

Вълшебството на горящата свещ

Евгени Головински

Пламъкът е съпровождал не само емоциите и религиозните чувства на хората. Вероятно още у праисторическия човек се е събудило любопитството за това, откъде и как се е появило това искрящо и парливо чудо. По-късно той гръзнал да озаптява огъня и свързания с него пламък и да ги използва за свои потребности. Да се опита да прозре в тъмнината на пещерата, която обитава. Сполучливият опит за опитомяване

Всеки би могъл да изброи поне няколко ритуала, които са свързани със символичното използване на пламъка в религиозни, обществени, сантиментални или спортни прояви.

на огъня, за да може да го използва за осветление, се реализирал в едно негово забележително изобретение. Това бил един наглед простичък предмет, който той нарекъл свещ. Вероятно няма език на земята, в

който да липсва думата „свещ“ – дали ще е candle, kerze, bougie или свеча, няма значение. Изобретението било просто и вероятно тъкмо поради това гениално: восьчен цилиндър с различна големина, в който по протежение на цялата му дължина в самия център е вкаран фитил. Запален, върхът на фитила дава продължително време траен пламък.

Както всяко изобретение, така и създаването на свещта минава през няколко етапа, първият от които се отнася вероятно към един период отпреди около 5 хиляди години. Отначало човекът използвал различни материали като фитил, например слама, хартия или папирус, а за гориво – различни мазнини и восъци. При горенето на първобитните свещи се отделяли много сажки, а и съпровождащата осветлението миризма била понякога трудно поносима. Минавало време, свещите постепенно се усъвършенствали, преди да придобият днешния си вид.



Изглежда първият, който обръща дълбочено внимание върху свещта и нейния пламък с оглед събуждане на интереса на любознателните млади хора към явленията и процесите в природата, е гениалният английски учен Майкъл Фарадей (Michael Faraday, 1791 – 1867). Великият физик и химик оставя толкова трайна диря в историята на науката, че за нея може да се говори дълго с дълбоко уважение. Тук ще обърнем внимание върху неговата забележителна способност на преподавател и популяризатор на научни знания. Нещо повече, Фарадей е автор на първото добило заслужено признание научнопопулярно произведение. Това е неговата книга **„Химическата история на свещта“** (*“The Chemical History of a Candle”*). Той пише: *„Всички действащи във Вселената закони се проявяват в химическата история на една свещ... бих искал да отворя една удобна врата за навлизане в изучаването на Природата“*.

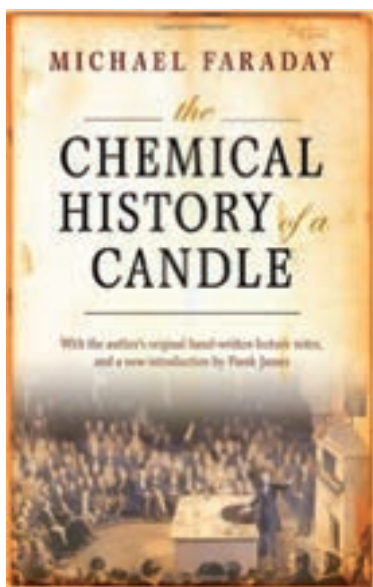
„Историята на свещта“ е публикувана като резултат от обобщаването на материала от поредица от т.нар. Коледни лекции, четени от Фарадей пред широка публика, главно младежи. Първата от тях той изнася през 1860 г. Впоследствие книгата на Фарадей върху свещта бива преведена на много езици, включително и на български. Авторът на статията, която държите в ръцете си, иска да сподели с вас, че запознаването му с научнопопулярното произведение на Фарадей още като прогимназиален ученик допринесе в значителна степен за събуждането у него на интерес към природните науки, особено към химията. Впрочем със сигурност знаем, че подобен интерес „Историята на свещта“ е разпалвала десетилетия наред у стотици млади хора по света. Когато са се увличали от съдържанието на книгата, младите хора сигурно още не са знаели, че забележителният популяризатор е велик учен, един от основоположниците на модерната химия и физика.

Лекциите на Фарадей и произлязлата от тях „История на свещта“ се основават



Майкъл Фарадей (1791–1867) е един от прочутите учени – физици и химици на XIX в. Като ученик и асистент на Хъмфри Дейви той работи в неговата лаборатория, впоследствие и като неин ръководител до края на живота си. Освен като забележителен изследовател Фарадей става известен и като преподавател и научен популяризатор. Неговият девиз, отправян към учениците: „Work, finish, publish“ е актуален и до днес

върху увлекателното описание на редица експерименти, които позволяват разкриването на строежа и функциите на свещта и на процесите, които протичат при нейното горене. Ето например: първата лекция (глава от книгата) се нарича *„Свещта. Пламъкът. Неговото хранване. Неговият строеж. Подвижност. Яркост“*. По-надолу ще цитирам извадки от текста, но искам да отбележа, че два века след лекциите на Фарадей интересът към материала, изнасян в тях, продължава да занимава учени и педагози. През 2015 г. в едно авторитетно немско химическо списание (*“Chemie in unserer Zeit”, CHIUZ*) петима млади автори обобщават сегашните знания (но и все още липсата на някои знания!) за многопосочните и сложни физикохимични процеси, протичащи в една горяща свещ. Те, както век и половина преди тях Фара-



Книгата на Майкъл Фарадей „Химическата история на свещта“ по същество е първото получило широка известност научнопопулярно произведение (1860 г.). Преведена на много езици, книгата изиграва огромна роля за разпространението на научни знания в областта на химията и физиката



Корицата на българското издание на „Историята на една свещ“

гей, говорят за това, че опитът, експериментът е този, който позволява разкриването на същината на явленията. Опитът, дори простият лабораторен експеримент събужда интереса, любопитството на учащия се. Намерението на Майкъл Фарадей е чрез заниманията с горящата свещ да се задълбочава изучаването на химията, физиката и другите природни предмети. Едно обстоятелство, което за жалост все повече убягва от погледа на съвременния учител. Поне у нас.

Водещ мотив на Майкъл Фарадей при изнасянето на неговите т.нар. Коледни лекции, които лягат в основата на „Историята на свещта“, е именно събуждането на интереса на младите хора към химията, към научното мислене. Фарадей е убеден, че „Вие дойдохте на тези лекции, за да се научите на научно мислене“. Има смисъл и полза да цитирам извадки от текста на книгата на Фарадей. Четем:

„... аз искам да ви изложа в следващите беседи редица сведения по химия, които можем да извлечем от горящата свещ... Явленията, които се наблюдават при горенето на свещта, са такива, че няма нито един природен закон, който да не би бил засегнат така или иначе при това. .. Аз поемам смелостта да говоря с младежта така, като че аз самият бих бил юноша... тази отговорност не ме плаши от това да говоря и този път също така просто и достъпно с онези, които приемам за близки до себе си“.

Фарадей продължава първата си лекция с описанието на материалите – китовата мас, лойта, стеарина, парафина, пчелния восък, които се използват по това време за приготвянето на свещите. Обяснява, че всички те служат като гориво, необходимо за горенето на свещта. Подробно, но и увлекателно разказва за тогавашните технологии за получаването на свещите. Описва вида на фитилите, които се използват при приготвянето на свещите. След това се спира върху пламъка на свещта:

*Многочислена
аудитория
слушатели,
сред които
и любознателни
младежи,
са посещавали
Коледните лекции
на Майкъл Фарадей*



„Да поговорим сега за пламъка на свещта... При горенето на свещта се наблюдава и едно друго, особено удивително обстоятелство. Нали виждате едно твърдо вещество, толкова твърдо, че не ни е необходима съдинка. А как става така, че твърдото вещество може да се издигне до онова място, където се намира пламъкът? Как попада там твърдото вещество, без да е течност?... Изненадващо нещо е това свещта... Преди всичко вие виждате, че върху свещта се образува хубавичка трапчинка, приличаща на чашка... тази чашчица с правилна форма се получава благодарение на равномерния поток въздух, действащ върху цялата външна повърхност на свещта...“.

Словесния текст на лекциите си Фарадей съпровожда с демонстрации на конкретни обекти и явления. От тях насочва вниманието към конкретни подробности за свещта и нейния пламък. Прави скици на пламъка и характеризира отделните му части. Не след дълго описанията на Фарадей стават

достояние на преподаватели из цяла Европа. Те се обогатяват с нови данни, каквито се трупат и днес.

След прочутите изследователски и педагогически методи на Фарадей за събуждането на интерес към феномена „горяща свещ“ минават десетилетия. Може да звучи невероятно, обаче повече от век и половина след Фарадей в редица училища, например в Германия, моделът „Горяща свещ“ продължава да се използва сполучливо като методичен подход още в началните етапи на преподаването на химията. Естествено към процеса на обучение се привличат и сведения от най-модерните физични и физикохимични изследвания. Това позволява да бъдат допълвани крачка по крачка фундаменталните данни за процесите в горящата свещ. Преподаватели по методика на химията в едно немско училище споделят например един последователен ход на етапите в учебния процес: 1. *Защо гори свещта.* 2. *Въздухът.* 3. *Оксиди на въглерода.* 4. *Вода.*

5. Азотни оксиди. 6. Експерименти с пламъка на свещта. Предлагат се и размествания в тази последователност и ефективността от това се обсъжда творчески от преподавателите, които обикновено имат свободата да изградят учебния процес по най-подходящия според вижданията им начин.

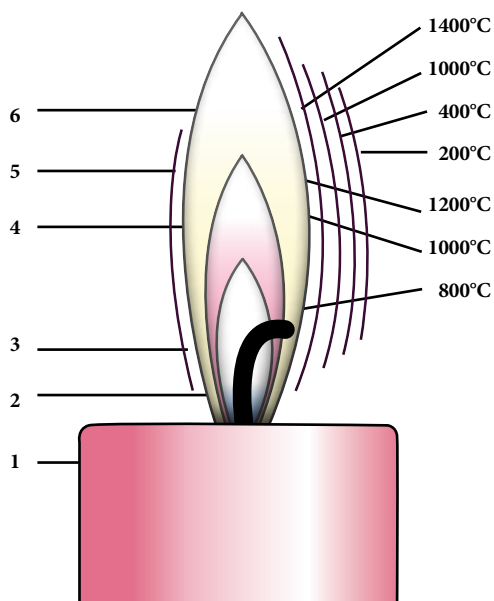
Учащите се, както и всички заинтересувани от природните явления, съпровождащи горенето на една свещ, придобиват днес достатъчно ясна и пълна картина на процесите, приковали любопитството на Майкъл Фарадей. Очевидно трябва да се познава химическият състав на материала, който се използва като гориво. Това са наситени въглеводороди, съдържащи във веригата си от 19 до 36 въглеродни атома, при чието изгаряне се образуват въглероден диоксид и вода. Например при изгарянето на един мол $C_{24}H_{50}$ се отделят 25 мола CO_2 и 25 мола H_2O , като се освобождават около 44 kJ/g топлинна енергия. За да се стигне до изгарянето на наситените въглеводороди на восъка, отначало те се разграждат до много по-малки молекули. Те пък, от своя страна, предизвикват образуването на микрочастици от елементарен въглерод, които от своя страна формират саждите. Нагнетите при високата температура на газовете микрочастици се нажежават, с което обуславят жълтия цвят на пламъка на свещта.

Особен интерес представлява разглеждането на процесите, при които наситените въглеводороди от плътното тяло на свещта преминават към фитила и оттам се насочват към зоната на горене. При процеса на окисление на въглеводородите на свещта освен CO_2 и H_2O се образуват в минимални количества и сложни по химичния си строеж полицикленни ароматни въглеводороди, т.нар. РАН (англ. polycyclic aromatic hydrocarbons). Нека отбележим, че много от тези вещества, особено бенз(а)пиренът, са мощни канцерогени. Неговото количество при горенето на свещта обаче за щастие е пренебрежимо малко и не представлява никаква опасност за здравето. Молекулните механизми на образуване-

то на РАН от наситените въглеводороди във вътрешността на пламъка на свещта (неговото ядро) са сложни и все още ненапълно изучени. Процесите, които протичат без участието на кислород, започват с хомолитичното разкъсване на връзките C-C, при което се образуват алкилови радикали. От тях в една последователност на реакции се образуват ацетилен и малки молекулни фрагменти като метиленов радикал, етинилов радикал и други силно реактивоспособни молекулни фрагменти. Решаваща роля при образуването на по-големите молекули на РАН играят ацетиленът и етиниловият радикал.

Както видяхме, една неотменима съставка на всяка свещ е нейният фитил, който понастоящем се изработва обикновено от подходящи, например памучни влакна. В съвременните технологии тези влакна се импрегнират с неорганични вещества, чийто състав обаче се пази грижливо в тайна от производителите. За значението на фитила за правилното горене на свещта беше писал и разказвал още Фарадей, обаче едва в днешни дни се разбира в подробности неговата роля като капиларна помпа, която засмуква разтопения восък от свещта и го насочва вече във вид на горлив газ в зоната на горене. Експериментално е доказано, че за един час горене на свещта се изразходват от 3 до 8 грама восък. Потокът въздух, съпровождащ горелия газ, осигурява необходимото за правилното горене количество кислород. Процесът изисква достатъчен приток на кислород и ако неговото количество се понижи до 10 – 14 %, свещта изгасва.

Виждаме, че интересът към процесите, които протичат в една запалена свещ, не отслабва и че към вече познатото непрекъснато се добавят все по-нови научни разкрития. Дори фактът, че горивният материал на свещта, какъвто е восъкът, се явява в горящата свещ едновременно в трите възможни агрегатни състояния – но също така гори и като плазма, – продължава да поддържа научното любопитство към един от символите на цивилизацията. ■



6. Горен ръб на пламъка. Сажите изгарят до въглероден диоксид

Температура 1200 – 1400°

5. Периферия на пламъка. Образуваните се частици сажиди се нажежават и започват да светят

Температура 1000 – 1200°

4. Ядро на пламъка. Горивният материал е преминал в газово състояние и съставките му се разпадат (пиролиза)

Температура 800 – 1000°

3.

2. Основа („чаша“) на пламъка. Кислородът от атмосферата дифундира към зоната на горенето

Температура 600 – 800°

1. Свещ

Схема на пламъка на свещта, по CHIUZ.DE, 2015

Изисквания към авторите на сп. „Природа“

Сп. „Природа“ е научнопопулярно списание, предназначено за широка читателска аудитория: специалисти от различни научни области, преподаватели във висши и общообразователни учебни заведения, студенти, ученици, любознателни читатели с разностранни интереси.

Характерът на списанието налага някои специфични изисквания към авторите: разглеждане на актуален и важен за науката проблем; достъпно изложение; понятен за широката публика език; избягване на чуждици в случаите, когато могат да се употребят съответните български думи; онагледяване на текста с илюстрации, таблици, фигури. Не е желателно обособяването на отделни глави и раздели, както и цитирането на ползваната литература в края на статията.

Обемът на статиите е 5–6 машинописни страници (стандартната машинописна страница е 30 реда, 60 знака на ред, като този обем не включва предлаганата илюстрация). Към статиите се прилагат крат-

ки биографични данни за автора и неговата снимка.

Кратките научни съобщения и любопитни факти се поместват в отделни рубрики, поради което е необходимо да се посочи научната област, към която се отнася съобщението.

Илюстрациите трябва да са годни за непосредствено полиграфическо възпроизвеждане.

За осъществяване на контакт с авторите е необходимо те да посочат на края на статията или съобщението трите си имена, телефон и имейл.

Ръкописите се представят на електронен носител или се изпращат по имейла.

Текстът трябва да е във формат .doc/.rtf за MS Office XP/97-2003 или .docx за MS Office за Win7.

Не се приемат за издаване или отпечатване произведения, в които илюстративният материал е вмъкнат в .doc/.docx/.rtf файл.

Снимките се предоставят на отделни файлове във формати .jpeg и .tif.