



БИБЛИОТЕЧКА

КВАНТ

ВЫПУСК

98

Приложение к журналу
«Квант» № 6/2006

К.Ю.Богданов

ПРОГУЛКИ С ФИЗИКОЙ



Москва

2006

УДК [001+62]:53(078)
ББК 72+30я7
Б73

Серия
«Библиотечка «Квант»
основана в 1980 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Б.М.Болотовский, А.А.Варламов, В.Л.Гинзбург,
Г.С.Голицын, Ю.В.Гуляев, М.И.Каганов, С.С.Кротов,
С.П.Новиков, Ю.А.Осипьян (председатель),
В.В.Произволов, Н.Х.Розов, А.Л.Стасенко, В.Г.Сурдин,
В.М.Тихомиров, А.Р.Хохлов,
А.И.Черноуцан (ученый секретарь)

Б73 Богданов К.Ю.

Прогулки с физикой. – М.: Бюро Квантум, 2006. —
192 с. (Библиотечка «Квант». Вып. 98. Приложение к жур-
налу «Квант» № 6/2006.)
ISBN 5-85843-063-5

Книга представляет собой краткое изложение дополнительного курса по физике «Наука и техника для любознательных», прочитанного автором в одной из московских школ. На многочисленных примерах показано, как использование известных законов физики помогает раскрыть загадки явлений природы, повседневной жизни и жизни человеческого общества.

Для учащихся и учителей средних школ, лицеев и гимназий, для членов и руководителей физических кружков и факультативов, а также для всех тех, кому просто интересна физика.

ББК 72+30я7

ISBN 5-85843-063-5

© Бюро Квантум, 2006

ПРЕДИСЛОВИЕ

Обычно физику изучают по учебникам – сначала обо всем понемножку, а в старших классах уже подробнее и по заведенному давным-давно расписанию: механика, тепловые явления, электродинамика, колебания и волны, оптика и, наконец, квантовая физика. Самые талантливые ученые и педагоги непрерывно совершенствуют методику преподавания физики в средней школе, обновляя материал старых учебников и создавая новые.

Физические законы открывают перед нами правила, по которым живет природа, тайны устройств и механизмов вокруг нас. Знание законов и умение решать задачи дает нам возможность исследовать окружающий мир и объяснять то, что раньше казалось необъяснимым. Оглянемся вокруг. На все ли «Почему?» и «Как?» мы можем без труда ответить? Наверняка, нет! Так давайте потрудимся, поразмышляем, сравним возможные варианты и попробуем найти ответы на разные, в том числе «неочевидные», вопросы. Сделав это, мы станем лучше чувствовать физику явлений. Ведь обучаться физике, как и всему другому, можно не только по учебникам, но и исследуя окружающий нас мир. Иностраный язык, например, можно выучить, просто поехав в ту страну, где на нем говорят. А нам повезло, поскольку страна-физика всегда вокруг нас и нам никуда не надо ехать. Так будем же учиться ее языку, наблюдая и объясняя все происходящее вокруг. Ведь слово «физика» в переводе с греческого означает «природа».

Читая эту книгу и отвечая на простые и сложные вопросы, вы откроете для себя законы природы в будничных фактах и явлениях. Физика – очень полезная наука. Так, правило рычага дает совет, как, не надорвавшись, поднимать большие тяжести, а закон Архимеда – как строить новые корабли. Законы Ньютона учат метко стрелять и запускать ракеты, а законы термодинамики – конструировать холодильники и автомобильные двигатели. И, конечно же, без знания физики было бы просто невозможным создание различных технических и электронных устройств, в том числе и компьютеров. Поэтому можно считать, что именно физика в течение тысячелетий толкала человечество по пути прогресса.

Однако физика не только сделала нашу жизнь более комфорт-

ной, но и дала возможность узнать, как устроены мы сами, открыть причины многих болезней и найти методы их лечения. Большинство работ по биологии и медицине, удостоенные Нобелевских премий, были бы невозможны без участия физиков. Физические модели общества позволяют предсказать, каким будет наше общество в будущем, а физические модели биржевых торгов – какими будут цены на акции завтра. Физика соединяет между собой многие отрасли знаний: астрономию, химию, биологию, социологию, экологию, географию, геологию и другие науки в мощное орудие познания.

Предлагаемая вашему вниманию книга представляет собой краткое изложение курса лекций «Наука и техника для любознательных», прочитанных автором ученикам 10–11 классов московской школы 1326 в течение 2003–2006 годов. В книге на многочисленных примерах показано, как использование известных законов физики помогает раскрыть загадки явлений природы, повседневной жизни и человеческого общества. Многие главы книги были до этого опубликованы в научно-популярном физико-математическом журнале для школьников и студентов «Квант» и в газете «Физика» (Издательский дом «Первое сентября»).

Книга может быть использована учителями физики при разработке программ профильного или углубленного изучения предмета, для проведения факультативных и кружковых занятий и чтения дополнительных курсов. Старшеклассники средних школ, лицеев и гимназий смогут воспользоваться материалами книги при выборе тем и при подготовке докладов на школьных или иных научно-практических конференциях. А вообще, книга адресована всем тем, кто считает себя любознательным.

Считаю своим приятным долгом выразить благодарность директору школы 1326 Н.М.Сальникову, который пригласил меня прочесть этот курс лекций. Кроме того, я очень благодарен главному редактору газеты «Физика» Н.Д.Козловой, которая предложила опубликовать несколько лекций моего курса на страницах газеты и этим приблизила рождение данной книги. Особенно хочется отметить полезные замечания заместителя главного редактора журнала «Квант» А.И.Черноуцана, первого читателя многих глав этой книги, и выразить ему мою искреннюю благодарность. Счастливая идея опубликовать эту книгу в серии «Библиотечка «Квант» пришла члену редколлегии «Кванта» Ю.М.Бруку во время долгих телефонных разговоров с ним, за что я его тоже благодарю.

К.Ю. Богданов

ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ ПОКУПАТЕЛЕЙ ЛАМПОЧЕК

Освещенные окна домов и улицы, огни рекламы и проносящихся мимо автомобилей – все это приметы нашей цивилизации. Искусственное освещение сделало человека менее зависимым от солнечного света. Держа в руках горящий факел, люди могли передвигаться по ночам и устраивать ночлег в глубине пещер, где до сих пор находят их наскальные рисунки. Свет факелов сделал рабочий день первобытных людей более продолжительным и продуктивным, способствуя таким образом прогрессу человечества. С тех пор как человек впервые использовал факел для освещения, прошло несколько десятков тысяч лет, но и сейчас, сами того не замечая, мы продолжаем использовать факелы, ведь слово «лампа» происходит от греческого $\lambda\alpha\mu\pi\alpha$, что означает факел.

До конца XIX века искусственное освещение было газовым или керосиновым и всегда сопровождалось копотью, а иногда и искрами, от которых легко мог возникнуть пожар. При горении концентрация кислорода в воздухе помещения уменьшалась, а углекислый газ накапливался – становилось душно. Даже если зажигали много светильников одновременно, света не хватало. Да и горючее стоило дорого.

Научные исследования В.В.Петрова (1761–1834), Г.Дэви (1778–1829), П.Н.Яблочкова (1847–1894), А.Н.Лодыгина (1847–1923) и Т.Эдисона (1847–1931) дали человечеству первую газоразрядную лампочку (свеча Яблочкова) и лампу накаливания, открыв эру электрического освещения – без копоти, газа и дыма. Электрическая лампа была пожаробезопасна, ее не нужно было регулярно открывать, чтобы заправить горючим или подправить фитиль. Годом рождения электрического освещения считают 1880 год, и с тех пор у электрической лампы нет конкурентов.

Известные и неизвестные имена в ламповом семействе. Наступает день, и мы идем в магазин, чтобы выбрать подходящую лампу для дома или офиса. Какую лампу выбрать? Почему они такие разные по виду и цене? И вообще, чем они отличаются друг от друга?

Существуют два основных типа ламп:

- лампы накаливания, источником света в которых служит раскаленная металлическая нить (спираль);
- газоразрядные, свет в которых возникает из-за электрического разряда в лампах, наполненных различными газами.

Однако лампы накаливания бывают разные: аргоновые, криптоновые, ксеноновые, галогенные и кварц-галогенные. В свою очередь, газоразрядные лампы подразделяются на те, где газ внутри находится:

под низким давлением (лампы дневного света, или люминесцентные, ультрафиолетовые и так называемые неоновые лампы рекламных огней);

под высоким давлением (ртутные паросветные лампы, натриевые дуго-разрядные и металлогалогенные лампы).

Газоразрядные лампы высокого давления обладают огромной яркостью и не предназначены для домашних условий. Они широко используются в осветительных установках различных коммерческих помещений, выставок, торговых центров, служебных помещений, гостиниц и ресторанов, для подсветки рекламных щитов и витрин, для освещения спортивных сооружений и стадионов, для архитектурной подсветки зданий и сооружений.

Что касается ламп накаливания (рис.1), то здесь вроде бы все ясно. Через вольфрамовую нить прохо-

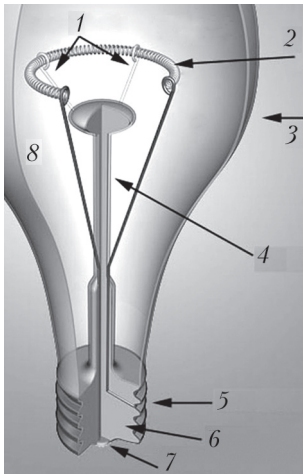


Рис.1. Схематический разрез обычной лампы накаливания: 1 - опоры, фиксирующие положение спирали; 2 - вольфрамовая нить, свернутая в спираль; 3 - стеклянная колба лампы; 4 - стеклянная стойка, поддерживающая опоры спирали; 5 - винтовой электрический контакт; 6 - изолятор; 7 - нижний электрический контакт лампы; 8 - инертный газ, заполняющий лампу накаливания

дит электрический ток, накаляет ее добела, и она становится источником света. Непонятно только, зачем лампы накаливания заполняют то аргоном, то криптоном, а то и галогенами. Названия остальных ламп вызывают еще больше вопросов. То, что разряд молнии может на мгновение осветить все вокруг, доказывать не надо, но как такие же разряды через наполненную паром

лампу могут быть источником постоянного света? И вообще, откуда берется свет?

Свет излучают вещества, доведенные до раскаленного состояния. В пламени свет излучают раскаленные частички сажи, а в лампе накаливания – вольфрамовая нить. Кстати, в первых лампах ток пропускали через хлопковые нити, покрытые угольной пылью, и только в 1915 году американский физик И. Ленгмюр (1881–1957), будущий лауреат Нобелевской премии по химии (1932 г.), предложил изготавливать нити накаливания из самого тугоплавкого металла – вольфрама, что в несколько раз увеличило срок их службы и яркость.

Чем выше температура нити, тем большая часть энергии, подводимой к лампе, излучается в виде света. Но чем ближе температура нити к температуре плавления вольфрама (3380 °С), тем быстрее нить испаряется, а лампочка перегорает. Чтобы замедлить испарение нити, Ленгмюр предложил заполнять лампы накаливания инертным газом. Это увеличивает срок службы ламп до 1000 часов.

Инертный газ внутри ламп накаливания. Почему заполнение ламп накаливания инертным газом замедляет испарение? Представим себе, что одна из молекул вольфрама, находящаяся на поверхности нити, получив от соседей достаточно энергии, чтобы «испариться», покидает поверхность, но сразу же наталкивается «лоб в лоб» на подлетающую к нити молекулу газа. Очевидно, что результатом такого столкновения будет возвращение «блудной» молекулы вольфрама обратно к нити. А значит, присутствие газа в лампе накаливания должно замедлять испарение вольфрама. С другой стороны, чтобы вольфрам не потерял свое уникальное свойство – быть самым тугоплавким металлом, этот газ не должен вступать в химическую реакцию с вольфрамом, т.е. должен быть инертным. Но какой инертный газ выбрать?

К инертным (или благородным) газам относятся шесть элементов – гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и радон, находящиеся в VIII группе периодической системы Менделеева. Свое название они получили за то, что практически не вступают в химические реакции даже при высоких температурах. Внешняя электронная оболочка их атомов заполнена полностью, что препятствует соединению с другими атомами, делая эти газы инертными.

Первым, в 1868 году, обнаружили гелий, но не на Земле, а на Солнце. Это сделали астрономы, когда стали изучать спектр испускаемого солнечным диском света. Линия в этом спектре

указывала на присутствие неизвестного химического элемента. Его назвали гелий – латинское helium от греческого helios, т.е. солнце, считая, что открыли свечение одного из неизвестных металлов, находящихся на поверхности Солнца. Поэтому окончание «ium» в его названии соответствовало металлической природе открытого элемента. Спустя много лет оказалось, что гелий не металл, а самый легкий из инертных газов, но название осталось прежним. Открытие всех инертных газов (кроме радона) было сделано при активном участии У.Рамзая (1852–1916) в самом конце XIX века, и за это ему была присуждена Нобелевская премия по химии (1904 г.). И конечно, все инертные газы (кроме гелия) получили названия, оканчивающиеся на «on», принятые для газов.

Выбирая инертный газ для ламп накаливания, учитывали его свойства и доступность (цену). Радон, являясь продуктом радиоактивного распада радия, сам обладал радиоактивностью и поэтому сразу же был исключен из списка возможных кандидатов. Гелий (относительная молекулярная масса 4) был чересчур легким для того, чтобы отталкивать испаряющиеся атомы вольфрама (относительная молекулярная масса 184) обратно к нити. Неон (относительная молекулярная масса 20), хотя и был тяжелее гелия в 5 раз, но стоил раз в 10 дороже. Следующим в списке был аргон (относительная молекулярная масса 36). Концентрация аргона в атмосфере – около 1%, и поэтому он является самым дешевым из инертных газов. Концентрация криптона в атмосфере Земли в 7000 раз меньше, а ксенона – в 200000 раз меньше, чем у аргона, что делало их производство очень дорогим. Все это на долгое время определило выбор изготовителей ламп накаливания: аргон.

Однако со временем новые технологии сделали производство криптона (относительная молекулярная масса 72) (и ксенона, относительная молекулярная масса 108) относительно дешевым, что позволило использовать криптон вместо аргона при заполнении ламп накаливания. Как и следовало ожидать, срок службы криптоновых ламп увеличился, по сравнению с аргоновыми. Кроме того, криптоновые лампы позволяют увеличить температуру раскаленной вольфрамовой нити, сохраняя тот же срок службы, что и у аргоновых. В результате яркость криптоновых ламп может быть на 10% выше, чем у аргоновых ламп той же мощности.

Галогенная лампа – современный предел для лампы накаливания. Обычная лампа накаливания, даже наполненная криптоном, обладает рядом недостатков. Один из них – относительно

большие размеры, так как стекло лампы может расплавиться, если приблизить его к спирали достаточно близко. Можно, конечно, вместо обычного стекла использовать кварцевое, температура плавления которого гораздо выше. Однако только замена обычного стекла на кварцевое не позволяет получить компактную лампу накаливания. Испаряющийся вольфрам, осаждаясь на меньшую поверхность лампы, быстро затемняет ее, блокируя свет, идущий от раскаленной нити.

В 1958 году в компании «Дженерал электрик» (General Electric) было найдено технологическое решение – так называемый галогенный цикл, с помощью которого можно удалять с внутренней поверхности стекла осевшие там атомы вольфрама. Чтобы галогенный цикл заработал, лампу накаливания надо заполнить смесью инертного газа (аргона или криптона) и газа-галогена (например, брома), а поверхность стекла приблизить так близко к раскаленной нити, чтобы его температура стала выше 200 °С. Галогенный цикл (рис.2) работает следующим образом:

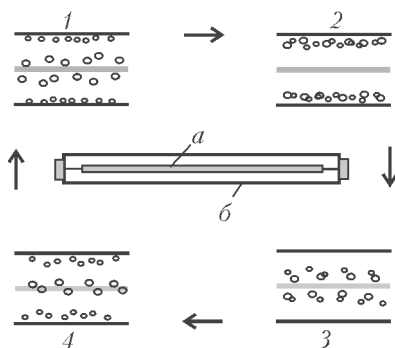


Рис.2. Схема галогенного цикла: 1–4 – последовательные этапы цикла; а – вольфрамовая нить; б – колба лампы, сделанная из тугоплавкого стекла; крупные кружочки – атомы вольфрама, мелкие – галогена

1 – испарившаяся молекула вольфрама движется по направлению к стеклу лампы и осаждается на нем;

2 – находясь на поверхности лампы, молекула вольфрама образует молекулу с атомом брома и переходит в газообразное состояние;

3 – молекула вольфрам-бром движется с конвективными потоками газа и случайно «натывается» на раскаленную спираль лампы;

4 – оказавшись на спирали, соединение вольфрама и брома диссоциирует (распадается) на вольфрам, остающийся на спирали, и бром, уходящий в газ, наполняющий лампу.

Таким образом, галогенный цикл очищает внутреннюю поверхность стекла от осаждающихся там молекул вольфрама и одновременно восстанавливает целостность вольфрамовой нити. Поэтому использование галогенного цикла позволяет уменьшить размеры ламп накаливания, что делает их незаменимыми

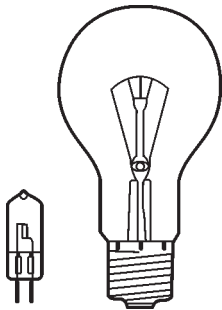


Рис.3. Миниатюрная галогенная лампа (слева) и обычная лампа накаливания (справа)

в качестве источника света, например в автомобильных фарах, и поднять температуру нити с 2500 до 3000 °С. В результате галогенные лампы обладают не только удвоенным ресурсом работы (2000 часов), но и увеличенной на 20% яркостью по сравнению с обычными лампами накаливания такой же мощности. Иными словами, они экономят энергию, расходующую на освещение. Галогенные лампы могут иметь самые различные формы, но их размеры, как правило, меньше, чем у обычных ламп накаливания (рис.3).

Как зажечь свет вдали от электрической розетки. Как правило, мы вспоминаем об электрическом фонарике только тогда, когда у нас дома гаснет свет. Электрический фонарик, работающий на батарейках или аккумуляторах, служит одним из примеров низковольтных источников освещения. А самым распространенным низковольтным источником освещения являются, конечно, автомобильные фары. Кроме того, низковольтное освещение широко используется там, где велика вероятность поражения электрическим током, – при подсветке бассейнов и фонтанов, а также загородных домов (рис.4).

Большинство современных низковольтных ламп накаливания – это галогенные лампы, работающие от напряжения 12 В.



Рис.4. Низковольтная лампа накаливания с параболическим отражателем (слева) и ее использование для локальной подсветки снаружи загородного дома