо. Достижения А.Й. Ангстрема

в развитии спектрального анализа привели к тому, что вся физика была подавлена господством этой мощной дисциплины. В Упсале, кроме обычных упражнений к подготовительным экзаменам, не было никаких возможностей для практических работ по физике. Открыто говорилось, что профессор не желает, чтобы росли настоящие ученые-физики».

В те годы кафедру занимал профессор физики Т.Р. Таллен, специалист в области спектрального анализа. Он был безупречный экспериментатор, хороший лектор, но эгоистичный человек. Профессор не скрывал своего отрицательного отношения к тем студентам «выскачкам», кто изъявлял желание вести самостоятельные экспериментальные работы в физической лаборатории университета. К таким «выскачкам» Тален причислял и Сванте Аррениуса, талант которого раздражал его многие годы.

Аррениус делал далеко идущие выводы на основании сравнительно малочисленных опытов, а Тален придавал огромное значение точности экспериментальных исследований.

В 1881 г. он успешно сдал экзамены и получил диплом Упсальскоо университета.

Годы, проведенные в университете, много дали способному юноше. Он в совершенстве овладел тремя иностранными языками (немецким, французским и английским), свободно пользовался высшей математикой и уверенно разбирался в современных проблемах физики и химии. В библиотеке университета он научился работать с научной литературой. Все это вместе взятое подготовило двадцатидвухлетнего Сванте Аррениуса к самостоятельной научной работе. Надо было только решать, где это можно осуществить. Уже на последнем курсе Аррениусу стало ясно, что в Упсальском университете ему не будет предоставлена такая возможность. Поэтому посоветовавшись с родителями и друзьями, Сванте Аррениус решает после летнего отдыха ехать в Стокгольм и попытаться там осуществить свою мечту – начать самостоятельные исследования.

В сентябре 1881 г. Сванте Аррениус прощается с родным городом и едет в Стокгольм. Юноша из Упсалы направился в Физический

институт Шведской Королевской Академии наук, где его принял руководитель института Эрик Эдлунд и предложил ему работать в своей лаборатории. Эдлунд, специалист в области изучения электричества, в то время занимался исследованием электрических разрядов в газах, и Сванте Аррениуса он сделал своим помощником в проведении именно таких опытов. Манера работы молодого ученого понравилась руководителю, и он охотно предоставил ему все вспомогательные средства и открыл перед ним кабинеты Академии наук для проведения «электрических исследований».

Зимой 1882-1883 г. старый профессор разрешил ему перейти к самостоятельным исследованиям электропроводности сильно разбавленных растворов электролитов. Клеве, у которого Аррениус обучался химии в Упсале, неоднократно подчеркивал в своих лекциях, что невозможно определить молекулярные массы веществ, которые не переходят в газообразное состояние без разложения. Аррениус понимал, что существенного прогресса химии можно достигнуть только, разработав методы определения молекулярных масс таких веществ. В Стокгольме, работая у Эдлунда, Аррениус вспомнил эту нерешенную проблему в химии и с юношеской смелостью взялся ее решать. «Я предположил, – вспоминает Аррениус, – что определение электропроводности солей в растворах, содержащих, наряду с водою, большое число непроводников, может дать представление о молекулярном весе (исходя из принципа, что сопротивление электролитического раствора тем больше, чем больше молекулярный вес растворителя)».

Аррениус питал надежды найти, на основе изучения электропроводности, способ определения состава вещества, не переходящего в газообразное состояние. Такова была исходная идея намеченной работы. Но полученные экспериментальные данные по электропроводности растворов электролитов меняют первоначальные планы Сванте Аррениуса. Он теряет интерес к проблеме определения молекулярного веса, растворенного неэлектролита и переключает свое внимание на изучение состояния молекулы электролита в растворе. Именно с этого момента, когда Аррениус изменил свою программу

исследований, он сделал первый шаг в ту пограничную область науки, изучение которой приведет его к созданию теории электролитической диссоциации.

В 1884 г. Сванте Аррениус представил в Упсальский университет докторскую диссертацию «Исследование гальванической проводимости электролитов», в которой изложил результаты своих экспериментальных исследований и выводы, вытекающие из них. В этой работе уже содержались основные положения теории электролитической диссоциации. Столь привычные в наши дни представления, что соли, кислоты и основания в водном растворе находятся в большей или меньшей степени в виде свободно движущихся ионов, по мнению химиков того времени, ниспровергали все ранее существовавшие взгляды. В диссертации, написанной в виде тезисов, Аррениус ввел в химию понятие о коэффициенте активности (степени диссоциации). В этой же работе Аррениус дал основы расчета степени гидролиза на основе закона действующих масс. Аррениус поделился своими успехами с профессором П.Т. Клеве. «Я сказал Клеве о том, вспоминал Аррениус, – что установил новую теорию химического действия электролитов». «Это же прямо замечательно», – ответил он высокомерно-иронически. Живой интерес ко мне со стороны Эдлунда не принес мне никакой пользы, скорее, наоборот. Один мой родственник рассказывал мне как-то со слов одного профессора медицины, что среди профессоров философского факультета было предreshено, независимо от результатов защиты диссертации, дать мне такой отзыв, который закроет для меня академическую карьеру».

Так и случилось. Защита диссертации, состоявшаяся 26 мая 1884 г., была продолжительной. С большим волнением Аррениус ждал оценки своей диссертации. Но, не найдя повода отклонить диссертацию, присудили, хотя и не очень охотно, искомую степень.

Хотя Сванте Аррениус и получил степень доктора, однако ему было отказано в должности доцента по физике в Упсальском университете. Для получения этой должности требовалась оценка «с похвалой» как в отношении самой работы, так и в отношении ее

защиты. Однако диссертация получила оценку «не без похвалы», которая и закрыла Аррениусу дорогу в доцентуру. Видимо, Упсальский университет не хотел скомпрометировать себя официальным приглашением в стены автора «сумасшедших» идей.

Но такое отношение к диссертации не обескуражило Сванте Аррениуса. Он не собирался отказываться от надежд посвятить себя исследовательской работе. Несколько экземпляров своей диссертации он послал самым авторитетным в то время ученым: Р. Клаузиусу, Я. Вант-Гоффу, В. Оствальду и Л. Мейеру. «Эти знаменитые люди, – писал Аррениус, – с которыми не могли сравниться даже приблизительно мои упсальские учителя, прислали мне такие ответы, как будто я был их коллегой, а не желторотым школьником. Особенно приветлив был Оствальд». Оствальд решительно поддерживал взгляды Аррениуса. На него произвели очень большое впечатление способы и методы, при помощи которых Аррениус изучал связь между кислотами и основаниями и даже частично решил эту проблему. Рижский ученый хотел посвятить свою деятельность именно ее решению.

Сване Аррениус должен был поехать к Оствальду в Ригу. Однако серьезная болезнь отца нарушила эти планы. Получилось так, что не Сванте Аррениус поехал к Вильгельму Оствальду, а сам Оствальд решил приехать в Упсалу, чтобы лично познакомиться с автором новой фундаментальной идеи в науке. В один из августовских дней 1884 г. в Упсале появился моложавый, белокурый иностранец с тонкими чертами лица. Скоро все узнали, что из Риги к Сванте Аррениусу приехал профессор Вильгельм Оствальд, что привело в смущение упсальских «маленьких пап», как иронически называл Аррениус упсальских профессоров.

Вильгельм Оствальд не только решительно высказался в самых лестных выражениях в пользу идей Сванте Аррениуса, но и предложил ему доцентуру в Риге, что заставило «стариков» колебаться в своем прежнем решении. Под влиянием Оствальда в конце 1884 г. в Упсальском университете была учреждена доцентура по физической химии, которая до этого официально не призна-

валась как научная специальность. Эта доцентура была предоставлена Аррениусу.

То была явная победа, особенно если учитывать, что доводы Вильгельма Оствальда в пользу новых идей Аррениуса принимались весьма скептически.

Из Упсалы В. Оствальд и С. Аррениус вместе поехали в Магдебург на Съезд немецких естествоиспытателей и врачей. Здесь Оствальд выступил с докладом «К учению о химическом средстве», а Аррениус познакомился со многими видными немецкими учеными. Вернувшись в Упсалу в конце сентября, С. Аррениус приступил к работе в Университете. Он прекрасно сознавал, что, до того, как будет проведено основательное экспериментальное исследование, открыто говорить о правомерности гипотезы о диссоциации электролита в растворе преждевременно. В Упсале у Аррениуса не было условий проводить подобные эксперименты. Поэтому он ждал счастливой возможности поехать в Европу, где в лабораториях известных ученых намечался выполнить эксперименты, направленные на утверждение гипотезы о диссоциации электролита в растворе.

Опыты в этом направлении, как считал Аррениус, много обещают в чисто физическом отношении, хотя освещение их с химической стороны делает их вдвойне интересными.

Благоприятные отзывы о докторской диссертации Аррениуса ведущих европейских химиков и физиков дали основание Э. Эдлунду просить Шведскую Академию наук предоставить Аррениусу стипендию (4500 шведских крон) на заграничную командировку для продолжения его физико-химических исследований. Молодой учёный составил программу своих работ в европейских лабораториях. В декабре 1885 г. Сванте Аррениус написал письма Р. Ленцу в Петербург, В. Оствальду в Ригу, Ф. Кольраушу в Вюрцбург с просьбой разрешить ему работать в их лабораториях. Все учёные, к кому обратился Аррениус, любезно согласились предоставить молодому шведскому исследователю свои лаборатории.

А в Петербурге Сванте Аррениус хотел лично познакомиться с Д.И. Менделеевым, Н.А. Меншуткиным, Н.Н. Каяндером, чьи работы он хорошо знал. Но поездка в Петербург не состоялась.

В марте 1886 г. Сванте Аррениус выехал в Ригу, где в химической лаборатории Рижского политехникума, руководимый В. Оствальдом, намечал выполнить серию исследований в области растворов. Оствальд встретил Аррениуса как друга, гостеприимно и радушно. Ему была отведена отдельная комната, где все было приготовлено для физико-химических исследований.

В химической лаборатории Рижского политехникума Сванте Аррениус начал исследовать зависимость электропроводности раствора от внутреннего трения растворителя. Исследования этой зависимости привели ученого к заключению, что сопротивление раствора электролита возрастает с увеличением внутреннего трения или молекулярного веса растворителя. Специально для этих исследований Оствальд создал новый вискозиметр. «В памятных мне и любимых лабораториях Политехникума я вместе с В. Оствальдом проводил исследования, которые остались моими любимыми духовными детьми», – писал впоследствии Аррениус.

В августе 1886 г. Вильгельм Оствальд и Сванте Аррениус отправились в Берлин и в его окрестностях вместе провели каникулы. Затем Аррениус поехал в Вюрцбург к Фридриху Кольраушу, «великому мастеру по определению электропроводности».

Весь зимний семестр 1886-1887 г. Сванте Аррениус провел в Вюрцбурге, продолжая изучать внутреннее трение разбавленных растворов и влияние света на электропроводность галогенидов. Последняя работа доставила большой экспериментальный материал для создания теории, объясняющей механизм процесса с перемещением электронов.

Здесь он познакомился с молодым талантливым немецким ученым Вальтером Нернстом, который в то время писал свою докторскую диссертацию по физике. С Нернстом Аррениуса связывала дружба, очень плодотворная для развития науки.

В Грац Сванте Аррениус выехал в апреле 1887 г. вместе с Вальтером Нернстом. Приехал сюда и Вильгельм Оствальд, который сообщил, что осенью 1887 г. переезжает из Риги в Лейпциг, чтобы занять кафедру физической химии в Лейпцигском университете. По совету Аррениуса в качестве ассистента на кафедре физической химии Оствальд пригласил В. Нернста, который с благодарностью принял это предложение, оставив область физических исследований. В Граце, в лаборатории Людвига Больцмана, Сванте Аррениусу не потребовались «блестящие» идеи Больцмана. Ему предстояло экспериментально обосновать свою «бриллиантовую идею». Он провел серию работ, связанную с изучением проводимости газов. Исследование этого вопроса привело Аррениуса к заключению, что воздух при освещении проводит ток подобно растворам электролитов, т.е. электролитически.

Наступил 1888 год – год примечательных событий в научной жизни Сванте Аррениуса. В феврале 1888 г. он отправился в Амстердам, где находилась лаборатория Якоба Вант-Гоффа.

По пути в Амстердам Сванте Аррениус посетил Макса Планка в Киле. Эта встреча не была случайной: Аррениус был знаком с работами Планка по термодинамической теории разбавленных растворов. В лице Планка он видел единомышленника, который как физик поддержал теорию электролитической диссоциации. Аррениуса не могло не радовать, что независимо от него, исходя из других посылок, Планк пришел к выводу, что «многие факты говорят о том, что во всех разведенных растворах имеет место более или менее полное разложение молекул растворенного вещества.

Сванте Аррениус ценил способности Маркса Планка как физикатеоретика, но знал, что в химии он разбирается слабо. Также он подчеркивал значение математических формулировок Планка, которые сделали новые воззрения физикохимиков более бдительными, а химики оказались против них беспомощными.

Простившись с Планком, Аррениус отправился в Амстердам. В добрый час для физической химии переступил он порог лаборатории Якоба Вант-Гоффа. Автор теории электролитической диссо-



циации протянул руку автору осмотической теории растворов. Тогда весной 1888 г. в небольших комнатах химической лаборатории Амстердамского университета зарождалась широкая программа новых физико-химических исследований.

Вант-Гофф также поддержал теорию электролитической диссоциации. Он измерил электропроводность растворов органических кислот и обнаружил, что закон действующих масс прекрасно подтверждается и в случае слабых электролитов.

Из Амстердама Сванте Аррениус поехал на родину. Здесь летом 1888 г. он работал в лаборатории Э. Эдлунда, во время осеннего семестра читал лекции по физической химии, которые примечательны тем, что впервые перед заинтересованной аудиторией автор теории электролитической диссоциации изложил ее основные положения.

В августе 1888 г. умер профессор Э. Эдлунд, много сделавший доброго для Сванте Аррениуса. В Стокгольмском университете освободилась кафедра физики, которую занимал Эрик Эдлунд. Аррениус выдвинул свою кандидатуру на заведование этой кафедрой, но был забаллотирован.

«Это место я мог бы получить, – писал Сванте Аррениус Густаву Тамману 31 декабря 1888 г., – если бы не мой ревностный противник Тален. Он развил всю свою энергию, и ему, конечно, было трудно сплотить старцев на своей стороне, поскольку он единственный физик-специалист».

Эта неудача больно ударила по самолюбию Сванте Аррениуса, и он решил в феврале 1889 г. вновь поехать к своему другу Вильгельму Оствальду, чтобы иметь возможность работать в области физической химии.

В лаборатории Сванте Аррениус изучал зависимость скорости реакции от температуры и опубликовал в 1889 г. основополагающую работу по химической кинетике.

Весной 1889 г. в Лейпцигскую лабораторию Вильгельма Оствальда из России приехали И.А. Каблуков и В.А. Кистяковский. Сванте Аррениусу Оствальд поручил руководить работой Каблукова. «Те,

кому выпало на долю счастье знать Аррениуса, сохраняют о нем память не только как о выдающемся ученом, но и о человеке, привлекавшим своими душевными качествами и вызывавшим уважение и любовь всех, кому приходилось с ним встречаться», - вспоминал И.А. Каблуков.

В своих письмах к Вильгельму Оствальду, Густаву Тамману, Вальтеру Нернсту Сванте Аррениус описывал, не без юмора, как физики в Швеции старались всеми мерами выбить его «из седла». Поддержка друзей помогала ему в борьбе с противниками.

В 1895 г. освободилось место профессора физики в Высшей Школе. Естественным было бы назначение на эту должность Сванте Аррениуса. Но этого не произошло. Более того, чтобы «выбить его из седла», противники взяли под сомнение компетентность автора теории электролитической диссоциации в области физики и химии. В жизни Аррениуса наступили унижительные дни: его работы были посланы на рецензию в Англию известному физiku В. Томсону, шведу Г. Хассельбергу и датчанину И. Христиансену.

Особенно враждебную позицию занял Г. Хассельберг. Он считал Сванте Аррениуса некомпетентным физиком. Лорд Кельвин и Христиансен признали компетентность Аррениуса и его полное право занять должность профессора физики. При этом, однако, лорд Кельвин высказался против теории электролитической диссоциации. Письмо-рецензию, которое в ответ на запрос лорд Кельвин написал членам совета, кто-то поспособствовал опубликовать в стокгольмской газете.

В 1903 г. Аррениусу была присуждена Нобелевская премия по химии, «как факт признания особого значения его теории электролитической диссоциации для развития химии». Выступая от имени Шведской королевской академии наук, Х.Р. Тернеблад подчеркнул, что теория ионов Аррениуса заложила качественную основу электрохимии, «позволив применять к ней математический подход». «Одним из наиболее важных результатов теории Аррениуса, – сказал Тернеблад, – является завершение колоссального обобщения, за

которое первая Нобелевская премия по химии была присуждена Вант-Гоффу».

Ученый с широким диапазоном интересов, Аррениус проводил исследования во многих областях физики: опубликовал статью о шаровых молниях (1883), изучал влияние солнечной радиации на атмосферу, искал объяснение таким климатическим изменениям, как ледниковые периоды, пытался применить физико-химические теории к изучению вулканической активности. В 1901 г. вместе с несколькими своими коллегами он подтвердил гипотезу Джеймса Клерка Максвелла о том, что космическая радиация оказывает давление на частицы. Аррениус продолжил изучение проблемы и, используя это явление, предпринял попытку объяснить природу северного полярного сияния и солнечной короны. Он также предположил, что в космическом пространстве благодаря давлению света могут переноситься споры и другие живые семена. В 1902 г. Аррениус начал исследования в области иммунохимии – науки, которая не переставала интересовать его в течение многих лет.

После того как в 1905 г. Аррениус вышел в отставку, покинув Стокгольмский университет, он был назначен директором физико-химического Нобелевского института в Стокгольме и оставался на этом посту до конца жизни.

В 1894 г. Аррениус женился на Софье Рудбек. У них родился сын. Однако два года спустя их брак распался. В 1905 г. он женился еще раз – на Марии Йоганссон, которая родила ему сына и двух дочерей. 2 октября 1927 г. после непродолжительной болезни Аррениус умер в Стокгольме.

Аррениус получил много наград и титулов. Среди них: медаль Дэви Лондонского королевского общества (1902), первая медаль Уилларда Гиббса Американского химического общества (1911), медаль Фарадея Британского химического общества (1914). Он был членом Шведской королевской академии наук, иностранным членом Лондонского королевского общества и Германского химического общества. Аррениус был удостоен почетных степеней многих университетов, в т. ч. Бирмингемского, Эдинбургского, Гейдельбергского, Лейпцигского, Оксфордского и Кембриджского.

*Очерк 2*  
**Уильям Генри**



12.12.1774-2.09.1839

Уильям Генри – британский химик, родился в Манчестере, (Англия) 12 декабря 1774 года. Он был сыном Генри Томаса, успешного хирурга и аптекаря. В детстве Уильям получил серьёзную травму, когда на него упала тяжелая балка. Эта травма всю жизнь причиняла ему боль и ограничивала его физическую активность. Как следствие, его потянуло к чтению и учебе.

Раннее образование Уильям получил от преподобного Ральфа Харрисона, который преподавал латынь и греческий язык, а после в Манчестерской Академии. Покинув академию, он поступил на обучение к доктору Персивалю, врачу и ученому.

Уильям оставался с доктором Персивалем пять лет. К концу этого периода он начал изучать болезни в Манчестерской больнице под руководством доктора Ферриара. У учителя и ученика сложились настолько прочные отношения, что в последующие годы Ферриар попросил Уильяма Генри стать его медицинским помощником во время его последней болезни. Зимой 1795–1796 годов Уильям отправился в Эдинбург изучать медицину.

Когда Уильям Генри приехал в Эдинбург, в нем было хорошо известно как ведущий университет медицины и науки. Кафедрой химии на тот момент руководил известный ученый Джозеф Блэк. Хотя Уильям Генри посещал лекции в основном как студент-медик, он ходил на лекции Блэка, и его любовь к науке укрепилась. На него также повлиял доктор Грегори, который возглавлял кафедру практической медицины.

После пребывания в Эдинбурге Уильям присоединился к своему отцу, занимающемуся медицинской практикой в Манчестере. Он также помогал управлять химическим бизнесом, основанным его отцом. Его первый вклад в науку был сделан, когда он представил доклад Королевскому обществу в 1797 году. Он пытался установить, что углерод является элементом.

Физическое здоровье Уильяма затрудняло ему работу в сфере общей практики, поэтому он вернулся учиться в Эдинбург в 1805 году и получил диплом доктора медицины в 1807 году.

Будучи врачом, Уильям Генри работал в Манчестерской больнице и писал статьи в медицинские журналы. Особенно его интересовали заболевания мочевыводящих путей. В связи с этим он изучал мочевую кислоту, анализировал камни в мочевом пузыре и написал эссе о диабете.

По возвращении в Манчестер он продолжил свои исследования газов и в 1808 году описал в *«Философских трудах»* оборудование, которое позволяло сжигать большие количества газа, чем это было возможно в первых трубках. В том же году он был избран членом Королевского общества. В 1809 году он получил медаль Копли от Королевского общества.

В 1800 году Уильям опубликовал в *«Философских трудах»* некоторые работы о солянокислом газе (хлориде водорода). В то время считалось, что все кислоты должны содержать кислород. К 1800 году было известно, что при нагревании поваренной соли с серной кислотой образуется солянокислый газ. Этот газ легко растворяется в воде с образованием соляной или морской кислоты. По аналогии с серной и азотной кислотами предполагалось, что они должны содержать кислород. Было предпринято множество попыток удалить предполагаемый кислород из солянокислого газа, и Уильям Генри приблизился к решению проблемы за несколько лет до того, как этот вопрос был прояснен Хамфри Дэви в 1810 году.

Уильям Генри экспериментировал с солянокислым газом, подвергая его повторяющимся электрическим разрядам. Проведя опыт над ртутью, он получил уменьшение объема. Водород выделялся вместе с белым твердым веществом, которое оказалось каломелью (хлорид ртути (I)). Он повторил эксперименты со смесью солянокислого газа и кислорода, когда добился большего уменьшения объема. Можно интерпретировать это как вызванное разложением хлористого водорода и реакцией водорода с кислородом с образованием воды, в то время как хлор высвобождается в сочетании с ртутью. Когда он проделал тот же эксперимент в отсутствие ртути, он обнаружил, что образовался хлор.

В 1802 году Уильям Генри проводил эксперименты по поглощению газов водой при различных температурах и давлениях. Первоначально он проводил все свои эксперименты при температуре 55 градусов по Фаренгейту. Он показал, что при более высоких температурах поглощается меньше газа. Экспериментируя при различных давлениях, он открыл закон, который теперь носит его имя. Он показал, например, что, если газ сжать до давления, вдвое превышающего нормальное атмосферное, то газа растворится вдвое больше.

Генри опубликовал свой закон в 1803 году в «*Философских трудах* Лондонского королевского общества», а затем опубликовал последующую статью в следующем году в «*Журнале естественной философии, химии и искусств*», широко известном как «*Журнал Николсона*». Вторая статья примечательна тем, что именно в ней Генри написал свою самую цитируемую фразу: «*Каждый газ подобен вакууму для любого другого газа*». Это подводит итог тайне парциального давления, как и всему остальному. Обе эти статьи находятся в коллекции серийных изданий Библиотеки.

Собственно, закон Генри констатирует достаточно простой факт: чем выше давление газа над поверхностью жидкости, тем труднее растворенному в ней газу высвободиться. И это совершенно логично с точки зрения молекулярно-кинетической теории, поскольку молекуле газа, чтобы вырваться на свободу с поверхности жидкости, нужно преодолеть энергию соударений с молекулами газа над поверхностью, а чем выше давление и, как следствие, число молекул в приграничной области, тем сложнее растворенной молекуле преодолеть этот барьер.

Закон Генри объясняет и другое свойство шипучих напитков – характерную пену, которая так и стремится выплеснуться наружу после того, как вы открыли бутылку газировки или шампанского. Чтобы закачать в напиток побольше газа, производители нарочно закупоривают бутылки и банки под большим приповерхностным давлением, а в шампанском оно и вовсе нагнетается само в процессе *ферментации* и естественного выделения двуокиси углерода внутри бутылки.

Он также нашел способ анализа аммиака, подвергая его электрическому разряду с добавлением кислорода в две стадии для потребления водорода, высвобождаемого при производстве воды.

Уильям Генри очень интересовался газами, образующимися в результате деструктивной перегонки угля и нефти. Он проанализировал их составляющие и изучил их пригодность для освещения. Он показал, что такие газы представляют собой смесь оксида углерода (монооксида углерода), карбюраторного водорода (метана), водорода, олефиантного газа (этена) с некоторым количеством углекислого газа (диоксида углерода) и сероводорода (сероводорода). В результате он оказался в противоречии с некоторыми другими авторами, которые утверждали, что олефиантный газ является единственным соединением углерода и водорода и что угольный газ содержит только смесь олефиантного газа и водорода.

В 1821 году Уильям Генри опубликовал в журнале *Philosophical Transactions* доказательство своих первоначальных взглядов. Джон Далтон, Хамфри Дэви, доктор Томсон и он сам исследовали газы, выходящие на поверхность из болот и угольных шахт, и обнаружили, что это одно и то же вещество, которое они назвали карбюраторным водородом. Затем Уильям Генри продемонстрировал, что карбюраторный водород отличается от олефиантного газа, исследуя их реакции с солями аммония, и это предотвращает полное расщепление аммиачной смеси.

Уильям Генри не ограничивался исключительно химией газов. Он провел анализ различных источников соли. О масштабах его познаний в области общей химии показал его учебник химии, ставший стандартным пособием для студентов. Книга была посвящена Джону Дальтону, президенту Манчестерского литературно-философского общества. К 1829 году учебник выдержал одиннадцать изданий.

О личной жизни Уильяма Генри известно в основном из биографии, написанной его сыном Уильямом Чарли Генри.

В последние годы жизни Уильяма, болезни мучившие его всю жизнь, только усилились. Он застрелился в своей личной часовне на Пендлбери, недалеко от Манчестера, в 1836 году.



*Очерк 3*  
**Герман Иванович Гесс**



26.07.1802-01.12.1850

Герман Иванович Гесс является одним из выдающихся русских химиков XIX столетия. Действительный статский советник, ординарный академик Петербургской Академии наук, он вошел в историю химии как вдумчивый исследователь, опытный педагог, искусный лектор, автор первого учебника по химии на русском языке, но больше всего он известен как основатель термохимии.

Гесс родился в Женеве в семье художника. В трехлетнем возрасте был привезен в Россию, где его родители служили тогда гувернерами в богатом подмосковном имении.

В 1817 г. потерял отца, и по решению матери семья переехала в Дерпт (ныне Тарту, Эстония).

В 1822 г. после окончания частной школы и гимназии Гесс поступил на медицинский факультет процветающего тогда Дерптского университета. Факультет был выбран не случайно. Медицина считалась «хлебной наукой» и, кроме того, обучаться на факультете возможно было за казенный счет, получая стипендию, но все же главным было высокое качество преподавания естественных наук. В университете наибольшее влияние на Гесса оказали лекции по физике Г.Ф. Паррота (1767–1852), геогнозии М.Ф. Энгельгардта (1779–1842) и химии Г.В. Озанна (1796–1866). Озанн в то время (1823–1828) заведовал хорошо оборудованной университетской лабораторией. Своими лекциями, а затем советами он оказал существенное влияние на характер последующей научной деятельности Гесса.

Наряду с исследованиями по общей и фармацевтической химии он привлекал его к проведению химического анализа руд и минералов, а затем и к выполнению самостоятельных исследований. Озанн также являлся автором учебника «Руководство по теоретической химии» (1827 г.), где одним из первых в России предложил применять атомистические уравнения для выражения химических реакций и для решения стехиометрических задач. Он отзывался о своем ученике, как об усердном и талантливом студенте, а Энгельгардт считал, что Гесс как исследователь «сможет быть полезным Рос-

сии». Они не ошиблись в своих оценках, более того, Гесс превзошел своего учителя.

В 1844 г. он вместе с Й. Берцелиусом являлся экспертом в споре Озанна и К.Клауса за приоритет в открытии рутения.

3 октября 1825 г. Гесс с отличием окончил университет со степенью доктора медицины. Диссертационная работа была посвящена изучению химического состава и целебного действия минеральных вод России. Она показала, что интересы молодого ученого уже тогда лежали в области химии. После окончания университета Гесс, как государственный стипендиат, обязан был четыре года отработать врачом в Иркутске. Учителя Гесса не только передали ему свои знания и развили способность к самостоятельной работе, но и позаботились о его дальнейшей судьбе. Благодаря усилиям Энгельгардта и Озанна, который состоял в научных и дружеских связях с Берцелиусом, Гесс в виде особого исключения получил возможность до служебной поездки в Сибирь пройти стажировку в лаборатории Берцелиуса, а затем участвовать в геогностической экспедиции Энгельгардта на Урал.

Несмотря на то, что в лаборатории Берцелиуса Гесс проработал всего несколько месяцев и в январе 1826 г. вынужден был вернуться в Россию, с великим химиком его связывала прочная дружба и долготная переписка (1826–1842).

Вернувшись в Россию, Гесс получил назначение в Иркутск – глухую по тем временам сибирскую провинцию, куда прибыл в августе 1826 г. С присущей ему ответственностью он много работал в качестве врача, вместе с тем важное место в его деятельности занимала химия. Он совершал геогностические экспедиции в районе Байкала, исследовал горные породы, проводил анализы минералов и туркинских горячих минеральных вод. По просьбе губернатора исследовал иркутскую поваренную соль для выяснения причин ее гигроскопичности, а также непригодности для засаливания рыбы. Он установил, что причиной недоброкачества соли являлось наличие примесей хлоридов алюминия, кальция и магния. Он также доказал вредное влияние этих примесей на здоровье местных абор-

ригенов и предложил методы очистки и улучшения качества этой соли.

Сообщения о своих исследованиях Гесс посылал в Петербургскую АН. Эти научные работы, а также лестные отзывы Берцелиуса, Озанна и Паррота послужили основанием для избрания его адъюнктом Академии по химии (29.10.1828). Это позволило ему прервать госслужбу в Сибири и в марте 1829 г. выехать из Иркутска в Москву, а затем в Петербург, где он окончательно поселился и посвятил себя химии. 11 августа 1830 г. Гесс получил звание экстраординарного, а в мае 1834 г. – ординарного академика по химии.

1830–1840-е гг. были для Гесса наиболее плодотворными в научной деятельности. Он продолжал химические анализы вод, открыл ряд новых минералов (гидроборацит, вертит, уваровит, фольбортит), изучил названный в его честь минерал гессит (теллурид серебра), исследовал оксиды кобальта, свойства платины, открыл сахарную кислоту (1837), определил ее состав и формулу, изучал состав нефти и древесных смол, выполнил термохимические исследования.

Гесс успешно совмещал научную работу с преподавательской деятельностью. Он получил кафедру в Технологическом институте, был избран ординарным профессором химии и технологии Главного педагогического института, преподавал в Институте корпуса горных инженеров и в Михайловском артиллерийском училище, читал лекции в Институте путей сообщения. Серьезное значение этой деятельности состояло в том, что он ввел новый метод преподавания. Теоретическое изложение материала Гесс совместил с демонстрацией лабораторных опытов и обучением их проведению, а также привлечением молодежи к научным исследованиям. В конце 1820-х – начале 1830-х гг., используя «Учебник химии» Берцелиуса, обучал цесаревича Александра. Существует мнение, что именно этот учебник побудил Гесса к написанию собственного руководства по химии. «В России чувствуется более, чем когда-либо, необходимость изучать химию, и на это нужно тем более обратить внимание, что до сих пор не имелось ни одного хотя бы самого по-

средственного труда на русском языке, посвященного отрасли точных наук», – писал Гесс в докладной записке Конференции АН 7 октября 1831 г., приложенной к его опубликованному учебнику «Основания чистой химии». «Хотя сочинение сие названо основанием чистой химии, но я не упускаю случаев давать при всяком веществе ясное понятие о главнейших его приложениях... Я всегда начинаю с опыта и вывожу из него заключения», – сообщал Гесс в письме к Берцелиусу. Этот принцип изложения материала Гесс использовал и в своей преподавательской работе.

Учебник состоял из трех частей. В первых двух рассматривались 54 простых тела и важнейшие неорганические соединения, в третьей кратко излагалась органическая химия, сведения о химическом анализе, а также описывались химические приборы и пояснялись лабораторные приемы исследований. «Основания чистой химии» выдержали семь изданий (1831–1849). Каждое новое издание содержало необходимые дополнения и отражало последние достижения химии. «Я не щадил трудов, дабы книга моя соответствовала современному состоянию науки», – отмечал Гесс в предисловии к 7-му изданию. Эта книга стала образцовым отечественным учебником по химии первой половины XIX в.; по нему училось целое поколение русских химиков, среди которых А.А. Воскресенский, Н.Н. Зинин, Н.Н. Бекетов, А.М. Бутлеров, Д.И. Менделеев и другие.

В 7-м издании «Оснований» Гесс впервые в России предпринял попытку систематизации химических элементов. По сходству химических свойств он объединил все известные неметаллы в пять групп и сопоставил их атомные веса, полагая, что в дальнейшем подобная классификация может быть распространена и на металлы. Несомненной заслугой Гесса являлось и то, что в своем учебнике он применил разработанную совместно с С.Я. Нечаевым (1789–1862), М.Ф. Соловьевым (1785–1856) и П.Г. Соболевским (1782–1841) русскую химическую номенклатуру, которая вышла отдельным изданием под названием «Краткий обзор химического именословия» (1835 г.). В дальнейшем она была дополнена Менделеевым.

В начале 1830-х гг. Гесс начал заниматься исследованием малоизученных в то время тепловых эффектов химических и физико-химических процессов. К термохимии его привлекли поиски новых путей изучения химического сродства и строения химических соединений. Уже в 1-м издании своего учебника (1831 г.) он высказал предположение о том, что тепловой эффект химической реакции может служить мерой сродства между реагирующими веществами и что чем сильнее взаимное сродство, тем более и тепла отделяется. Позднее в письме Берцелиусу он писал: «...у меня уже нет никаких сомнений по поводу основного вопроса: выделяемое тепло есть мера сродства...».

Проблема тепловых явлений, возникающих при химических реакциях, уже имела длительную историю. Их изучение началось в середине XVIII в. Важнейшие выводы из калориметрических исследований были сделаны Дж. Блэком, А. Лавуазье и П. Лапласом; М.В. Ломоносов определял теплоты растворения, его друг Г. Рихман сформулировал правило об изменении температуры при смешении жидкостей. В 1819 г. П. Дюлонг и А. Пти сформулировали закон постоянства атомных теплоемкостей, который в немалой степени повлиял на становление термохимии. К началу 1830-х гг. было накоплено множество экспериментальных данных, но они еще не имели должных обобщений и систематического изучения. Именно систему внес Гесс в эти исследования. Его работы, по существу, открыли новую эпоху в отечественной химии и положили начало самостоятельному существованию научной термохимии.

Гесс на основании хорошо продуманных экспериментальных исследований сформулировал два основных закона термохимии. Это закон постоянства сумм тепла, носящий его имя: «Когда образуется какое-либо химическое соединение, то при этом всегда выделяется одно и то же количество тепла независимо от того, происходит ли образование этого соединения непосредственно или же косвенным путем и в несколько приемов», т.е. тепловой эффект реакции зависит только от начального и конечного состояния системы реагирующих веществ. Этот закон дает возможность «определить числами»

тепловые эффекты химических процессов, когда непосредственное измерение их невозможно.

Второй закон или закон термонеutrальности, согласно которому: «Если вы приготовите два раствора нейтральных солей, имеющих одинаковую температуру и образующих при обменном разложении две новые соли, то температура их смеси не изменится, в других случаях изменение температуры едва заметно, так что эти нейтральные растворы, смешиваясь друг с другом, оказываются термонеutrальными».

Эти формулировки законов Гесса предал гласности на конференциях Петербургской АН 27 марта и 16 октября 1840 г. С тех пор они не претерпели заметных изменений и сыграли существенную роль в развитии термохимии.

К сожалению, ранняя смерть Гесса прервала термохимические исследования в России. Он умер в Петербурге в ночь на 1 декабря 1850 г.

Интересную характеристику личности Гесса мы находим в воспоминаниях людей, близко знавших его. Он имел прямой характер, открытую душу, легко предавался всему, что казалось ему добрым и благородным. От природы обладал колким умом, выражался иногда жестко. Друзья удивлялись гибкости, своеобразности и глубине его ума, разносторонности познаний, правдивости его возражений и умению по своему желанию направлять беседу.

*Очерк 4*  
**Джозайя Уиллард Гиббс**



11.02.1839-28.04.1903



Джозайя Уиллард Гиббс – американский физик-теоретик, один из создателей термодинамики и статистической механики. Разработал теорию термодинамических потенциалов, открыл общее условие равновесия гетерогенных систем – правило фаз, вывел уравнения Гиббса – Гельмгольца, Гиббса – Дюгема, адсорбционное уравнение Гиббса. Установил фундаментальный закон статистической физики – распределение Гиббса. Уиллард предложил графическое изображение состояния трехкомпонентной системы (треугольник Гиббса). Заложил основы термодинамики поверхностных явлений и электрохимических процессов. Ввел понятие адсорбции.

Загадка Гиббса состоит в том, что прагматическая Америка в годы царствования практицизма произвела на свет великого теоретика. До него в Америке не было ни одного теоретика. Впрочем, как почти не было теоретиков и после. Подавляющее большинство американских ученых — экспериментаторы. Джозия Уиллард Гиббс родился в Нью-Хейвене, штат Коннектикут, в семье профессора Йельского университета.

В течение шести поколений его семья славилась в Новой Англии своей ученостью. Один из его предков был президентом Гарвардского университета, другой – секретарем Массачусеттской колонии и первым президентом Пристонского университета. Отец Гиббса считался выдающимся теологом. Когда Уиллорду Гиббсу было десять лет, он начал учиться в небольшой частной школе в Нью-Хэйвене, расположенной в том же квартале, что и его дом. Он рос тихим, застенчивым мальчиком, всегда следовал за другими, никогда не был вожаком, но и никогда не оставался в стороне.

В 1854 году юноша поступил в Йельский университет, а в 1858 году Гиббс получил диплом бакалавра. В те годы в Шеффилде создавалась научная школа.

В 1847 году при ней была открыта аспирантура. Но только в 1861 году эта школа получила право присуждать степень доктора физики. Гиббсу со временем суждено было стать величайшим американским теоретиком науки, но его обучение шло по линии американского практицизма.

В 1863 году он первый в Америке получил степень доктора физики за работу по инженерной механике. Диссертация называлась «О форме зубцов в зубчатом сцеплении». Он тут же получил место преподавателя в колледже на три года.

Отец Гиббса умер в 1861 году, оставив детям 23 500 долларов. Таким образом, Уиллард Гиббс мог жить на небольшой доход. Преподавая, У. Гиббс не переставал заниматься своим любимым делом – механикой. Он написал несколько работ о паровых турбинах и изобрел железнодорожный тормоз, работающий под действием силы инерции поезда.

Когда окончился срок его преподавания в Йеле в 1866 году, Гиббс вместе с двумя сестрами отправился за границу. Это был поворотный момент в его карьере. В Европе он получил углубленное образование, ставшее прочным фундаментом для самой главной работы в его жизни.

Сначала он занимался в Сорбонне и Коллеж де Франс. По шестнадцать часов в неделю Гиббс слушал лекции и занимался у таких физиков и математиков, как Дюамель и Лювилль. Здесь же Уиллард Гиббс впервые прочел работы Пьера Симона Лапласа, Симеона Дени Пуассона, Жозефа Луи Лагранжа и Огюстена Луи Коши. На следующий год он отправился в Берлин, где учился у Кундта и Вейерштрассе. Проведя год в Берлине, он переехал в Гейдельберг, где читали лекции такие выдающиеся ученые, как Кирхгоф, Кантор, Бунзен и Гельмгольц, от которых он узнал еще больше о теоретической физике.

Вернувшись в Америку в 1869 году, Уиллард Гиббс поселился в доме отца в НьюХэйвене вместе с сестрой, которая во время заграничной поездки вышла замуж.

13 июля 1871 года в ведомостях Йельского университета было напечатано сообщение о том, что «мистер Джозия Уиллард Гиббс назначен профессором математики и физики, без жалованья, на факультет философии и изящных искусств». Эта кафедра была первой в Америке. Только потому, что окружающие хорошо знали возможности Гиббса и верили в его большое будущее, Йельский универси-

тет счел возможным назначить его на этот пост. Став профессором, Уиллард Гиббс читал механику, волновую оптику, векторный анализ, теорию электричества и магнетизма.

В 1873 году появились его первые термодинамические работы «Графические методы в термодинамике жидкостей» и «Метод геометрического представления термодинамических свойств веществ при помощи поверхностей». В большом исследовании «О равновесии гетерогенных систем», опубликованном в 1875-1878 годах, Гиббс развил и широко применил свое учение.

Исаак Ньютон в свое время расширил понятие о равновесии, включив в него движение. Его открытие произвело одну из величайших в истории интеллектуальных революций. Работа Гиббса имеет не меньшее значение. Он расширил понятие о равновесии, включив в него изменение состояния материи. Лед становится водой, вода превращается в пар, пар превращается в кислород и водород. Водород, соединяясь с азотом, превращается в аммиак.

Любой процесс в природе есть процесс изменения; законы подобных изменений были открыты Гиббсом. Так же как Ньютон открыл законы механики, Гиббс создал законы физической химии, которая стала основной химической наукой. Гиббсу предстояло найти единицу измерения состояния вещества, которая бы показывала, подвергнется ли это вещество какому-нибудь превращению или останется прежним. Ключом для открытия Уилларда Гиббса стала скорость частички, пропорциональная ее энергии.

Наука, изучающая тепловую энергию, называется термодинамикой. Гиббс писал: «Законы термодинамики выражают поведение систем, состоящих из большого количества частиц». Вода, нагреваемая при постоянном объеме, теряет определенное количество теплоты, которое уходит во внутреннюю структуру молекулы. Жидкий аммиак при такой же трансформации, превращаясь в газообразный аммиак, также теряет какое-то количество теплоты. Это свойство внутреннего поглощения теплоты получило название энтропии.

Количественное изменение энтропии в каждой реакции имеет громадное значение. Изменение энтропии, происходящее при кипя-

чении жидкостей в постоянном объеме, равняется теплоте испарения, деленной на температуру кипения. Изменения энтропии в каждой реакции можно узнать простым арифметическим действием: количество калорий, необходимых для протекания реакции, делится на температуру в градусах, при которой происходит реакция. Гиббс ввел слово «энтропия» в качестве термина в термодинамику. В этих двух примерах лишь один компонент (вода в первом случае и аммиак в другом) изменил фазу, перейдя из жидкости в газ. Уиллард Гиббс расширил это понимание, включив в него несколько компонентов, так что можно было рассматривать смеси жидкостей и смеси твердых веществ.

Когда же он еще далее расширил границы своей теории, охватив ею компоненты, которые соединяются друг с другом, он, наконец, открыл уравнение, описывающее химические реакции и их равновесие. Для таких систем У. Гиббс определил новые величины, связанные с энтропией, которые позволили ему предсказать заранее, произойдет или не произойдет химическая реакция или физическое превращение, и, если произойдет, то до каких пор реакция будет продолжаться. Он назвал эти величины химическими потенциалами.

Так же как энтропия, химические потенциалы являются физическим свойством вещества. Результатом этих исследований явилось знаменитое правило фаз Гиббса. Он изложил его всего на четырех страницах, не приведя какого-либо конкретного примера. В течение последующих пятидесяти лет ученые написали множество книг и монографий, посвященных правилу фаз Гиббса, описывая его применительно к минералогии, петрографии, физиологии, металлургии и всем остальным областям науки.

Правило устанавливало условия, которые необходимо соблюдать для того, чтобы определенные соединения находились в состоянии равновесия в различных фазах: в жидком, твердом и газообразном состояниях. Вскоре оно было признано наиболее важным линейным уравнением в истории науки. В течение пятидесяти лет после открытия Гиббса химия проникла во все главные отрасли мировой индустрии. Благодаря результатам работ Гиббса выплавка стали

сделалась химическим процессом, так же, как и выпечка хлеба, изготовление цемента, добыча соли, производство жидкого топлива, бумаги, вольфрамовой нити для электрических лампочек, одежды и сотни тысяч других предметов.

Труды Гиббса были использованы также для объяснения действия вулканов, физиологических процессов, происходящих в крови, электролитического действия аккумуляторов и для производства химических удобрений. В течение пятидесяти лет после смерти Гиббса четыре раза Нобелевская премия присуждалась работам, основанным на его трудах. Вскоре после окончания своего классического исследования весной 1879 года Уиллард Гиббс был избран членом Национальной академии США, в 1880 году – членом Американской академии наук и искусств в Бостоне.

Научная слава Гиббса быстро росла после опубликования его термодинамических работ. Он избирается членом многих зарубежных академий и научных обществ, получает научные награды. Помимо термодинамики, Уиллард Гиббс сделал ценный вклад в векторную алгебру. В природе существует много величин, которые необходимо характеризовать не только количественно, но и по направлению. Векторная алгебра Гиббса упростила обращение с пространством. Обобщенный гиббсовский вектор стал со временем мощным орудием науки, родившейся, когда Гиббс был уже в преклонном возрасте, и так и оставшейся ему неизвестной – теории относительности. В своих ранних исследованиях: равновесия Уиллард Гиббс исходил из предположения, что материя является сплошной массой.

Позже он осознал, что материя состоит из мельчайших частиц, находящихся в движении. Он пересмотрел свою термодинамику с учетом этого открытия, разбирая термодинамические явления на статистической основе. Ньютоновская механика стала статистической механикой. В 1902 году вышел фундаментальный труд Гиббса «Основы статистической механики». Основываясь на совершенно самостоятельных предположениях, Уиллард Гиббс при помощи статистической механики открыл новый смысл энтропии и других

родственных величин, которые казались такими могущественными в первом приближении. На основе классического второго закона термодинамики современники Гиббса предсказывали «конец света», когда энтропия Вселенной приблизится к максимуму, то есть выйдет за пределы, после которых будет невозможен переход энергии в виды, пригодные для использования. Это состояние было названо «тепловой смертью». Ее ужасающее описание дал знаменитый писатель-фантаст Герберт Уэллс в романе «Машина времени». Статистическая механика Уилларда Гиббса показала, что такой исход все не неизбежен.

Оказалось, что шансы на «спасение» ученые значительно преуменьшили. Ньютон ничего не знал о строении планет и звезд. Его уравнения движения планет не находились в зависимости от их природы и были совершенно верны в пределах ньютоновской механики. Гиббс и его современники ничего не знали о структуре молекулы. Сам Гиббс понимал это. Он писал: «Тот, кто основывает свою работу на гипотезе, относящейся к строению материи, возводит здание на песке». Подобно Ньютону, Гиббс обладал даром провидения, и его статистическая механика пережила все последующие открытия в атомной и ядерной физике. Уиллард Гиббс подошел к основным истинам природы так близко, как это делали до него лишь величайшие ученые. Работы Гиббса трудно читать и понимать. Он делал несколько предварительных набросков, потом развивал свои исследования в уме, пока они не достигали полного совершенства. Когда же он принимался излагать свои теории на бумаге, он опускал промежуточные этапы в ходе своих рассуждений, так как ему казалось, что они уже не имеют значения. Труды Гиббса нашли широкое понимание и применение только через десять-двадцать лет.

В трехвековой истории современной науки можно насчитать не более десятка идей такой же важности и глубины, как теория равновесия, принадлежащая Гиббсу. И в каждом случае требовалось, по меньшей мере, два десятилетия, чтобы эти новые идеи были восприняты во всем их объеме.

Коллеги Гиббса по Йельскому университету, вероятно, не понимали значения его работы, но они, разумеется, знали, что он гений. Уиллард Гиббс был стройным человеком среднего роста, спокойным и уверенным, с типичным лицом янки. Аккуратная борода, которую он носил по тогдашней моде, придавала ему респектабельность. Голос у него был тонкий, говорил он учтивой скороговоркой. О нем, человеке быстрого ума, со склонностью к тонкой иронии, дети вспоминали только как о добром и мягком дяде Уилле.

Взгляд его ярко блестящих глаз был пронизателен и остр. Он умел нести смешную чепуху, затевать веселые игры и шалости и не очень стремился к новым знакомствам. «Мне необходим был совет, и я знал, что он может помочь мне не только потому, что он великий ученый, но и потому, что я чувствовал в нем доброго и чуткого человека» – так говорили о Гиббсе его племянники, племянницы, друзья и студенты. Уиллард Гиббс был одним из тех людей, чью скромность можно назвать страстью. В течение своей жизни он получил девятнадцать наград и почетных дипломов, в том числе главную международную премию за научные достижения. Но даже самые близкие его друзья не знали о его успехах в полной мере до тех пор, пока не прочли некролога в газетах. Основываясь на трудах Гиббса, Джеймс Максвелл заказал объемную гипсовую модель кривых Гиббса и послал ему в подарок. Трудно было придумать лучший знак восхищения одного великого ученого другим.

Студенты, которые хорошо знали происхождение модели, спросили у него однажды: – Кто прислал вам эту модель? Он ответил коротко: – Один приятель. – А кто этот приятель? – Один англичанин. Долго оставалось загадкой, каким образом у Максвелла в самом расцвете его славы нашлось достаточно времени и пронизательности, чтобы раскопать статьи Гиббса, которые были напечатаны в никому не известном журнале Коннектикутской академии наук. Но и эта тайна была, в конце концов, разгадана. Максвелл узнал о статье Гиббса весьма простым способом – он получил ее по почте. Гиббс, которого постоянно обвиняли в том, что он не интересуется отзывами других ученых о своей работе, рассылал отписки

своих статей наиболее известным ученым. Гиббс составил список из пятисот семи имен ученых, живших в двадцати странах. В течение своей жизни он написал двадцать монографий и каждую из них лично послал тем ученым из своего списка, для которых они могли представлять интерес. Работа для Гиббса служила оправданием всей его жизни, и он был счастлив, потому что знал, насколько велик его труд.

Последние годы его жизни были омрачены не только потерей сестры и близких друзей, но также и появлением новых революционных идей в области физики, рентгеновских лучей, электронов. Он еще не знал, как эти неожиданные открытия могут быть совместимы с его понятием о Вселенной. Однажды новое открытие настолько расстроило его, что он сказал своим студентам, растерянно качая головой: «Пожалуй, настало время мне уходить». Он чувствовал себя усталым, одиноким, и то, что раньше оправдывало его жизнь, казалось, ушло навсегда. Но Уиллард Гиббс тревожился напрасно.

Он умер 28 апреля 1903 года, но квантовая механика не опровергла его трудов. Немецкий физик Макс Планк, читая лекции по теоретической физике и объясняя свою теорию в Колумбийском университете в 1909 году, в частности, сказал: «Как глубоко охватывает это предложение (принцип возрастания энтропии) все физические и химические отношения, на это лучше и полнее других было указано Джозия Уиллардом Гиббсом, одним из наиболее знаменитых теоретиков всех времен не только Америки, но и всего мира».



*Очерк 5*  
**Николя Леона́р Сади́ Карно́**



01.06.1796-24.08.1832

Отцом мальчика был Лазар Карно – прославленный инженер, революционный деятель и математик, а младшим братом – общественный деятель Ипполит Карно. Дома мальчик получил отменные начальные знания. В 1812 отлично закончил обучение в лицее Карла Великого, а затем получил разрешение на поступление в Политехническую школу. Она в те времена считалась лучшим французским образовательным заведением.

По окончании школы Сади стал одним из лучших по успешности, поэтому его отправили в инженерную школу города Мец учиться. В 1816, успешно окончив обучение, его перевели в инженерный полк, которым командовал Наполеон, где Сади служил на протяжении нескольких лет. Одновременно с этим произошли «Сто дней» Бонапарта. Император сделал Лазара Карно министром внутренних дел. Разгром правителя вынудил отца Карно бежать из страны в 1815. Встретивши падение Наполеона в 1819, военный инженер покинул службу и увлекся изучением математики, физики, экономики и искусств.

В 1824 году вышла первая и единственная работа Сади Карно — «Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу» (*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*). Эта работа считается основополагающей в термодинамике. В ней был произведён анализ существовавших в то время паровых машин, и были выведены условия, при которых КПД достигает максимального значения (в паровых машинах того времени КПД не превышал 2 %). Помимо этого, там же были введены основные понятия термодинамики: идеальная тепловая машина, идеальный цикл, обратимость и необратимость термодинамических процессов. По сути, Карно сформулировал первое (закон сохранения энергии) и второе начала термодинамики (в формулировке «Наибольший КПД теплового двигателя не зависит от рабочего тела и определяется только температурой, в пределах которой двигатель работает», в которой вместо энтропии фигурирует тепло).

### ***Цикл Карно и его особенности***

Цикл Карно – это идеальный тепловой цикл, который состоит из двух изотермических и двух адиабатических процессов. Он был предложен Сади Карно в 1824 году и является основой для понимания работы тепловых машин.

Изотермические процессы в цикле Карно происходят при постоянной температуре. Во время этих процессов тепловой двигатель находится в контакте с источниками тепла и поглощает или отдает тепло.

Во время изотермического расширения газ внутри двигателя расширяется и выполняет работу, поглощая тепло от источника высокой температуры. Во время изотермического сжатия газ сжимается и совершает работу, отдавая тепло источнику низкой температуры.

Адиабатические процессы в цикле Карно происходят без теплообмена с окружающей средой. Во время этих процессов газ внутри двигателя сжимается или расширяется без обмена теплом.

Во время адиабатического сжатия газ сжимается, при этом его температура и давление увеличиваются, а объем уменьшается. Во время адиабатического расширения газ расширяется, при этом его температура и давление уменьшаются, а объем увеличивается.

### ***Особенности цикла Карно***

Цикл Карно имеет несколько особенностей, которые делают его идеальным и позволяют определить максимальную эффективность тепловых двигателей:

Цикл Карно состоит из реверсивных процессов, то есть процессов, которые могут проходить в обратном направлении без потери энергии. Это позволяет достичь максимальной эффективности.

Цикл Карно работает между двумя источниками тепла разных температур. Источник высокой температуры называется горячим резервуаром, а источник низкой температуры – холодным резервуаром.

Цикл Карно является обратимым, то есть его можно выполнить в обратном направлении, чтобы восстановить исходное состояние системы.

Максимальная эффективность тепловых двигателей, работающих по циклу Карно, определяется только разностью температур горячего и холодного резервуаров.

Цикл Карно является идеальным и служит стандартом для сравнения эффективности других тепловых циклов. Он позволяет определить максимально возможную эффективность тепловых двигателей и оптимизировать их работу.

В 1828 году Карно оставил военную службу. Он много работал, при том что в 1830 году произошла очередная французская революция. Умер Карно в 1832 году от холеры. По правилам всё его имущество, в том числе и бумаги, было сожжено. Таким образом, его научное наследие было утрачено. Уцелела только одна записная книжка – в ней сформулировано первое начало термодинамики.

Эйнштейн был настолько восхищен термодинамикой, что в конце жизни в автобиографических заметках писал: «Теория производит тем большее впечатление, чем проще ее предпосылки, чем разнообразнее предметы, которые она связывает, и чем шире область ее применения. Отсюда глубокое впечатление, которое произвела на меня классическая термодинамика. Это единственная теория общего содержания, относительно которой я убежден, что в рамках применимости ее основных понятий она никогда не будет опровергнута».

В 1970 г. Международный астрономический союз присвоил имя Сади Карно кратеру на обратной стороне Луны.

*Очерк 6*  
**Рудольф Юлиус Эмануэль Клаузиус**



2.02.1822-24.08.1888

Рудольф Клаузиус родился 2 января 1822 года в Кёслине, в Померании, Германия. Первое образование будущий ученый получал в частной школе, которую основал его отец. С детства он проявлял интерес к наукам, любил читать и познавать новое.

Впоследствии он поступил в городскую гимназию Штеттина (на немецком *Щецине*) и там продолжил часть своего обучения.

В 1840 году он поступил в Берлинский университет, который он закончил четыре года спустя, в 1844 году. Там он изучал физику и математику. Клаузиус получил докторскую степень в Университете Галле в 1848 году, защитив диссертацию об оптических эффектах атмосферы Земли

В докторской диссертации Клаузиуса о преломлении света было высказано предположение, что голубое небо, наблюдаемое в течение дня, и различные оттенки красного на восходе и закате (среди других явлений) являются результатом отражения и преломления света. Позже лорд Рэлей покажет, что цвет неба был вызван рассеянием света. Тем не менее Клаузиус использовал гораздо более математический подход, чем его предшественники.

Спустя 2 года, Рудольф Клаузиус опубликовал свою первую работу: «О движущей силе тепла и о законах, которые могут быть получены из учения о теплоте». Это работа была продолжением работ Карно и Клапейрона. В работе ученый рассматривает вопросы взаимного превращения теплоты и работы. обобщает уравнения, полученные Клапейроном (уравнения фазового перехода) для жидкостей и твердых тел. Продолжает поиски вида функции Карно, ищет приемы механического аналога теплоты, утверждает, что при работе тепловой машины происходит не перераспределение теплоты между холодильником и нагревателем, а тепло переходит частично в работу.

С этого же года ученого приняли на должность профессора в Берлинскую Королевскую артиллерийскую инженерную школу. Это было не единственным местом работы, за всю жизнь ему удалось поработать в нескольких университетах:

- Швейцарская Политехническая школа (с 1855 г.);

- Университет Цюриха (с 1857 г.);
- Вюрцбургский университет (с 1867 г.);
- Боннский университет (с 1869 г. – профессор, а с 1884 - ректор).

В 1857 году Клаузиус сосредоточился на изучении области кинетической теории; Именно в это время он начал экспериментировать с концепцией «свободного на полпути через частицу».

Этот термин относится к расстоянию между двумя встречающимися, один за другим, молекулами, из которых состоит газ. Этот вклад был также очень актуален для области физики

Три года спустя Клаузиус женился на Адельхейде Римфаме, с которой у него было шестеро детей. Она умерла в 1875 году, родив двух последних детей пары.

Клаузиус находился в Швейцарском федеральном технологическом институте в течение нескольких лет, вплоть до 1867 года, и там он посвятил себя занятиям физикой. В том же году он переехал в Вюрцбург, где он также работал учителем.

В 1868 году он получил членство в Королевском обществе Лондона. Он преподавал в Вюрцбурге до 1869 года, после чего он начал преподавать физику в Боннском университете в Германии. В этом университете он преподавал до конца своей жизни.

Клаузиус участвовал в франко-прусской войне, тогда ему было около 50 лет. Тогда же он сформировал добровольный корпус скорой помощи из своих учеников, который служил в этом конфликте.

За время службы в военно-морском флоте Германии Клаузиус получил Железный крест и был ранен на одну ногу. Рана напоминала о себе, причиняя дискомфорт, всю его жизнь.

Выдающиеся работы Клаузиуса строились на основе результатов, которые получили его предшественники: Карно, Клапейрон, Томсон. Без результатов исследований свойств газов и паров, открытия закона сохранения и превращения энергии невозможно было бы Клаузиусу реализовать его фундаментальные идеи, составляющие основу современной классической термодинамики. Так, Карно сформулировал идею, Клапейрон и Томсон разработали ее,

а Клаузиус закончил поиск и установил второе начало термодинамики.

После своей диссертации, в 1849 – 1850 г. Р. Клаузиус совместно с У. Ранкином предложили соотношения между теплотой и механической работой:

$$Q = \Delta U + A(I)$$

Выражение  $(I)$  – запись первого начала термодинамики, где  $Q$  – количество теплоты, подводимое к системе;  $\Delta U$  – изменение внутренней энергии системы;  $A$  – работа, совершаемая системой.

После того как Клаузиус записал математическую формулировку первого начала термодинамики, он сделал физические пояснения закона. Он считал, что когда из теплоты получается работа, на ее производство затрачивается некоторое количество теплоты и, наоборот, при затрате той же работы получается то же количество тепла.

После этого Клаузиус считал, что разность между  $Q$  и  $A$  всегда неизменна при переходе из одного состояния в другое. Величина этой разности ( $\Delta U = Q - A$ ) функция только температуры и не зависит от способа перехода системы из начального состояния в конечное.

Далее, ученый говорит о том, что совершаемая работа будет разной при реализации разных тепловых процессов.

В 1850 г. ученый дал формулировку второму началу термодинамики.

Р. Клаузиус создал термодинамический цикл идеальной тепловой машины.

Он ввел понятие внутренней энергии системы в физику.

В 1850 г. Р. Клаузиус распространил уравнение, полученное Б. Клапейроном для конденсирующегося пара, пребывающего в тепловом равновесии с жидкостью, на другие фазовые переходы.

Предложил кинетическую теорию фазовых переходов вещества.

Обосновал изменение температуры плавления вещества при изменении давления.



Р. Клаузиус создатель термодинамической теории термоэлектричества. Рассмотрел теорию электролиза. Дал теоретическое обоснование закону Джоуля – Ленца.

В 1854 г. ученый математически записал второе начало термодинамики для обратимых процессов.

В 1862 году второе начало термодинамики получило математическое выражение для необратимых процессов.

Р. Клаузиус определил КПД тепловой машины  $\eta$ , используя температуры нагревателя  $T_1$  и холодильника  $T_2$ :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} .$$

В 1857 г Р. Клаузиус выдвинул основные положения кинетической теории газов. Над этой теорией трудились так же Д. Бернули, Дж. Герапат, Дж. Джоуль, А. Крениг, Дж. Максвелл.

Р. Клаузиус предложил понятие «сфера действия молекул», нашел среднюю длину свободного пробега молекулы.

Р. Клаузиус установил неравенство:

$$\oint \frac{\delta Q}{T} \leq 0 .$$

Он ввел понятие энтропии и установил принцип, в соответствии с которым энтропия замкнутой системы не изменяется, если процессы, происходящие в этой системе, обратимые или увеличивается, если процессы необратимы. Энтропия определяет количество необратимо рассеиваемой энергии во время работы, то есть ту энергию, которая не будет выполнять полезную работу.

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} ,$$

где  $S$  - энтропия;  $T$  – абсолютная температура;

$\delta Q$  – элементарное количество теплоты.

В 1870 г. Р. Клаузиус сформулировал теорему вириала, которая связала усредненную энергию движения частиц системы с силами, которые оказывают воздействие на эти частицы в системе.

Развивая теорию О. Моссоти, Р. Клаузиус создал теорию поляризации диэлектриков и нашел отношение диэлектрической проница-

емости и плотности диэлектрика, которое позднее назвали уравнением Клаузиуса–Моссоти.

Клаузиус был сторонником гипотезы У. Томсона о тепловой смерти Вселенной, распространив принцип роста энтропии в замкнутой системе на Вселенную.

Рудольф Клаузиус был удостоен множеством званий и наград:

- Почетное членство в Институте инженеров и судостроителей Шотландии в 1859 году,

- Железный крест 1870 года,

- Член Лондонского королевского общества с 1868 года, получил медаль Копли (Медаль Копли - самая престижная награда Королевского общества, присуждаемая "за устойчивые, выдающиеся достижения в любой области науки") в 1879 году,

- Член Шведской королевской академии наук с 1878 года,

- Медаль Гюйгенса в 1870 году,

- Иностраннный член Национальной академии Линчеев в Риме в 1880 году,

- Член Немецкой академии наук Леопольдина с 1880 года,

- Премия Понселе в 1883 году,

- Почетная докторская степень Вюрцбургского университета в 1882 году,

- Иностраннный член Королевской академии искусств и наук Нидерландов в 1886 году,

- Орден *Pour le Mèrite* за выдающийся вклад в развитие искусства и наук в 1888 году,

- Лунный кратер Клаузиус назван в его честь,

Основными работами Клаузиуса были:

- Clausius, R. (1867). *The Mechanical Theory of Heat – with its Applications to the Steam Engine and to Physical Properties of Bodies*. London: John van Voorst. editions:PwR\_Sbkwa8IC. English translations of nine papers;

- *Abhandlungen über die Anwendung der mechanischen Wärmetheorie auf die elektrischen Erscheinungen, nebst einer Einleitung in die*

mathematische Behandlung der Elektrizität (in French). Vol. 2. Bruxelles: Société belge d'éditions. 1898.

Рудольф Класий умер 24 августа 1888 года в Бонне, в его родной Германии. За два года до этого, в 1886 году, он женился на Софи Стэк.

В последние годы своей жизни он немного отошел от исследований, чтобы посвятить себя своим детям; Кроме того, он получил травму ноги во время участия в войне, что не позволяло ему двигаться так же легко, как в другое время.

Работы по его новой области исследований исследований, которой он занимался в то время, электродинамическая теория, не были завершены. Несмотря на это, Клаузиус продолжал преподавать в университетской области до своей смерти.

В 2009 году в его родном городе, в Кошалине, ему был возведён мемориал.

*Очерк 7*  
**Ирвинг Ленгмюр**



31.02.1881-16.08.1957

«В течение своей долгой карьеры Ленгмюр никогда не брался специально за исследования, преследуя прямую практическую цель, – пишет М. Уилсон. – Все эти полезные результаты были просто побочными продуктами изучения основных загадок природы. Ленгмюра часто спрашивали, почему он начал то или другое исследование, и он неизменно отвечал: "Наверное, потому что я очень любопытен". Когда же его спрашивали, почему он продолжал работать в этом направлении, он отвечал: "Меня это забавляет"».

Ирвинг Ленгмюр родился 31 января 1881 года в Бруклине (Нью-Йорк). Он был третьим ребенком в семье Чарлза и Сэиди (Каминг) Ленгмюр. С точки зрения американцев, наш нынешний герой был самого «знатного» рода. Еще бы: по матери Ирвинг Ленгмюр вел род аж от тех пуритан, что высадились на американском континенте в ноябре 1620 года на знаменитом галеоне «Мэйфлауэр». Отец его, шотландец по происхождению, работал страховым агентом, из-за чего они часто переезжали.

Мальчик подростом, и его поместили в одну из местных начальных школ. Когда Ирвингу исполнилось одиннадцать лет, семья переехала в Париж, где он обучался в небольшом пансионе на окраине французской столицы. По воспоминаниям Ирвинга, он ненавидел школу до 14 лет – особенно за жесткую и даже за жестокую дисциплину (к не-французам она была избирательно жесткая). Впрочем, его воодушевил один учитель, увлекший его логарифмами и тригонометрией – «вещами, казалось бы, совершенно неприменимыми» в обычной жизни обычного человека. Однако, как говорил Ирвинг, по-настоящему интерес к науке в нем пробудил другой человек – его старший брат Артур, привлекавший его к работе в лаборатории уже в 12. Артур был химиком-технологом в одной из компаний.

Мальчик отличался способностями и с огромной энергией отдавался любому интересующему его делу. Если он не теребил своего обожаемого старшего брата Артура расспросами о химии, то старался вбить в голову младшего братишки все, что он узнал об электричестве. Его мать однажды сказала: «Ребенок приходит в такой энтузиазм, что не помнит себя: просто страшно, как много он знает!».

Когда Артур получил степень доктора, причин оставаться в Европе не осталось, и Ленгмюры вернулись в США. Учебу Ирвинг продолжил в Академии Честнат-Хилл в Филадельфии. Здесь самостоятельно в течение шести недель он изучил книгу о дифференциальном и интегральном исчислении. В четырнадцать лет Ирвинг поступил в институт Пратта в Бруклине, а когда ему исполнилось семнадцать, стал студентом Колумбийской горной школы. В 1906 году он получил диплом доктора физики в Геттингене. Институт Стивенса в Хобокене пригласил его преподавать химию.

По истечении третьего года работы в институте Ленгмюру пришла мысль вместо обычного отдыха в горах провести лето в новых лабораториях «Дженерал электрик» в Скенектеди. Так начался новый этап в его жизни, до самого ее конца, связанный с «Дженерал электрик».

Директора этой фирмы А.Г. Дэвис и Е.В. Раис решили, что компания сама должна внести свой вклад в фундаментальные науки. Необходимо было создать новый тип лабораторий. С этой целью в качестве директора был приглашен профессор Массачусетского технологического института В.Р. Уитни.

Когда в 1909 году Ленгмюр впервые приехал в Скенектеди, он имел весьма смутное представление о том, что ему там предстоит делать. «Когда я стал работать в лаборатории, – писал ученый позднее, – я обнаружил, что там гораздо больше "академической свободы", нежели в любом университете».

«Когда я впервые пришел в "Дженерал электрик" в 1909 году, – продолжил ученый, – большая часть сотрудников лаборатории была поглощена работой над выплавкой вольфрамовой нити».

Поскольку докторская диссертация Ленгмюра была посвящена газам, он высказал предположение, что одной из причин неудач с вольфрамовой нитью является чрезмерное количество газа, оставшееся в металле при ее изготовлении. Он заявил Уитни, что ему бы хотелось заняться именно этой проблемой.

«Среди инженеров-электриков существовало мнение, что, если бы можно было повисить вакуум в лампе, лампа стала бы работать

значительно лучше... Однако я не знал, как добиться большего разрежения, и вместо этого предложил изучить отрицательное действие газа, наполняя газами лампу. Я надеялся, что таким образом настолько хорошо изучу воздействие газа, что смогу экстраполировать до нулевого давления газа и тем самым предсказать, не ставя на самом деле эксперимента, насколько улучшится работа лампы при идеальном вакууме».

После трех лет работы Ленгмюр, наконец, смог утверждать, что вольфрамовая нить имеет тенденцию испускать электроны в количестве, зависящем только от ее температуры и не зависящем от количества газа в лампе. Следовательно, идея идеального вакуума для идеальной лампы неверна. Так, в конце концов, Ленгмюр пошел наперекор всем установившимся представлениям. Он наполнил лампу азотом.

Исходя из результатов того же исследования действия газов на раскаленную нить, Ленгмюр смог предсказать, что триоды де Фореста будут работать с неслыханной чувствительностью, если удастся создать в них вакуум, который, как когда-то полагали инженеры, был необходим для обычных осветительных ламп.

Наиболее важный результат исследования Ленгмюром нити накаливания появился на свет случайно. Испытывая способность вольфрамовых нитей испускать электроны, он случайно взял нить, изготовленную для какой-то особой цели. В испытательном аппарате ученого эта нить начала испускать электроны в дотоле невиданном количестве. Оказалось, что эта вольфрамовая нить была пропитана окисью тория. Когда Ирвинг продолжил наблюдение, он обнаружил, что нить действует лучше всего, если она покрыта слоем тория не толще, чем в одну молекулу.

«Я начал работать в лаборатории "Дженерал электрик" в 1909 году над явлением высокого вакуума в лампах с вольфрамовой нитью и стал вводить в баллон лампы различные газы, чтобы увидеть, что произойдет, просто ради удовлетворения своего любопытства. Я наполнил баллон азотом, водородом и кислородом и разогрел нить накаливания до 3000° по Цельсию.

Произошло нечто весьма удивительное. Прежде всего, кислород образовал пленку на поверхности нити. Пленка эта была такой прочной, что могла бы выдержать даже нагревание до 1500° по Цельсию в течение нескольких лет, и ее нельзя было восстановить водородом. Я наткнулся еще на несколько подобных явлений. Я обнаружил, что молекулярный слой окиси тория на вольфраме может увеличить эмиссию электронов из вольфрамовой нити в вакууме в 100 тысяч раз».

Капля маслянистого вещества, помещенная на поверхности жидкости, может вести себя двояко: сохраниться как компактный шарик или разлиться по поверхности в чрезвычайно тонкую пленку. Ленгмюр впервые высказал идею о том, что такая пленка будет распространяться по поверхности жидкости, пока не достигнет толщины в одну молекулу. Сила сцепления молекул не позволит пленке растекаться дальше этого предела.

«Прибором ему служил таз с водой, – пишет М. Уилсон. – На поверхности воды плавал легкий стержень. Когда образовывалась маслянистая пленка, Ленгмюр перемещал стержень боком, сжимая пленку. Динамометр – прибор для измерения силы – показывал ему, какая сила требовалась, чтобы сжать пленку. Даже самое ничтожное усилие можно было измерить. При передвижении стерженька Ленгмюр обнаружил, что до определенного предела площадь маслянистой пленки уменьшается почти без приложения силы. Однако при сокращении площади наступал момент, когда пленка оказывала существенное сопротивление. Динамометр регистрировал резкое возрастание силы.

Первые опыты Ленгмюр ставил с органическими кислотами – длинными углеводородными молекулами, представлявшими собой цепи от 14 до 34 атомов углерода в каждой. Больше всего Ленгмюра поразило то, что критическое усилие было одним и тем же для всех кислот – длина молекул не играла роли!»

Ленгмюр рассуждал следующим образом:

«Для наглядности представьте молекулу, являющуюся длинным углеводородом с атомами углерода в ней и с группой на конце,



имеющей сродство к воде. Концевые группы стремятся погрузиться в воду. Если же у вас есть чистый углеводород без этих групп... он образует маленькие шарики на поверхности воды.

Я думаю о молекулах на воде как о реальных предметах. Видите ли, в тот момент, когда вы пытаетесь представить их себе, как представляет химик-органик, вы думаете о них как о чем-то, имеющем форму, длину, объем. Не следует рассматривать эти углеводородные цепи как твердые негнущиеся цепочки. Их надо представлять себе, как куски обычной железной якорной цепи... Молекула... может принимать различные формы, в которых атомы углерода всегда расположены в одну линию. Поэтому, когда вы сжимаете пленку... цепи приобретают вертикальное положение.

Тогда молекулы займут минимальную площадь; и когда молекулы сжаты вместе и растянуты до максимальной длины, измерение этой площади дает возможность высчитать их поперечное сечение.

Что же происходит затем? Ну, прежде всего, когда вы увеличиваете длину цепи, покрывая воду пленкой, составленной из молекул, имеющих более длинную углеводородную цепь, это не изменяет площади пленки, но изменяет ее толщину. Объем, поделенный на площадь, равен толщине, так что можно высчитать толщину».

Однако толщина пленки в этом случае равна длине одной молекулы. «Общая площадь, поделенная на количество молекул, равна площади, занимаемой каждой молекулой», – заявил Ленгмюр.

Подобные измерения, начатые в 1917 году, позволили Ленгмюру точно определить размеры многих молекул и дали новые сведения о группировке молекул в сложных молекулах белка.

Так, при помощи небольшого металлического таза с водой и несложных измерительных приборов ученый сумел получить сведения, которые позже удалось получить повторно только с помощью сложнейших рентгеновских аппаратов и вычислений!

На долгие годы методы Ленгмюра стали образцом для современных исследований: в биологии – для изучения сложных вирусов, в химии – для изучения гигантских молекул.

В 1932 году Ирвинг Ленгмюр был удостоен Нобелевской премии

по химии «за открытия и исследования в области химических процессов, протекающих на поверхности тел».

В 1919 году Ленгмюр сделал один из важнейших научных докладов года – о причинах возникновения химических реакций и соединения атомов в молекулы. Американский ученый предложил модель атома, отвечающую потребностям химиков.

В атоме Ленгмюра, так же, как и в модели Бора-Резерфорда, ядро находится в центре. Это ядро, словно сердце жемчужины, является центром концентрических оболочек. Каждая оболочка может иметь только строго определенное количество электронов. Самая первая внутренняя оболочка способна вместить всего два электрона. Водород имеет один электрон, так что его оболочка заполнена лишь наполовину. Поэтому водород химически активен, так как он стремится привлечь еще один электрон, даже если последний уже входит в другой атом. По мнению Ленгмюра, именно тот факт, что водород проявляет тенденцию присоединить один электрон, определяет его валентность, равную единице.

В гелии, имеющем два электрона, внутренняя оболочка заполнена, и это объясняет инертность гелия.

Ленгмюр утверждал, что, когда внутренняя оболочка заполняется до отказа, атом, имеющий большее количество электронов, располагает их на следующей оболочке, способной вместить восемь электронов.

Подобное объяснение Ленгмюр распространил на все соединения и реакции, известные в химии. Молекулы, составленные из атомов, которые используют электроны друг друга, чтобы заполнить свои оболочки, чрезвычайно прочны. Чтобы разрушить их, требуется большое количество энергии.

Огромная работа Ленгмюра была, конечно, впоследствии дополнена новыми открытиями. Но именно учение Ленгмюра легло в основу трудов Л. Полинга, исследовавшего природу химических связей.

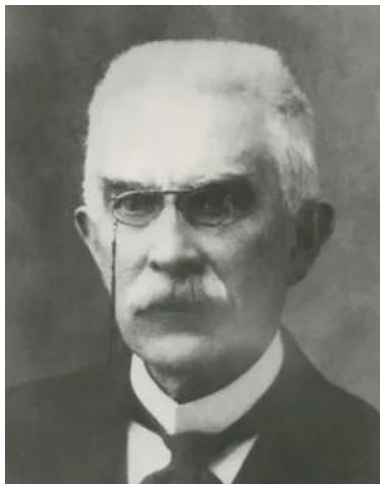
Страсть Ленгмюра к альпинизму вызвала в нем интерес к метеорологии и структуре облаков. Занимаясь исследованиями по созда-

нию искусственного снегопада и дождя в переохлажденных облаках, ученый пришел к выводу, что кристаллы определенных веществ могут стать ядром для цепной реакции конденсации. В 1949 году теория прошла успешную апробацию.

Ленгмюр женился в 1912 году на Мэрион Мерсеро. Супругов объединяли такие увлечения, как походы в горы, морские путешествия, авиация, любовь к классической музыке. Ленгмюры воспитывали приемных сына и дочь.

Умер Ленгмюр 16 августа 1957 года.

*Очерк 8*  
**Анри-Луи Ле Шателье**



08.10.1850-17.09.1936

Анри Ле Шателье родился 8 октября 1850 г. в Париже и был одним из пяти сыновей Луи Ле Шателье – выпускника Политехнической школы, генерального инспектора шахт и рудников Франции, одного из создателей сети железных дорог страны. Его мать, Элизабет Дюран, вышедшая из интеллигентной, весьма известной в мире искусства семьи, привила своему сыну любовь к искусству и литературе многих стран, в том числе России. Эта любовь сохранилась у него на всю жизнь.

Сначала Анри посещал в Париже Военную академию, а затем перешел в коллеж Роллана, где получил в 1867 г. степень бакалавра литературы, а в 1868 г. – степень бакалавра науки. Следуя примеру отца, в следующем году он поступил в Политехническую школу.

В годы учебы, помогая отцу, Анри многое узнал, занимаясь вопросами химии, металлургии, медицины. Он изучал труды А. Э. Сент-Клер Девиля, Ж.-Б. Дюма, М.-Э. Шевреля, читал доклады Парижской академии наук и работал в лаборатории Девиля. Студентом он принимал участие в обороне Парижа во время осады его прусскими войсками и получил чин лейтенанта. Свое образование Анри завершил в 1872 г. в Высшей горной школе в Париже, получив диплом горного инженера. Он работал горным инженером в Алжире и Безансоне.

В 1878 г. в возрасте 28 лет Анри Ле Шателье стал профессором общей химии в Высшей горной школе и с этого времени посвятил себя научной и педагогической деятельности. Позднее (1887) в этой школе он получил должность профессора промышленной химии и металлургии, став в том же году доктором физико-химических наук. С 1898 по 1907 г. Ле Шателье был профессором минеральной химии в Коллеж де Франс, где прочел ряд курсов. Ле Шателье читал лекции прекрасно и пользовался большим авторитетом. В 1907 г. он занял должность профессора общей химии в Парижском университете (Сорбонна), где трудился до 1925 г. В 1908–1922 гг. Ле Шателье руководил работами более чем 100 человек, из которых 24 человека успешно защитили докторские диссертации.

Сфера научных интересов Ле Шателье была чрезвычайно обширна. Все его исследования пронизаны идеей тесной связи науки с проблемами, выдвигаемыми промышленностью. О необходимости этой связи он не переставал говорить и писать до конца своих дней и сам руководствовался этим в работе. До сих пор вызывает интерес его содържательная книга «Наука и промышленность» (Пер. с фр. М.: Техника управления, 1928, 107 с.).

В 1881–1882 гг. Ле Шателье совместно с химиками П.-Э.-М. Бертло и Ф. Малларом исследовал процессы воспламенения, горения, взрывов и детонации рудничного газа. Он предложил оригинальный способ определения теплоемкости газов при высоких температурах и разработал научную основу для важнейших металлургических и теплотехнических расчетов.

Далее он перешел к изучению доменных печей и реакций в металлургии. Ле Шателье разъяснил многие вопросы, касающиеся процессов, протекающих в доменных печах, и вообще процессов черной металлургии. Постоянно сталкиваясь с необходимостью измерения температуры в зонах печей, где протекают химические реакции, он в 1886–1889 гг. разработал конструкцию простого и точного прибора – термоэлектрического пирометра (платино-платинородиевая термопара), став, таким образом, одним из создателей оптической пирометрии. Благодаря этому замечательному по своей простоте прибору оказалось возможным изучать и разъяснять разнообразные явления, происходящие при высоких температурах, используя его как в области науки, так и в промышленности. Пирометр Ле Шателье – универсальный прибор как для самых тонких и точных научных исследований, так и для практических наблюдений в различных промышленных производствах.

Будучи одним из ведущих ученых в области металлургической химии, он заинтересовался составом сплавов. Изучая температуры кристаллизации систем из двух металлов, а также из двух солей, Ле Шателье экспериментально подтвердил аналогию между растворами и сплавами, на которую указывал в 1868 г. русский ученый Д.К. Чернов. Ле Шателье усовершенствовал методику исследования

строения металлов и сплавов под микроскопом, сконструировав в 1897 г. металлографический микроскоп, с помощью которого можно изучать строение кристаллов непрозрачных объектов. Этот микроскоп стал прототипом всех металлографических микроскопов последующих конструкций.

Другим исследованием в области промышленной химии, которому ученый уделил много внимания, стало изучение с 1880 по 1887 г. способов приготовления и свойств цементов. Он первым исследовал механизм схватывания цемента и выяснил ряд химических и физических явлений, имеющих при этом место. А также появилась колба Ле Шателье – для определения удельного веса гидравлического цемента и извести, кольцо Ле Шателье – для определения равномерности изменения объема цемента и гашеной извести.

Ле Шателье интересовался аллотропией углерода и кремния, изучал действие катализаторов, процессы растворения и диссоциации. Он занимался также силикатами, стеклом, глиной, известью и определил для некоторых из них коэффициенты расширения и электропроводности. В 1901 г. Ле Шателье независимо от Ф. Габера нашел условия синтеза аммиака.

В своих работах ученый постоянно стремился объяснять механизм химических явлений с помощью основных понятий термодинамики и химической кинетики. Тщательно изучив труды Б.-П.-Э. Клапейрона, Дж.У. Гиббса, Я.Х. Вант-Гоффа, он убедился в огромной важности этих работ для выяснения механизма химических реакций. Ле Шателье сформулировал общий закон смещения химического равновесия (принцип Ле Шателье) – правило, характеризующее влияние изменения условий существования термодинамической системы на положение равновесия. Этот принцип в частной форме высказал в 1884 г. Вант-Гофф, в общем виде его сформулировал в том же году Ле Шателье, а теоретически обосновал в 1887 г. К.Браун, который показал, что принцип Ле Шателье есть следствие второго закона термодинамики.

Для реакции  $\nu_a A + \nu_b B \leftrightarrow \nu_c C + \nu_d D$  константа равновесия «К» определяется по формуле:

$$K = \frac{(C_C)_p^{v_c} \cdot (C_D)_p^{v_d}}{(C_A)_p^{v_a} \cdot (C_B)_p^{v_b}}$$

, где  $C$ —равновесные концентрации всех веществ, участвующих в реакции. Это закон действующих масс.

Принцип Ле Шателье может быть сформулирован следующим образом: если на систему, находящуюся в устойчивом равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-нибудь из условий, определяющих положение равновесия, то равновесие смещается в том направлении, при котором эффект произведенного воздействия уменьшается. Этот принцип необычайно широк и охватывает многие химические и физические процессы. В частности, из него следует, что при нагревании равновесной системы равновесие смещается в сторону эндотермической реакции, а при охлаждении — в сторону экзотермической. В то же время в равновесных обратимых газовых реакциях при увеличении давления равновесие смещается в сторону образования меньшего числа молекул, а при уменьшении давления — в сторону большего. Поэтому же принципу при разбавлении раствора с уменьшением его концентрации степень диссоциации каждого электролита увеличивается.

В 1894 г. Ле Шателье вывел термодинамическое уравнение, устанавливающее количественную зависимость между растворимостью, температурой процесса растворения и теплотой плавления вещества.

За свою долгую жизнь ученый опубликовал много книг и около 500 статей по научным и техническим проблемам, научной организации труда в промышленности, по общественным вопросам преподавания и моральным проблемам. Некоторые из его работ были переведены на русский язык: «Гремучий газ» (Пер. с фр. Харьков: Горнозаводской листок, 1896, 116 с.), «Кремнезем и силикаты» (Пер. с фр. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во, 1929, 420 с.) и ряд других.

Благодаря своим многочисленным научным трудам ученый пользовался широкой известностью не только во Франции, но и далеко



за ее пределами. И когда в 1922 г. праздновалось 50-летие его научной деятельности, то чествование это имело международный характер. С 1907 г. Ле Шателье – член Парижской академии наук, почетный член многих зарубежных академий, почетный доктор престижных университетов. Ученый неоднократно удостоивался различных наград: в 1886 г. он стал кавалером ордена Почетного легиона, в 1892 г. получил премию Понти, в 1895 г. – премию Лаказа, в 1916 г. – медаль Дэви от Королевского общества в Англии. Его медали, призы и почетные дипломы международных выставок во Франции, Италии, Бельгии, США говорят о мировой славе ученого. Имя Ле Шателье было широко известно и в России. В 1913 г. он был избран иностранным членом-корреспондентом Петербургской академии наук, а в 1926 г. – иностранным почетным членом Академии наук СССР. В 1911 г. ученый стал почетным членом Русского металлургического общества, он состоял также почетным членом Русского химического общества.

В конце 1876 г. Анри женился на Женеьеве Николая. Жена ученого, Женеьева Ле Шателье, боготворила своего мужа. Она с героическим самопожертвованием посвятила всю свою жизнь ему, воспитанию их семерых детей и созданию всех условий для работы мужа. Почти всегда она сопровождала ученого в его поездках за границу: Италию, Бельгию, Англию.

В конце 1936 г. на семейный праздник – 60-летие со дня свадьбы Женеьевы и Анри – собралась вся огромная семья: трое сыновей и четыре дочери, тридцать четыре внука и шесть правнуков – всего сорок семь наследников по линии отца. А общее количество всех родственников превышало сто человек.

Лето 1936 года протекало необычно тихо и спокойно. С тех пор, как Ле Шателье заболел стенокардией, он жил в деревне по полугоду. Но и здесь он продолжал работать – читал, писал статьи, обобщал полученные недавно результаты экспериментов.

Как-то, лежа в шезлонге в тени ветвистого дуба, он размышлял о сущности человеческой природы. Что делает человека человеком, что отличает его от животного? Какие поступки можно считать

облагораживающими человека, возвышающими его? Захотелось изложить эти мысли на бумаге – писалось легко и быстро.

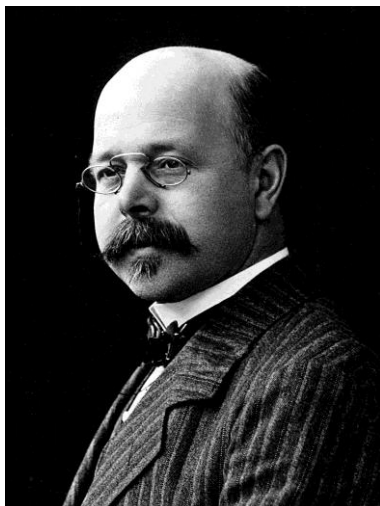
Через несколько дней статья была окончательно готова. Ле Шателье послал ее в «Бюллетень социального союза» и с нетерпением ждал ее выхода в свет.

Гранки пришли, когда ученый был тяжело болен. Превозмогая слабость, он прочел последнюю в своей жизни корректуру и отложил исправленные листы с чувством глубокого удовлетворения от исполненного долга. Спустя несколько часов его не стало.

Анри Ле Шателье скончался 17 сентября 1936 г. в возрасте 86 лет.

*Очерк 9*

**Вальтер Герман Фридрих Нернст**



25.06.1864-18.11.1941

Вальтер Нернст родился в 1864 году в Бристене, Германия, в семье фармацевта. Еще в раннем возрасте Вальтер проявлял интерес к естественным наукам. Будучи одним из лучших студентов в школе, он решил поступить в университет для изучения химии.

В 1882 году Вальтер поступил в Гейдельбергский университет, где изучал химию, математику и физику. Уже на первом курсе он проявил свой талант, и его научный интерес к электричеству и термодинамике привел его к глубокому изучению этих областей науки. Вальтер Нернст был знаменитым ученым в России и оставил позитивный след в научном сообществе.

В 1887 году Вальтер Нернст получил свою докторскую степень и поступил работать в Кайзер-Вильгельмов Институт в Берлине. В своих исследованиях Нернст совершенствовал гальванические элементы, что привело к развитию многих новых технологий и применений для химических процессов. Эти разработки принесли Вальтеру мировую славу, а его известность только увеличивалась.

Большую часть своей карьеры Нернст провел в Берлинском университете, где он выступал профессором. Он принимал участие в множестве исследовательских проектов, руководил научными лабораториями и изобретал различные методы для измерения и анализа свойств веществ.

Одним из наиболее известных научных вкладов Вальтера Нернста была его теория о термодинамических циклах, которая предложила новый способ расчета термодинамических свойств веществ. Эта теория стала основой для создания ряда новых методик, используемых в химической и физической науке.

Кроме того, Нернст сделал значительный вклад в электрохимию, изучая свойства различных электродов и проводя различные эксперименты с электролитами.

Важным научным вкладом ученого в области кристаллографии является его работа по изучению неупорядоченных структур кристаллов и их свойств.

Однако жизнь и научное наследие Вальтера Нернста оказались не только связаны с его достижениями в науке. Во время своей долгой и насыщенной жизни он также занимал ряд значимых политических и общественных позиций, возглавлял многие известные научные организации и становился лауреатом различных престижных наград.

Такой живой и многогранный образ ученого делает его научный вклад и его жизнь в целом ярким примером для многих будущих поколений исследователей и научных деятелей в различных областях знаний.

В 1906 году Нернст стал обладателем Нобелевской премии по химии за свои исследования в области термодинамики химических процессов. Его работа имела огромный вклад в развитие физической химии и обусловила создание новых методов анализа и синтеза химических веществ.

В личной жизни Вальтер Нернст был не менее успешным. Он был женат на химике из Италии, которая также занималась научными исследованиями. Вместе они имели четырех детей и успешно воспитали их в научной среде. Кроме того, Нернст был активным участником общественной жизни и занимался социальными вопросами, особенно в области образования.

Вклад Вальтера Нернста в научное наследие несомненный. Его исследования в области физической химии и термодинамики считаются классическими и продолжают влиять на научные исследования в настоящее время.

Кроме того, его личная жизнь и вклад в общественную жизнь говорят о том, что успешный ученый может быть не только гением в своей области, но и полноценным человеком, заботящимся о семье и обществе.

Вальтер Нернст оставил неизгладимый след в истории науки и культуры, являясь одним из самых выдающихся ученых своего времени и доказательством того, что наука и личная жизнь могут сосуществовать в гармонии.

Жизнь и научное наследие Вальтера Нернста: от достижений до личной жизни и вклада в историю

Вальтер Нернст был выдающимся немецким физиком и химиком, который сделал значительный вклад в различные области науки. Он был первым человеком, награжденным Нобелевской премией по химии за открытие закона термодинамической эмфитовости. Это открытие оказало огромное влияние на научное сообщество, ведь оно позволило улучшить промышленное производство.

Кроме научных достижений, Вальтер Нернст оставил свой след и в истории. Он был одним из участников Берлинского конгресса в 1878 году, посвященного обсуждению вопросов, связанных с разделом Африки. Нернст также активно выступал против возрождения германского империализма в начале 20-го века.

Очень мало людей знают, что Вальтер Нернст принимал участие в создании химического оружия во время Первой мировой войны.

В своей личной жизни Нернст был скромным и замкнутым человеком, которого привлекали лишь научные и интеллектуальные дела.

Его вклад в науку и историю несомненно достоин уважения и восхищения, а его научная наследия продолжает влиять на многие научные области и в наши дни.

Благодаря своим научным достижениям, Нернст был награжден многими престижными премиями и медалями, среди которых Нобелевская премия по химии в 1920 году за исследования закона термодинамической нейтральности и получение кристаллов. Он был также избран директором Кайзер-Вильгельмовского института в Берлине, где он провел многие годы своей научной деятельности.

Однако, жизнь Вальтера Нернста не ограничивалась только научными занятиями. Он был женат и имел двоих детей, а также был известен своим увлечением спортом, в том числе горными лыжами. Его жена финансово поддерживала его в течение многих лет научной деятельности, когда его исследования не приносили достаточного дохода. Они вместе провели более чем полвека жизни и были очень близки.

Нернст был лидером в организации химической и физической науки Германии.

Он был автором многих книг, включая «Теоретическую химию» и «Электрохимические методы».

Его труды в области кристаллографии и рентгеновских лучей до сих пор являются значимыми для научных исследований.

Таким образом, научные достижения Вальтера Нернста в области физики и химии имеют огромное значение и сейчас, после более чем столетия с момента его открытий и исследований, продолжают быть актуальными и полезными для научной общественности.

Нернст работал в различных университетах, включая Берлинский университет и Университет Гёттингена. Он также занимал пост ректора Университета Берлина в 1920 году. В его лаборатории работали многие известные ученые, такие как Отто Хан, Юлиус Толен и Ханс Гейсенберг.

Кроме научных достижений, Нернст также имел интересную личную жизнь. Он был женат дважды и имел детей от каждого брака. В своих записках он отмечал, что много времени уделял своим детям, что было важным аспектом его жизни.

Несмотря на свои научные и личные достижения, Нернст не остался в стороне от политических событий своего времени. Он был одним из тех ученых, который подписал знаменитый «Апелляционный протокол» 1933 года, в котором заявлялось о неприемлемости вызывания вопросов о чистоте науки из-за расовых принципов нацистского режима. Однако, как немецкий ученый-еврей, Нернст столкнулся с политическими преследованиями и был вынужден эмигрировать из Германии в 1933 году.

Нернст – один из самых знаменитых физиков XX века, обладатель Нобелевской премии в области химии, член президиума Академии наук. Нернст достиг значительного успеха и в своей личной жизни. В 1892 году он женился на Эмме Людерс. Брак был долгим и счастливым, у них родились двое детей. Кроме того, Нернст был

приверженцем теории добра, поэтому дом его был всегда открыт для всех, кто нуждался в помощи и поддержке.

Нернст считался гением, который смог объяснить множество физических явлений, открыть новые законы и закономерности. В 1906 году он получил Нобелевскую премию за разработку трех законов термодинамики. Одним из ключевых моментов его работы стало исследование теплоэлектрических свойств литейных материалов. Это привело к разработке термоэлементов, которые используются в медицине, а также в промышленности и науке.

Нернст был деятельным и полезным членом общества, участвовал в благотворительных мероприятиях и поддерживал научную работу множества молодых ученых. Он считал, что открытость к новому, направленность на достижение целей, а также наше восприятие мира зависит от того, как мы ведем нашу жизнь. Поэтому он способствовал развитию науки, особенно в области химии и физики, и считал его главным занятием своей жизни.

Он провел множество экспериментов и исследований в области химии и физики;

Нернст был не менее активен за пределами науки, участвовал в благотворительных мероприятиях;

Нернст посвящал свою жизнь науке, делая значительный вклад в общество и природу

Нернст внес большой вклад в области термодинамики. Он разработал теорему о равенстве теплопроводности, которая описывает, как распределение тепла в проводящей среде зависит от ее свойств. Это позволило создать более точные и эффективные системы охлаждения, что было особенно важно в технологии производства полупроводников.

Нернст получил Нобелевскую премию по химии в 1920 году

Нернст был одним из тех, кто взял, как он сам говорил, две независимые науки – физику и химию – основательно взболтал, но не смешивал. Работы по кинетике, электрохимии, термодинамике химических реакций опирались на два столпа, которые поставил Нернст в основание здания физической химии: закон Авогадро



и закон сохранения энергии. И свою Нобелевскую премию он получит «по совокупности работ», а не за изобретение или открытие.

Стоит сказать несколько слов о характере и привычках Нернста. Больше всего он любил жизнь во всех ее проявлениях. Любил придумывать что-то новое, делать бизнес. Он стал одним из изобретателей особой конструкции лампы накаливания и не только изобрел лампу Нернста, но и удачно продал патент компании АЕГ. Его лампочки очень неплохо продавались до появления на рынке творения Эдисона.

Нернст придумал и первое в мире электронное пианино – Бехштейн-Сименс-Нернст-Флюгель (Нео-Бехштейн), а любители автотюнинга должны быть благодарны именно Нернсту за впрыск закиси азота в двигатель.

Нужно сказать, что Вальтер Нернст был заядлым, страстным автомобилистом. Еще в 1899 году в Геттингене он купил первый в городе частный автомобиль. В Берлин он переезжал самостоятельно – за рулем. Даже к началу Первой мировой войны автомобиль Нернста был одним из немногих частных транспортных средств в столице Германии. И этим Берлин сильно проигрывал Парижу, там Альберто Сантос-Дюмон вообще летал домой на личном дирижабле.

Первую мировую Нернст встретил с энтузиазмом. Будучи вольноопределяющимся, он вступил в Императорский добровольческий автомобильный корпус в качестве водителя и владельца автомобиля. И до сентября 1914 года помогал немецкой армии в продвижении на Париж. Но потом он переключился на более серьезную деятельность и занялся разработкой химического оружия. Так получилось, что два немца, два нобелевских лауреата по химии, получивших свои премии сразу же после окончания Первой мировой, во время войны всю жизнь занимались разработкой химического оружия. Мы не говорим здесь о французе Викторе Гриньяре, который занимался тем же с французской стороны, и о Рихарде Вильштеттере, который имел к разработке химического оружия косвенное отношение, по-

сколько создал средства защиты для немецких солдат, которые работали с фосгеном.

Сначала Нернст и Карл Дуйсбург загорелись идеей создать нелетальное химическое оружие, которое оказывало бы просто раздражающее действие на солдат противника и которое бы использовалось в артиллерийских снарядах. Получилось не очень, эффект был минимальным. Гранаты тоже работали плохо и пришлось обстреливать большим количеством раздражающего вещества из канистр. Чести будущему лауреату не добавляет и то, что этот способ был опробован на пленных. За это Нернст получил железный крест и был удостоен статьи в Берлинской газете. «И все заслуги и почести за химические исследования красуются на груди профессора и руководителя Берлинского университета Вальтера Нернста в виде почетного Железного креста I степени. И после него многие немецкие ученые и исследователи посвящали свое время разработке нового и необычного оружия для победоносной немецкой армии»

Но затем, видя ничтожность эффекта, Нернст начал работу над летальным химическим оружием. И если с синильной кислотой получилось не очень, хотя ему и помогал еще один нобелевский лауреат Эмиль Фишер, то затем, со снарядами с дифосгеном дело пошло лучше. Под Верденом в июне 1916 года эти снаряды, помеченные зеленым крестом, унесли жизни многих французов. Правда, если верить вдове Фрица Габера (второй жене нобелевского лауреата), «военным преступником» Нернста считают не за работы по химическому оружию, а за усовершенствование и доведение до массового военного применения огнеметов. Впрочем, ни один суд Нернста преступником не признавал, будем откровенны.

Любопытно, что минимум двух энтузиастов химического оружия в Германии из числа нобелевских лауреатов, судьба наказала достаточно быстро. У Габера, например, застрелилась первая жена. И интересно, что стало с военным энтузиазмом Нернста, когда на войне погибли оба его сына?

Тем не менее это не помешало нашему герою получить Нобелевскую премию по химии 1920 года. И нельзя сказать, что Нернст не

был в том году фаворитом. Премию 1920 года ему присудили и вручили в 1921-м, обычный послевоенный кавардак. Кстати, еще немного о номинациях. Из всех 86 номинаций, которые Нернст «собрал» за свою жизнь, у него было десять номинаций по физике. Все-таки были ученые, которые считали, что тот занимается химической физикой, а не физической химией.

В своей лекции Нернст делал упор на экспериментальные подтверждения своих работ: «Более 100 проведенных мной экспериментальных исследований позволили собрать вполне достаточно данных, подтверждавших новую теорему с той безошибочностью, какую допускает точность временами очень сложных экспериментов».

После Нобелевской премии Нернст прожил еще 20 лет, и они не были простыми. Когда к власти пришли нацисты, он открыто выказывал им свое неуважение, например, не пел на заседаниях Берлинской академии наук «Знамена ввысь» (она же песня Хорста Весселя, гимн Третьего Рейха). Начавшаяся Вторая мировая уже не вызвала у него никакого энтузиазма, он не смог напрямую общаться с дочерьми, жившими в Бразилии и в Лондоне. Пришлось переписываться через посредника в Швейцарии (как Штирлиц).

В 1887 г. Нернст принял приглашение В. Оствальда и стал одним из его лучших ассистентов в только что организованном физико-химическом институте.

В 1889г. он некоторое время работал в Гейдельберге, осенью перешел в Физический институт Геттингенского университета, став в том же году приват-доцентом, а в 1894 г. – ординарным профессором. В 1905 г. Нернст принял пост директора второго университетского Института химии (первым руководил Э. Фишер) в Берлине и руководил им до 1922г. Два года он /возглавлял Физико-техническое общество, затем в 1924г. стал преемником М. Планка на посту директора Института физики Берлинского университета, где оставался до 1933г.

Наибольшее значение из исследований Иернста имеют работы в области низких температур. В декабре 1905г. на заседании Гет-

тингенского общества точных наук Нернст впервые изложил открытый им тепловой закон (третье начало термодинамики) и показал, что атомные теплоемкости твердых тел при очень низких температурах становятся чрезвычайно малы, а при абсолютном нуле свободная энергия равна тепловому эффекту, т. е. при  $T = 0$ , энтропия также равна нулю. Им открыто одно из гальвано- и термомагнитных явлений, так называемое явление Нернста – появление разности потенциалов или температур, если проводник тока или тепла помещен в магнитное поле, перпендикулярное направлению тока.

Нернсту принадлежит много работ по электрохимии и физической химии. В 1888 г. он опубликовал теорию электролитического растворения металлов, в которой установил связь между подвижностью ионов и коэффициентом диффузии электролита. Работы Нернста по диффузии позволили количественно связать скорость диффузии растворенных веществ, электропроводность и осмотическое давление, что явилось основой его теории электродвижущих сил в растворах с локальным изменением концентрации (1889). Основанные на этой теории представления, о зависимости электродного потенциала от состава раствора остаются в силе и поныне, хотя физические представления, лежащие в ее основе, существенно изменились.

В 1890г. Нернст установил закон распределения растворяющегося вещества между двумя растворителями, а через четыре года обнаружил зависимость электролитической диссоциации от величины диэлектрической проницаемости растворителя. В том же году вышла его работа по электрострикции (деформации) диэлектриков в электрическом поле. Кроме того, он начал свои известные исследования по общей физической химии и к 1904 г. разработал диффузионную теорию кинетики гетерогенных химических реакций на границе раздела фаз. Эта теория долгое время являлась общепризнанной, и лишь в 1950-е годы была уточнена данными о механизме переноса вещества в жидкости.

Нернст изучал электропроводность раскаленных твердых смесей окислов металлов, что привело к созданию в 1897г. "электрической

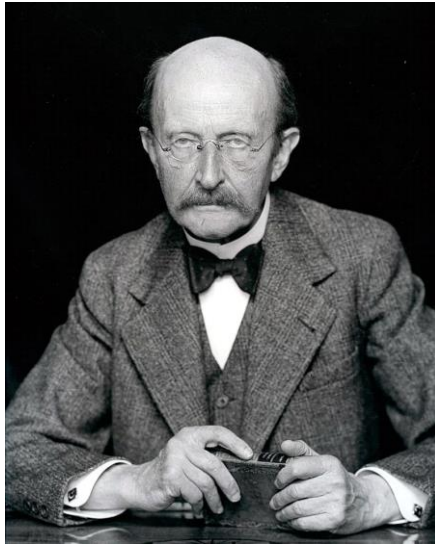
лампы Нернста", в которой стержни накаливания были изготовлены из окислов циркония, тория, иттрия. Ему принадлежат работы по калориметрии высоких и низких температур, изучению диссоциации паров воды и угольного ангидрида, условий образования карбида кальция, по исследованию кинетики и катализа химических реакций.

А. Эйнштейн назвал Нернста "одним из наиболее характерных и интересных ученых, обладающих очень редкой объективностью, удачным пониманием наиболее важного, гениальной страстью к познанию неведомого". Нернст- автор множества трудов (наиболее значительный "Теоретическая химия"); некоторые из них были переведены на русский язык и встретили горячую поддержку русских ученых Н.С. Курнакова, Д.П. Коновалова и других. Его перу принадлежат научно-биографические статьи о С. Аррениусе, В. Оствальде, М. Боденштейне. Выражением мирового признания работ Нернста по термохимии явилось присуждение ему в 1920 г. Нобелевской премии по химии. В 1923г. он был избран чл.-корр. Российской Академии наук, а в 1926 г. АН СССР избрала его почетным членом.

Нернст был прекрасным лектором. Его своеобразные лекции по неорганической химии были насыщены богатыми личными воспоминаниями и привлекали огромное количество слушателей. Нернста увлекали различные области практической жизни, литература. По словам А. Эйнштейна, – "Нернст обладал чувством юмора в той мере, которая редко встречается у людей, так сильно загруженных столь трудной работой. Это была своеобразная личность, я никогда не встречал кого-либо, кто походил бы на него".

*Очерк 10*

**Макс Карл Эрнст Людвиг Планк**



23.04.1858-04.10.1947

Будущий ученый родился 23 апреля 1858 года в немецком городе Киль на земле Шлезвиг-Гольштейн, расположенной в бухте Балтийского моря. Предки мальчика были знатными дворянами, многие из них посвятили себя научной и преподавательской деятельности.

Для отца Макса Вильгельма Планка брак с его матерью Эммой был вторым. В первой семье у мужчины родилось двое детей, а во второй – пятеро. Эмма Патциг была дочерью священнослужителя и до замужества с Планком проживала в университетском городке Грайфсвальд в Передней Померании.

До подросткового возраста Макс жил в родном Киле. В конце 1860-х отца пригласили занять профессорскую должность в университете Мюнхена, и семейство перебралось в баварскую столицу. На новом месте мальчик поступил в гимназию Maximiliansgymnasium Munchen, где вскоре стал одним из лучших учеников.

Первым наставником и человеком, открывшим для Макса мир науки, стал профессор Герман Мюллер. Учитель математики увлек юношу точными науками, познакомил с законом сохранения энергии, заинтересовал происхождением законов природы.

Помимо этого, Планк увлекался музыкой. Он состоял в юношеском хоре, играл на разных инструментах, но более всего любил фортепиано. В молодости будущий физик даже пытался сочинять собственные произведения, но позже оставил это занятие, полностью посвятив себя научной деятельности.

Интересы молодого человека касались и филологии, но настоящей страстью его жизни стали точные науки – математика и физика. Поступив в Мюнхенский университет, Макс полностью погрузился в изучение этих дисциплин. В свободное время студент музицировал на органе в местном храме, дирижировал студенческим оркестром и выступал в любительском хоре.

По совету отца Планк поступил на дополнительное обучение к профессору физики Филиппу фон Жолли, который помог ему более детально разобраться в теоретической части науки. Сам же профессор считал, что теоретическая физика близится к своему за-

кату, поэтому отговаривал своего ученика заниматься ею в дальнейшем. По мнению Жолли, все стоящие открытия в этой науке уже сделаны, и для молодого дарования в ней вряд ли найдутся перспективы.

Но Макс и не думал сдаваться. Внутреннее чутье подсказывало ему, что физика исследована недостаточно глубоко, и человечество еще увидит сенсационные открытия. Юноша записался на курс профессора Вильгельма фон Беца, читавшего лекции по экспериментальной физике. Параллельно с этим пытливым студент посещал занятия у таких мэтров математики, как Густав Бауэр и Людвиг Зейдель. Продолжив работать с предыдущим наставником Филиппом фон Джоли, Планк исследовал проницаемость для водорода нагретых платиновых пластин.

Вскоре молодой ученый познакомился с профессором физики Германом Гельмгольцем и продолжил образовательный процесс в Берлинском университете. В этом старейшем учебном заведении Макс знакомился с трудами таких ученых, как Густав Кирхгоф, Рудольф Клазиус и Герман Гельмгольц. После изучения десятков работ маститых ученых Планк определился с основным направлением дальнейшей деятельности – им стала термодинамика.

Докторскую диссертацию на тему второго начала термодинамики физик защитил в 1879 году. Через год Макс опубликовал второй труд по термодинамике, после чего стал младшим ассистентом физического факультета Мюнхенского университета.

Карьера молодого ученого развивалась стремительно. В 1885-м исследователя пригласили на должность адъюнкт-профессора в университет Киля. В те годы изыскания Планка начали приносить ему солидные гонорары и признание в мировом научном сообществе. В конце 1880-х талантливый физик вновь пригласили на должность адъюнкт-профессора, теперь уже в Берлинский университет. Одновременно с этим немец был назначен руководителем Института теоретической физики, а еще спустя год ему доверили пост действительного профессора кафедры.



Предметом пристального изучения для Планка стало тепловое излучение тел. Согласно теории физика, электромагнитному излучению не свойственна непрерывность – оно состоит из отдельных квантовых частиц, на величину которых влияет излучаемая частота. Максуду удалось вывести формулу распределения тепловой энергии тела в абсолютно черном спектре.

Зимой 1900 года ученый выступил на Берлинском ученом совете с докладом об этом открытии. Это выступление произвело огромный резонанс в научных кругах и положило начало новому исследовательскому направлению в области квантовой теории. Благодаря труду Планка его коллеги уже через год вычислили постоянную Больцмана, сам же он получил постоянную Авогадро и с высокой точностью установил величину заряда электрона. Развитию и укреплению квантовой теории впоследствии содействовал великий Альберт Эйнштейн.

В 1919-м немецкий физик удостоился Нобелевской премии за развитие науки в исследовании квантов.

В конце двадцатых годов прошлого столетия Макс Планк оставил профессорскую должность и формально ушел на заслуженный отдых. Между тем, он продолжал вести исследования, в частности, совместно с учеными Общества фундаментальных наук Кайзера Вильгельма. Спустя два года уважаемого ученого избрали на пост президента этой организации.

Биография ученого наполнена удивительными открытиями и яркими триумфами, а вот в личной жизни он был далеко не всегда счастлив. Первой супругой Макса стала Мария Мерк, с которой он дружил с самого детства. В семье родилось двое сыновей и две девочки-близняшки. Счастливый брак оборвался после смерти супруги в 1909 году.

Через пару лет физик попытался вновь обрести семью, женившись на девушке по имени Марга фон Хесслин. Вторая жена подарила Планку еще одного наследника.

Далее в жизни профессора начались черные дни. Во время Первой мировой войны на фронте погиб старший сын ученого, а позже

обе его дочери скончались от тяжелых родов. Второго сына от первой супруги казнили нацисты, заподозрив его в заговоре против фюрера. Влиятельный ученый написал несколько прошений о помиловании, но все они были отвергнуты.

Фашистам были прекрасно известны убеждения Планка. Еще будучи главой Общества фундаментальных наук, Макс добился аудиенции у Гитлера и попросил, чтобы ученым-евреям дали спокойно работать и не преследовали их по надуманным предлогам. Фюрер разгневался и высказал профессору все, что думает о людях еврейской национальности. После этой встречи физик был вынужден замолчать и в дальнейшем держать мысли при себе.

В начале 1944-го дом Планка подвергся налету авиации союзнических войск. Жилище ученого сгорело дотла вместе с бесценными рукописями, книгами и дневниками. Исследователь был вынужден поселиться в доме у приятеля в пригороде Магдебурга.

Читая лекцию в Кассельском университете, ученый едва не погиб под авиаударом. Весной 1945-го временное пристанище семьи Планка было также уничтожено, после чего супруги были вынуждены скрываться в лесу. Профессор был уже немолод, и такие перемещения пагубно отразились на его без того пошатнувшемся здоровье. Макс едва мог передвигаться из-за обострившегося артрита позвоночника.

Выбраться из пекла войны ученому помог давний друг – профессор Роберт Поль. По его просьбе нобелевского лауреата перевезли в более спокойный город Геттинген, где первые пять недель он провел в госпитале. Немного оправившись, профессор возобновил преподавательскую деятельность.

Летом 1946-го научная общественность Англии праздновала 300-летний юбилей великого ученого Исаака Ньютона. Единственным гостем из Германии стал Макс Планк, в честь которого к тому моменту переименовали научное Общество кайзера Вильгельма.

Профессор не переставал читать лекции, послушать которые приходили сотни вовлеченных в науку людей. Пребывая в Бонне, ученый подхватил воспаление легких, но в этот раз с болезнью удалось

справиться. Весной 1947-го состоялось его последнее выступление перед студентами: осенью того же года здоровье Макса Планка резко ухудшилось. Знаменитый исследователь скончался 4 октября 1947 года, не дожив до своего 90-летнего юбилея несколько месяцев. Нобелевский лауреат был похоронен в Геттингене, на одном из местных кладбищ.

Макс Планк – немецкий ученый-физик, стоявший у истоков квантовой физики. Член Прусской академии наук, Нобелевский лауреат и обладатель множества наград в области науки.

Гениальный немецкий ученый Макс Планк на протяжении многих лет являлся одной из ключевых фигур европейского научного сообщества. Основатель квантовой гипотезы внес колоссальный вклад в изучение термодинамики, теплового излучения и ряда других физических явлений.

Помимо исследовательской работы, Планк вел активную литературную деятельность, направленную на защиту евреев от нацистского геноцида. До последнего дня жизни ученый оставался верен науке и своим личным убеждениям.

## Список использованной литературы:

1. Биографии великих химиков / Г. Фукс, К. Хайниг, Г. Кертшер [и др.] ; редактор К. Хайниг [и др.]; перевод с нем. В.А. Крицмана – Москва : Мир, 1981. – 386 с. : ил.
2. Еремин В.В. и др. Основы физической химии. Теория и задачи. М: изд-во «Экзамен». 2005. – 480с.
3. Байрамов В.М. Основы электрохимии. – М: изд-во «Академия», 2005. – 240с.
4. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа: – М : изд-во «Академия». – 254с.

## **Домашнее задание для самостоятельной работы студента:**

Изучив физическую химию, ознакомившись с научной деятельностью великих физико-химиков, попробуйте вспомнить формулировку закона или явления, его математическое выражение (если оно есть), открытого каждым из 10-ти ученых, приведенным в учебном пособии.

*Учебное издание*

**Биографии известных химиков**  
Учебно-методическое пособие

Составитель:  
Макарова Людмила Леонидовна

*Авторская редакция*

Издательский центр «Удмуртский университет»  
426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, 4Б, каб. 021  
Тел. + 7 (3412) 916-364 E-mail: editorial@udsu.ru