

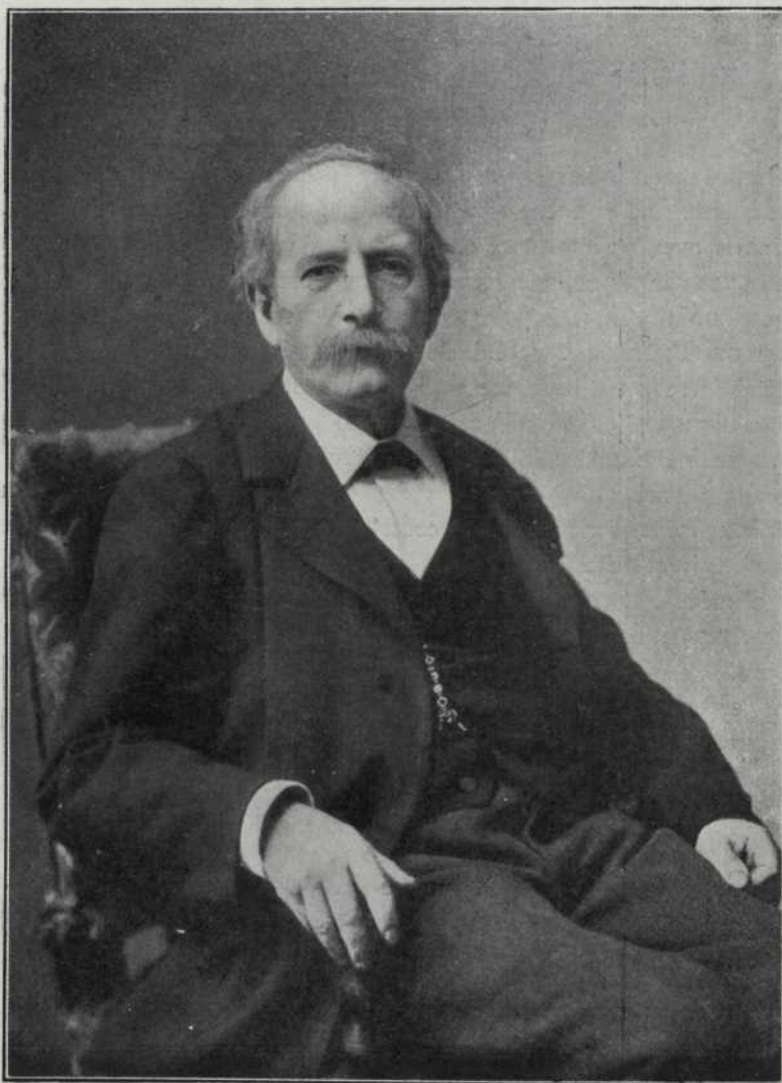
MARCELLIN BERTHELOT

1827 - 1907

EL 25 d'octubre darrer s'acomplí el primer centenari del naixement d'aquest savi eminent que, en el transcurs de la seva vida, tan extraordinaris avenços aportà al coneixement de les ciències químiques.

Entre les moltes commemoracions que s'escaigué celebrar durant l'any 1927, cap no tindrà una transcendència efectiva com la del centenari de BERTHELOT. Passaran a l'oblit els discursos i necrologies; cada any que passi farà la seva via la integració de BERTHELOT a la història... però del centenari de 1927 en restarà una creació que serà el portaveu constant d'un renom inextingible: la Casa de la Química, la construcció de la qual és iniciada a París amb cabals procedents del Govern francès i de la subscripció internacional a la que han contribuït la majoria de països civilitzats. Aquesta institució oferirà les seves sales de treball i d'estudi als químics de tot el món. Per sobre la diversitat innúmera de races i de creences, el nom de BERTHELOT presidirà el treball quotidià dels continuadors de la seva obra.

La personalitat de BERTHELOT sobressurt d'una manera vigorosa en mig dels eminents homes de ciència que dia darrera dia, en la quietud dels laboratoris, van arrencant a la naturalesa els seus secrets i basteixen l'edifici admirable de la química moderna, orgull lògic de la generació actual. Molts són els casos en què l'obra d'un savi és extensa i interessant en totes les seves parts, però mancada de transcendència; en altres, es dona el cas invers: una producció limitada, però d'un gruix enorme. L'obra de BERTHELOT cal assenyalar-la com a diversa i altament transcendent. Esperit despert, dotat d'una gran capacitat de treball, amb una habilitat experimental extraordinària, tenia viva la seva curiositat per a tots els problemes que la ciència i la vida plantegen i posseïa un criteri lògic remarcable que li permetia, en els seus treballs, de remuntar-se de l'observació al terreny especulatiu i treure les més sorprenents conseqüències dels fets experimentats. És ací on resideix, principalment, el mèrit de BERTHELOT i el de la ciència moderna. No fóra el tot, malgrat ésser molt, que el químic, el físic, el fisiòleg, es limitessin a la recerca experimental; cal que la meditació filosòfica relligui els fets isolats, coordinant-los entre ells, sim-



Marcellin BERTHELOT

plificant-los i deduint-ne les lleis que els són comuns. És sols per aquest camí que l'home de ciència veritable, el savi, superant la seva pròpia obra, assolirà a donar-li aquella empremta personal que la farà imperible i que en el cas concret de BERTHELOT es tradueix en un nou i vigorós impuls, el més definitiu que hagi rebut, en el desenrotllament de la química moderna.

A qui volgués seguir detalladament el curs de les investigacions de BERTHELOT, li caldria consultar gairebé tots els exemplars dels *Annales de Chimie et de Physique*, *C. R. de l'Académie des Sciences*, *Bulletin de*



Fig. 2

Marcellin BERTHELOT en el seu Laboratori del *Collège de France* a Paris

la *Société Chimique de France* i forces altres publicacions científiques de la veïna nació, apareguts durant la segona meitat del segle darrer i a primers de l'actual, fins a l'any 1907, en què s'esdevingué la seva mort. Bastarà dir, com a exemple, que l'any 1870, durant el qual la seva activitat es veié fortament absorbida per les necessitats de la guerra que França sostenia contra Prússia, publicà 47 memòries inèdites i que el primer volum dels *C. R. de l'Académie* de l'any 1907, conté, encara, apart d'altres documents que li calgué presentar com a Secretari perpetu, tres treballs originals.

LA SÍNTESI QUÍMICA

La seva obra més remarcable, aquella de la qual s'han derivat més positius avenços en la química, és la síntesi orgànica.

Abans de BERTHELOT, els químics tenien idees clares sobre els compostos inorgànics o minerals; els orgànics, però, els consideraven originats per una *força vital*, única capaç de construir-los, en oposició a la força de l'home, que sols podia analitzar-los i disgregar-los; però no juntar-los novament.

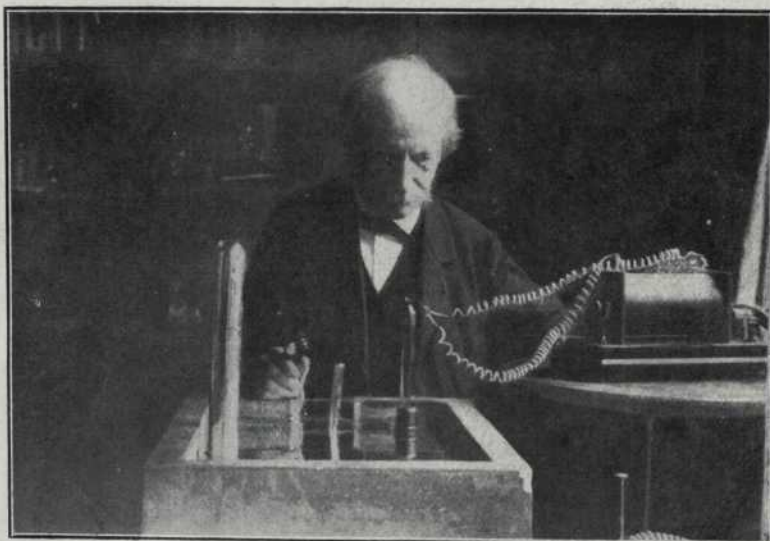


Fig. 3

Marcellin BERTHELOT executant la síntesi d'un carbur amb l'eudiometre de mercuri

És de LAVOISIER que havia anomenat la química *la ciència de l'anàlisi*, la següent definició:

"La química, sotmetent a experiències diverses els fets de la naturalesa, té per objecte descompondre'ls i situar-se en estat d'examinar separadament les diverses substàncies que entren en llur combinació... La química va, doncs, vers la seva finalitat i vers la seva perfecció, dividint, subdividint i resubdividint encara..."

Situats en aquest punt de vista, el rol de la química residiria a saber els elements que integren un compost determinat. Però BERTHELOT completa aquella definició dient:

"...que després que nosaltres hem penetrat l'essència dels cossos ponderables per la via de descomposicions successives, som portats a recompondre allò que hem destruït; és aquesta potència de formació sintètica el que afirma a la química el seu caràcter veritable..."

És a dir: no basta separar; cal reconstruir. La certesa que l'àcid clorhídric és format únicament dels elements clor i hidrogen, sols la tindrem quan, combinant-los entre ells en les mateixes proporcions trobades, obtindrem un cos del tot anàleg al de partença.

En parlar del paper de BERTHELOT en la creació de la síntesi, no ens referim a la síntesi en general. La síntesi inorgànica no sols era jutjada teòricament possible, sinó que LAVOISIER mateix, tot i la seva definició purament analista, l'havia realitzada en la memorable experiència de la formació de l'aigua.



Fig. 4

Monument erigit a BERTHELOT per subscripció nacional. L'escultor de SAINT - MARCEAUX hi acompanyà la figura del savi d'allegories de les tres grans devocions de la seva vida: a la família, a la ciència, a l'amistat amb RENAN

Però, fins aleshores, totes les temptatives de reconstrucció química no havien pogut salvar una barrera: la de la síntesi orgànica, és a dir, la formació, partint dels elements primers constitutius, dels cossos que hom pot extreure dels éssers vivents o que per ells són secretats. L'anàlisi havia demostrat que el carboni, l'hidrogen, l'oxigen i el nitrogen, elements molt extesos en el regne mineral, eren també els primordials constituents de la matèria vegetal i animal. Però el convenciment d'una impossibilitat absoluta aturava les investigacions en el llinar de la matèria organitzada, la formació de la qual era atribuïda a l'acció misteriosa de la *força vital*. Sobre l'espirit dels químics no pesava la preparació sintèti-

ca de la urea realitzada per WÖHLER l'any 1828; aquest fet era considerat com una excepció sense transcendència per modificar l'opinió dominant.

Però, en 1853, BERTHELOT, que tot just comptava 25 anys, inicia amb la síntesi dels principis grassos naturals, la seva admirable obra que havia d'absorbir-lo durant més de quinze anys i per la qual demostrà d'una manera definitiva la identitat de les lleis químiques i físiques que regeixen les substàncies orgàniques i les naturals inorgàniques. Ja no era més possible parlar de la *força vital* com a productora dels compostos que

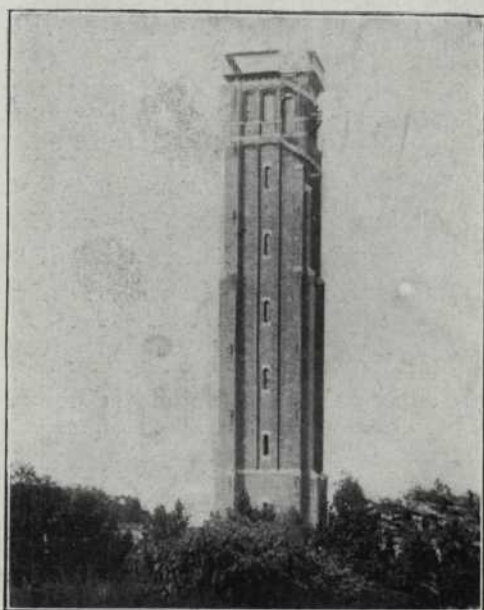


Fig. 5

Torre de 29 m erigida a Meudon per Marcellin BERTHELOT, per tal d'estudiar-hi la influència de l'electricitat atmosfèrica sobre la vegetació

integren els organismes vegetals i animals; el químic, en el seu laboratori, podia construir també els esmentats principis orgànics.

Segueix, en 1860, la preparació de l'alcohol, mitjançant la destil·lació, en presència d'aigua, del producte format per l'acció de l'àcid sulfúric sobre l'etilèn.

En fi, en 1867, arriba a produir l'acetilèn, per unió directa del carboni i de l'hidrogen amb ajuda de l'arc elèctric.

Això era el resultat cobejat: la síntesi orgànica a partir dels elements primers.

Per aquesta sèrie d'experiments memorables, quedava fet el treball obre-

camí, el més ímprobable i difícil. Les experiències de BERTHELOT havien assenyalat dues vies a seguir per a la formació dels compostos orgànics: la combinació de l'hidrogen i el carboni sota l'acció de l'arc elèctric per formar l'acetilè; la que parteix de l'aigua i de l'anhidrid carbònic, que forneixen a la matèria vivent el carboni i l'hidrogen que conté i dels quals deriven, per successives operacions, el metan, l'etan, l'etilè i el propilè. Els hidrocarburs obtinguts per aquests dos mètodes forneixen, degudament tractats, tots els altres hidrocarburs, que constitueixen la sèrie d'aquests compostos. D'ells deriven els alcohol; d'una primera oxidació d'aquests, els aldehyds, que comprenen la majoria d'olis essencials oxigenats; una nova oxidació dóna els àcids orgànics, molt extesos en el regne vegetal i animal... I així, per successives addicions, hom va obtenint les il·limitades matèries que constitueixen el món orgànic, la diversitat de les quals varia a l'infinit.

Aquesta creació de BERTHELOT obrí un ample camp d'experimentació, al qual es sumaren les més altes autoritats de la química. La síntesi ha portat a resultats admirables, veritables monjoies de les quals pot estar orgullosa la ciència actual. És gràcies a la síntesi que hom ha pogut preparar cossos previstos teòricament, però del tot desconeguts en la naturalesa; que l'alizarina, l'índigo, la càmfora i els sucres, que hom obtenia exclusivament del regne vegetal, poden ésser produïts industrialment en xifres importantíssimes... Afegim-hi, encara, els més exquisits perfums, la gama immensa dels colors d'anilina, els compostos terapèutics que substitueixen avantatjosament els antics remeis... Coronaments gloriosos d'un sòlid edifici que tingué en BERTHELOT l'arquitecte genial i que són el producte del treball incansable de dues generacions.

Els seus treballs sobre la síntesi, BERTHELOT els reuní en diverses obres, en les quals concreta, al costat dels resultats experimentals, les teories científiques que ha bastit per explicar-los.

Com una branca especialitzada de les seves investigacions sobre aquesta matèria, cal esmentar la síntesi dels petrolis, que avui és un dels problemes que més preocupa la tècnica moderna. Ací BERTHELOT s'ens presenta com el precursor dels mètodes industrials actuals més esperançadors, que reposen, gairebé tots, en la hidrogenació de l'hulla a temperatures i pressions elevades.

LA TERMOQUÍMICA

La reacció o combinació de dos cossos és acompanyada sempre d'absorció o desprendiment de calor. BERTHELOT tingué la idea de mesurar l'afinitat de dues substàncies pel calor que desprèn llur combinació. Aquesta idea no era enterament nova, puix altres havien aplicat la calorimetria a l'estudi de la química; però cal reconèixer que BERTHELOT, sense ésser en aquesta branca un creador, no ha deixat de tenir-hi una influència marcada, per tal com n'ha renovat les tècniques, n'ha perfeccionat els mètodes i relacionat elles amb elles les valors trobades per altres autors, posant així la metodologia de la Termoquímica. Aquesta tasca d'experimentació i ordenació, i en diversos aspectes de creació, fou seguida pacientment durant cinquanta anys, en els quals donà a conèixer la bomba calorimètrica que porta el seu nom i que serveix per mesurar, amb molta exactitud, el calor de combustió de les substàncies. En aquesta branca, l'obra de BERTHELOT, VAN T'HOFF la qualificà de monumental, tant per l'immens treball d'investigació que representa ordenar-la i sistematitzar-la, com perquè d'ella deriven els principis que BERTHELOT posà a la base de la Termoquímica.

Una aplicació de les seves investigacions termoquímiques, foren els remarcables treballs sobre les matèries explosives, als quals fou portat per haver estat invitat, durant la guerra franco-prussiana del 70, a col·laborar en el Comitè científic per a la defensa de París.

Des d'aquest càrrec, BERTHELOT s'ocupà de la fabricació de pòlvores i matèries explosives, en l'estudi de les quals aplicà, per primera vegada, els mètodes calorimètrics per determinar l'escalfor que desprèn llur descomposició i enuncià la possibilitat de preveure les propietats característiques d'un explosiu, deduint-les de la seva fórmula química i de la seva calor de descomposició.

Acabada la guerra, BERTHELOT, formant part d'una nova comissió tècnica, amplià llurs investigacions, com a resultat de les quals introduí remarcables perfeccionaments en la fabricació d'explosius, com són, entre altres, la coneixença prèvia de llurs efectes i de la velocitat donada a un projectil.

Un altre aspecte interessant dels estudis de BERTHELOT sobre la Termoquímica fou el precisar les mesures, i llur abast, del calor animal, que LAVOISIER i LAPLACE havien determinat.

BERTHELOT establí el següent principi important: *Les transformacions d'una substància donada posen en joc la mateixa quantitat de calor*

tant si es produeixen en un ésser vivent com en un laboratori. Partint d'aquest principi, pogué, junt amb els seus deixebles, mesurar l'escalfor després o absorbida en les reaccions que es produeixen en el cos humà, mesures que els fisiòlegs han pres com a base per fixar les regles essencials de la higiene alimentària.

Complement de les precedents investigacions, són també els treballs de BERTHELOT, amb la col·laboració de PEAN DE ST. GILLES, relatius als equilibris químics, els quals foren el punt de partença de la Mecànica química i permeteren d'obtenir les primeres dades precises sobre la velocitat de les reaccions químiques.

LA QUÍMICA VEGETAL

És aquest un capítol important de l'obra de BERTHELOT, al qual fou conduït per les suggestions que posaren al seu esperit les conclusions de les recerques sobre la síntesi orgànica. No podent-lo seguir al seu laboratori, aconseguí la creació d'una estació experimental a Meudon i li consagrà devotament els darrers 25 anys de la seva vida.

A Meudon, contràriament al què havia estat afirmat abans d'ell per nombrosos savis, demostrà la influència de l'electricitat atmosfèrica en la fixació del nitrogen pel sòl. Però no era l'electricitat l'únic agent fixador. BERTHELOT establí que el sòl fixa el nitrogen gràcies als microorganismes que hi pullulen, punt de vista posteriorment confirmat.

Remarquem, finalment, en aquest apartat, la polèmica de BERTHELOT amb PASTEUR, a propòsit de la interpretació de la forma d'actuar els microorganismes en les fermentacions. BERTHELOT s'oposà decididament a la interpretació vitalista, segons la qual els microbis actuarien ells mateixos sobre el medi que els volta; establí, d'acord amb Claude BERNARD, en nota presentada a l'Acadèmia de Ciències l'any 1860, que el ferment no és l'ésser vivent, sinó un producte de la secreció d'aquest.

La qüestió no fou resolta aleshores; però el temps ha donat la raó a BERTHELOT.

LA FILOSOFIA I LA HISTORIA DE LES CIÈNCIES

Fins ací l'obra de BERTHELOT químic. Si bé no hem pretès fer un estudi crític d'aquest home eminent, hi ha altres aspectes d'ell que no poden ésser negligits, puix que són caires diversos de la seva vasta menta-

litat, enriquida contínuament per la insaciable curiositat, que mai no l'abandonà, sobre les més diverses activitats del pensament.

En parlar d'aquest aspecte de la personalitat de BERTHELOT, hom no pot deixar de fer esment d'un amic seu, lligat a la seva vida per una estimació mútua i respectuosa i sincera. Ens referim a RENAN. BERTHELOT conegué l'autor de la "Història de les Religions" a la Institució Crouzet, en la qual RENAN s'havia vist forçat a entrar com a passant sense sou a la seva sortida del Seminari. Molt aviat, s'establí entre un i altre el més profund i delicat afecte; ambdós es trobaven posseïts del desig de saber, sentien la necessitat de penetrar l'origen de les coses, per sobre prejudicis i creences.

"La nostra amistat—diu RENAN—consistí en ço que ens ensenyàvem mútuament, en una mena de fermentació comú que una notable conformitat d'organització intel·lectual produïa en nosaltres davant dels mateixos objectes. Allò que tots dos havíem vist ens semblava cert."

No es cregui, però, en una identitat absoluta del pensament. Un punt comú tenien, fonamental certament, al qual havien arribat en les seves inacabables discussions i que RENAN concreta dient:

"Quan entràrem en relacions em restava un afecte tendre envers el cristianisme: BERTHELOT posseïa també del seu pare una resta de creences religioses. Bastaren, però, alguns mesos per relegar aquells vestigis de fe a la part de les nostres ànimes consagrada als records.

L'afirmació que tot és d'un mateix color en el món, que no existeix el sobrenatural ni la revelació momentània s'imposà d'una manera absoluta al nostre esperit. La concepció científica d'un univers on no obra d'una manera apreciable cap voluntat lliure superior a la de l'home, fou, des del primers mesos de 1846, l'àncora incommovible de què mai més no havíem de desprendre'ns. No renunciarem a ella a menys que ens sigui possible comprovar en la naturalesa un fet especialment intencional que tingui la seva causa fora de la voluntat lliure de l'home o de l'acció espontània dels animals."

Aquesta posició filosòfica portà, naturalment, BERTHELOT a una gairebé idolatria de la ciència. Evidentment, és aquest el seu punt flac, que no pot entelar, però, la resplendor de la seva obra magnífica. Per a ell, la ciència és humanitària i moralitzadora. Humanitària perquè és per ella que la humanitat tendeix a la seva perfecció i benestar. "En l'any 2000" és un cant a les possibilitats infinites de la ciència, principalment de la química, que realitzarà la felicitat de l'home i la bellesa suprema de la terra. Moralitzadora, perquè la ciència ensenya a l'home a estimar i respectar la veritat, així com la idea del deure i de la necessitat del treball i els llaços d'estreta solidaritat que el lliguen amb els seus semblants.

En aquest punt discrepa de RENAN, qui tem, amb raó, que del moment que la ciència aporti un creixement continuat del benestar de l'home, sense que a aquest li calgui l'esforç de conquerir-lo, la humanitat descendirà de nivell moral. La pèrdua de tot idealisme en fóra la conse-

qüència, i l'home, absent en ell el desig de perfecció, davallaria vers l'embrutiment. I és que RENAN, que més que creure en la ciència la venerava, veia clar que per ella sola no portarà mai a la perfecció moral.

Positivista, encara que menys dogmàtic que COMTE, BERTHELOT divideix la ciència en ciència positiva i ciència ideal, i amb Claude BERNARD assenyala l'experimentació com a únic punt de partida. I posat en el terreny d'afirmar que únicament l'observable pot ésser acceptat com a cert, menysprea les teories, i en aquest menyspreu arriba a incloure-hi les teories dels àtoms i dels elements, sobre les quals reposen les ciències físico-químiques, en les que sols veu un reflex de la inclinació de l'home al dogmatisme. És de suposar que si a BERTHELOT li hagués estat donat de presenciar els formidables avenços que s'han realitzat en el darrer quart de segle en el coneixement íntim de la matèria, el seu esperit s'hauria decantat vers la creença de la possible certitud d'aquelles teories.

Aquestes tendències no feren, però, de BERTHELOT un home intolerant. Ben al contrari, recolzava el convenciment en l'adhesió voluntària "sense reclamar ni imposar per la raó el monopoli de dogmes immutables".

En el terreny filosòfic la seva obra magna fou la Història de les Ciències. La seva forta cultura clàssica, el coneixement profund del grec, que li permeté traduir un gran nombre de manuscrits i papyrus, així com les informacions i material recollits en el curs d'un viatge fet en 1869 a Orient, el posaren en condicions de dedicar-se a aquella obra que li era especialment grata, en el curs de la qual aconseguí aclarir fets ben importants que canviaren les opinions dominants sobre l'origen i evolució de les ciències.

El conjunt de la Història de les Ciències comprèn:

I. Una obra històrica i filosòfica: "Els orígens de l'Alquímia".

II. Una publicació de textos amb traducció: "La Col·lecció dels alquímistes grecs", precedida d'una "Introducció a la Química dels antics i de l'Edat Mitjana".

III. La Química de l'Edat Mitjana, que precisa per quines vies els coneixements químics dels antics ens han estat conservats i tramesos.

Fins ací l'obra científica de BERTHELOT, la que, essencialment, teniem interès a fer ressortir des d'aquestes planes. Aquests darrers mesos s'han publicat amb profusió, altrament d'interessants estudis científics, notes biogràfiques en les que la seva vida ha estat prou fidelment reflectida perquè calgui portar-les també ací. Això allargaria innecessàriament aquestes ratlles que devotament hem volgut dedicar a la memòria d'un dels més eminents químics—potser el més eminent—del segle darrer.