



ЗМІСТ

Електротехніка. Визначні події. Славенні імена

Баранов М.И.	Электроны и земная цивилизация	3
---------------------	--------------------------------	----------

Електричні машини та апарати

Байда Е.И.	Математическое моделирование индукционно-динамических систем	13
Болюх В.Ф., Марков А.М., Лучук В.Ф., Рассоха М.А., Шукин И.С.	Экспериментальные и теоретические исследования ударного электромеханического преобразователя индукционного типа с различными индукторами	17
Кохановський В.О.	Дослідження електроерозійної стійкості контакт-деталей з підвищеною екологічною безпечністю	25
Милых В.И., Майстренко А.М.	Математическая модель трехфазного асинхронного двигателя для исследовательского виртуального стенда и ее практическая реализация	28
Шинкаренко В.Ф., Загирняк М.В., Шведчикова И.А.	Макрогенетический анализ и ранговая структура систематики магнитных сепараторов	33

Теоретична електротехніка

Шульженко Н.Г., Пантелят М.Г., Руденко Е.К., Сафонов А.Н.	Расчёт трёхмерных стационарных магнитных полей методом конечных элементов	40
--	---	-----------

Техніка сильних електричних та магнітних полів

Баранов М.И.	Оценка электроэрозионного износа массивных однородных металлических электродов высоковольтных сильноточных искровых воздушных коммутаторов атмосферного давления	44
Бойко Н.И., Евдошенко Л.С., Зароченцев А.И., Иванов В.М.	Развитие представлений о механизмах срабатывания тригатронов и их рациональной конструкции (обзор)	49
Бондина Н.Н., Михайлов В.М.	Приближение импульсной проводимости системы тонкий соленоид – внешняя проводящая оболочка	56
Гнатов А.В.	Расчет электромагнитных процессов в индукционной индукторной системе с массивным экраном конечной толщины	59
Петков А.А.	Формирование испытательного импульса напряжения на емкостной нагрузке	63

Електричний транспорт

Любарский Б.Г., Рябов Е.С., Оверьянова Л.В., Емельянов В.Л.	Имитационная модель тягового вентиляно-индукторного электропривода	67
Abstracts		73

ШАНОВНІ ЧИТАЧІ!

Науково-практичний журнал «Електротехніка і Електромеханіка» – передплатне видання. Звертаємо вашу увагу, що починаючи з 2006 року журнал виходить шість разів на рік. Вартість передплати на рік – 136,44 грн., на два місяці – 22,74 грн., на чотири місяці – 45,48 грн., на шість місяців – 68,22 грн., на вісім місяців – 90,96 грн., на десять місяців – 113,7 грн. Передплатний індекс: 01216.

ШАНОВНІ АВТОРИ ЖУРНАЛУ!

Постановою Президії ВАК України від 15.01.03 № 1-08/5 науково-практичний журнал «Електротехніка і Електромеханіка» внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук. Журнал зареєстровано як фаховий з № 1 2002 року. Зараз триває процес перереєстрації журналу як фахового.

Починаючи з 2005 року згідно з договором між редакцією журналу «Електротехніка і Електромеханіка» та Всеросійським інститутом наукової та технічної інформації Російської академії наук (ВИНИТИ РАН), інформація про статті з журналу за відбором експертів ВИНИТИ розміщується у Реферативному журналі (РЖ) та Базах даних (БД) ВИНИТИ. Згідно з цим договором ВИНИТИ надає редакції журналу звіт про відображення статей з журналу у РЖ та БД ВИНИТИ.

Починаючи з №1 за 2006 р. згідно з Наказом МОН України №688 від 01.12.2005 р. журнал надсилається до УкрІНТЕІ.

Електронна копія журналу «Електротехніка і Електромеханіка», який зареєстровано у Міжнародній системі реєстрації серійних (періодичних) видань під стандартизованим кодом ISSN 2074-272X, надсилається до Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського.

Звертаємо увагу авторів на необхідність оформлення рукописів відповідно до Вимог, які наведені на офіційному сайті НТУ «ХП» (<http://www.kpi.kharkiv.edu/eie/>). Статті, оформлені згідно з Вимогами, будуть публікуватися у першу чергу.

ЭЛЕКТРОНЫ И ЗЕМНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ

З науково-технічних та історичних позицій показано фундаментальну роль елементарних носіїв електричного заряду – електронів в утворенні і розвитку земної цивілізації.

С научно-технических и исторических позиций показана фундаментальная роль элементарных носителей электрического заряда – электронов в образовании и развитии земной цивилизации.

ВВЕДЕНИЕ

Все мы прекрасно понимаем важную и определяющую роль представителей микромира для нашего макромира. Все свойства и физические проявления любого вещества определяются его внутренним микроустройством, где "верховенствуют" волновые свойства огромного числа микрочастиц и "царят" вероятностные события, описываемые законами квантовой физики. Одними из важнейших представителей таких микрочастиц для земного мира оказались электроны. Согласно [1] термин "электрон" происходит от древнегреческого слова "ēlektron", корень которого "ēlektr" обозначает "янтарь", то есть физическое тело "смоляной" природы, которое обладает свойством электризации и способностью выработки при соответствующем внешнем силовом воздействии на него на своей поверхности электрического заряда. То, что такой заряд является отрицательным, человечество узнало сравнительно недавно – только в 19-ом столетии после открытия в 1897 году выдающимся английским физиком Джозефом Томсоном рассматриваемой нами элементарной частицы вещества – электрона [2, 3]. Интересно отметить, что открыт электрон был при экспериментальном исследовании прохождения катодных лучей (электричества) через разряженные газы в стеклянных откакумированных электроразрядных трубках. За данное исследование и открытие Дж. Томсон в 1906 году был удостоен Нобелевской премии по физике. Этому определению рода заряда электрона поспособствовала и разработка в данный период основоположниками электричества физически верной теории электризации тел [3, 4]. Первоначально в первой половине 18-го века такое, как мы теперь знаем, отрицательное электричество, порождаемое "янтарем", ученые называли "смоляным", а положительное электричество, снимаемое с наэлектризованных стеклянных тел, – "стеклянным" [4].

Введение во второй половине 18-го столетия выдающимся американским физиком-самородком Бенджаминном Франклином в физику таких научных понятий как положительное (+) и отрицательное электричество (–) позволило людям облегчить свое восприятие электрически заряженных тел. Однако эти научные абстракции никак не способствовали раскрытию глубинных физических знаний об электрическом заряде, создающем вокруг себя такой вид физического поля как "электрическое поле". Именно через наличие данного электрического поля и проявляется электрический заряд микрочастицы или макрообъекта. Согласно [1] в современной физике под термином "элек-

трический заряд" понимается физическая величина, характеризующая силу взаимодействия элементарных частиц вещества и их систем с электромагнитным и, в частности, с электрическим полем. Истинность природных фундаментальных процессов, лежащих в основе формирования и появления в веществе электрического заряда, человечеству еще только предстоит узнать. Видимо, определенную ясность в данный фундаментальный вопрос должны внести будущие научные успехи человечества в области квантовой электродинамики, физики высоких энергий, ядерной физики и физики элементарных частиц.

Важно заметить, что величина электрического заряда электрона с точностью измерений до 1% была экспериментально установлена лишь в 1917 году выдающимся американским физиком Робертом Милликемом. Для этого потребовались годы кропотливой работы и оригинальные разработки (например, метода "милликемовского конденсатора") [3, 4]. Эта величина оказалась равной элементарному электрическому заряду – своего рода "кванту электричества", составляющему согласно современным уточненным измерениям $e_0=1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл [2, 5]. О значимости этого результата говорит тот факт, что за данное научное исследование Р.Э. Милликену в 1923 году была присуждена Нобелевская премия по физике. В настоящее время факт существования в природе такого "атома электричества" считается твердо установленным. Гипотеза наличия в природе "кварков" – элементарных частиц с дробным по отношению к величине e_0 зарядом, до сих пор экспериментально не подтверждена.

Укажем и то, что на сегодня, несмотря на колоссальные усилия физиков всего мира, размеры электрона пока точно не установлены [4]. Для случая приближения электрона в виде элементарной частицы – корпускулы сферической формы за его радиус r_e принимается величина, вытекающая из представлений классической электродинамики и примерно равная $r_e = \mu_0 e_0^2 / (4\pi m_e) = 2,818 \cdot 10^{-15}$ м, где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, а $m_e = 9,108 \cdot 10^{-31}$ кг – масса покоя электрона [5, 6].

Изложению и определенной систематизации известных электрофизических фактов, проливающих свет на фундаментальную роль электронов в формировании и развитии нашей земной цивилизации, и посвящена данная статья, относящаяся, по мнению самого автора, к научно-популярной публицистике.

1. РОЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ В СТРОЕНИИ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА

Атом (молекула) является наименьшей частицей вещества, обладающей химическими свойствами того или иного химического элемента [2, 5]. В соответствии с основными упрощенными моделями устройства атома вещества, приближенно описывающими его состояние (физическое поведение) и предложенными в свое время выдающимся английским физиком Эрнстом Резерфордом (ядерно-планетарная модель атома, 1913 год) и выдающимся датским физиком Нильсом Бором (планетарно-квантовая модель атома, 1913 год), а также согласно современной уточненной квантовомеханической модели устройства атома любого вещества все атомы и образуемые ими молекулы в своем составе содержат размещенное в центральной области атомов положительно заряженное ядро с величиной заряда $e_0 \cdot Z$ (Z – порядковый номер атома в периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева), вокруг которого на некотором расстоянии в вакууме расположена отрицательно заряженная электронная оболочка сложной пространственной конфигурации с модулем заряда, также равным $e_0 \cdot Z$ [3, 5]. В этой связи невозбужденный уединенный атом вещества является устойчивым электронейтральным материальным образованием. Вся атомная масса такого образования заключена практически в его ядре, обладающем массовым числом A и содержащем такие известные нам элементарные частицы как протоны p_e и нейтроны n_e . Напомним, что масса протона составляет $m_p = 1836 m_e$, а близкая ему масса нейтрона – $m_n = 1839 m_e$ [2, 5]. Число протонов p_e в ядре атома точно равно его атомному порядковому номеру Z , а число нейтронов n_e в нем всегда составляет величину, равную $N = A - Z$. Поэтому в основе систематики известных землянам химических элементов лежит не их атомная масса или массовое число ядра их атомов A (как первоначально установил Д.И. Менделеев, 1869 год), а положительный электрический заряд ядра этих элементов, равный $e_0 \cdot Z$ (как в дальнейшем уточнил Н. Бор, 1922 год) [3, 4].

Электроны, входящие в состав электронной оболочки атомов (или молекул, состоящих из атомов), получили название связанных. Связанные электроны атома вещества образуют электронные слои, имеющие по мере удаления от ядра атома следующие обозначения: $K = 1$; $L = 2$; $M = 3$; $N = 4$; $O = 5$; $P = 6$ [7, 8]. Каждый электронный слой представляет собой совокупность электронов, энергетические состояния которых определяются соответствующим одинаковым значением главного квантового числа n атома вещества. При этом для слоя K главное квантовое число n , наибольшее значение которого соответствует номеру периода элемента в системе химических элементов Д.И. Менделеева, которому рассматриваемый элемент принадлежит, принимает значение $n = 1$; для слоя $L - n = 2$; для слоя $M - n = 3$; для слоя $N - n = 4$; для слоя $O - n = 5$; для слоя $P - n = 6$ [2, 7]. Внутри каждого электронного слоя атома связанные электроны распределяются по электронным подоболочкам, каждая

из которых соответствует некоторому значению орбитального квантового числа l атома, равного $l = n - 1$. Число связанных электронов на каждой подоболочке атома составляет $2(2l + 1)$ [2, 7]. Поэтому, например, для электронного слоя K с $n = 1$ и его электронов возможно только одно энергетическое состояние s ($l = 0$); для слоя L с $n = 2$ – состояния s ($l = 0$) и p ($l = 1$); для слоя M с $n = 3$ – состояния s ($l = 0$), p ($l = 1$) и d ($l = 2$); для слоя N с $n = 4$ – состояния s ($l = 0$), p ($l = 1$), d ($l = 2$) и f ($l = 3$), а для слоя O с $n = 5$ – состояния s ($l = 0$), p ($l = 1$), d ($l = 2$), f ($l = 3$) и g ($l = 4$). В этой связи в атоме любого вещества число связанных электронов в состоянии s составляет 2, в состоянии p – 6, в состоянии d – 10, в состоянии f – 14 и в состоянии g – 18.

В атомной физике установлено, что порядок заполнения связанными электронами в атомах энергетических состояний в электронных слоях и электронных подоболочках (в пределах одного слоя), в основном, должен соответствовать радиальной последовательности расположения энергетических уровней с данными значениями квантовых чисел n и l , а также принципу Паули (в любом атоме не может быть двух электронов, находящихся в двух одинаковых стационарных состояниях, определяемых набором следующих четырех квантовых чисел: главного n , орбитального l , магнитного m_l и спинового m_s) [2, 7]. Такой порядок приводит к тому, что для легких атомов сначала заполняется электронный слой с меньшим значением главного квантового числа n и только потом должен заполняться электронами следующий электронный слой с большим значением n . При этом внутри каждого электронного слоя сначала заполняются энергетические состояния (подоболочки) с $l = 0$ (s – подоболочка), а затем состояния с большими значениями орбитального числа l (вплоть до $l = n - 1$). Этот порядок застройки электронами слоев и подболочек для ряда химических элементов в периодической системе Д.И. Менделеева может нарушаться, начиная с калия K ($n = 4$). Так, для так называемых переходных химических элементов электронная застройка их предыдущих слоев с меньшим значением главного квантового числа n может происходить при уже частично заполненных связанными электронами их последующих слоев с большими значениями n [2, 7]. Это объясняется тем, что при достаточно больших значениях главного квантового числа n взаимодействия между связанными электронами оболочки атома приводит к тому, что состояния с большими n и меньшими значениями орбитального квантового числа l могут иметь меньшую энергию и оказаться для атома вещества энергетически более выгодными, чем состояния с меньшими n , но с большими l [5, 7].

Как видим, связанные электроны являются неотъемлемой составной частью любых атомов и молекул вещества, встречающихся в земной природе.

2. РОЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ В ОПРЕДЕЛЕНИИ СВОЙСТВ АТОМОВ И МОЛЕКУЛ ВЕЩЕСТВА

В атомах те связанные электроны, которые входят в состав внешнего электронного слоя с наиболь-