

V-rész, az újonnan felfedezett elemi részecske

Az elemi részek

Ha áttekintjük a XX. század fizikai kutatásainak történetét, két fejezetet különböztethetünk meg. Századunk első három évtizedének nagy alkotása a kvantumelmélet, a mikrovilág általános törvényszerűségeit megadó diszciplína. 1930 körül, a kvantumelméletre vonatkozó vizsgálatok bizonyos mértékű lezáródása után a kutatásnak egy új fejezete kezdődik: az érdeklődés középpontjába az atommag és ezzel szoros kapcsolatban az elemi részek kerültek.

Az 1930 és 1940 közt eltelt tíz év folyamán fedezik fel a β -bomlásnál és rokon folyamatoknál szerepet játszó $1/2$ spinű részecskék egész sorát. A legkönnyebb elemi részek a negatív elektron, a pozitív pozitron és a semleges neutrínó. Ezek sok közös vonást mutatnak, keletkezésük megfigyelhető a β -bomlás során, ezért őket mint egyetlen elemi résznek, a leptonnak ($\lambda\epsilon\pi\tau\omicron\zeta$ = kicsiny) különböző töltésállapotait értelmezhetjük. A nagyobb tömegű, instabil μ -mezon a leptonok (elektron és pozitron) gerjesztett állapotának tekinthető. Lényegesen különböző sajátságokat mutatnak a proton és neutron. Az atommagnak ezen nagytömegű alkotórészeit a könnyű részektől megkülönböztetendő közös néven nukleonoknak hívjuk (nucleus = mag).

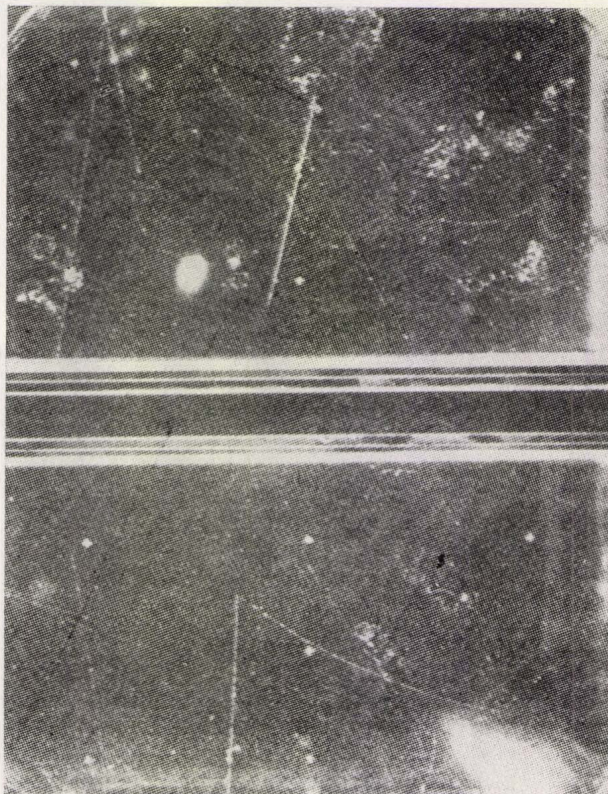
Időközben a fizikusok érdeklődése egyre jobban a magerók problémája felé fordult. 1940 és 1950 között fedezik fel a zérus spinű mezonokat, elsőnek a π -mezont. A mezonok sajátságainak vizsgálata főbb vonásaiban igazolja Yukawa mageró-elméletét. E szerint a magerókat létesítő erőtérnek az elektromágneses térhez hasonló, önálló fizikai realitása van. A π -mezonok és valószínűleg a később felfedezett nehezebb ($\tau, \kappa, \chi, \delta$ betűkkel jelölt) mezonok is ezen mageró-térnek megnyilvánulási formái, energiakvantumai. Szerepük a foton elektromágneses jelenségeknél betöltött szerepének felel meg.

Az elemi részek tanulmányozása során nyert ismereteink nem mondhatók teljeseknek és részleteiben tisztázottaknak. Bizonyos áttekintés az elemi részecskék közt mégis lehetségessé vált (elektron-család, mageró-mezonok, nukleonok). A mezonok újabb típusainak felfedezése, mely a legutóbbi években történt, csak azt mutatta, hogy a magerókat létesítő mezontér meglehetősen bonyolult szerkezetű. Elvi újdonságot az elmélet számára ezen részecskék felfedezése nem jelentett.

Ez volt a helyzet, amikor különböző kutatók hírt adtak arról, hogy a kozmikus sugárzás áthatoló záporaiban a nukleonoknál is jóval nagyobb tömegű, mezonoktól eltérő sajátságú részecskék észlelhetők.

A V-rész felfedezése

Rochester és Butler 1947-ben a kozmikus sugárzás tanulmányozása céljából sorozatosan ködkamra-felvételeket készítettek. Céljuk az áthatoló záporok tanulmányozása volt. Az áthatoló zápor az elektronnál nehezebb részecskékből áll. Ezek olyan mag-szétrobbanásokban keletkez-



1. ábra. Felülről érkező semleges V-rész elbomlása ködkamrában.

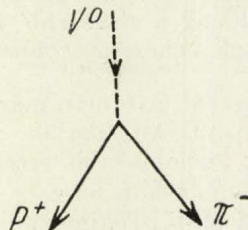
nek, melyeket nagy energiájú kozmikus részecskék atommagba való behatolása létesít. Az elkészített 5000 ködkamra-felvétel átvizsgálása során a kutatók két különös V-alakú nyomra bukkantak. Az egyik felvételen megfigyelhető volt, hogy amint a V-nyom csúcsától távolodunk, a V-betű szárait alkotó ködkamra-nyomok vastagodnak. Ebből arra kellett következtetni, hogy a V-betű csúcsából 65° -os szög alatt két töltött részecske repül szét, ezek a ködkamra gázán áthaladva veszítenek sebességükből. A sebességsökkenés eredményezte a részecske által keltett ionizáció erősödését, a nyom megvastagodását. A jelenség egyetlen valószínű magyarázata az, hogy a ködkamrába felülről egy semleges, tehát a ködkamra-felvételen nem látható instabil részecske lépett

be, majd rövid út megtétele után spontán két töltött részecskére esett szét. A bomlástermékek nyoma alkotja a megfigyelt V -betűt. Elektron-pozitron-pár keltéséről már csak azért sem lehetett szó, mert a V -betű két szárát alkotó nyomoknak az elektronnál lényegesen nehezebb töltött részecskéktől kellett származnia. (A Rochester és Butler által talált másik V -alakú nyom töltött részecske bomlásaként volt értelmezhető.)

Az ismertett két felvétel után újabb adatokat erről a jellegzetes V -nyomot létesítő részecskéről nem tudtak szerezni. Butler és munkatársai több ezer felvételt tanulmányoztak át e célból, azonban eredmény nélkül. Csak 1950-ben sikerült a részecskék létezését kétséget kizárva igazolni a nagy számban készített ködkamra-felvételeken talált nyomok alapján. Anderson munkatársaival 11 000 áthatoló záporról készített felvételt. A tengerszint felett 3200 m magasan elhelyezett önműködő ködkamrájukat az áthatoló záport észlelő számlálóberendezés vezérelte. A felvételek tanulmányozása során 34 jellegzetes V -alakú nyomot találtak. Ezek közül 30 a felvételen nem látható semleges résznek két töltött részecskére való bomlásaként volt értelmezhető. A nyomok azt mutatták, hogy az instabil semleges részecskék olyan magrobbanásokból származnak, melyek a ködkamra felett elhelyezett ólomlemezben mennek végbe. (Ugyaninnen indultak ki a ködkamrát működésbe hozó áthatoló záporok is.) Az elbomló részecskék által befutott út rövidségéből arra következtethetünk, hogy a részecske élettartama igen kicsiny.

A ködkamra-felvételek a bomlástermékek tömegének pontos meghatározását, így azok azonosítását nem tették lehetővé. Tudnunk kell, hogy a kozmikus sugárzás tanulmányozására három kísérleti eszközt használnak: a számlálócsövet, a ködkamrát és a fotoemulziót. A számlálócső első sorban a részecskék áthaladásának regisztrálására szolgál, azok pontos adatainak, így tömegének meghatározására nem alkalmas. A ködkamra már többet mond a részecskéről. Ha mágneses teret alkalmazunk, a ködkamrában hagyott nyom görbületéből meghatározható az impulzus. Ez a részecske tömegétől és sebességétől függ. A tömeg kiszámításához ezek szerint még a sebességet is tudnunk kell. Erre ugyan következtethetünk az ionizáció mértékéből, de ez a módszer csak korlátozottan és bizonytalanul alkalmazható. Legjobb módszert ionizáló részecskék tömegének meghatározására a fotoemulzióban hagyott nyom vizsgálata ad. A részecske szóródásából, a nyom szemcsesűrűségéből és annak változásából, a hatótávolságból többféle módon meghatározható a részecske tömege. Ez a magyarázata annak, hogy a π -mezón fotoemulzióban történt észlelésével egyidőben sikerült meghatározni annak tömegét is. Az emulzió sűrű anyagában a π -mezónok lefékeződtek, ott bomlottak el, így a magas lég-
rétegekbe felküldött fotoemulzióban kellő számú kiértékelésre alkalmas mezonyomot találtak. Más

a helyzet az új részecskénél. Ez rövid élettartama miatt a lefékeződés előtt, még röptében elbomlik. Az ilyen rövidéletű részecskék észlelésére a nagyobb térrészt lefényképező ködkamra biztosítja a kedvezőbb feltételeket. Ezért nem volt véletlen, hogy ezt a rövidéletű részecskét ködkamrában fedezték fel.

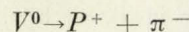


2. ábra. A semleges V résznek két ionizáló részecskére való bomlása jellegzetes V -alakú nyomot eredményez. Innen a részecske elnevezése.

Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy nagy értéket jelentett az az egyetlen V -alakú nyom is, amelyet 1950-ben egy 22000 m magasra felküldött fotoemulzióban találtak. Így sikerült legalább egy esetben meghatározni a bomláskor keletkező részecskék tömegét. A bomlástermékek protonnak és π -mezónnak adódtak.

A következő évben Butler és munkatársai 3000 méter magasan készített 7500 ködkamra-felvételen újabb 43 V -nyomot fedeztek fel. Egy másik érdekes ködkamra-képen egyszerre három V -nyom volt látható. Ez a nagyszámú felvétel lehetővé tette, hogy az instabil semleges részecske sajátosságait pontosabban tanulmányozzák. Azt, hogy széteséskor nyomot nem hagyó semleges bomlástermékek nem keletkeznek, a következő megfigyelés bizonyítja: több felvételen lokalizálható volt az elbomló részecske keletkezési helyeül tekinthető magrobbanás. Ezt a szétesés helyével összekötő egyenes szolgáltatja a részecske pályáját. Az elbomló részecske pályája a megfigyelések szerint egy síkba esett a bomlástermékek pályájával. Már pedig kettőnél több részre való bomlás esetén a bomlástermékek a tér különböző irányai felé repültek volna, a pályák nem lehetnének koplanárisak.

Az új részecskét jellegzetes nyomáról Blacket- V -résznek nevezte el.* Érdekes módon a bomlástermékek tömegének és a széteséskor felszabaduló energiának meghatározására irányuló próbálkozások sokáig egymásnak ellentmondó eredményekre vezettek. A nehézségek már-már a V -részre vonatkozó megfigyelések hitelét is megingatták. Végül nagyszámú V -nyom kiértékelése oldotta meg a problémát. Kiderült, hogy a



* Jelenleg többen a neutron és deuteron közé eső instabil részecskék jelölésére egységesen a Λ jelet javasolják, mi szintén a ködkamra-nyom alakjára utal.

szerint bomló V -részen kívül létezik egy másik semleges részecske is, melynek bomlása hasonló V -alakú nyomot hagy:

$$V_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-.$$

Ez utóbbi részecske azonban jóval könnyebb a protonnál (tömege annak csak mintegy fele), ezért nyilván a mezonok közé sorolandó. Ma ezt a részecskét, melynek a nehezebb V -résszel való összetévesztése sok nehézséget okozott, θ -mezonnak hívjuk.

A V -részecske élettartamát már a legelső felvételekből elég pontosan sikerült meghatározni. A ma ismeretes legpontosabb érték $(3,3 \pm 1,0) \cdot 10^{-10}$ sec. A bomláskor felszabaduló energiamennyiség 37 ± 3 MeV. Tekintettel arra, hogy a keletkező proton és π -mezon tömegét, valamint a felszabaduló energiát is az elbomló V -rész nyugalmi tömegének kell fedeznie, annak tömegét kiszámíthatjuk a következő módon:

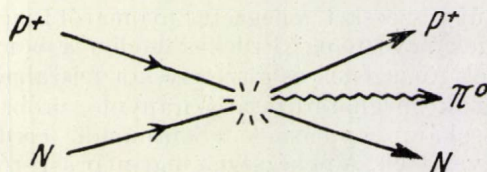
$$M_{V^0} = M_P + M_\pi + \frac{37 \text{ MeV}}{c^2} = 2130 m_e.$$

(c a fénysebesség, m_e az elektron tömege.) A részecske tehát jóval nehezebb a neutronnál. Ez felveti azt a kérdést, hogy hová sorolandó be az újonnan felfedezett részecske. A mageró-mezonok egy különlegesen nehéz fajtájával állunk-e szemben, vagy az elemi részek új típusát ismertük-e meg, melynek tanulmányozása az elemi részeczekre vonatkozó ismereteinket átalakíthatja? A választ csak az 1953. év kutatásai hozták meg.

A semleges V -rész sajátosságai

A mageró-mezonok keletkezése a következőképpen történik: Ha egy proton kinetikus energiája nagyobb, mint a mezon tömegében rejlő nyugalmi energia, akkor a protonnak más atommaggal való ütközése — az elektromágneses fékezési sugárzás-hoz hasonlóan — mezonnak, a magerótér kvantumának kisugárzását eredményezheti. Ilyenkor tehát a nukleon kinetikus energiája alakul át mezonná, vagyis az ütközések során a részecskék száma eggyel nő. Például:

$$P^+ + N^0 \rightarrow P^+ + N^0 + \pi^0.$$

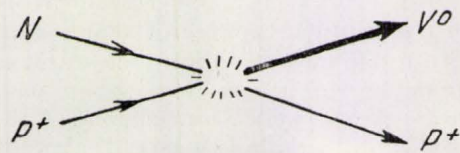


3. ábra. π -mezon keletkezése, mint »sugárzási folyamat«.

Ha a V -rész is ilyen mezon-jellegű tér-kvantum, melyet a proton ütközés közben sugároz ki, akkor a V -rész keletkezéséhez szükséges minimális kinetikus energiának meg kell egyeznie a V -rész nyugalmi energiájával:

$$E_{\text{min}} = M_V c^2 > 1000 \text{ MeV}.$$

A másik lehetőség az, hogy a V -rész nem a mezonokkal, hanem a nukleonokkal (proton és



4. ábra. V -rész keletkezése, mint »ütközéses gerjesztés«.

neutron) sorolandó egy csoportba. Nagy energiájú nukleon-nukleon-ütközésnél elképzelhető, hogy az egyik (vagy mindkét) nukleon gerjesztett állapotba kerül valamilyen módon. Ezt a gerjesztett nukleont észleljük, mint V -részt, a felraktározott perjesztési energia okozza az energia és tömeg ekvivalenciája folytán a V -rész tömegnövekedését. A V -rész ezen elképzelés szerint nukleonból keletkeznék:

$$P^+ + N^0 \rightarrow P^+ + V^0.$$

A folyamat küszöbenergiája ez esetben a V -rész és neutron tömegkülönbségének megfelelő energiával egyenlő:

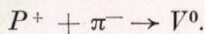
$$E_{\text{min}} = (M_V - M_N) c^2 = 150 \text{ MeV}.$$

Annak eldöntése, hogy melyik felfogás helyes, nyilván nagy elméleti fontosságú, mert a proton vagy neutron »gerjesztett állapotának« felfedezése új támpontot adna ezen részecskék szerkezetének vizsgálatánál.

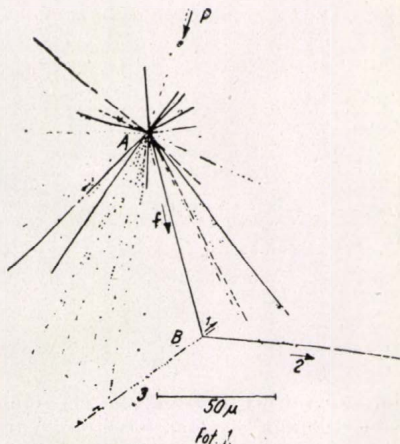
Bizonyos elméleti megfontolások a második lehetőség mellett szólnak. Tudjuk, hogy a proton elektromos töltése mellett a protonnak és neutronnak egy g -vel jelölt, ú. n. »nukleon-töltése« is van. (Ez a nukleonok által keltett mageró-tér intenzitását szabja meg, hasonlóan az elektromos töltésnek az elektromágneses térben játszott szerepéhez.) Több tapasztalt jelenséget elemezve Wigner Jenő 1949-ben arra az eredményre jutott, hogy a g nukleon-töltésre ugyanolyan töltés-megmaradási tételnek kell fennállnia, amilyent az elektromos töltésre vonatkozólag az elektromosság-tanban megismertünk. Ha mármost megnézzük a V -rész bomlásképletét, látjuk, hogy belőle proton, azaz g -töltéssel bíró részecske keletkezett. A megmaradási tétel miatt a proton töltését csak az elbomló V -résztől örökölhette. Viszont a V -rész g -töltésére keletkezésekor csak úgy tehetett szert, ha egy protonból vagy neutronból átalakulással jött létre.

A megfigyeléseknek ezt a következtetést 1953-ban sikerült igazolnia. A toulousei egyetem által ez év nyarán megrendezett konferencián, mely a kozmikus sugárzás részecskéivel foglalkozott, francia kutatók a következő megfigyelésekről számoltak be: Egy olyan magrobbanásban volt megfigyelhető V -rész keletkezése, ahol a robbanást keltő részecske energiája nem volt elegendő a V -rész milliárd eV-nál nagyobb nyugalmi energiájának fedezéséhez. A részecske tehát nem

»kisugárzás« formájában, hanem egy nukleon »gerjesztődésével« keletkeztethet. Schein ugyan-ezen konferencián egy másik megfigyelésről számolt be: V -részt sikerült előállítani nukleonoknak lassú π -mezonokkal való bombázása által. A π -mezon energiája itt sem elegendő a V -rész nyugalmi energiájának előteremtéséhez. Csak a bomlásfolyamat megfordítottja, a π -mezonnak protonon való abszorpciója jöhetett létre:



A V -rész ezek szerint protonból vagy neutronból keletkezik energiafelvétel révén, megerősítve az elméleti várakozást.

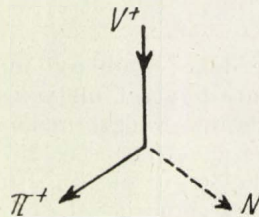


5. ábra. A felülről érkező P proton az A pontban magrobbanást kelt. A kirepülő f fragmensben az egyik nukleon gerjesztett állapotban van. A B pontban a gerjesztett nukleon (V -rész) átadja energiáját a fragmens atommagnak, ami annak felrobbanását eredményezi (Danisz felvétele, Varsó).

Figyelmet érdemel egy másik jelenség is melyből a V -résznek a protonnal és neutronnal való szoros kapcsolatára lehet következtetni. A konferencia beszámolója szerint hét felvétel ismeretes, melyen a következő jelenség figyelhető meg: A kozmikus sugárzásban érkező nagyenergiájú részecske atommagba ütközve azt több darabra robbantotta szét. Az egyik fragmens nyomát követve megfigyelhető volt, hogy abból bizonyos út megtétele után részecskék repülnek ki. Kézenfekvő ennek a jelenségnek a következő értelmezése: A töredék atommagban az egyik neutron V -rész helyettesíti. A protonokhoz és neutronokhoz hasonlóan a mag kötelékében helyet foglaló, magerők által megkötött V -rész alakul vissza a gerjesztési energia leadásával protonná. (Egyelőre ez az értelmezés nem tekinthető az egyedül lehetséges magyarázatnak.) Az első ilyen felvételt a lengyel Danisz találta.

Ha elfogadjuk azt a több megfigyeléssel valószínűsített feltevést, hogy a V -rész a nukleon gerjesztett állapota, felvetődik a következő kérdés: Egy olyan eleminek tekintett objektum, amilyen a proton vagy neutron, miként gerjesztődhetik? Idáig csak összetett rendszereknél, mint amilyen egy atom vagy nehezebb atommag,

ismertünk gerjesztett állapotokat. Hogy a nukleonok gerjesztési folyamatának valamilyen elképzeléséhez jussunk, meg kell gondolnunk a következőket: Bizonyos értelemben véve a protont is »összetett rendszernek« kell minősítenünk. A csupasz részecske nem áll elszigetelten, hanem állandóan meghatározott elektrosztatikus és magneto-sztatikus tér veszi körül. Fennáll egy gyenge kölcsönhatás a proton és leptontér között, mely a β -bomlási folyamatoknál figyelhető meg. Legjelentősebb azonban a proton által keltett mezontér. Ez a bonyolult szerkezetű erőtér, amely akár elektromos töltés hordozója is lehet (ezt a töltött π -mezonok létezése bizonyítja), igen erősen van hozzácsatolva a protonhoz. Ha a proton vagy neutron valamilyen módon, pl. ütközéssel, energiára tesz szert, ezt az energiát a részecske + csatolt erőtér rendszer felveheti és elraktározhatja. Az energia eloszolhat a rendszer különböző kvantumállapotaiba. Ha egyszer azután a statisztikus ingadozások során az egész energia a mezontér egy meghatározott kvantumállapotába összpontosul, azt megkaphatja egyetlen mezon-kvantum. Ilyenkor a gerjesztett nukleon (V -rész) egy mezon-kvantum kisugárzásával alapállapotba (proton) mehet vissza. (A nukleonhoz csatolt erős mezontér mellett a gerjesztési folyamatban a gyengébb Coulomb-térnek és a β -kölcsönhatásnak csak mellérendelt szerep juthat.)

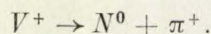


6. ábra. A V^+ -rész egy ionizáló részecskét eredményező bomlása jellegzetes V - vagy J -betű alakú nyomot létesít.

További V -részek felfedezése

Említettük, hogy Rochester és Butler első megfigyelésénél egy olyan V -alakú nyom is szerepelt, mely töltött részecske bomlásától származott. Később több hasonló folyamatot mutató ködkamra-és fotoemulziós felvételt találtak. A bomló rész és bomlástermék által hagyott nyom részletes vizsgálata azután megmutatta, hogy mindkettő lényegesen könnyebb a protonnál. Ez esetben tehát nem gerjesztett nukleonról, hanem a mezonok újabb fajtáiról van szó. (Ma ezeket a V -nyomokat produkáló töltött mezonokat κ - és χ -mezon néven ismerjük.)

A legutóbbi hónapokban végzett néhány megfigyelés arra enged következtetni, hogy a semleges V -rész pozitív töltésű párja valószínűleg mégis létezik. A megfigyelt pozitív töltésű nehéz részecske neutronra és π -mezonra bomlik:



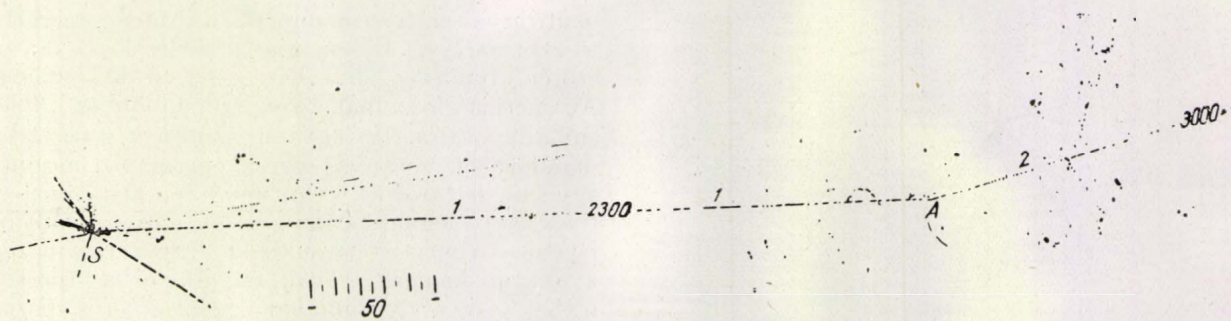
Két esetben sikerült a bomláskor felszabaduló energiát is meghatározni, az 135, ill. 131 MeV-nak adódott. A hibahatáron belül egyező két eredmény a megfigyelés reális voltát mutatja, egyben azt is bizonyítja, hogy két részre való bomlásról van szó. A felszabaduló energia hozzávetőleges ismeretében a V^+ -rész tömege is kiszámítható:

$$M_{V^+} = M_N + M_\pi + \frac{133 \text{ MeV}}{c^2} = 2180 m_e.$$

(A részecskét egyesek megkülönböztetésül J -résznek is nevezik, ami szintén a nyom alakjára utal.)*

a gerjesztési nívók a nukleont körülvevő mezon-térrel állnak kapcsolatban.*

Próbáljuk megbecsülni, hogy a nukleonhoz »kötött« mezon-tér milyen nagy gerjesztési energiák hordozója lehet. Kiindulásul Ferminek azt az egyszerű mezon-tér-modelljét használhatjuk, amelyet ő az extrém nagyenergiájú mag-ütközések elméletében vezetett be a mezonok keletkezésének magyarázatára E szerint a nukleonhoz csatlakozó »kötött« mezon-tér egy olyan kis gömbre terjed ki, melynek sugara kb. megegyezik a mag-erők hatótávolságával, a π -mezon Compton-hullámhosszával:



7. ábra. A fotoemulzió S pontjában bekövetkező magrobbanásból egy töltött V részecske (1) repül ki. Az A pontban a részecske egy töltött (2) rész emittálása közben elbomlik (Danisz felvétele, Varsó).

Különösen érdekes eseményt mutat egy olyan további ködkamra-felvétel, melyen sorozatos bomlás látszik. A bomlás végterméke proton. Valószínűleg egy hozzávetőlegesen $2570 m_e$ tömegű töltött részecske (egyesek a Δ -rész elnevezést használják) V^0 -ra bomlik el, ez pedig rendszeres módon π -mezon kisugárzásával protonná alakul át. A legelső ilyen nyomot már néhány évvel ezelőtt észlelték, az 1953-ban talált újabb három felvétel a megfigyelést megerősíti.

A protonnál nehezebb ismert részecskék számának megnövekedése azt mutatja, hogy az elemi részek új családjával állunk szemben. Rossi rájuk a hyperon elnevezést vezette be. Ha ezek a magrobbanásokban keletkező, instabil és végeredményben protonra bomló részecskék valóban a nukleon gerjesztett állapotait jelentik, akkor a gerjesztési nívók egy rendszerét rajzolhatjuk fel. Három közel egyenközű nívót kapunk, melyen az alapállapotot képviselő proton-neutron, a V -részek, ill. a Δ -rész helyezkedik el. A nívók egymástól számított távolsága 200 MeV körül van. Ez az energia kissé nagyobb a π -mezon nyugalmi energiájánál. A szomszédos nívók között π -mezon kisugárzásával történik átmenet (hasonlóan az oszcillátor kvantumátmeneteihez). A π -mezon fellépte alapján feltételezhető, hogy ezek

$$\lambda_0 = \frac{\hbar}{M_\pi c}.$$

A mezon-potenciál kielégíti a Yukawa-féle hullámegyenletet:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - \frac{4\pi^2}{\lambda_0^2} \varphi = 0.$$

A hullámegyenlet megoldását legegyszerűbben egy

$$\varphi(r, t) = q(t) \cdot \frac{\sin(2\pi r/\lambda)}{r}$$

alakú kifejezéssel találhatjuk meg. Ez egy állóhullámnak felel meg λ hullámhosszal. A potenciálegyenletbe helyettesítve a $q(t)$ amplitudóra a következő egyenletet kapjuk:

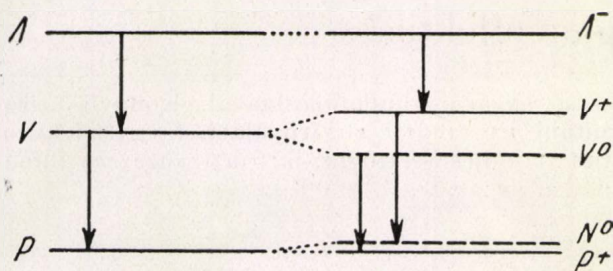
$$\frac{d^2 q}{dt^2} + 4\pi^2 \nu^2 q = 0.$$

Ez harmonikus rezgőmozgás egyenlete. A rezgés frekvenciája

$$\nu = c \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda_0^2}}.$$

* A V^0 -rész élettartamának anomális viselkedését magyarázva Pais megkísérelte, hogy a gerjesztés jellemzésére bevezetett kvantumszámra kiválasztási szabályt állítson fel. Hasonló kérdésekről adott elő V. Votrúba csehszlovák fizikus is az I. Magyar Fizikus Kongresszuson.

* Öt további nyom protonra és semleges π -mezonra bomló töltött részecskének tulajdonítható, de ezeknél valószínűleg más magyarázat is lehetséges.



8. ábra. A gerjesztési spektrum »durva-szerkezete« és az »elektromágneses dublett-felhasadás«.

A »kötött« mezontérben gerjesztett állóhullám tehát harmonikus rezgőmozgást végez. A harmonikus rezgés gerjesztési energiája

$$E_n = n \cdot h\nu$$

alakú lehet (n egész szám). A kialakuló állóhullám a »kötött« mezontérre terjed ki, így annak hullámhossza a mezontér hozzávetőleges méreteit megszabó λ_0 nagyságrendjébe esik: $\lambda \sim \lambda_0$. Ezt figyelembevéve két gerjesztési nívó távolsága:

$$E_n - E_{n-1} = h\nu = \frac{hc}{\lambda_0} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^2} \sim 200 \text{ MeV.}$$

Eredményünk megegyezik a tapasztalt nívótávolsággal. Fermi egyszerű modellje tehát e jelenségnél is használható: a nukleon »legalsó« gerjesztési nívóinak szerkezetén, a lehetséges átmenetek kiválasztásán kívül a nívótávolság nagyságrendje is a megfigyeléssel összhangban adódik.

A gerjesztési nívók egy »dublett-szerkezetet« is mutatnak. A legalsó nívó voltaképpen két egymáshoz igen közel eső állapotra (proton- és neutron-állapot) esik szét, a két szomszédos nívó távolsága 1,25 MeV. Hasonló, de tágabb »dublett« az első gerjesztett nívó is, amelyen a V^0 és V^+ részek helyezkednek el. Mindkét »dublettben« a két szomszédos energiaszinthez tartozó állapot az elektromos töltésben különbözik egymástól ($P^+ - N^0$, $V^0 - V^+$), ezért feltételezhető, hogy a »dublett-felhasadás« a nukleon kisebb szerepet játszó elektromágneses terével áll kapcsolatban.

Az ismertetett nívó-rendszerzés még nagyon hipotétikus jellegű. Sokkal több megfigyelési adat-

ra van szükség ahhoz, hogy a nukleonok gerjesztésének elméleti leírását megadhassuk. Az a körülmény azonban, hogy a legutolsó hónapokban igen öröndetesen megszorodtak a neutronnál nehezebb elemi részekre vonatkozó ismereteink, azon reményt keltheti bennünk, hogy rövid időn belül újabb lényeges megfigyelések várhatók ezen a területen.* Talán így lehetővé fog válni, hogy az elektron sajátságainak tisztázása után végre az anyag másik fontos építőkövének, a protonnak-neutronnak sajátságait is tisztázzuk és a gerjesztés folyamatát vizsgálva a részecskék anomális mágneses momentumának, valamint a magerónak ma még nyitott problémáját is közelebb vigyük a megoldáshoz.

Marx György

Eötvös Loránd Egyetem
Fizikai Intézete, Budapest.

Az 1953-ban ismert vagy valószínűen létezőnek feltételezett elemi részek

Jel	N é v	Tömeg	Töltés	Spin	Bomlaskép	Élettartam
L e p t o n o k						
ν	neutrínó	0	0	$\frac{1}{2}$	—	∞
e^\pm	elektron	1	\pm	$\frac{1}{2}$	—	∞
μ^\pm	μ -mezon	210	\pm	$\frac{1}{2}$	$e^\pm + \nu + \nu$	$2,15 \cdot 10^{-6}$
M a g e r ö - m e z o n o k						
π^0	π -mezon	270	0	0	$\gamma + \gamma$	10^{-14}
π^\pm	π -mezon	276	\pm	0	$\mu^\pm + \nu$	$1,6 \cdot 10^{-8}$
χ^\pm	χ -mezon	950?	\pm	1?	$\pi^\pm + \gamma?$	$10^{-10}?$
τ^\pm	τ -mezon	970	\pm	0	$\pi^\pm + \pi^\pm + \pi^\pm$	$10^{-9}?$
θ^0	θ -mezon	970?	0	0	$\pi^+ + \pi^-$	$10^{-10}?$
ω^\pm	ω -mezon	1200?	\pm	0,1?	$\mu^\pm + \nu + \gamma?$	$10^{-10}?$
N u k l e o n o k						
P	proton	1837	+	$\frac{1}{2}$	—	∞
N	neutron	1839	0	$\frac{1}{2}$	$P + e^- + \gamma$	20 min?
V^0	V -rész	2130?	0	$\frac{1}{2}$	$P + \pi^-$	$3 \cdot 10^{-10}$
V^+	J -rész(?)	2180?	+	$\frac{1}{2}$	$N + \pi^+$	$10^{-10}?$
Δ	Δ -rész(?)	2570?	—	$\frac{1}{2}?$	$V^0 + \pi^+$	$10^{-10}?$

* Jelen beszámoló elkészülte után érkezett meg az első rövid híradás arról, hogy a Brookhavenben üzembe helyezett új nagy gyorsítóberendezés felhasználásával sikerült V -részecskéket mesterségesen is előállítani.