[FISICA](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=FISICA) DE [PARTICULAS](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=PARTICULAS) ETPC FP R.Rafanell  
  
Prefaci   
  
Amb aquestes pàgines vull esclarir alguns conceptes de la Teoria de les Partícules Elementals.

La idea va sorgir degut al fet que no existien molts textos adequats en castellà, i a la quantitat de desconeixement que existeix entre els interessats al parlar de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), forces fonamentals, unificació,...   
  
Es tractarà la Teoria de les Partícules Elementals sense fórmules matemàtiques, sinó més aviat explicant el desenvolupament històric que s'ha anat donant en aquesta teoria. Per això, aquest text no està orientat a tu si ja saps el que la [electrodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=electrodinámica) quàntica, o la [cromodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=cromodinámica) quàntica són; més aviat està pensat per a aquells que recorden que la matèria està formada per àtoms, i ho recorden com alguna cosa molt llunyana que va ser necessari estudiar, i ara vols saber què és un [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) i d'on van sorgir, o a quins les hi anomenen les interaccions fonamentals.   
  
Introducció històrica dels constituents de la matèria   
  
Cada substància de l'univers, les pedres, el mar, nosaltres mateixos, els planetes i fins a les estrelles més llunyanes, està enterament formada per petites partícules, que es pensaven que eren indivisibles, anomenades àtoms. Són tan petites que no són possible fotografiar-les. Per a fer-nos una idea de la seva grandària, un punt d'aquesta línia pot contenir dues mil milions d'àtoms.   
  
Per tant, a l'endinsar-nos en la matèria ens adonem que està formada per àtoms. Per a comprendre aquests àtoms, al llarg de la història diferents científics han enunciat una sèrie de teories que ens ajuden a entendre la complexitat d'aquestes partícules.   
  
A la fi del segle XVIII es descobrixen un gran nombre d'elements, però aquest no és l'avanç més notable sinó que es produïx quan [Lavoisier](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Lavoisier) dóna uneixi interpretació correcta al fenomen de la combustió, indicant que es produïa una unió amb [átmos](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=átmos) d'oxigen.   
  
Ja en el segle XIX s'estableixen diferents lleis de la combinació per a formar substàncies i compostos químics , això unit a la classificació periòdica dels elements (1871) potencia l'estudi de la constitució dels àtoms. És a dir què són i quines propietats tenen. Totes aquestes lleis van suposar trobar noves explicacions a com la matèria estava constituïda. Aquestes explicacions són les quals es van a anar indicant.   
  
El químic i físic britànic, John [Dalton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dalton) (1766-1844) va crear una important teoria atòmica de la matèria. En 1803 va formular la llei que duu el seu nom i que resumeix les lleis quantitatives de la química (llei de la conservació de la massa, realitzada per [Lavoisier](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Lavoisier); llei de les proporcions definides, realitzada per Louis [Proust](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Proust); llei de les proporcions múltiples, realitzada per ell mateix). La seva teoria, per a explicar aquestes lleis que es compleixen en les reaccions químiques llavors conegudes, es pot resumir en:   
  
1 . Els elements químics estan formats per partícules molt petites i indivisibles anomenades àtoms.   
  
2 . Tots els àtoms d'un element químic dau són idèntics en la seva massa i altres propietats.   
  
3 . Els àtoms de diferents elements químics són distints, en particular les seves masses són diferents.   
  
4 . Els àtoms són [indestructibles](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=indestructibles) i retenen la seva identitat en els canvis químics.   
  
5 . Els compostos es formen quan àtoms de diferents elements es combinen entre si, en una relació de nombres sencers senzilla, formant entitats definides (avui anomenades molècules).   
  
Per [Dalton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dalton) els àtoms són [esferetes](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=esferitas) sòlides que s'unien per a formar molècules. Això volia dir que un àtom d'oxigen més un àtom d'hidrogen donava un àtom o molècula d'aigua. La formació d'aigua a partir d'oxigen i hidrogen suposa la combinació d'àtoms d'aquests elements per a formar "molècules" d'aigua. [Dalton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dalton), equivocadament, va suposar que la molècula d'aigua contenia un àtom d'oxigen i altre d'hidrogen.   
  
A mitjan segle XIX, uns anys després que [Dalton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dalton) enunciés la seva teoria, es va desencadenar una sèrie d'esdeveniments que van ser introduint modificacions al model atòmic inicial. De fet, el món atòmic és tan infinitament petit per a nosaltres que resulta molt difícil el seu coneixement. Ens trobem enfront d'ell com si estiguéssim davant d'una caixa tancada que no es pogués obrir. Per a conèixer el seu contingut solament podríem procedir a manipular la caixa (moure-la en diferents adreces, escoltar el soroll, pesar-la...) i formular un model d'acord amb la nostra experiència. Aquest model seria vàlid fins que noves experiències ens induïssin a canviar-lo per un altre. De la mateixa manera s'ha anat construint el model atòmic actual; de [Dalton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dalton) fins als nostres dies s'han anat succeint diferents experiències que han dut a la formulació d'una sèrie de models invalidats successivament a la llum de nous esdeveniments.   
  
[Thomson](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Thomson), [sir](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=sir) [Joseph](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Joseph) John (1856-1940), físic britànic, va establir altra teoria que responia a les noves propietats que s'estaven trobant en la matèria, en concret les propietats elèctriques. Segons el model atòmic de [Thomson](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Thomson) l'àtom consistia en una esfera uniforme de matèria carregada positivament en la qual es trobaven incrustats els electrons, unes partícules que sorgeixen dels tubs [catódics](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=catódicos) i que tenen càrrega elèctrica negativa, d'una manera semblada a com ho estan les llavors en una síndria. Aquest senzill model explicava el fet que la matèria fos elèctricament neutra, doncs en els àtoms de [Thomson](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Thomson) la carrega positiva era neutralitzada per la negativa. A més els electrons podrien ser arrencats de l'esfera si l'energia en joc era suficientment important com succeïa en els tubs de descàrrega.   
  
[Sir](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Sir) Ernest [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford) (1871-1937), famós home de ciència anglès que va obtenir el premio [Nobel](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Nobel) de química en 1919, va realitzar en 1911 una experiència que va suposar en pas endavant molt important en el coneixement de l'àtom.   
  
L'experiència de [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford) va consistir a bombardejar amb partícules [alfa](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=alfa) una [finísima](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=finísima) làmina d'or. Les partícules [alfa](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=alfa) (que, encara que no ho sabia no són més que nuclis d'Heli, és a dir dos protons i dos neutrons units) travessaven la làmina d'or i eren recollides sobre una pantalla de sulfur de [cinc](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=cinc). La importància de l'experiment va estar que mentre la majoria de partícules travessaven la làmina sense desviar-se o sent desviades solament en petits angles, unes quantes partícules eren dispersades a angles grans fins a 180º. El fet que només unes poques radiacions sofrissin desviacions va fer suposar que les càrregues positives que les desviaven estaven concentrades dintre dels àtoms ocupant un espai molt petit en comparança a tota la grandària atòmica; aquesta part de l'àtom amb càrrega elèctrica positiva va ser cridat nucli.   
  
[Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford) posseïa informació sobre la grandària, massa i càrrega del nucli, però no tenia informació alguna sobre la distribució o posició dels electrons. En el model de [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford), el nucli era el responsable de gairebé tota la massa de l'àtom i els electrons es movien al voltant del nucli com els planetes al voltant del sol. Els electrons no queien en el nucli, ja que la força d'atracció electrostàtica era contrarestada per la tendència de l'electró a continuar movent-se en línia recta, és a dir la força centrífuga deguda al seu moviment circular. Aquest model va ser satisfactori fins que es va observar que estava en contradicció amb una informació ja coneguda en aquell moment: d'acord amb les lleis de l'electromagnetisme, un electró o tot objecte elèctricament carregat que és accelerat o l'adreça lineal del qual és modificada, emet o absorbeix radiació electromagnètica.   
  
L'electró de l'àtom de [Rurherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rurherford) modificava la seva adreça lineal contínuament, ja que seguia una trajectòria circular. Per tant, hauria d'emetre radiació electromagnètica i aquesta radiació causaria la disminució de l'energia de l'electró, que en conseqüència hauria de descriure una trajectòria en espiral fins a caure en el nucli.   
  
Aquesta contradicció en el model de [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford) va ser el germen perquè, uns anys més tard, [Niels](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Niels) [Bohr](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Bohr) (1885-1962), un físic danès, establís un nou model atòmic. En el model atòmic de [Bohr](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Bohr) s'aplica per primera vegada la hipòtesi quàntica a l'estructura atòmica, alhora que va buscar una explicació als espectres discontinus de la llum emesa pels elements gasosos.   
  
Aquest model implicava els següents postulats:   
  
1 . L'electró tenia certs estats definits estacionaris de moviment (nivells d'energia) que li eren permesos; cadascun d'aquests estats estacionaris tenia una energia fixa i definida.   
  
2 . Quan un electró estava en un d'aquests estats no irradiava però quan canviava d'estat absorbia o desprenia energia.   
  
3 . En qualsevol d'aquests estats, l'electró es movia seguint una òrbita circular al voltant del nucli.   
  
4 . Els estats de moviment electrònic permesos eren aquells en els quals el moment angular de l'electró (m • v • r) era un múltiple sencer d'h/2 • 3.14.   
  
Veiem doncs que [Bohr](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Bohr) aplicava la hipòtesi quàntica de [Planck](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Planck) en 1900. Aquesta hipòtesi quàntica va néixer per a explicar la teoria ondulatòria electromagnètica de la llum i es basa a suposar que un sistema mecànic no podia tenir qualsevol valor de l'energia, sinó solament certs valors.   
  
Aplicant aquesta hipòtesi a l'estructura electrònica dels àtoms es resolia la dificultat que presentava l'àtom de [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford). L'electró, al girar al voltant del nucli, no anava perdent l'energia, sinó que se situava en uns estats estacionaris de moviment que tenien una energia fixa. Un electró només perdia o guanyava energia quan saltava d'un estat (nivell) a un altre. En condicions normals els electrons d'un àtom o [ion](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=ion) se situen en els nivells de més baixa energia. Quan un àtom rep suficient energia, és possible que un electró salti a un nivell superior a aquell que es troba. Aquest procés es diu excitació. Un electró excitat es troba en un estat inestable i descendeix a un nivell inferior, emetent una radiació l'energia de la qual serà igual a la diferència de la qual tenen els dos nivells.   
  
El model de [Bohr](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Bohr) era molt similar al de [Rutherford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Rutherford), però aconseguia salvar la inestabilitat recorrent a la noció de quantificació i juntament amb ella a la idea que la física dels àtoms havia de ser diferent de la física clàssica.   
  
Fins a 1932 les úniques partícules [subatómiques](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=subatómicas) que es coneixien eren les partícules [alfa](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=alfa), l'electró i els protons (que estaven en el nucli i tenien càrrega elèctrica positiva), però en aquest any el físic anglès J. [Chadwick](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Chadwick) va descobrir el neutró, i de seguida es va veure que al costat del protó constituïxen els dos components essencials del nucli. AL protó i al neutró se'ls crida nucleons i formen tots els nuclis de tots els elements que es coneixen, excepte el de l'hidrogen, que està format per un únic protó.   
  
Els elements els nuclis dels quals estan formats pel mateix nombre de protons (nombre atòmic o Z) són [indistinguibles](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=indistinguibles) des del punt de vista químic. És a dir, són el mateix element. A elements iguals amb diferent nombre de neutrons se'ls anomenen isòtops, i al nombre de protons i de neutrons que té un nucli la hi crida nombre [másico](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=másico) o A. Per als nuclis lleugers ocorre que el nombre de protons i de neutrons és el mateix, és a dir A = 2 Z, però a mesura que els nuclis són més pesats el nombre de neutrons augmenta més ràpidament que el de protons, A > 2 Z. Estudiant els nombres atòmics i [másic](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=másico)s de cada nucli conegut es troba una corba que defineix els nuclis estables, per contra aquells amb un excés o defecte de protons presenten una desintegració natural o radioactivitat.   
  
Va anar a partir de llavors quan, per a sorpresa dels físics, va aparèixer un devessall de noves partícules: en 1928 [Dirac](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Dirac) havia elaborat una teoria de l'electró que vaticinava l'existència d'un electró de càrrega positiva al que va cridar positró, aquest va ser descobert per [Anderson](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Anderson) en 1932; en 1930, [Pauli](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Pauli) havia assenyalat la necessitat d'introduir una nova partícula [indistingible](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=indistinguible), el neutrí, per a mantenir la conservació del moment lineal, aquesta va ser confirmada per [Fermi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Fermi) en 1934; en 1934, i posada de manifest empíricament per [Cowan](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Cowan) i Regnis en 1955; en 1935, estudiant la radiació còsmica va trobar altra partícula, la fonda, amb massa intermèdia entre l'electró i el protó; A. [Duperier](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Duperier), [Lattes](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Lattes) i molts físics més analitzant els llamps còsmics van trobar una gran varietat de noves partícules inestables i amb vides molt efímeres.   
  
Partícules Elementals   
  
Podem definir les partícules elementals com aquelles l'estructura interna de les quals no podia ser descrita (en l'estat actual del coneixement) com una simple combinació d'altres partícules.   
  
A l'introduir l'estat de coneixement que es té del món [subatómic](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=subatómico) en la definició de les partícules elementals, hem de tenir en compte que aquestes, al variar el que sabem del món atòmic, canvien. De fet, distingir (molt arbitràriament) quatre etapes en la història de les partícules elementals.   
  
En la primera d'elles, que va acabar en 1932, sis partícules elementals van ser descobertes, que són: el fotó, l'electró, el protó, el neutró, el positró i el neutrí (encara que el descobriment d'aquest últim era només teòricament).   
  
La segona etapa en la Física de les Partícules Elementals va començar en 1935 quan va quedar clar que les partícules existents no eren suficients per a explicar la naturalesa de les forces nuclears, en concret com coexistien els protons en el nucli si a causa de la càrrega elèctrica positiva que posseïen havien de repel·lir-se (la qual cosa s'explica introduint una nova força, la força nuclear forta) i fenòmens derivats de la desintegració de nuclis, és a dir la radioactivitat natural i artificial (per a això es va introduir altra nova força cridada força nuclear feble). La idea quàntica d'una força és suposar que, igual que dos esquiadors que es llancen pilotes de neu uneixo a un altre es repel·leixen, si diem que entre dues partícules existeix una força, significa que existeix un intercanvi de partícules. Aquest raonament uneix la física de les Partícules amb les forces, interaccions o camps elementals. A més, durant aquest període es van descobrir noves partícules com són: els [muones](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muones) (1938) i les mesons (en 1947 les mesons carregades i en 1950 la fonda neutra).

La tercera fase comprèn un vast espai de temps (1949-1964), al llarg del com estranyes partícules inestables van ser descobertes, l'existència del neutrí electrònic i el neutrí [muónico](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muónico) van ser confirmada experimentalment. Moltes d'aquestes partícules no existeixen en el nostre món observable ja que són molt inestables i tenen una vida mitja molt curta [transmutanse](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=transmutándose) en altres partícules passat un temps, per això s'han trobat únicament en col·lisions realitzades artificialment (per exemple bombardejant nuclis amb feixos de neutrons que se'ls ha comunicat una gran velocitat amb un accelerador) o també explorant la radiació còsmica procedent de l'espai exterior.   
  
Abans de comentar la quarta etapa en la investigació de les partícules elementals, anem a realitzar una ordenació de les partícules existents en aquells moments.   
  
Les partícules elementals se subdivideixen comunament en quatre tipus. A un d'ells pertany una sola partícula: el fotó. El segon tipus li formen els leptons, el tercer les fondes, i finalment, el quart tipus, els barions. Les mesons i els barions s'uneixen usualment en un tipus de partícules d'interacció forta denominades hadrons.   
  
A continuació donarem una breu descripció dels tipus de partícules enumerats.   
  
1 . Els fotons (partícules o quants responsables del camp electromagnètic), participen en les interaccions electromagnètiques, però no posseïxen interaccions [nuclerares](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=nuclerares) fortes ni febles.   
  
2 . Els leptons van rebre el seu nom de la paraula grega [leptos](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=leptos), que significa lleugers. A aquests pertanyen les partícules que no posseïxen interacció forta: els [muons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muones), els electrons, els [neutrins](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) electrònics, i les corresponents [antipartículas](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antipartículas) per a cadascuna d'aquestes partícules. Tots els leptons tenen un espín igual a 1/2 i per tant, són fermions (partícules d'espín [semienter](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=semientero) que no poden trobar-se en el mateix estat amb els mateixos nombres quàntics) i posseïxen interacció feble. Aquells que tenen càrrega elèctrica (o sigui, els [muones](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muones) i els electrons) posseïxen també interacció electromagnètica.   
  
3 . Les mesons són partícules inestables d'interacció forta que manquen de la cridada càrrega [bariónica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bariónica). A aquest grup pertany les mesons [pi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=pi) o [pions](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=piones), les mesons K o [kaons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=kaones) i la fonda [eta](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=eta). A diferència dels leptons, les mesons posseïxen no només interacció feble (i electromagnètica, si estan carregats), sinó també forta, la qual es manifesta durant la interacció d'aquests entre si i també amb els barions per a formar hadrons. L'espín de tots les mesons és igual a zero, de manera que tots ells són [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones), que contràriament als fermions, poden acumular-se en un estat.   
  
4 . Els barions agrupen als nucleons (protó, neutró) i unes partícules inestables, que posseïxen major massa que la dels nucleons, denominats [hiperons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=hiperones). Tots els barions posseïxen interacció forta i, per tant interaccionen activament amb els nuclis atòmics. L'espín de tots els barions és igual a 1/2, de manera que els mateixos són fermions. Excepte el protó tots els barions són inestables. Desintegrant-se juntament amb altres partícules donen obligatòriament un barió.   
  
Finalment, realitzat l'estudi de les partícules existents, indiquem que la quarta etapa en la investigació de les partícules elementals va començar fins i tot abans de la finalització de la tercera (1961) i contínua fins als nostres dies.   
S'han acumulat tantes partícules anomenades elementals que han sorgit seriosos dubtes sobre la seva elementalitat. En relació amb això, va sorgir la hipòtesi que totes les partícules estan compostes per tres partícules fonamentals, portadora d'unes càrregues que, combinades poguessin respondre a les de les partícules existents. El primer model d'aquesta classe va ser proposat pel físic japonès S. [Sakata](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Sakata), el qual considerava com partícules fonamentals el protó, el neutró i el [hiperón](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=hiperón). Aquesta última és una nova partícula que va ser predita considerant les simetries que es donaven a l'ordenar les partícules [subatómicas](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=subatómicas) existents llavors en diagrames bidimensionals amb dues propietats (o nombres quàntics) d'aquestes, així es va arribar a la conclusió que entre els grups de partícules conegudes com hadrons (és a dir unions de mesons i barions) es donava la simetria del [octet](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=octeto) o simetria LA SEVA(3). No obstant això, l'esquema de [Sakata](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Sakata) va resultar [inaplicable](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=inaplicable) al camp de les interaccions fortes.

En l'any 1963 [Gell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Gell)-[Mann](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Mann) i independentment el físic suís [Zweig](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Zweig) van proposar una hipòtesi, segons la qual totes les partícules elementals estan constituïdes per tres partícules denominades [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), van arribar a aquesta conclusió tenint en compte que la més simple representació de la simetria del grup EL SEU(3) s'aconsegueix amb un triplet. A aquests se'ls assignen nombres quàntics fraccionaris, en particular una càrrega elèctrica igual a +2/3, -1/3, +1/3 respectivament per a cadascun dels tres [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks). Aquests es representen per les lletres o (de la paraula anglesa [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up), que significa cap amunt), d ([down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down), que significa cap avall), i s ([strange](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=strange), estrany o [sideways](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=sideways) que significa lateral). A part d'aquests tres [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), cadascun d'ells duu associat el seu [antiquark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antiquark) corresponent.

Les Forces Fonamentals   
  
Com hem vist, l'estudi dels components de la matèria ens ha dut també a introduir dues noves forces en el camp de la Física. Fins a llavors, tot podia explicar-se gràcies al camp gravitatori i al camp electromagnètic, actualment es consideren quatre interaccions o forces fonamentals, les quals en ordre descendent en intensitat són: força nuclear forta, força electromagnètica, força nuclear feble i força [gravitacional](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitacional).   
  
Per a tenir una idea de la magnitud relativa d'aquestes forces, suposem que en una escala d'intensitats, en la qual la força gravitatòria tingués magnitud 1, la força feble tindria un valor de 10+34 (un u seguit de 34 zeros), la força electromagnètica tindria un valor de 10+37 (un u seguit de 37 zeros) i la força forta tindria un valor de 10+39 (un u seguit de 39 zeros).   
  
Igual que amb les partícules, una força és considerada com fonamental en funció del que es coneix en aquest moment. D'aquesta manera pot entendre's com la unificació de les forces elèctriques i magnètiques portada a terme per [Maxwell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Maxwell) va reduir dues forces (magnètica i elèctrica) en una sola interacció: el camp electromagnètic.   
  
Per a clarificar l'àmbit de les forces fonamentals esmentés l'abast de cada força. La força forta és la responsable que els protons i els neutrons es mantinguin units dintre del nucli. Si no fora pel domini que exerceix la força forta, la [repulsió](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=repulsión) entre els protons faria inestable el nucli; els protons es dispersarien i el nucli no podria existir, per tant el seu abast és molt petit (10-15 m). La força forta o nuclear fort té un rang d'acció lleugerament menor que la grandària del nucli, això és: actua solament sobre les partícules més veïnes. La força electromagnètica afecta a totes les partícules que posseïxen càrrega elèctrica i el seu abast és infinit, la constant d'interacció d'aquesta força és un nombre [adimensional](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=adimensional) denominat constant de l'estructura fina (de valor aproximat 1/137). Pel seu costat, la força feble o nuclear feble actua entre partícules elementals i és responsable d'algunes reaccions nuclears. Per exemple, en la desintegració radioactiva dels nuclis que provoca la seva escisió en diversos fragments, a més la força nuclear feble és important en la velocitat de reacció d'algunes reaccions nuclears que ocorren en estrelles com el sol (de fet la vida mitja del sol està determinada per les característiques d'aquesta força), i en tots els processos d'interacció entre els [neutrinos](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) i la matèria. És una força de curt abast, 10-16m. Finalment la força gravitatòria és universal, a ella se sotmeten totes les partícules elementals sense excepció, no obstant això a causa de la seva poca magnitud no juga un paper important en el [micromon](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=micromundo).   
  
Quan es comença a parlar de les forces fonamentals és obligat parlar també de la seva unificació.   
  
[Newton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Newton) en 1686 va mostrar que la gravetat celeste i la terrestre podien considerar-se dintre d'una mateixa teoria: la [gravitación](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitación) universal. Aquesta va ser la primera unificació. [Newton](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Newton) explicá com es comporten els cossos davant la gravetat, però va ser [Einstein](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Einstein) el primer que va proposar un model teòric per a explicar l'origen de la gravetat. En la teoria de la relativitat general, les partícules segueixen trajectòries rectilínies sempre, de tal manera que la gravetat o camp gravitatori, segons el qual les partícules massives "[tuercen](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=tuercen)" la seva trajectòria és una conseqüència de la deformació de l'espai-temps causada per la massa.   
  
Encara que van ser [Faraday](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Faraday) i [Oersted](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Oersted) els primers que van observar la relació dels fenòmens elèctrics i magnètics, va ser [Maxwell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Maxwell) qui en 1864 li va donar una estructura formal al que ara es coneix com teoria electromagnètica. Aquesta va ser la segona unificació. Existeix una interessant simetria en les equacions de [Maxwell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Maxwell) la qual suggereix que el fet de l'existència de càrregues elèctriques, "obliga" també l'existència de càrregues magnètiques, és a dir la càrrega elèctrica és alhora responsable dels camps elèctrics i els camps magnètics. Hi ha fins i tot diverses investigacions documentades relacionades amb la recerca d'aquestes càrregues magnètiques, les quals es denominen "el [monopolo](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=monopolo) magnètic."   
  
Al voltant de 1968, [Weinberg](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Weinberg) i [Salam](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Salam) treballant independentment, van mostrar la connexió que subjeu entre la força electromagnètica i la força nuclear feble. Aquesta tercer unificació va donar lloc a la cridada força [electrodébil](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=electrodébil). Aquest enfocament es va aconseguir amb la cridada Teoria Quàntica de Campos, que aplicada a les interaccions electromagnètica i feble es denomina [electrodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=electrodinámica) quàntica, en ella, tal com s'ha comentat anteriorment, es considera una interacció entre dues partícules com un intercanvi d'unes partícules especials anomenades partícules o portadors de força. Aquestes partícules de força són [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones) i podem dir que la interacció electromagnètica depèn de l'intercanvi de fotons, mentre que en la força nuclear feble intervé l'intercanvi de dos tipus de [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones) molt massius cridats W i Z. Per a la força nuclear fort es va postular l'existència d'una portador que actua a un nivell més profund, són els [gluones](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluones), uns [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones) que no tenen massa. La interacció forta queda així explicada amb la teoria de la [Cromodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Cromodinámica) Quàntica.   
  
Degut al fet que la formulació de la [Cromodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Cromodinámica) Quàntica i de la [ElectroDinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=ElectroDinámica) Quàntica és, en essència la mateixa, sembla plausible pensar que pot existir alguna unificació entre ambdues, encara que de fet encara no s'ha trobat.

De les quatre forces fonamentals, tenim tres (que podrien ser dues si la unificació de la Teoria Quàntica de Camp i la [Cromodinámica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Cromodinámica) Quàntica es donés), d'aquesta tres, encara no hem pogut saber si són la mateixa força o tenen característiques diferents. D'elles, la més complicada d'introduir és la gravetat. Recordem que el camp gravitatori no es basa en l'intercanvi de partícules sinó en la deformació del [espai-temps](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=espaciotiempo); de tota manera existeixen teories quàntiques que pretenen unificar la gravetat postulant la partícula d'intercanvi, que encara que no està descoberta, es denominaria el [gravitó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitón).   
  
Altra proposta més a les unificacions va ser feta en 1921 per un matemàtic alemany cridat [Theodor](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Theodor) [Kaluza](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Kaluza). Ell va mostrar com, considerant 5 dimensions, es pot obtenir l'electromagnetisme i la [gravitació](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitación) en una sola teoria. A l'introduir les altres forces fonamentals, la teoria no funciona correctament, encara que existeixen estudis on treballant amb més dimensions es busca l'anhelada unificació. Aquestes teories no són teories quàntiques al no introduir la idea d'una interacció com un intercanvi de partícula, en aquestes teories les forces s'expliquen com una propietat de l'espai (tal com succeïx amb la gravetat). Es denominen les teories de les [supercordes](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=supercuerdas), que pretenen explicar tota la física mitjançant la introducció d'unes diminutes cordes de matèria molt densa, aquestes cordes són molt petites, doncs no tenen més de 10-35 m de llarg. Totes les cordes són llaços on els fermions i els [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones), que són les partícules elementals associades a la matèria i a les interaccions respectivament, corresponen a ones que viatgen en l'adreça de les busques del rellotge per al cas dels fermions i en direcció contrària en el cas dels [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones). En les teories de [supercordas](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=supercuerdas) cadascun de les infinites maneres possibles de vibració, (harmònics i maneres fonamentals de vibració), correspondria a una partícula diferent. Això implica l'existència d'un nombre infinit de partícules elementals. Tot això és relativament fàcil d'assimilar, però el que no els he dit és que aquestes cordes vibren en un espai que té de 10 a 26 dimensions!   
  
La meta final de totes les unificacions és trobar una única força que expliqui totes les interaccions que observem en la naturalesa. Les teories que descriuen el procés d'unificació de les forces fonamentals es diuen 'teories de [supersimetrías](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=supersimetrías). Però cal anar amb compte, ja que, com s'ha dit abans, una força és considerada com fonamental segons els coneixements científics existents en aquest moment.   
  
El Model Estàndard   
  
Des dels anys seixanta, els físics han buscat una teoria per a posar ordre en el confús món de les partícules. En l'actualitat, les partícules s'agrupen segons la força que domina les seves interaccions, tal com s'indico en l'epígraf dos. Totes les partícules es veuen afectades per la gravetat, que no obstant això és extremadament feble a escala [subatómica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=subatómica). Els hadrons estan sotmesos per força nuclear fort i a l'electromagnetisme; a més del neutró i el protó, inclouen els [hiperons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=hiperones) i fondes. Els leptons "senten" les forces electromagnètica i nuclear feble; inclouen l'electró, el [muó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muón), el [tau](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=tau), i els [neutrins](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) associats a cadascun d'ells. Les partícules que són responsables de les interaccions (com ja s'ha comentat són sempre [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones)) inclouen el fotó, que "transmet" la força electromagnètica, les partícules W i Z, portadores de la força nuclear feble, el [gluó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluón), portador de la força nuclear forta, i l'hipotètic portador de la [gravitació](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitación) ([gravitó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitón)). A més, els estudis amb acceleradors han determinat que per cada partícula existeix una [antipartícula](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antipartícula) amb la mateixa massa, la càrrega de la qual o altra propietat electromagnètica té signe oposat a la de la partícula corresponent. Amb aquestes se suposa que es podrien formes àtoms del denominat [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria).   
  
En 1963, els físics nord-americans [Murray](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Murray) [Gell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Gell)-[Mann](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Mann) i George [Zweig](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Zweig) van proposar la teoria que els hadrons són en realitat combinacions d'altres partícules elementals anomenades [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), les interaccions de les quals són transmeses per [gluones](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluones), la partícula responsable de la interacció forta, i que aconsegueix unir als [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) per a formar les partícules ja comentades. Aquesta és la teoria subjacent de les investigacions actuals, i la hi sol denominar amb el nom de Model Estàndard.   
  
En l'època que el model de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) va ser proposat, bastaven tres tipus de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks): [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up), [down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down) i [sideway](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=sideway) o [strange](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=strange) nomenats amb les inicials o, d, s; així com quatre leptons: l'electró i el [muo](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muon) i els seus companys [neutrins](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) (neutrí electrònic i neutrí [muónic](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muónico)). Les característiques d'aquests s'indiquen en forma de taula més endavant.

No obstant això diferents avanços realitzats des de llavors han dut a augmentar el nombre de partícules elementals.   
  
Per una sèrie de consideracions, en particular per a eliminar la contradicció amb el principi de [Pauli](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Pauli), és a dir que dues partícules que siguin fermions no poden ocupar el mateix estat tenint els mateixos nombres quàntics (o propietats), va ser introduït el concepte de color del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark). Hem d'entendre el color com una càrrega que, contràriament a la càrrega elèctrica que només posseïx dos valors (positiva o negativa), en aquest cas existeixen tres càrregues de color. S'indica, per tant que cada [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) pot existir en tres formes acolorides: groga, blava i vermella (assenyalem que la barreja d'aquests colors dóna el color blanc nul). D'aquesta manera els [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) que formen el protó ([up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down)) tenen coloracions diferents i el principi de [Pauli](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Pauli) no s'infringeix. Per a explicar la [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria) formada pel mateix tipus de [antiquarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antiquarks) se'ls va donar una càrrega de color o simplement color complementari ([anticolors](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=anticolores)), els quals sumats amb colors base donen colors nuls.   
  
El descobriment de noves partícules en l'accelerador lineal de [Stanford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Stanford) en 1974 va identificar un nou [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark), denominat [charmed](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=charmed), encant o simplement c. En el model de partícules formats per 4 [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), proposat anteriorment. Aquest difereix dels altres [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) per altre nombre quàntic que es va fer necessari introduir, el nombre quàntic C o encanteri, el valor del qual és zero en la resta de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) i 1 per al [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c i la seva [antiquark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antiquark). A més la massa del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c va ser cinc vegades major que la del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) s. Les parelles [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down), i electró-neutrí (electrònic) es van denominar per tant la primera generació, al seu torn la segona generació, que dóna lloc a partícules més inestables, està formada pels quarks/ [strange](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=strange)-[charmed](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=charmed) i els leptons [muo](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muon)-neutrí ([muónic](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muónico)).   
  
Per a l'explicació de les propietats d'altra nova partícula descoberta en l'any 1976 en els laboratoris de l'accelerador lineal de [Fermi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Fermi), va ser necessari introduir un cinquè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) que va rebre la designació b (de [bottom](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bottom) , inferior o [beauty](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=beauty), bell). Aquest cinquè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) té una massa tres vegades major que la del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c. Aquest mateix any, en l'Accelerador Lineal de [Stanford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Stanford) es va trobar altre parell de leptons: el [tau](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=tau) i el seu neutrí.   
  
  
  
Teòricament es pronosticava l'existència d'un sisè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) que es representa per la lletra t (de [top](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=top), superior o [true](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=true), veritable), la base d'aquesta suposició estava en consideracions simètriques, d'aquesta manera tindríem una tercera generació de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks). Fins a 1995 no havia cap evidència experimental que donés suport l'existència d'aquest [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark). No obstant això al març de 1995 en el laboratori [Fermi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Fermi) es va trobar que el [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) t existeix. Aquest [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) pesa 35 vegades el que pesa el [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) b.   
  
Per tant tenim les següents partícules elementals:   
  
L'explicació de tota partícula es fa amb la unió d'aquests [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), i la interacció es realitza amb l'intercanvi dels [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones) portadors de les forces. Per exemple un neutró està format per dos [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) [down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down) i un [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up), aquests es mantenen units gràcies a un intercanvi mutu de [gluons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluones), veient les propietats dels [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) tenim les característiques del neutró,   
  
Qüestions pendents de la Física de Partícules   
  
La física de les partícules ha donat respostes a qüestions que fins a fa poc es consideraven irresolubles, però ha obert altres interrogants.

L'estudi de les partícules i de les forces fonamentals duu a l'estudi del [espaitemps](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=espaciotiempo). En les teories de les [supercordes](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=supercuerdas) es parlen de [espaiotemps](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=espaciotiempo) de més de 4 dimensions, on es troben?, per què no s'han desenvolupat com si ho han fet les quatre dimensions [espaitemporals](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=espaciotemporales) del nostre Univers?   
  
A l'observar les estrelles percebem matèria, on es troba la [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria)? per quina la naturalesa no ha estat simètrica al crear la matèria i la [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria)?   
  
El Model Estàndard prediu l'existència d'una massiva partícula escalar cridada [bosón](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosón) de [Higgs](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Higgs), la qual, encara, no ha estat possible observar experimentalment, on es troba dita [bosó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosón)?, és realment el responsable de la massa de les partícules? A més, en el model estàndard tenim tres generacions de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), però el món estable, el món que vam observar està constituït exclusivament amb els [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) de la primera generació, per quina aquesta asimetria?, són necessàries les restants generacions? I encara més, per raonaments simètrics i basant-nos en l'EL SEU(3) sempre haurà d'existir un múltiple de tres per a les generacions de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), és a dir que ens bastarien els sis [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) que ja existeixen, però existeixen més [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks)?,són necessàries més generacions de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks)?   
  
Les Teories de la Gran Unificació ([GTU](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=GTU)) han aclarit la dinàmica de l'univers primitiu, però mentre no existeixi una teoria totalment unificada (que inclogui la gravetat) no es podrà descriure l'origen de l'univers. A l'imaginar que retrocedim en el temps fins a l'univers molt primitiu, la temperatura i l'energia d'interacció de partícules quàntiques poden augmentar sense límit de manera que arribarà un moment que es penetri en l'escala de distàncies de [Planck](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Planck). El problema de la gravetat quàntica es planteja inevitablement si volem aclarir l'origen de l'univers.

El Model Estàndard és una teoria que, fins a ara, s'ha comportat bastant bé des del punt de vista experimental. Es tracta d'una teoria consistent; no obstant això, més d'una "arbitrarietat" ha estat necessari acceptar, entre elles la crítica més sòlida resulta ser que té disset paràmetres lliures, com per exemple, les constants d'acoblament, l'espectre de massa [fermiónica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=fermiónica), etc... El valor d'aquests paràmetres els presa la teoria de dades experimentals, però els orígens i l'explicació del que signifiquen i del seu valor no són fàcils d'entendre teòricament.   
  
Encara queda un ampli camí per a arribar a entendre a la Naturalesa, encara així confio que tot, i dic TOT, podrà ser comprès pels físics en el futur. I potser en un futur molt pròxim.   
  
El Model Estàndard   
  
Des dels anys seixanta, els físics han buscat una teoria per a posar ordre en el confús món de les partícules. En l'actualitat, les partícules s'agrupen segons la força que domina les seves interaccions, tal com s'indico en l'epígraf dos. Totes les partícules es veuen afectades per la gravetat, que no obstant això és extremadament feble a escala [subatómica](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=subatómica). Els hadrons estan sotmesos per força nuclear fort i a l'electromagnetisme; a més del neutró i el protó, inclouen els [hiperons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=hiperones) i fondes. Els leptons "senten" les forces electromagnètica i nuclear feble; inclouen l'electró, el [muón](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muón), el [tau](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=tau), i els [neutrinos](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) associats a cadascun d'ells. Les partícules que són responsables de les interaccions (com ja s'ha comentat són sempre [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones)) inclouen el fotó, que "transmet" la força electromagnètica, les partícules W i Z, portadores de la força nuclear feble, el [gluó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluón), portador de la força nuclear forta, i l'hipotètic portador de la [gravitació](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitación) ([gravitó](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gravitón)). A més, els estudis amb acceleradors han determinat que per cada partícula existeix una [antipartícula](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antipartícula) amb la mateixa massa, la càrrega de la qual o altra propietat electromagnètica té signe oposat a la de la partícula corresponent. Amb aquestes se suposa que es podrien formes àtoms del denominat [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria).   
  
En 1963, els físics nord-americans [Murray](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Murray) [Gell](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Gell)-[Mann](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Mann) i George [Zweig](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Zweig) van proposar la teoria que els hadrons són en realitat combinacions d'altres partícules elementals anomenades [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), les interaccions de les quals són transmeses per [gluons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluones), la partícula responsable de la interacció forta, i que aconsegueix unir als [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) per a formar les partícules ja comentades. Aquesta és la teoria subjacent de les investigacions actuals, i la hi sol denominar amb el nom de Model Estàndard.   
  
En l'època que el model de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) va ser proposat, bastaven tres tipus de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks): [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up), [down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down) i [sideway](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=sideway) o [strange](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=strange) nomenats amb les inicials o, d, s; així com quatre leptons: l'electró i el [muo](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muon) i els seus companys [neutrins](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=neutrinos) (neutrí electrònic i neutrí [muónic](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muónico)). Les característiques d'aquests s'indiquen en forma de taula més endavant.   
  
No obstant això diferents avanços realitzats des de llavors han dut a augmentar el nombre de partícules elementals.   
  
Per una sèrie de consideracions, en particular per a eliminar la contradicció amb el principi de [Pauli](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Pauli), és a dir que dues partícules que siguin fermions no poden ocupar el mateix estat tenint els mateixos nombres quàntics (o propietats), va ser introduït el concepte de color del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark). Hem d'entendre el color com una càrrega que, contràriament a la càrrega elèctrica que només posseïx dos valors (positiva o negativa), en aquest cas existeixen tres càrregues de color. S'indica, per tant que cada [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) pot existir en tres formes acolorides: groga, blava i vermella (assenyalem que la barreja d'aquests colors dóna el color blanc nul). D'aquesta manera els [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) que formen el protó ([up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down)) tenen coloracions diferents i el principi de [Pauli](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Pauli) no s'infringeix. Per a explicar la [antimateria](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antimateria) formada pel mateix tipus de [antiquarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antiquarks) se'ls va donar una càrrega de color o simplement color complementari ([anticolores](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=anticolores)), els quals sumats amb colors base donen colors nuls.   
  
El descobriment de noves partícules en l'accelerador lineal de [Stanford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Stanford) en 1974 va identificar un nou [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark), denominat [charmed](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=charmed), encant o simplement c. En el model de partícules formats per 4 [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), proposat anteriorment. Aquest difereix dels altres [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) per altre nombre quàntic que es va fer necessari introduir, el nombre quàntic C o encanteri, el valor del qual és zero en la resta de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) i 1 per al [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c i la seva [antiquark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=antiquark). A més la massa del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c va ser cinc vegades major que la del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) s. Les parelles [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up)-[down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down), i electró-neutrí (electrònic) es van denominar per tant la primera generació, al seu torn la segona generació, que dóna lloc a partícules més inestables, està formada pels quarks/ [strange](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=strange)-[charmed](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=charmed) i els leptons [muon](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muon)-neutrí ([muónico](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=muónico)).   
  
Per a l'explicació de les propietats d'altra nova partícula descoberta en l'any 1976 en els laboratoris de l'accelerador lineal de [Fermi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Fermi), va ser necessari introduir un cinquè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) que va rebre la designació b (de [bottom](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bottom) , inferior o [beauty](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=beauty), bell). Aquest cinquè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) té una massa tres vegades major que la del [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) c. Aquest mateix any, en l'Accelerador Lineal de [Stanford](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Stanford) es va trobar altre parell de leptons: el [tau](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=tau) i el seu neutrí.   
  
Teòricament es pronosticava l'existència d'un sisè [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) que es representa per la lletra t (de [top](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=top), superior o [true](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=true), veritable), la base d'aquesta suposició estava en consideracions simètriques, d'aquesta manera tindríem una tercera generació de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks). Fins a 1995 no havia cap evidència experimental que donés suport l'existència d'aquest [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark). No obstant això al març de 1995 en el laboratori [Fermi](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=Fermi) es va trobar que el [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) t existeix. Aquest [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) pesa 35 vegades el que pesa el [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) b.   
  
Per tant tenim les següents partícules elementals:

**Partícula Símbol** [**Masa**](http://es.wikipedia.org/wiki/Masa) **(en** [**GeV**](http://es.wikipedia.org/wiki/GeV)**/**[**c**](http://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_de_la_luz)**2)** [**Carga eléctrica**](http://es.wikipedia.org/wiki/Carga_el%C3%A9ctrica)[**Espín**](http://es.wikipedia.org/wiki/Esp%C3%ADn)[**Interacció**](http://es.wikipedia.org/wiki/Interacciones_fundamentales)

[Fotó](http://es.wikipedia.org/wiki/Fot%C3%B3n) \ \gamma 0 0 1 [electromagnética](http://es.wikipedia.org/wiki/Interacci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica)

[Bosó W](http://es.wikipedia.org/wiki/Bosones_W_y_Z) W± 80.4 ± 1 1 [débil](http://es.wikipedia.org/wiki/Interacci%C3%B3n_d%C3%A9bil)

[Bosó Z](http://es.wikipedia.org/wiki/Bosones_W_y_Z) Z0 91.187 0 1 debil

[Gluó](http://es.wikipedia.org/wiki/Glu%C3%B3n) g 0 0 1 [forta](http://es.wikipedia.org/wiki/Interacci%C3%B3n_fuerte)

Tenint el nombre de [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) que completa el Model Estàndard, així com els portadors de partícules, anem a indicar les propietats o nombres quàntics que tenen aquests:   
  
**Tipo de fermió Nom Símbol** [**Carrega** E.M.](http://es.wikipedia.org/wiki/Carga_el%C3%A9ctrica)[**Carrega débil**](http://es.wikipedia.org/wiki/Sabor_%28f%C3%ADsica%29)[**Carrega color** [**Masa**](http://es.wikipedia.org/wiki/Masa)](http://es.wikipedia.org/wiki/Carga_de_color)

[Leptó](http://es.wikipedia.org/wiki/Lept%C3%B3n)

[Electró](http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3n) e- -1 -1/2 0 0,511 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Muó](http://es.wikipedia.org/wiki/Mu%C3%B3n) - -1 -1/2 0 105,6 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Tauó](http://es.wikipedia.org/wiki/Tau%C3%B3n) - -1 -1/2 0 1,784 [GeV](http://es.wikipedia.org/wiki/GeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Neutrino electrónic](http://es.wikipedia.org/wiki/Neutrino_electr%C3%B3nico) e 0 +1/2 0 < 50 [eV](http://es.wikipedia.org/wiki/EV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Neutrino muónic](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Neutrino_mu%C3%B3nico&action=edit&redlink=1)  0 +1/2 0 < 0,5 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Neutrino tauónic](http://es.wikipedia.org/wiki/Neutrino_tau%C3%B3nico)  0 +1/2 0 < 70 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[Quark](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark)

[up](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_up) u +2/3 +1/2 R/G/B ~5 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[charm](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_charm) c +2/3 +1/2 R/G/B ~1.5 GeV/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[top](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_top) t +2/3 +1/2 R/G/B >30 [GeV](http://es.wikipedia.org/wiki/GeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[down](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_down) d -1/3 -1/2 R/G/B ~10 [MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[strange](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_strange) s -1/3 -1/2 R/G/B ~100[MeV](http://es.wikipedia.org/wiki/MeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

[bottom](http://es.wikipedia.org/wiki/Quark_bottom) b -1/3 -1/2 R/G/B ~4,7 [GeV](http://es.wikipedia.org/wiki/GeV)/[c](http://es.wikipedia.org/wiki/C)²

L'explicació de tota partícula es fa amb la unió d'aquests [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks), i la interacció es realitza amb l'intercanvi dels [bosons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=bosones) portadors de les forces. Per exemple un neutró està format per dos [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) [down](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=down) i un [quark](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quark) [up](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=up), aquests es mantenen units gràcies a un intercanvi mutu de [gluons](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=gluones), veient les propietats dels [quarks](http://www.internostrum.com/insbil/index.php?lang=es-ca&palabra=quarks) tenim les característiques del neutró,