

# Götz Irén és Róna Erzsébet munkássága

Radnóti Katalin

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.

*Írásomban két, hazánkban kevésbé ismert tudósszonyt mutatok be, Götz Irént és Róna Erzsébetet, mivel fontosnak gondolom munkásságuk megismerését. Götz Irén csak rövid ideig dolgozott a nukleáris témában, Róna Erzsébet viszont hét évtizeden keresztül. Együtt dolgozott Hevesy Györggyel, Iréne Curie-vel, Otto Hahnnal, a Bécsi Rádiumintézet munkatársa volt hosszú éveken keresztül, majd kivándorolt az USA-ba, ahol részt vett az atombomba előállításban is.*

## Götz Irén munkássága

Götz Irén Júlia (Magyaróvár, 1889 – Ufa, 1941) (1. ábra) gimnáziumi tanulmányait a Veres Pálné utcában lévő budapesti nőgimnáziumban végezte, ahol kiváló tanárai voltak, akik gondozták tehetségét. Később fizikát, matematikát, kémiát és filozófiát hallgatott a budapesti tudományegyetemen. Kémiában Lengyel Béla, matematikában Beke Manó tanítványa volt. Itt ismerkedett meg későbbi férjével, Dienes Lászlóval, aki bevonta a Szabó Ervin baloldali köréhez tartozó Galilei-kör munkájába. Már egyetemista korában igen tájékozott volt a radioaktivitás témakörében, jól ismerte Rutherford és a Curie-házaspár munkáját.



1. ábra: Götz Irén Júlia fényképe

Saját doktori értekezésének [1] megvédést követően alkalma volt Madame Curie laboratóriumában, Párizsban posztgraduális tanulmányokat folytatnia, 1911–1912-ben. Ott a rádium  $\beta$ -sugárzásával foglalkozott. A témáról írt publikációra [2] többen, pl. Soddy is hivatkoztak. A hazai szakirodalomban azonban nem található semmiféle utalás. Götz Irén szépen induló nukleáris témakörbe eső kutatásai lehetőségek híján be is fejeződtek, mivel nem sikerült bejutnia az egyetemi laboratóriumba. További munkássága a kémia más területére estek.

1913-tól az Állatéleti Kísérleti Állomás munkatársa volt, melyet Tangl Ferenc vezetett, s itt végzett kutatási eredményei egy részét Gróh Gyulával együtt publikálta. Ebben az évben kötött házasságot Dienes Lászlóval, akivel 1938-ig élt együtt. Három leánygyermekük született. A Tanácsköztársaság

alatt egyetemi katedrát kapott (1919. ápr. 10.) és elméleti kémia előadásokat tartott heti 3 órában. Ő volt az első nő, aki hazánkban egyetemen adott elő [3] [4] [5] [6].

A Tanácsköztársaság bukása után bujkálnia kellett. Férje Bécsbe tudott szökni, ellenben ő kénytelen volt Pesten maradni, hogy megszüljön második gyermekük, majd a gyerekekkel Mosonmagyaróvárra ment családjához. Itt azonban felfedezték, és 1920. márciusban letartóztatták, majd Madzsar József segítségével illegálisan elhagyta gyerekeivel az országot. Csatlakozott férjéhez Bécsben, de nem tudtak egzisztenciát teremteni, ezért 1920 őszétől Bukarestbe mentek, innen pedig Kolozsvárra. 1922-től 1928-ig a kolozsvári egyetem gyógyszerintézetének adjunktusa, majd docense volt, ahol gyógyszer és élelmiszer kémiát adott elő. 1925-től az orvosi karon is előadott orvosi fizikai ismereteket. Itt született meg harmadik gyermeke. Ekkor írt tanulmányai részben a Korunkban jelentek meg. A román vasgárdisták elől családjával együtt menekülni kényszerült, s Berlinben, majd 1931 telén Moszkvában telepedett le, ahol 1938-ig a Nitrogén Kutató Intézet tudományos munkatársa, később osztályvezetője volt. 1941 őszén hamis vádak alapján letartóztatták, de rövidesen felmentették. A börtönben szerzett tüfuszban halt meg [7] [8]. 2007 végén, Mosonmagyaróváron utcát neveztek el róla.

## Götz Irén doktori értekezése

Götz Irén doktori értekezésének témája a rádiumemanáció kvantitatív meghatározása volt [1].

Dolgozatában írt a radioaktív bomlási sorokról és a háromféle emanációról (rádium, tórium, aktínium). Fontos észrevétele volt az, hogy a bomlások során „egyensúlyi állapot következett be”. Ennek beállása után követte az exponenciális csökkenést. Mérései kiértékelésénél utalt arra, hogy az átalakulási termékek lerakódnak, erre használták akkoriban azt a kifejezést, hogy „indukálja a készüléket”. Azért választotta az emanáció vizsgálatát, mivel mint gázt könnyű felfogni.

Idézet a dolgozatból:

*„Ha a rádiumemanációval kevert levegő elektromos vezetőképességét mérjük, azt tapasztaljuk, hogy a vezetőképesség, az emanációnak a készülékbe bocsátásától kezdve, eleinte rohamosan,*

később lassabban nő, körülbelül három óra múlva eléri maximumát, majd csökkenni kezd. E jelenségnek oka, Rutherford és Soddy elmélete alapján, hogy a rádiumemanáció, miközben a levegőt vezetővé tevő sugarait kilöveli, lassan bomlik, bomlásának termékei azonban szintén radioaktívek, ezek eleinte szaporodnak, majd a rádiumemanációval egyensúlyba kerülnek, s végül vele együtt fogynak. A radioaktivitás nagyságának mértékéül ma leginkább az általa vezetővé tett levegő továbbította elektromos mennyiséget használjuk fel, illetve abból következtetünk a jelenlevő radioaktív test mennyiségére.”

1. táblázat A rádium átalakulási termékei

Az átalakulási termék neve:	Milyen sugarakat lövel ki:	Bomlásának félideje:	Az α-sugarak hatástávolsága:
Rádiumemanáció	α,	3,8 nap	4,2 cm
„ A	α,	3 perc	4,8 cm
„ B	?	28 perc	-
„ C	α, β, γ	20 perc	7 cm
„ D	?	40 év	-
„ E	β, γ	6 nap	-
„ F	α,	143 nap	-

Az 1. táblázatban mai tudásunk alapján az 238-urán izotóp sorozatának tagjai láthatók, melyet urán – rádium sorozatnak neveznek. A táblázatban említett izotópok mai jelölése és felezési idejük:

- Radon 222-es izotóp 3,8 nap a felezési ideje
- Polónium 218-as izotóp 3 perc
- Ólom 214-es izotóp 27 perc
- Bizmut 214-es izotóp 20 perc
- Ólom 210-es izotóp 22 év
- Bizmut 210-es izotóp 5 nap
- Polónium 210-es izotóp 139 nap

Kimaradt a sorból a polónium 214-es tömegszámú izotópja, melynek felezési ideje  $10^4$  s.

A sorozat végterméke az ólom 206-os izotópja. A szerző a táblázat utolsó oszlopában az α-részecskék energiája helyett a már említett hatótávolságot adja meg, ahogy az a kor szokása volt. Az ólom 210-es izotópja kicsit később Hevesy György életében játszott jelentős szerepet, de erről Götz Irén még semmit nem tudhatott.

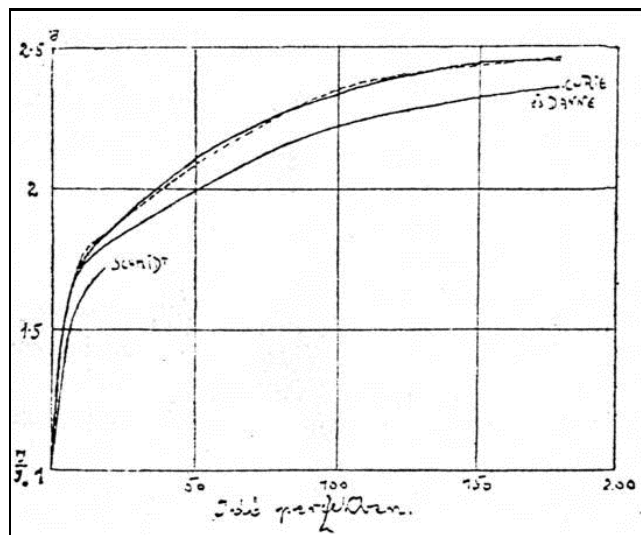
Mérte, majd ábrázolta a vezetőképességet az idő függvényében, melyre a saját elméleti számításaiból kapott görbét is felrajzolta (2. ábra). Látható, hogy Götz Irén elméletét jól alátámasztják saját tapasztalatai. A másik görbe, melyhez nem tartoznak mérési eredményeket jelentő pontok, az addig alkalmazott Curie-Danne közelítő formula alapján került ábrázolásra:

$$\frac{J_t}{J_0} = \alpha - \beta \left\{ \gamma e^{-\lambda_2 t} - \mu \left( \lambda_4 \cdot C \cdot e^{-\lambda_4 t} - \lambda_3 \cdot C \cdot e^{-\lambda_4 t} \right) \right\}$$

ahol  $J_0$  a levegő vezetőképessége kezdetben,  $J_t$  pedig annak a tetszőleges időben észlelt nagysága,  $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$  a rádium-

emanációnak, illetve a rádium ABC-nek átalakulási együtthatói,  $\alpha, \beta, \gamma$  és  $\mu$  állandók, melyeknek nagyságát  $\alpha = 2,37, \beta = 1,37, \gamma = 0,57, \mu = 0,438$ -nak találták, a C konstans pedig így írható:

$$C = \frac{1}{\lambda_3 - \lambda_4} \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_4}$$



2. ábra: Götz Irén mérései. A vezetőképesség-idő függvények

Götz Irén dolgozatát, munkáját nagyon magas színvonalúnak tartották a kortársak, és mai szemmel nézve is annak mondható. Világosan értette, hogy a mérést akkor célszerű elvégezni, amikor már beállt a radioaktív egyensúly. Kísérleti kutatást végzett, de komoly elméleti háttérrel, eredményeinek matematikai megfogalmazásával, és ez nagyon imponáló volt. Disszertációját és eredményeit Weszelszky Gyula ismerteti [9], akinek laboratóriumában Götz Irén a munkáját végezte.

Weszelszky Gyula (Szlatina, 1872. május 10. – Budapest, 1940. június 20.) 1895-ben gyógyszerészmesteri oklevelet kapott, 1918-ban a Budapesti Egyetem Radiológiai Intézetének (Radiológiai Állomásának) vezetésével bízták meg. Kutatásainak nagy része a radioaktivitás körébe tartozik. Saját fejlesztésű emanációmérő módszerével a források radon tartalmát vizsgálta. Ezt a készüléket használta Götz Irén is mérései során.

Götz Irén 1911-es doktori vizsgájának szóbeli kérdése a következő volt: „a radioaktivitás története, a mérési módszerek kritikai ismertetése, a radioaktivitás kémiai jelentősége”. Főtárgy a kémia volt, melléktárgyai a matematika és a kísérleti fizika.

### Róna Erzsébet munkássága

Róna Erzsébet (Budapest, 1890 – Oak Ridge, USA, 1981) (3. ábra) Budapesten végezte tanulmányait a Tudományegyetemen. Már másodéves korában az Állatorvosi Főiskola kémiai laboratóriumában dolgozott önkéntesként. Doktori értekezése (Róna, 1912) teljes mértékben kémiai témájú, címe: A bróm és az egyértékű telített aliphás alkoholok (33 oldal), amit Bugarszky-nál csinált. Később a III. számú kémiai intézetben végezte kísérleteit Buchböck Gusztáv vezetése alatt. További munkássága azonban teljes mértékben nukleáris témakörökhöz kapcsolódott.

Tanulmányai befejezése után Kasimir Fajansnál (Varsó, 1887. május 27. – Ann Arbor, Michigan, 1975. május 18.) dolgozott Karlsruhe-ben abban az időben, amikor Fajans bejelentette az (akkor még plejádoknak nevezett) izotópok felfedezését.



3. ábra: Róna Erzsébet fényképe

Fajans lengyel származású fizikokémikus, aki 1911-től 1917-ig Németországban a karlsruhei Műszaki Akadémia munkatársa volt. 1917-től a müncheni Fizikai Kémia Intézetben dolgozott, ahol docensként kezdte, majd az intézet igazgatója lett. 1936-tól egészen 1956-os nyugdíjba vonulásáig az Ann Arbor-i Michigani Egyetem professzora volt. A brit Frederick Soddyval egyidejűleg fedezte fel az ún. Soddy-Fajans-féle eltolódási szabályt.

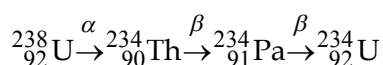
Róna Erzsébetre visszatérve, az első világháború előtt és alatt Budapesten dolgozott. A radioaktivitás terén kifejtett kutatásait követően Tangl Ferenc kérésére orvosok részére kémiai jellegű kurzusok vezetésében is részt vett a Budapesti Egyetem hallgatói számára, amint az saját visszaemlékezéseiben olvasható [10]. Ez afféle tanársegédi munkakör lehetett. Ennek az az érdekessége, hogy ezek szerint ő az első nő Magyarországon, aki egyetemen hallgatókkal foglalkozott, ha nem is rendszeres előadásokat tartott, mint Götz Irén.

Korábbi írásunkban már szoltunk Róna Erzsébet első, 1914-ben megjelent cikkéről, melyben két tórium izotóp elkülönítéséről írt [11] [12].

Róna Erzsébet első publikációja 1914-ben, 24 éves korában jelent meg, és ebben az urán bomlási sorozatának vizsgálati eredményeit közli [13]. Cikkében leírja, hogy az urán kibocsát egy  $\alpha$ -részecskét, majd ezt két  $\beta$ -sugárzás követi, és ismét urán keletkezik. Az egyik köztes termék a még akkor ismeretlen protaktínium, melyet Lise Meitner (1878–1968) és Otto Hahn (1879 – 1968) csak 1917-ben fedeztek fel, de tudták, hogy léteznie kell, és Róna Erzsébet utalt is rá. Rámutatott arra, hogy a tórium bomlási sorában szintén megfigyelhető egy ehhez hasonló folyamat. A keletkezett anyag mégsem teljesen azonos az eredeti kiindulási anyaggal (mivel négy egységgel könnyebb izotóp keletkezik az átalakulás során).

Cikkében a következőképp írja le a folyamatot: UI  $\rightarrow$  UXI  $\rightarrow$  UXII  $\rightarrow$  UII. (Az egyes tagok a bomlási sor ismeretében azonosíthatók.)

Mai jelöléseinkkel a következőképp írjuk le a folyamatot:



Hipotézise az volt, hogy az urán bomlási sora valahol elágazik. Az urán esetében sokféle bomlási termék keletkezik, melyekre a felezési idők alapján következtettek. Ezeket a termékeket kémiailag is megpróbálták azonosítani, előállítani, majd figyelve további bomlásukat következteté-

seket levonni a különböző bomlási sorokban elfoglalt helyükre vonatkozóan, és választ kapni arra a kérdésre, hogy hol lehet az elágazás.

Hevesy György javaslatára Róna Erzsébet az UY-t (mely a tórium 231-es tömegszámú izotópja) akarta előállítani elkülönítve az UX-től, (mely a tórium 234-es tömegszámú izotópja).

Az elkülönítés sikerült, melyet a különböző felezési idők ismeretében tudott megtenni.

Az, hogy az uránnak kétféle sorozata van, és a keresett UY a másik sorozatnak a tagja, az urán 235-ös tömegszámú izotópjából keletkezik  $\alpha$ -bomlással, nem volt még világos abban az időben, mivel ezt az uránizotópot még akkor nem ismerték (csak 1935-ben fedezték fel tömegspektroszkóppal). Tehát a kiindulási hipotézis nem bizonyult helyesnek, de azt abban az időben még nem lehetett tudni. Azt hitték, hogy a sorozat már az uránál (UI) elágazik, és két irányban folytatódik, mivel több példát is ismertek az elágazásra (analógiás gondolkodás). Ezek a következők: RaC, a ThC és az ActC, amelyek mind különböző tömegszámú bizmut izotópok, és három különböző sorozathoz tartoznak, amint az az eredeti jelölésekből is látható. (A bizmut 214, 212 és 211 tömegszámú izotópjai.)

Róna Erzsébet furcsának tartotta azt, hogy mindkét esetben  $\alpha$ -bomlás történne. Említett cikkében a következőt írta:

*„Ezen sorozat szokatlannak tűnik fel, hogy az urán mindkét elágazása alfa átalakulás eredménye, eddig ilyen esetet nem ismertünk és azt hittük, hogy elágazások csak úgy jöhetnek létre, hogy az atomok egy része alfa részt, a másika  $\beta$  részt lövel ki.”*

Azt is jól sejtette meg Róna Erzsébet, hogy az UY „valószínűleg a thorium-plejádhoz tartozik”, vagyis mai fogalmainkat használva a tórium egyik izotópja. Cikkében javasolta, hogy meg kellene határozni az atomsúlyát (hiszen ezt az adatot használták abban az időben a kémiai elemek azonosításához), melyet 230-nak gondolt a 231 helyett [5].

Az urán 238-as bomlási sorában még egyszer megjelenik a tórium egy másik, hosszú felezési idejű (80 000 év) izotópja, amit külön elemnek hittek sokáig és ioniumnak neveztek, tömegszáma 230. Erre az „elemre” is utalt cikkének bevezetőjében, valamint a protaktíniumra, ami az aktínium bomlási sorában van, amelyből az aktínium keletkezik. Ennek kiinduló izotópja az urán 235-ös tömegszámú izotópja, melyet ma már tudunk.

1915-ben Hevesy Györggyel közös kísérleti munkákról beszámoló cikket jelentettek meg a nyomjelzéses technika egy konkrét alkalmazásáról [14]. Kimutatták, hogy a szilárd és a folyadékfázis közötti atomkicserélődést jól lehet tanulmányozni, ha az ólmot a radioaktív ThB-vel, mint indikátorral keverik össze. A ThB valójában nem más, mint az ólom egyik  $\beta$  bomló izotópja, mely a tórium bomlási sorának tagja és 10,6 óra a felezési ideje. (Ez nem azonos a híres RaD-vel, mely a nyomjelzés ötletét adta Hevesynek, mert az az urán 238-as izotóp bomlási sorának tagja, és 22 év a felezési ideje.) Kérdéses, hogy a kísérleti munkát valóban ketten végezték-e, ugyanis Hevesy akkor Nagytétényben szolgált, mint katona.

Egy 1917-es cikkében a rádiumemanáció diffúzióállandóját határozta meg, majd kiszámította a rádium atomátmérőjét. Erre a témára is Hevesy György hívta fel a figyelmét, mivel a korábbi mérések szerint az túl nagy,  $40 \times 10^{-8}$  cm-nek

adódott, ami egy összetett molekula mérettartománya. Róna Erzsébet  $1,75 \times 10^{-8}$  cm értéket kapott, mely már reálisabb eredmény [15]. Eredményeinek megerősítése is hamar megtörtént, mivel éppen abban az időben egy svéd kutató, Eva Ramstead is ezt az értéket kapta. Róna Erzsébet évekként később találkozott is vele Stockholmban [16].

Cikkének bevezetőjében leírta, hogy -mivel nemességátomról van szó- nincs hidrátburka. A radioaktív gáz mennyiségét elektroszkópos módszerrel határozta meg. A leírás alapján azt mondhatjuk, hogy valószínűleg a Wesselszky Gyula által kifejlesztett készüléket használhatta, továbbá mérési módszerként pedig a Götz Irén által kifejlesztett módszert, miszerint a „leolvasásokat az emanáció bevitel után 3,5 órával eszközöltem”. Folyadékként vizet, etilalkoholt, benzolt és toluolt használt.

A Tanácsköztársaság leverése után, az úgynevezett fehérterror miatt Róna Erzsébet Berlinbe ment, és Otto Hahn mellett dolgozott. Majd Stefan Meyer (4. ábra) meghívására 1924-től a bécsi Rádium Intézetben folytatta munkáját, ahol hamarosan komoly elismerést vívott ki magának (5. ábra). Az Intézet megbízásából Iréne Curie munkatársaként is tevékenykedett Párizsban, a Curie Intézetben. Polóniumot állított elő, melyet aztán a Bécsi Intézet kapott meg kutatási célokra. Eközben a helyszínen élte át az első mesterséges radioaktív elem felfedezését, amiért a Joliot-Curie házaspár Nobel díjat kapott.



4. ábra: Stefan Meyer (1872 - 1949)



5. ábra: A bécsi Rádium Intézetben. Róna Erzsébet középen ül

Ausztria 1938-as annektálása után a zsidó származású tudósok, így Róna Erzsébet is, elhagyták az intézetet. Előbb Cambridge-be, majd Oslóba ment. Itt találkozott Otto Hahnnal, aki elmondta neki a maghasadás felfedezését, melyet Lisa Meitner magyarázott meg. Innen még hazajött Magyarországra, majd Amerikába ment 1941-ben. További pályafutása ott folytatódott, ahol szintén komoly tekintélyű tudós lett. A Manhattan projektben is részt vett, polónium előállítására volt a feladata. Oak Ridge-ben dolgozott, tanított, majd később Miami-ban lett professzor.



6. ábra: A Róna Erzsébet által tervezett alfa sugárzást mérő készülék



7. ábra: Róna Erzsébet által az aktiváláshoz használt tegelék

A tengervíz összetételének meghatározásával foglalkozott az aktivációs analízis módszerének felhasználásával. Később visszatért Oak Ridge-be, ahol megírta sok személyes élményét, mely összefonódott a nukleáris tudomány fejlődésével, alakulásával. A könyv 1978-ban jelent meg. Elismertségét jelzi a róla megjelent nekrológ [17]. Az Oak Ridge-ben felállított múzeum több személyes eszközét is őrzi (6. és 7. ábra) [18].

## Összefoglalás

Cikkemben két magyar asszony találkozását vázoltam fel a nukleáris technikával. Bepillantást nyertünk érdekes és izgalmas életük alakulásába, melynek hátterét a 20. századi történelmi események szolgáltatták.

## Irodalomjegyzék

- [1] Götz Irén doktori értekezése (1911): A rádiumemánáció mennyiségi meghatározásáról. Budapesti Egyetem
- [2] Danysz, J. Götz, I. (1912) *Sur les rayons de la radioactivité induite e évolution lente*, *Le Radium* 9,6
- [3] Palló Gábor. (1992): *Radioaktivitás és a kémiai atomelmélet*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1992
- [4] Radnóti Katalin (2008): *Magyar kutatók a XX. század elején. Természet Világa*. 139. évfolyam 4. szám. 182-184. oldalak
- [5] Radnóti Katalin (2008): *A magfizikai kutatások hőskora, női szemmel – II. Fizikai Szemle*. LVIII. évfolyam 4. szám 150-154. oldalak
- [6] Radnóti Katalin – Inzelt György (2009): „Bámulattal szemléljük a testek önsugárzását...” *Az atomkorszak magyar úttörői*. In. Vértés Attila (Szerk.): *Szemelvények a nukleáris tudomány történetéből*. Akadémiai Kiadó. Budapest. 2009. 69 – 106. oldalak.
- [7] Hegedűs Éva (1973) Götz Irén Júlia, az első magyar egyetemi előadónő, *Magyar Kémikusok Lapja*. 28.432
- [8] Kissné Novák Éva (2002): *Nők a magyar tudományban*. *Magyar Tudomány*. 3, 340
- [9] Weszelszky Gyula (1911) Götz Irén doktori értekezésének ismertetése, *Magyar Chemiai Folyóirat* 17, 119
- [10] Róna Erzsébet doktori értekezése (1912): *A bróm és az egyértékű aliphás alkoholok*. Budapesti Egyetem
- [11] Horváth András – Radnóti Katalin (2012): *A Becquerel-sugaraktól a chicago-i reaktorig I. Nukleon*. V. évfolyam 2. szám
- [12] Radnóti Katalin (2008): *Az izotópfogalom történetéhez*. *A Kémia Tanítása*. XVI. évfolyam. 5. szám. 7-14. oldalak
- [13] Róna Erzsébet (1914) *Az urán átalakulásairól*. *Magyar Chemikusok Lapja*, 5, 42.
- [14] Hevesy, Gy., Róna, E. (1915) *Die Lösungsgeschwindigkeiten der molekularen Schichten*, *Z. Phys. Chem*, 89, 294.
- [15] Róna Erzsébet (1917) *A rádium-emanáció diffúzióállandója és atomátmérője*. *Magyar Chemiai Folyóirat*, 23, 156.
- [16] Rona, Elizabeth (1978) *How it Came About. Radioactivity, Nuclear Physics, Atomic Energy*. Oak Ridge Associated Universities.
- [17] Brucer, M. (1981) *In memoriam Elizabeth Rona*. *The Journal of Nuclear Medicine*. 23, 1. 78-79.
- [18] Rentetzi, Maria (2007): *Trafficking Materials and Gendered Experimental. Practices published by Columbia University Press*. <http://www.gutenberg-e.org/rentetzi/>