

# ÚJ ATOMMAGFIZIKAI EMULZIÓ (FORTE P 22) ELŐÁLLÍTÁSA ÉS TULAJDONSÁGAI

MEDVECZKY LÁSZLÓ  
MTA. Atommag Kutató Intézete  
Debrecen

POLSTER ALFRÉD  
Forte Fotokémiai Ipari Kutató  
Laboratórium, Vác

Az atommagfizikai fotoemulzió elsősorban C. F. POWELL és munkatársainak munkája eredményeképpen a magfizika kvantitatív mérőműszerei sorába lépett. Alkalmazható úgyszólván mindazon mérésekre, amelyekre a többi magfizikai metódus, de különösen előnyös azon esetekben, amikor

a) a lejátszódott események időbeli egymásutánja nem képezi a megfigyelés tárgyát;

b) a sugárzás intenzitása igen kicsi és ezért hosszú expozíciós idő szükséges (pl. kozmikus sugárzás);

c) kis helyen elférő és kistömegű nagyon érzékeny térfogat szükséges, így elsősorban az igen nagy energiájú részecskéken végzett vizsgálatoknál;

d) a részecske által leírt pálya helyzetének pontos ismerete szükséges (pl. neutron energiamérés visszalökött protonok segítségével, radioaktív elem lokalizációjának megállapítása stb.).

Hazánkban a módszer — intézetünkben végzett vizsgálatoktól eltekintve — a legutóbbi időig mindössze egy-két esetben, szinte kivételesen került csak alkalmazásra. Ennek egyik okát kétségen kívül az emulzió külföldről való beszerzésének nehézkes volta képezte. A magfizikai emulziók hazai előállítását az autoradiográfiához — különösen, ha gél formában történik az alkalmazás [1] — szinte nélkülözhetetlen.

A magfizikai emulzió lényegesen különbözik a normál optikai fotoemulziótól és annak előállítása nem egyszerű feladat a fotokémikus részére. W. HÄLG és L. JENNY [2], L. JENNY [3], továbbá P. DEMERS [4] eredményei egyaránt ismeretesek előttünk munkánk kezdetén, de az idézett eljárások egyike sem bizonyult minden további nélkül reprodukálhatónak, ezért az egész témakört szisztematikusan megvizsgáltuk és ezen vizsgálatok eredményén alapuló új eljárás kidolgozása vált szükségessé.

A normál fotoemulziókat a következő értékek jellemzik legjobban:

a)  $R$  érték, az ezüst mennyiségének viszonya a zselatinhoz;

- b) halogén felesleg, amelynek jelenlétében az ezüstháloid képzés történik ;  
 c) A fényérzékeny rendszer rétegvastagsága ( $\mu$ ) ;  
 d) ezüst mennyisége ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

Az I. táblázatban feltüntettük ezen értékeket néhány normál fotoemulzióra és az általunk készített magfizikai emulzióra. A különbség a magfizikai emulzió és az optikai emulziók adatai között szembeötlő és ebből is nyilvánvaló, hogy magfizikai folyamatok vizsgálatára szolgáló emulziók készítése új feladatot jelent.

I. TÁBLÁZAT

Emulzió típus	R érték	Halogén felesleg %	Rétegvastagság $\mu$	Ezüst $\text{g m}^{-2} 20\mu$
Negatív film	0,335	32,60	18	5,5
Röntgen diagnosztikai	0,400	16,25	20+20	8,91
Röntgen ipari	0,470	61,30	20+20	8,32
Spektrál lemez	0,457	43,00	18	9,65
Kino pozitív	0,365	18,62	15	6,40
P/22 magfizikai emulzió	3,210	2,00	100	30,00

A magfizikai emulziók legjellemzőbb tulajdonságai, amelyeket előállításkor meg kell valósítani, a következők:

1. igen finom, egyenletes nagyságú ezüstháloid szemcsézet ;
2. a szemcsék nagy belső érzékenysége, mely szűk határon belül egyforma ;
3. egyenletes szemcseeloszlás, azaz a szemcséket elválasztó közök egyformák és lehetőleg igen kis méretűek (nagy ezüstháloid tartalom).

A magfizikai emulziós rendszerünk kialakítása a *Forte Fotokémiai Ipari Kutató Laboratóriumban* (Vác), a kísérletek kiértékelése és az emulziók magfizikai tulajdonságainak megállapítása pedig az *MTA Atommag Kutató Intézetében* (Debrecen) történt.

### Zselatin

Magemulziós rendszerünk tulajdonképpen nem szigorúan vett emulzió, hanem ezüstháloid kristályok diszperziója védő hatású kolloidban, zselatinban.

A zselatinok három részből állnak, ezek közül legnagyobb az ún. alapzselatin, amelyet hosszú szénláncú, nagy molekulásúlyú vegyületek alkotnak (glicin, prolin, oxiprolin stb.) ez a rész kölcsönzi a zselatinnak a fizikai tulajdonságokat (védőhatás, viszkozitás stb.). A második része rövidebb szén-

láncú vegyületekből áll (tiokarbamid, aldehidek), ezek érlelő hatást fejtenek ki, rendszerint az emulzió termikus kezelésével egyidejűleg (II. érlelés alatt). A harmadik rész szintén rövidebb szénláncú vegyületekből áll (cisztin), ez a zselatin érlelést gátló, inaktív része.

Optikai fotoemulzióknál az alapzselatinnak az ezüsthaloidek lecsapásánál van szerepe, a zselatin másik két vegyületcsoportja az I., de még inkább a II. érlelésnél fejt ki hatását megfelelő hőkezeléssel együtt.

Magemulzióknál az ezüsthaloidek készítése a lecsapásnál befejeződik, elmarad az I. és II. érlelés a szemcsenagyság egyenlő mértékének betartása miatt, ezért a magemulziók készítésénél csak a zselatin alap-zselatin része lényeges.

II. TÁBLÁZAT

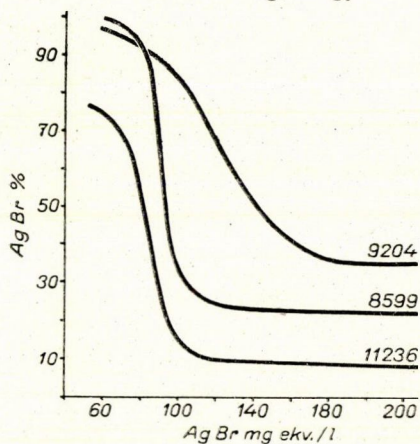
Zselatin	11236	8599	9204
Hamu %	1,02	1,48	1,24
Nedvesség %	12,35	12,03	13,67
$p_H$	6,86	6,53	6,18
Viszkozitás	9,70	7,12	5,79
Dermedés °C	17	16	15
Olvadás °C	29	25	25
Titrlás ml	a. 3,3	2,9	5,9
Cserzés	b. 1,65	2,72	3,10
Labilis kén	c. 11,2	52,8	16,0
Duzzadás	d. 15,8	18,0	11,4
Védőhatás	e. 15,0	35,0	85,0

- 50 ml 6%-os zselatin oldat semlegesítése n 20 NaOH-val ml
- 100 g 10%-os zselatin által fogyasztott 5%-os káliumkrómtimsó ml
- mg S/kg zselatin
- ml víz/g zselatin
- 5 g zselatin 100 mg ezüstbromidból hány százalékot tart szolban.

A magemulziók érzékenységének kialakítása nem kémiai érleléssel, hanem szenzibilizátorokkal történik és ezért a zselatin érlelő hatású vegyületei nem jönnek számításba, sőt kísérleteink szerint ezek magas fátyolértéket eredményeznek, amelyek a magfizikai kiértékelést — különösen vastagabb rétegben — nagymértékben megnehezítik. Sok zselatinnal végeztünk kísérletet, az alkalmazott zselatinok három csoportját mutatja a II. táblázat és az 1. ábra.

Labilis kén-érték a zselatinok aktív, érlelést elősegítő részét fejezi ki, de ez egyáltalában nem mutat rá — ellentétben az irodalomban található adatokkal [5—6] — arra, hogy a zselatin magfizikai emulziókhoz alkalmas.

Vizsgálataink szerint magfizikai emulziókhoz elsősorban magas védő hatású zselatinra van szükség, hogy az alkalmazott minimális mennyiségű zselatin a



1. ábra. Zselatinok védő hatása

nagy mennyiségű ezüstbromid diszperzióját biztosítsa. Védőhatás megállapítására nem elégséges a Zsigmondy-féle szám [7] meghatározása. Sokkal jobb eredményt nyújtott EVVA FERENC vizsgálata [8], amely-nél a szolban maradt ezüstbromid mennyiségének százalékos meghatározása (adott zselatin és ezüst-bromid mg ekv/l mennyiségekre) ad számszerű felvilágosítást a védőhatásra. Vizsgálatainknál a 11236 számú zselatin teljesen alkalmatlan, míg a 9204 számú zselatin igen alkalmas magfizikai emulziók készítésére, a 8599 típus-nál a védő hatás megfelelő, de a magas labilis kéntartalom miatt a fátyol-érték

emelkedett és  $1,20/\mu$  szemcseszámnál magasabb szemcsesűrűséget nem tudunk elérni a ThC $\alpha$  részecske pályájában a kiértékelésnél használt előhívással.

Itt említjük meg, hogy az emulziós kísérleteink eredményéről első tájékozódást a ThC $\alpha$  nyomának vizsgálatával nyertük. Ez természetesen csak akkor vehető alapul, ha az emulziókezelés körülményei (Th-val való telítés, előhívás módja stb.) mindig szigorúan ugyanazok és a szemcseszámolás is hasonlóan mindig azonos feltételekkel történik. Ezzel egyidejűleg figyelemmel kísértük, hogy a  $\beta$ -részek nyoma milyen mértékben észlelhető. A megoldást nagy energiájú sugárforrás hiányában elsősorban idő és munka megtakarítás céljából választottuk. A dolgozatban szereplő szemcseszám/mikron érték mindig a ThC $\alpha$  pályán végzett mérés eredményét adja meg, a fentiek szerint.

Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a normál fotozselatinok közül magfizikai emulzióhoz magas védő hatású, lehetőleg inert zselatinok használhatók, amelyek a megfelelő pBr (pAg) érték beállítása után szenzibilizációra is alkalmasak.

### Ezüsthaloidok kialakítása

Az emulziókészítés legfontosabb fázisa az ezüstháloidok lecsapása zselatinos közegben. Az ezüstháloid szemcsék közepes szemcsesűrűsége ZSDANOV [9] szerint

$$\frac{dn}{dx} = \frac{3 c P}{2 \rho d}$$

egyenesen arányos a koncentrációval (1 ml emulzióban levő ezüstbromid

mennyisége grammban), a  $P$  értékkel, amely az a valószínűség, amellyel egy meghatározott energiájú részecske előhívhatóvá teszi az ezüstháloid szemcsét, a szemcsesűrűség fordítottan arányos a szemcse átmérőjével ( $d$ ) és az ezüstbromid sűrűségével ( $\rho$ ). Azonban a  $p$  és  $d$  értékek között összefüggés van, mert minél nagyobb a szemcse, annál nagyobb a valószínűség, hogy a gyengén ionizáló részecskéket regisztrálni lehessen, ezért kompromisszumot kell létesíteni a fenti faktoroknál.

Magemulziós rendszerünk kialakítására végzett kísérleteinkben azonos emulziókezelés mellett a szemcseszámot bizonyos mértékig az ezüstbromidnak a zselatinhoz való aránya (AgBr/zselatin) szabja meg (III. táblázat).

III. TÁBLÁZAT

Kíséret jelzése	AgBr: zselatin	Ezüst g m <sup>2</sup> 100 $\mu$	Szemcseszám $\mu$
A 34	3,16	106	1,31
A/35	3,78	126	1,57
A 36	4,25	142	1,68
A/3 <sup>e</sup>	5,62	188	1,88

Az ezüstháloid szemcsék kialakulása függ az ezüstnitrát és a káliumbromid oldatok összefolytatási sebességétől is. A gyors befolytatás és az emulziós közeg gyors keverése nem vezet nagy szemcsesűrűséghez, a befolytatás egyenletességét és ezzel a szemcsenagyság egyenletességét nehezebb biztosítani, ha az ezüstháloidot képező oldatok összefolytatása bizonyos határon túl van. (IV. táblázat.)

IV. TÁBLÁZAT

Kíséret	Összefolytatás perc	Szemcseszám $\mu$
B 10	6,5	0,93
B 12	8,5	1,09
B 13	16,0	1,60
B/15	30,0	1,72

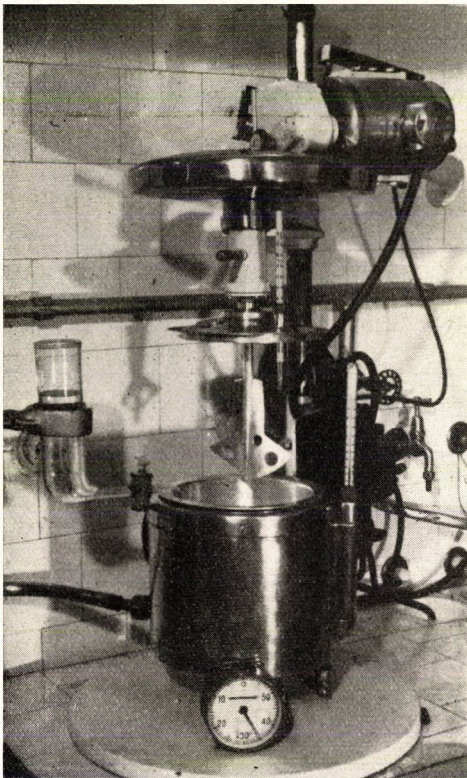
Az összefolytatási sebesség további csökkentése nem vezetett nagyobb szemcsesűrűséghez.

Az ezüstháloid képzésnél alkalmazott hőmérséklet nem okoz nagyobb különbségeket, legalkalmasabb az ezüstbromid képzést 40-42 C°-nál végezni, magasabb hőmérséklet szemcsenagobbodást, magasabb fátólértéket eredményez.

Az emulziós közeg  $p_H$  értékének beállítása kísérleteink szerint igen lényeges. Irodalmi adatok szerint [3] ammóniát adnak az emulzióhoz az érlelés fokozására, ezzel a közeg  $p_H$  értékét emelik meg lényegesen. Magemulziós kísérleteink reprodukálásánál legjobb eredményt akkor értünk el, ha a zselatinos közeg  $p_H$  értékét 7,10—7,20-ra állítottuk be. Alacsony  $p_H$ -jú (5,4—5,8) közegben, a lecsapás többi faktorainak változatlanul hagyásával, fokozott ezüstbromid kristályos kiválást észleltünk, a közeg  $p_H$  értékének 7,50-on felüli emelésével az alapfátyol-érték emelkedett.

Az ezüstháloid szemcseszám kialakításánál a fenti szempontok figyelembevételével a szemcseszámot 1,60—1,80/ $\mu$  értéknél tovább fokozni nem lehet, mert

- a) igen nehéz olyan zselatint találni, amely adott mennyiségű Ag/Br zselatin mellett megfelelő védő hatású legyen;
- b) fátyolérték nő, és ezzel a kiértékelés megnehezül.



2. ábra. A kísérletekhez használt emulziókészítő berendezés (Konstrukció POLSTER A.-tól.)

Az ezüstháloidok képzésénél nemcsak a szemcseszám, hanem a szemcsenagyság és szemcseköz egyenletessége, valamint a szemcsék nagy belső érzékenysége is igen lényeges. Ezeknek a kialakítása függ a zselatin mennyiségétől és a lecsapásnál alkalmazott háloid feleslegtől. A zselatin mennyiségének szabályozását a III. táblázat mutatja. Háloid felesleg kizárását úgy érjük el, ha a lecsapásnál az ezüstnitrát és a háloid-só oldatokat egyszerre ekvivalens mennyiségben adagoljuk a védő hatású kolloid oldatba. A fátyolt okozó  $(AgBrAg)^+$  komplex ion keletkezésének megakadályozására a zselatin oldatot 1-2 ml háloid oldattal látjuk el. Ha az ezüstbromid képzést háloid feleslegben végezzük el, az ezüstbromid rekrisztallizációja következik be, amelynél a kisebb szemcsék rovására a nagy szemcsék megnőnek, ezzel a magfizikai emulziók egyik alapfeltétele, a szemcsenagyság egyenletessége erősen veszélyeztetve van.

Az ezüstháloid képzés technikája elég körülményes. Biztosítani kell az ezüstnitrát és a haloidsó oldatok egyenletes összefolytatását. Különösen fontos, hogy  $\text{Ag}^+$  ionok feleslegben ne legyenek. Nagyon lényeges, hogy az ezüstháloidok képzése zselatin jelenlétében történjék, kerülni kell a befolytatásnál a zselatin-szegény helyeket (a keverő holttere, az emulziós edény fala) (2. ábra). Az ilyen helyeken képződött ezüstbromid kiválik és ezüst rögöket eredményez. A keverés egyenletessége fontos, de a fordulat/perc érték (120—150 fordulat/perc) nem lényeges.

### A magemulzió mosása

Mosással a cserebomlásnál képződött  $\text{K}^+$  és  $\text{NO}_3^-$  ionokat, valamint a csekély feleslegben levő  $\text{Br}^-$  ionokat kell eltávolítani. Ezeknek az ionoknak relatív ionsebessége közel egyforma, ezért az emulziós rendszerből egyszerre távoznak.

Irodalmi adatok [4, 2] minden különösebb indokolás nélkül 8, ill. 16 órában állapítják meg ilyen emulziós rendszerek mosási idejét. Vizsgálataink szerint műszeres ellenőrzéssel lehet a mosás befejezését megállapítani. Az emulzióban levő szabad ionok mennyiségére ad felvilágosítást a vezetőképességi érték, amely magemulzióknál mosás előtt  $48,6 \cdot 10^{-6} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Ez az érték 3—3 $\frac{1}{2}$  órás mosás után  $1400—1500 \cdot 10^{-6} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  értéknél megnyugszik és csak nagyon meghosszabbított mosási idő után csökken lényegesen tovább. Ez az érték jelzi a mosási idő végét és ez rendszerint összeesik a pBr értéknek 4,40—4,50-re való beállításával.

Ez a pBr érték, illetve ehhez az értékhez tartozó pAg érték a szenzibilizálásra legalkalmasabb szabad  $\text{Br}^-$ , illetve szabad  $\text{Ag}^+$  ion mennyiségét fejezi ki anélkül, hogy a fátólérték a szabad  $\text{Ag}^+$  ionok mennyiségével, az  $(\text{AgBrAg})^+$  komplex képződésével emelkednék. A magas pBr értéknél sok a szabad  $\text{Ag}^+$  ion, ezért labilis kötésű ezüst-zselatin komplex képződik, amely a fátólérték emeléshez vezethet.

### Az érzékenység kialakítása

Magemulzióknál alacsony hőmérsékleten (40—42°C) haloid felesleg nélkül történik az ezüstbromid szemcsék kialakítása. A lecsapás után a szemcsenagyság nem változik, elmarad a hőkezeléses érlelés és a hőkezeléses kémiai érzékenyítés. A zselatin aktív vegyületei nem képeznek az ezüstbromid kristályban érzékenységet fokozó zavarhelyeket. Az érzékenység kialakítása és fokozása abban áll, hogy az érleléssel szubcsírákból alszírákat, előhívható góccokat képezünk.

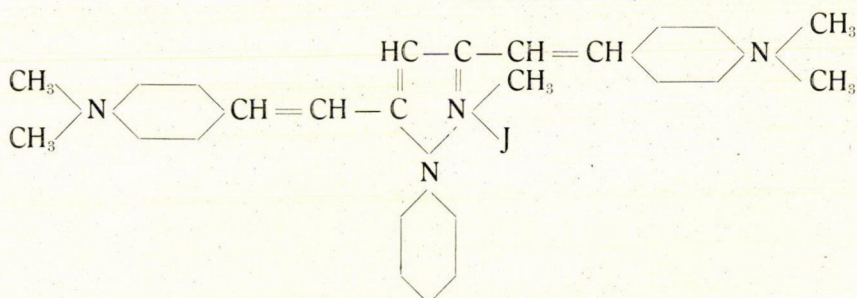
Magemulzióknál igen fontos, hogy a szemcsék egyforma nagyságúak és egyformán érzékenyek legyenek. A hőkezeléses és a kémiai érzékenyítéssel a

szemcsenagyság változik, az érzékenység a szemcséken nem oszlik el egyenletesen és ezért a szemcsepálya magfizikai folyamatok kiértékelésére nem alkalmas. Ezért célszerű az érzékenység kialakítását szenzibilizátorokkal végezni.

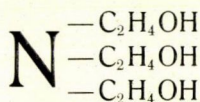
A szenzibilizátorok az ezüstháloid kristály szabad  $\text{Ag}^+$ , illetve szabad  $\text{Br}^-$  ionjához kötődnek aszerint, amint a gerjesztett szenzibilizátor kapcsolódó része negatív, illetve pozitív töltésű. Ezért lényeges a mosási  $p\text{Br}(p\text{Ag})$  értéknek pontos beállítása minden fotoemulziónál, de különösen a magfizikai emulziónál, ahol az érzékenység kialakítására kizárólag a szenzibilizáció szolgál.

Magfizikai emulziók szenzibilizálására L. JENNY [3] szerint azok a zárt szénláncú vegyületek alkalmasak, amelyek elektron-donator gyökökkel ( $\text{NH}_2$ ,  $\text{NR}_2$ ,  $\text{NRH}$ ,  $\text{OH}$ ) rendelkeznek.

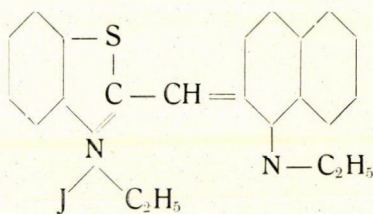
Ezek a vegyületek szerkezetileg igen hasonlítanak a fotokémiai előhívókhoz, azonban lényeges eltérést mutatnak a redox potenciál-értékben. A fotokémiai előhívók redox potenciálja 700–800 mV között van, a magfizikai emulziók szenzibilizátorainak redox potenciálja 800 mV felett van, de kísérleteink szerint csak abban az esetben szenzibilizálnak, ha a közeg  $p\text{H}$  értéke 9,0-nál kevesebb, mert  $p\text{H}$  9,5-nél ezek a vegyületek redukálják az összes ezüstháloidokat. Kísérleteinkben a következő szenzibilizátorokat alkalmaztuk:



1 fenil, 2 metil, 3–5 bisdimetil aminostirilpirazolin-jodid

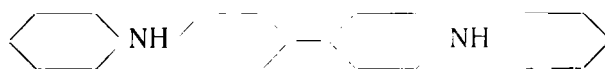


trietanolamin



benztiopseudocianin





4,4' fenilamino difenil

A kiértékelés szerint legjobb eredményt kaptunk az 1 fenil, 2 metil, 3—5 bisdimetil aminostirilpirazolin-jodid színezéknek trietanolamin oldattal való kombinálásával, ez a szenzibilizáció szerepel a közepes érzékenyséű magemulzióra vonatkozó kísérleteink utolsó tagjánál, a P 22-es emulziónál.

Az alkalmazott szenzibilizátor mennyisége 6,5—6,7 mg/g ezüst volt.

### Magemulziós rendszer összetétele és jellemzői

A szenzibilizált emulzió leginkább hordozó anyagon (üveg) kerül forgalomba. Az emulziót megfelelő vegyületekkel (triazoindolizin) kezelni kell, hogy az emulzió jellemző értékeit stabilizálni lehessen. Különösen fontos ez a kifáradás (fading) jelenség miatt. Timollal, vagy fenollal védjük az emulzió zselatinját a bomlás ellen, glicerin hozzáadásával pedig a teljes kiszáradás ellen, krómtimsó adagolásával az emulzió dermedését, kezelhetőségét könnyítjük meg. Az eddig készített rétegvastagság 20—200 $\mu$  volt.

Az emulziós réteget védőréteggel kell ellátni, mert a készítésnél alkalmazott zselatin nem védi meg az ezüsthalooid szemcséket a külső fizikai behatásoktól (dörzsölés, karcolás stb.). A védőréteg vastagsága 1,5 $\mu$  alatt van.

#### Az emulzió jellemzői

zselatin lecsapás előtt	10,31%
zselatin lecsapás után	3,01%
ezüst	9,22%
haloid-felesleg	2,00%
R érték	3,22
ezüsbromid zselatin	5,62
szenzibilizátor mg/g ezüst	6,71

emulzió sűrűsége (50% rel. nedvesség) 3,7471 g cm<sup>3</sup>

1 ml emulzió súlya öntés előtt 1,210 g, megszárítva 0,274 g.

P/22 emulzió súlyszázalékos összetételét (száraz állapotra vonatkoztatva) összehasonlítva Agfa K2 [15] és a *Fotokémiai Kutató Laboratoriumban* kidolgozott Röntgen (diagnosztikai) emulzióval az V. táblázatban közöljük.

V. TÁBLÁZAT

%	P/22	Agfa K2	Röntgen diagnosztikai
Ag	46,69	45,83	24,24
Br	34,59	33,59	17,13
J	—	1,30	0,78
C	7,47	7,55	22,85
H	1,44	1,56	4,40
N	2,43	1,82	7,43
O	7,12	7,81	21,78
S	0,47	0,52	1,43

*P/22 emulzió összetétele (légszáraz állapotban, rel. nedv. 50%).*

Ezüstbromid	80,65%	Glicerín	2,86%
Zselatin	14,65%	Nedvesség	2,35%

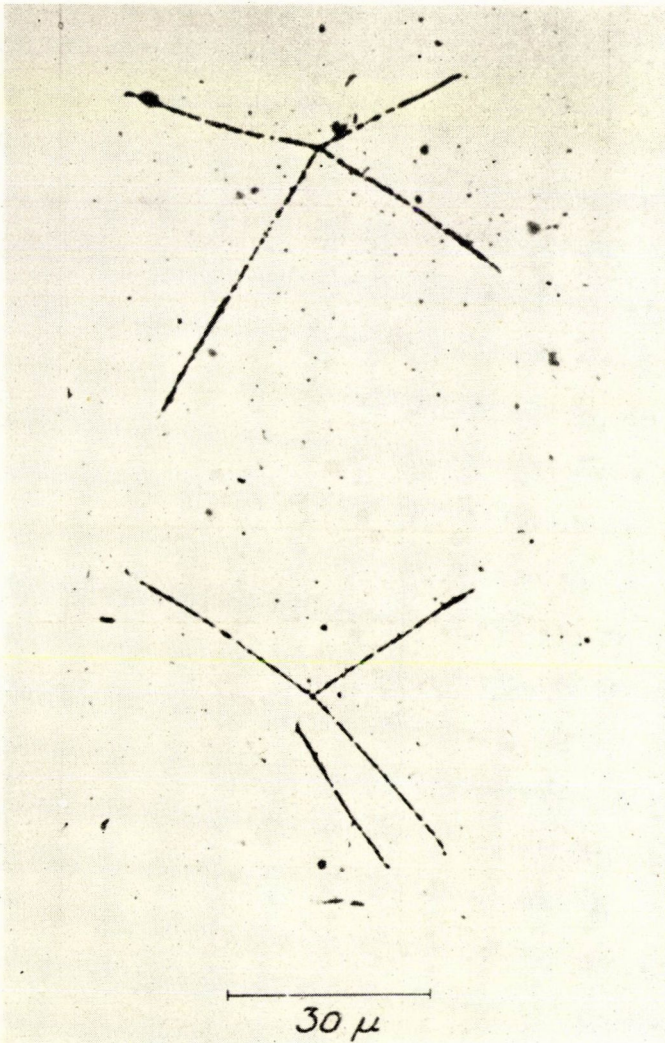
### Atomfizikai szempontból jellemző tulajdonságok vizsgálata

A magfizikai emulzió teljes jellemzését atomfizikai szempontból az alábbi adatokkal adhatjuk meg:

1. hatótávolság-energia összefüggés;
2. érzékenység, azaz mi az a maximális energia, amit elektron, proton,  $\alpha$  vagy más részecskék esetén még regisztrálni tud az emulzió;
3. szemcsesűrűség-energiacsökkenés viszonya;
4. szemcse mérete: méretének és eloszlásának egyenletessége; az előhívatlan és előhívható szemcsék számának viszonya;
5. elhalványodási koefficiens (fading).

A P/22 jelű emulzióra vonatkozólag a jellemző tényezők 1—3 pont alatt felsorolt tulajdonságait már megmértük. A szemcseméret vizsgálat elektronmikroszkópos munkát igényel. Az utolsó, kevésbé jellemző tényező vizsgálata még folyamatban van.

A magfizikai fotoemulziók kiértékelése meglehetősen lassú. Nagy energiájú és nagy intenzitású sugárzás nem állt rendelkezésünkre. A lemezekről minél hamarabb kívántunk tájékozódást nyerni — mint előbb már említettük — ezért a thórium rádióaktív bomlási sorból származó  $\alpha$ -nyomokat vizsgáltuk meg először (3. ábra). Ha e tájékozódásnál nyert eredmény a külföldi emulzióknál kapott adatokat megközelítette, akkor további vizsgálatokhoz Ra-Be neutronforrás által hoztunk létre proton nyomokat az emulzióban. Így is csak maximálisan 13 MeV energiájú proton nyomokat nyerhettünk, ezért nagy energiájú részecskékkel való besugárzáshoz a Kékestetőn, illetőleg Bulgáriában a Sztálin csúcson levő obszervatóriumban (2925 m) helyeztük el vizsgálati anyagunkat. Ez utóbbi vizsgálatokhoz 200, ill. 300  $\mu$  vastag réteget használ-

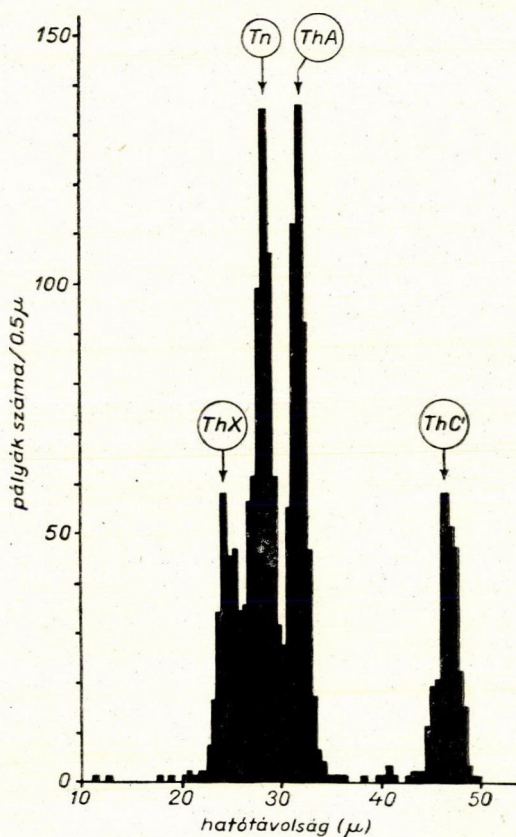


3. ábra. Thórium csillagok P/22 emulzióban

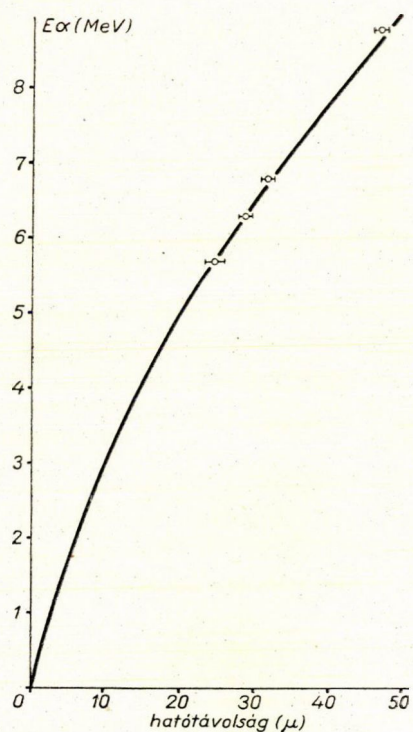
tunk, melynek előhívását amidolos eljárással [10] végeztük. Az egyébként alkalmazott standard előhívás ID 19 előhívóval történt az általában szokásos módon [11],  $100 \mu$  rétegvastagságnál 20 perc előhívási idővel.

A magfizikai emulziók hatótávolság-energia viszonya — mivel a különböző emulziók összetételében csak igen kis különbség van — legfeljebb pár százalékban különbözik. E különbség legtöbbször a mérési hibahatáron belüli és sokszor az emulziókban kötött nedvességtartalom miatt mutatkozik.

A hatótávolság-energia viszonyról való tájékozódáshoz a thórium rádióaktív sorból származó  $\alpha$ -részek pályáit mértük meg. Az 1600 db pálya méréséből kapott hisztogrammot 4. ábrán láthatjuk. A mérésnél a pontosság növelése érdekében csak igen kis dőlési szögű, csillagban levő pályákra szorítottunk, és igen nagy nagyítást használtunk (1900 $\times$ ). A hatótávolság-energia összefüggést  $\alpha$ -részekre a 10 MeV alatti energia tartományban az 5. ábra



4. ábra. A thórium bomlási sor  $\alpha$  sugárzó tagjainak hatótávolság eloszlása P/22 emulzióban



5. ábra.  $\alpha$ -részeskék hatótávolság-energia összefüggése magfizikai emulzióban.

Kihúzott görbe C. M. G. LATTES, P. H. FOWLER és P. CUER, ILFORD emulziókra vonatkozó közléséből [12]. Mérési pontok P/22-re 4. ábra alapján

mutatja. A kihúzott görbe C. M. G. LATTES, P. H. FOWLER és P. CUER, ILFORD emulziókra vonatkozó eredménye [12], amelybe a P/22 emulzió nyert mérési pontjaink jól beleillenek.

Az emulzió feloldóképességét, amit a szemcsék sűrűsége és érzékenysége szab meg,  $\alpha$ -részekre a hatótávolság szórásával, a maximumok felezési magasságának fél szélességével adhatjuk meg. A VI. táblázat mutatja a 4. ábrából számolt hatótávolság, ill. energia szórás értékeit. Ez utóbbit a hatótávolság szórásának a hatótávolság kitevővel való szorzása útján nyertük.

VI. TÁBLÁZAT

$\alpha$ energia MeV	Hatótávolság $R(\mu)$	$\frac{\Delta R}{R}$ %	$\frac{\Delta E}{E}$ %
5,68	24,5	~5,1	~3,7
6,28	28,5	2,6	1,9
6,78	31,5	2,3	1,7
8,78	46,5	1,6	1,1

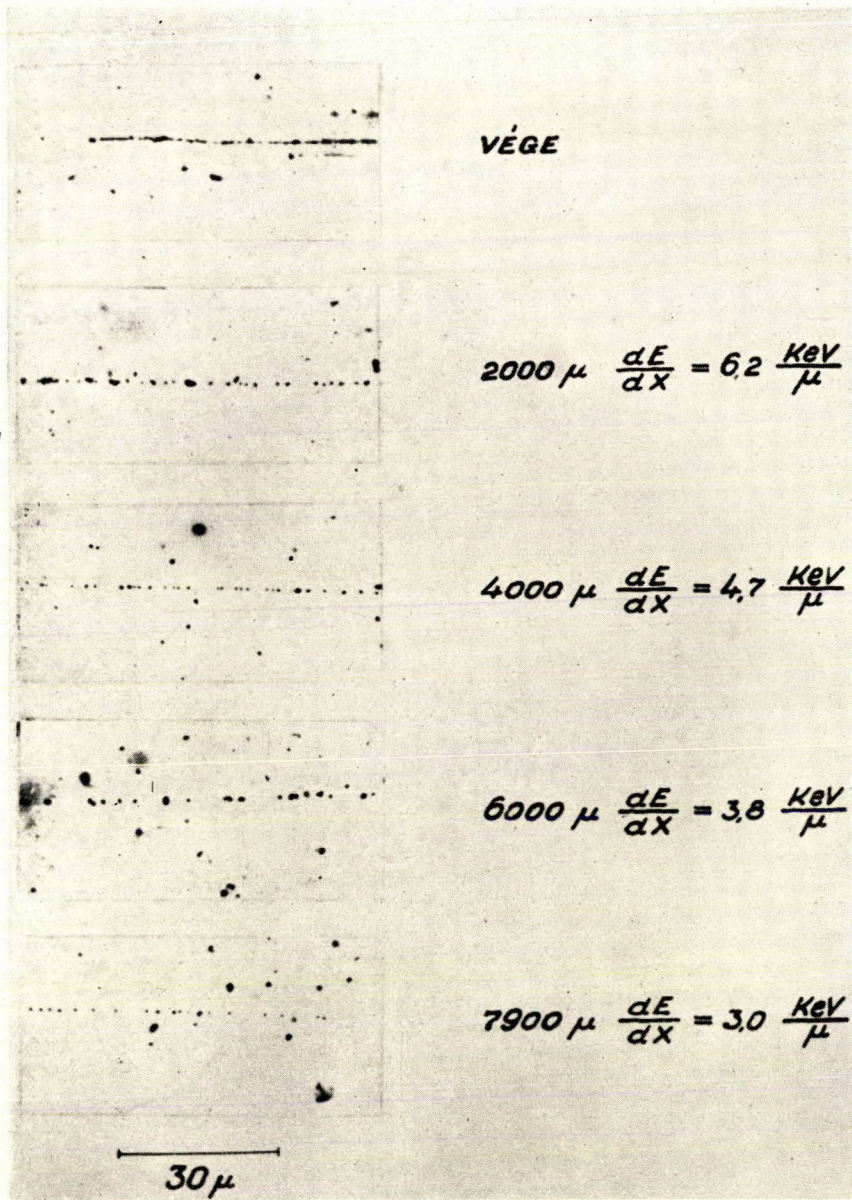
Összehasonlítva J. ROTBLATnak [13] ILFORD C2 emulzióban mért szórás értékeivel az eredmény kielégítő, bár a kapott érték a P/22 emulziónál alacsony energiáknál valamivel nagyobb.

Az emulziók érzékenységét elektronok és nagy energiájú kozmikus eredetű protonok nyomából állapítottuk meg. A Sztálin csúcson besugárzott emulziókban pár ezer mikron hosszú nyomot többet is észleltünk. Köztük egy 7910  $\mu$  hosszút is (6. ábra), amely a hatótávolság-energia összefüggés alapján 45,9 MeV energiának felel meg.

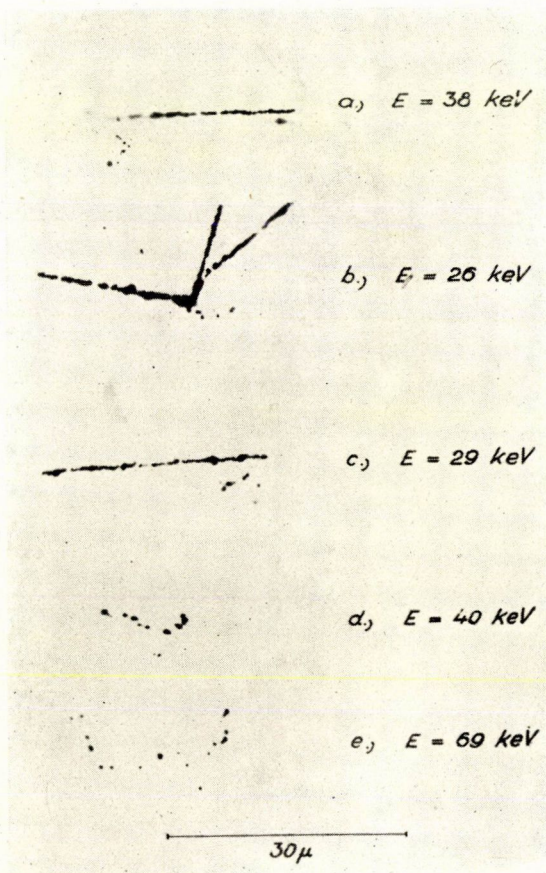
Az elektron érzékenység vizsgálatához a thórium sorozatból származó, illetve  $J^{231}$  izotóp bomlásakor keletkezett  $\beta$ -részek nyomain végeztünk méréseket. Mindkét esetben számos 10—12  $\mu$  hosszú nyomot észleltünk (7. ábra). Az észlelt pályák hosszának felső határa 25  $\mu$ , átlagos szemcsesűrűségük 0,8 szemcse/ $\mu$ . R. H. HERZ által közölt [17] hatótávolság-energia összefüggés alapján az utóbbi 69 keV-nak felel meg.

Az emulzióra legjellemzőbb, és az érzékenység szempontjából is legdöntőbb a szemcsesűrűség-energiacsökkenés viszonya. A P/22 emulzióban ezt a fentebb említett 7910  $\mu$  hosszú pályán kívül még egy másik 5154  $\mu$  hosszú proton nyomából állapítottuk meg. Természetesen mindkét pálya az emulzióban végződött. A szemcseszámolás 70  $\mu$  hosszú szakaszon történt 1680 $\times$  nagyítással. A pályák lassú végén levő első szakaszt a szemcsézet egybeolvadása miatt kihagytuk.

Méréseink eredményét a 8. ábrán mutatjuk be. Összehasonlítva a P/22 emulzióra nyert adatokat az Ilford C2, Agfa K2 és a magas érzékenységű Kodak NT4 emulziókra vonatkozó, az irodalomból vett görbékkel [14, 15, 16].



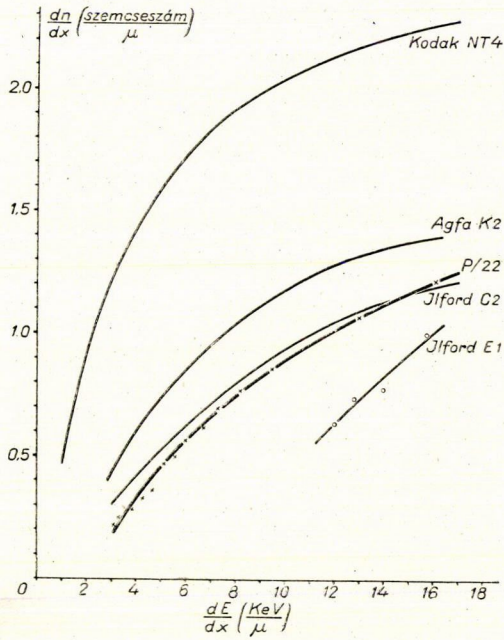
6. ábra. 7910 $\mu$  hosszú proton nyom ( $E_p = 45,9$  MeV) különböző szakaszairól készült mikrofelvétel. A részfelvételek melletti értékek a pálya lassú végétől számított távolság a megfelelő specifikus energiacsökkenés értékkel



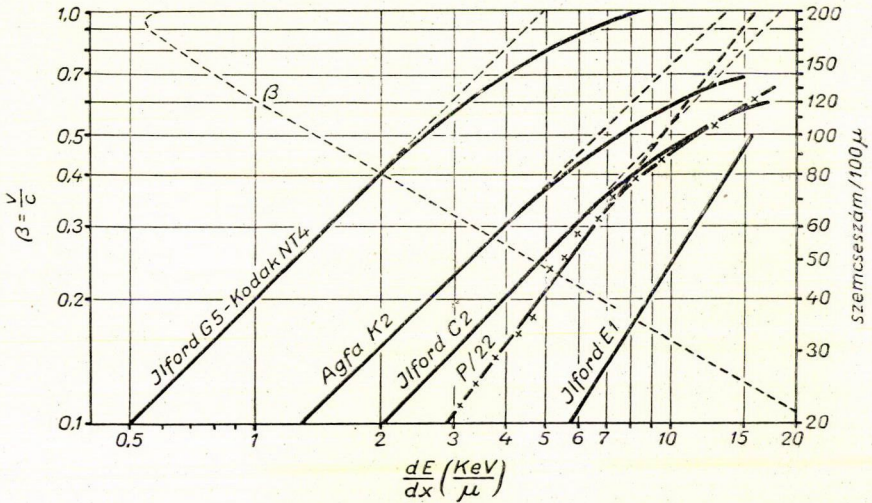
7. ábra. Néhány elektron nyom mikrofelvelele  
a–d thóriummal, e  $J^{131}$  izotóppal telített P/22 emulzióban

Feltüntettük ugyanezen az ábrán az Ilford E1 emulzióon végzett ide vonatkozó mérésünk eredményét is. Mint látható a P/22 emulzióon végzett mérések eredményei az Ilford C2 emulzió görbáját közelítik meg legjobban és a protonokat 20 MeV energiáig regisztráló Ilford E1 emulzióra kapott szemcsesűrűség-energiacsökkenés görbéjének adatainál lényegesen magasabb értékeket mutat.

Az érzékenységi határ számszerűleg is meghatározható ugyanezen mérési eredmények logaritmikus ábrázolásával. Ez alapján megállapíthatjuk az emulzió által regisztrálható részecskék maximális sebességét, az észlelhetőség feltételéül azt szabva meg, hogy pályájukban 100  $\mu$  hosszon 20 előhívható szemcsét hoznak létre. A 9. ábrán a specifikus energiacsökkenés függvényében a részecskék sebességét  $\left(\beta = \frac{v}{c}\right)$  és a 100  $\mu$  útszakaszon létrehozott szemcsék



8. ábra. Szemcsesűrűség-energiacsökkenés viszonya atommagfizikai emulziókra



9. ábra. Az energiacsökkenés-sebesség ( $\beta$ ), illetve szemcsesűrűség viszonya atommagfizikai emulziókban



számát tüntettük fel különböző emulzió típusoknál. A P<sup>22</sup> emulzióban 2,9 keV/ $\mu$ -nál kapunk 20 szemcsét 100 $\mu$  pályahosszon, amihez tartozó  $\beta$  érték 0,32. Ezek szerint a P<sup>22</sup> emulzió

elektront	0,03 MeV
$\mu$ mezont	5,5 MeV
protont	50 MeV
deuteront	100 MeV
$\alpha$ -részt	1500 MeV

energiáig tud rögzíteni, amely adatokat az elektron érzékenységre vonatkozó méréseink is alátámasztanak. Irodalmi adatok szerint az Ilford C2 érzékenységi határa ugyanez, de mint az ábrából látható, ezen érték megállapítása elég óvatosan történt.

A P<sup>22</sup> emulzió kialakításával a közepes érzékenységű magfizikai emulzió előállításának kérdése rendeződött. További kísérleteinkben a szenzibilizátorok mennyiségének emelésével, illetve a szenzibilizáló vegyület elektron-donátor gyökei számának növelésével fokozzuk az emulzió érzékenységét, és minimális ionizációra érzékeny magfizikai emulzió előállítását kívánjuk megvalósítani.

\* \* \*

Köszönetünket fejezzük ki SZALAY SÁNDOR akadémikusnak és KEIPERT MIKLÓS osztályvezetőnek, hogy a téma megoldásához lehetőséget adtak. A Ra-Be neutronforrás használatának megengedésével IMRE LAJOS professzor nyújtott számunkra segítséget, amit e helyen is megköszönünk. Az emulzió előállításában KORDA SZABOLCS és MARAFFKÓ MIKLÓS, a kiértékelés teendőiben pedig BUJDOSÓ ERNŐ kollégánk, illetve JOST FRANCISKA és MEDVECZKY LÁSZLÓNÉ volt segítő társunk.

#### IRODALOM

- [1] BUJDOSÓ E., MEDVECZKY L., SZALAY S. *MTA. III. Matematikai és Fizikai Oszt. Közl.* **2** (1957). 129.
- [2] W. HÄLG, L. JENNY: *Helv. Phys. Acta*, **21** (1948) 131.
- [3] L. JENNY: *Fundamental Mechanisms of Photographic Sensitivity*, 259. o. *Butterworths, Scientific Publications*, 1951. London.
- [4] P. DEMERS: *Canad. J. Research A* **25** (1947) 233.
- [5] P. DEMERS: *Canad. J. Phys.* **32** (1954) 538.
- [6] J. KUBAL: *Czechosl. Journ. Phys.* **5** (1955) 49.
- [7] A. KUHN: *Kolloidchemische Taschenbuch*, 1948, 272. o. Springer, Wien.
- [8] EVVA FERENC magánközlés.
- [9] A. ZSDANOV: *J. Phys. Rad.* **6** (1935) 223.

- [10] E. BUJDOSÓ, L. MEDVECZKY : *Acta Phys. Hung.* VII. 135 (1957).
- [11] H. YAGODA : *Radioactive Measurements with Nuclear Emulsions* 58. o. John Wiley and Sons, 1949. New York.
- [12] C. M. G. LATTES, P. H. FOWLER, P. CUER : *Proc. Phys. Soc.* **59** (1947) 883.
- [13] J. ROTBLAT : *Nature* **165** (1950) 387.
- [14] R. BROWN, U. CAMERINI, P. H. FOWLER, H. MUIRHEAD, C. F. POWELL, D. M. RITSON : *Nature* **163** (1949) 47.
- [15] K. LANIUS : *Zs. f. wiss. Phot.* **48** (1953) 243.
- [16] G. P. S. OCCHIALINI : *Nuovo Cimento* **6** Suppl (1949) 413.
- [17] R. H. HERZ : *Phys. Rev.* **75** (1949) 478.

(Beérkezett: 1956. X. 12.)