

# El laboratori del sincrotró de Catalunya

Salvador Ferrer\*

Recentment, al principi del 1993, la Conselleria d'Ensenyament de la Generalitat ha anunciat l'aprovació per construir un laboratori de recerca basat en la utilització de la radiació de sincrotró (RS) per a fins científics i industrials. Des de la segona meitat del 1992 el projecte s'havia estat gestant en una comissió formada per personal de medis científics, universitaris i de recerca en RS. El resultat va ser la redacció d'un document que estudiava la viabilitat de construir una font d'RS a Catalunya. En aquest document s'exposen els que es creuen que han de ser els paràmetres fonamentals de la màquina. Com que només és un estudi de viabilitat els valors definitius d'aquests paràmetres podran ser modificats.

Intentaré explicar-ne els punts més bàsics. Com és prou sabut, l'RS és radiació electromagnètica de longituds d'ona que van des de la llum infraroja fins als raigs X durs. La radiació és polaritzada, molt intensa i molt col·limada. Les amplades angulars dels feixos d'RS són típicament de l'ordre de mrad. La manera de generar l'RS és fer corbar la trajectòria de partícules amb càrrega (normalment d'electrons) que es mouen quasi a la velocitat de la llum mitjançant camps magnètics. Les energies cinètiques dels electrons són de l'ordre de GeV i les intensitats dels camps magnètics de l'ordre d'1 T. Un paràmetre molt important que caracteritza l'RS emesa per una màquina és la longitud d'ona crítica ( $\lambda_c$ ) o la corresponent energia crítica,  $E_c$  ( $E_c(\text{keV}) = 12,4/\lambda_c(\text{Å})$ ). Més o menys  $\lambda_c$  divideix l'espectre de l'RS en dues meitats iguals en flux. Com a regla aproximada es pot considerar que el flux de fotons és important fins a  $1/3$  de  $\lambda_c$ . Per a longituds més curtes decau ràpidament. Per exemple, l'energia crítica de la radiació produïda en els imants de curvatura de l'ESRF és de 19 keV. Això vol dir que un té un flux correcte fins a uns 57 keV que són raigs X durs.

A l'hora de proposar un accelerador circular destinat a produir RS, la primera cosa que s'ha d'aclarir és quin rang d'energies (o longituds d'ona) es vol. Aquesta decisió és molt important ja que en depèn en gran mesura quin és el valor de l'energia cinètica dels electrons i això condiciona la mida de la màquina i també el cost econòmic.

Els firmants de l'estudi de viabilitat considerem que

el futur laboratori ha de produir bon flux d'RS de longitud d'ona d'1 Å. Això va ser consultat amb multitud d'usuaris d'RS que hi vàrem estar d'acord. La raó és que d'aquesta forma es poden fer estudis de difracció de la majoria dels materials naturals o artificials. Les cel·les unitats dels metalls, isolants, semiconductors, superconductors, polímers i cristalls de proteïnes i virus són d'uns quants Å. També ho són les distàncies intermoleculares dels líquids i d'una gran varietat de compostos orgànics i orgànico-metal·lics. Per poder fer difracció (o difusió en el cas d'amorfes) en aquests materials es necessiten raigs X de longitud d'ona de prop d'1 Å. Els generadors de raigs X de laboratori, que són l'eina estàndard per a la resolució d'estructures cristallines des de fa quasi 90 anys, tenen longituds d'ona entre 0,8 i 1,5 Å normalment. A més del camp de la difracció, aquesta zona de raigs X és molt útil per a estudis d'absorció. Cal recordar que amb fotons d'aquest rang d'energies es poden ionitzar la majoria de capes L del sisè període de la taula periòdica on hi ha elements tan importants com són les terres rares. Per aquestes raons científiques es va considerar que la futura màquina havia de produir bon flux prop d'1 Å.

Amb una energia cinètica dels electrons de 2,5 GeV i un camp magnètic corbat d'1 T,  $\lambda_c = 3 \text{ Å}$  i aquest és el valor que aproximadament es proposa. El valor d'1 T per al camp magnètic és prudent, podria ser una mica més alt. Però es va considerar que com que es vol intentar que tots els imants es fabriquin a Espanya, no s'ha de pujar gaire el valor del camp i és més convenient augmentar una mica el valor de l'energia cinètica que també té com a conseqüència reduir  $\lambda_c$ .

Un cop això és clar, la resta segueix quasi automàticament. Al voltant d'un imant corbat hi ha els imants de focalització que serveixen per fer que la font d'RS sigui el més puntual possible. Tot aquest grup d'imants constitueixen un superperíode de l'òrbita. Habitualment el nombre de superperíodes ha de ser de 10 o més perquè això ajuda que l'òrbita sigui més estable. Entre dos superperíodes consecutius hi ha seccions rectes que s'aprofiten per instal·lar els onduldors o els *wigglers*. Això són dispositius que consisteixen en una sèrie d'estructures magnètiques periòdiques que tenen per funció provocar un moviment de zig-zag en els electrons. A causa del zig-zag (que implica canvis bruscos en l'acceleració centrípeta dels electrons) es produeix RS. L'addició de la radiació produïda a cada zig-zag fa

\*Salvador Ferrer Fabregas (Mataró, 1951) és investigador a l'"European Synchrotron Radiation Facility", Grenoble



que el flux total sigui elevat. Com més períodes de camp magnètic, més flux, com és natural. Per a un ondulator o un *wiggler* cal preveure de 3 a 5 metres per ubicarlo. Es va considerar que 12 superperíodes i 12 seccions rectes per ondulators i *wigglers* era correcte. Això fa 24 *trossos*. Cada *tros* ha de tenir uns 10 metres de llarg per qüestions d'espai i d'instal·lació d'equipaments. En total dóna 240 metres o sigui una circumferència de quasi 80 metres de diàmetre.

Aquest anell de 240 metres per on circulen electrons de 2,5 GeV està alimentat per un accelerador circular més petit que serveix per anar-hi injectant electrons a mesura que es van perdent (es perden perquè la màquina no és perfecta i els electrons a vegades xoquen contra les parets de la cambra de buit o amb les molècules del gas residual dins la cambra). A la vegada l'accelerador circular o *booster* està alimentat per un accelerador lineal (Linac).

La màquina que es planteja podria produir fins a unes 21 línies de llum; 12 de tipus imant corbat i 9 de dispositius tipus ondulators o *wigglers*. No es farien totes de cop sinó que es podria arrencar d'un nombre inferior i anar-lo ampliant a mesura que la demanda dels usuaris augmenti.

Aquest laboratori se solapa amb el sincrotró europeu de Grenoble perquè la zona de 10keV també està coberta per l'ESRF. Això permetria que es poguessin fer experiments a Grenoble que prèviament s'haurien fet en el sincrotró propi però que necessitessin alguna optimització.

El cost total estimat del projecte és d'11 mil milions de pessetes comptant que es construeixin unes 10 línies de llum. Els costos de funcionament serien d'uns 2 mil milions l'any. El personal estimat necessari és d'unes 130 persones entre físics, enginyers i tècnics de màquina i acceleradors i línies de llum, personal de suport tècnic general i personal administratiu. Un punt que es considera molt important és que el laboratori tingui línies de recerca pròpies i no sigui només un laboratori de servei als usuaris. Per a això es preveuen 25 persones.

La duració estimada de la construcció és de 8 a 10 anys. El termini pot semblar una mica llarg però no ho és si es té en compte que a Espanya no hi ha ni físics ni enginyers amb experiència en física i tecnologia d'acceleradors de partícules. Per això el projecte comença amb un plan de formació de personal de física i tecnologia de la màquina. Això vol dir que una sèrie de becaris pre o postdoctorals aniran durant dos o tres anys a diversos sincrotrons en construcció o en funcionament a integrar-se en els equips que hi treballen per aprendre qüestions molt específiques destinades a ser posteriorment aplicades al sincrotró de què estem parlant.

La ubicació física del laboratori seria el campus de Bellaterra o les proximitats.

Quan es faci, serà el projecte científic més ambiciós que mai s'haurà realitzat en el nostre país. No hi ha

dubte que té aspectes de risc com totes les coses noves, però donarà l'oportunitat perquè gent jove i amb ganes de treballar pugui construir una màquina que serà competitiva en l'àmbit internacional i que servirà per a Espanya, Portugal i el sud de França. Serà, si se sap fer, un salt qualitatiu en la recerca i en el nivell tecnològic del nostre país.

No cal dir que el projecte és molt interessant per a les indústries d'alta tecnologia que comencen a consolidar-se a Catalunya i la resta d'Espanya.

Tenim al davant un repte, però guanyar-lo no és només qüestió de tenir els diners, es necessita gent capacitada, amb ganes de treballar, entusiasta i competitiva. Si s'aconsegueix formar un bon equip, no tinc dubtes que el projecte anirà bé.

**La Revista de Física**  
és una nova publicació  
de la Societat Catalana de Física.

El seu antecedent immediat  
són els Treballs de Física,  
sèrie iniciada al 1979,  
primera revista especialitzada en Física  
publicada a Catalunya,  
que hi continua apareixent.

*Revista de*  
**f í s i c a**

**La Societat Catalana de Física**  
és una filial de l'Institut d'Estudis Catalans  
creada el 1986 a partir de la Secció de Física  
de l'antiga Societat Catalana de Ciències  
la qual, al seu torn, havia estat fundada l'any 1931.

La Societat Catalana de Física és, doncs,  
una entitat jove  
que té les seves arrels en la  
tradició més genuïna  
de la recerca en Física  
a Catalunya.

