

Válasz Nagy Dénes Lajos

Ditrói Ferenc

a „Töltöttreszcseke gyorsítók alkalmazása radioaktív izotópok előállítására,
analitikai, orvostudományi és ipari célokra”

Akadémiai doktori értekezésének
bírálatára

Először is köszönöm a bíráló rendkívül alapos munkáját. A felmerült kérdésekre egyenként válaszolok a kérdés idézése után. **(a válasz kövér betűvel van szedve)**

Kérdések és válaszok:

Az 1.1 fejezet a töltöttreszcseke-gyorsítók működésnek módjáról, az 1.2 fejezet pedig a gyorsított ionok anyaggal való kölcsönhatásáról szól.

— Ez utóbbi fejezet végén, a 10. oldalon a Bragg-formulának nevezett (4) képlet adja meg az ionok R_0 hatótávolságát keverék anyagban. A Bragg-szabály súlyozott átlagolása azonban eredetileg nem a hatótávolságokra, hanem a fékeződésekre igaz, és azokra is csak közelítőleg, mert a kémiai kötések hatását elhanyagolja. A (2) képletben az integrandusban a fékezőképesség $1/S(E)$ alakban szerepel, ezért nem evidens, hogy a súlyozott átlagolás a hatótávolságokra is átvihető. Kérem, fejtse ki, hogy milyen feltételek teljesülése esetén, illetve milyen elhanyagolásokkal alkalmazható a (2) képlet. Lehet-e becslést adni arra vonatkozólag, hogy a gyakorlatban (pl. SiO_2 vagy mylar esetén) ez milyen mértékű hibát eredményez?

A bíráló a (2) helyett nyilván a (3) képletre gondolt. A Bragg szabály valójában a fékezési hatáskeresztmetszet additivitására vonatkozik, a fent említett kémiai kötések és más tényezők figyelmen kívül hagyásával, és a MeV-s vagy afeletti energiákon, ahol már az elektronokon való fékezés sokkal nagyobb mint az atommagokon. A (4) képlet elsősorban keverékek vagy ötvözetek esetén ad kellő pontosságú közelítést, azaz olyan esetekben, ahol az összetett anyag sűrűsége elegendő pontossággal kiszámítható az alkotórészek sűrűségéből, azaz pl. a vegyületté válás nem eredményezi az atomok térbeli tömörülését vagy ritkulását. További nehézséget jelent, hogy olyan összetevők esetén, amelyek nem szilárd formában fordulnak elő (pl. O, H, Cl...) a hatótáv megadása nem nyilvánvaló. A szokásos módszerekkel kiszámoltam az eltérést néhány összetett anyagra 5 MeV-es protonok esetén: Fe_3Cl (21%), FeCu (0.1%), BeCu (5.8%), SiO_2 (28%), Mylar (32%), víz (6%). Egyébként a kísérleteink során megkövetelt pontosság miatt a hatótáv és a fékezőképesség kiszámítására minden esetben numerikus módszereken alapuló, a meglévő kísérleti adatokat is figyelembe vevő kódokat használtunk.

A 12. oldalon, a 4. ábrán az ionnyaláb-analitikai módszerek sematikus rajza látható. A PIXE esetében a rajz szerint a reakciótermék-ion (a) különbözik a bombázó iontól (b). Mivel a PIXE-folyamatban a vizsgált elem (A) nem változik, nem inkább az $A(a,X)A$ jelölés lenne a helyes?

Valóban az „a” jelölést kellett volna alkalmazni a kimenő könnyű részecskére.

Először a 10. oldalon, a PIXE-módszerrel kapcsolatban fordul elő az a – később más ionnyaláb-analitikai módszerekkel összefüggésben megismételt – állítás, hogy az eljárás roncsolásmentes.

Milyen értelemben és milyen mértékben tekinthetők roncsolásmentesnek az ionnyalábos módszereket, hiszen minden ilyen mérés felfogható egyben ionimplantációnak is, ami kifejezetten felületmódosító, roncsolást okozó módszer?

A „roncsolásmentes” minősítést makroszkópikus értelemben használja a szakirodalom, azaz a vizsgált minta a vizsgálat elvégzése után ugyanúgy használható az eredeti funkciója szerint, tekintve hogy mind a vizsgált terület mind a mélység elhanyagolható az egész mintához képest, valamint az okozott „felületmódosítás” nem okoz a minta tulajdonságaiban észlelhető változást. Ezért lehet ezeket a módszereket nagyértékű műtárgyak vizsgálatára is használni. Természetesen extrém esetben fordulhat elő eltérés, pl. a leadott hő hatására a minta anyaga nagyobb térfogatban megolvad.

Az 1.4.1.2 alfejezet a Rutherford-visszaszórásról (RBS) szól. Feltűnő, hogy ez az alfejezet mintegy kétharmadában a https://en.wikipedia.org/wiki/Rutherford_backscattering_spectrometry angol nyelvű Wikipédia-szócikk szó szerint átvétele, anélkül, hogy erre a tényre az értekezésben utalás történnék. Véleményem szerint még ilyen tankönyvi jellegű, közismert anyagok esetében sem engedhető meg egy MTA doktori értekezésben a hivatkozás mellőzése. Kérem, indokolja meg eljárását!

Az illető alfejezet M. Mayer 2003-as kiadatlan előadássorozatában szereplő szövegen alapul, amire nem lehet hivatkozni, ezért az annak alapját képző (Mayer JW, Rimini E (1977) Ion Beam Handbook for Materials Analysis Academic Press, New York), könyvet tettem be az irodalomjegyzékbe és valóban nem idéztem minden alkalommal, amikor szükséges lett volna, mivel nem szó szerint vettem át a szövegeket, csak jegyzeteket készítettem róla, valamint nem egy az egyben onnan származik a fejezet, hanem a saját szavaim is benne vannak.

Ugyanebben az alfejezetben a k kinematikai faktort megadó (6) képlet számlálójában $\pm$ jel szerepel, azzal a kiegészítéssel, hogy az előjel „+”, ha a bombázó ion m_1 tömege kisebb a céltárgy-atom m_2 tömegénél, és „-”, ha $m_1 > m_2$. Ezt a téves állítást a jelölt ugyancsak az említett Wikipédia-szócikkból vette át, sajnálatos módon nemcsak a forrásra történő hivatkozást, de a forrás kritikáját is mellőzve. A tényleges helyzet – mint az elemi számolással könnyen igazolható – a következő. Visszaszórás ($\theta > 90^\circ$) csak akkor valósulhat meg, ha $m_1 < m_2$; ilyenkor k egyértékű, és a számlálóban valóban „+” előjel szerepel. Előreszórás ($\theta < 90^\circ$) lehetséges mind $m_1 < m_2$, mind $m_1 > m_2$ esetén. Ha $m_1 < m_2$, akkor itt is a „+” előjel érvényes, vagyis összefoglalva valóban igaz hogy – θ értékétől függetlenül – $m_1 < m_2$ esetén mindig a „+” előjelet kell választani. Ha azonban $m_1 > m_2$, akkor k ténylegesen kétértékűvé válhat. Előreszórás csak a $\theta = \arcsin(m_2/m_1)$ határszögig lehetséges (ameddig a négyzetgyök alatti diszkrimináns pozitív), de ugyanaz a θ megvalósulhat k két különböző értékére is aszerint, hogy a meglökött céltárgy-atom milyen szög alatt távozik, vagyis ilyenkor mind a „+”, mind pedig a „-” előjel jó. Kérem, fejtse ki, ennek fényében fenntartja-e az értekezésben szereplő szövegezést, illetve azt adott esetben hogyan módosítaná.

A (6) képlet az előzőhöz hasonlóan az ott megadott műből származik, és ezen kívül még az alábbi helyeken is szerepel szintén $\pm$ előjelet tartalmazva és az alatta a tömegek egymáshoz való viszonyától függővé tevő hasonló szöveggel. Tekintettel arra, hogy ez a korábbi jegyzeteimben is így szerepelt, nem kérdőjeleztem meg a területen egyébként elismert szerzők által leírtakat.

<http://www.nuclear.lu.se/fileadmin/nuclear/Undervisning/TillSubFys/RBS-01-Principle.pdf>

<https://www.google.com/search?q=RBS+kinematic&ie=utf-8&oe=utf-8&client=firefox-b>

Mivel a szövegezésem láthatóan félreértést okoz, leegyszerűsítve úgy módosítanám, hogy a „+” előjelre vonatkozó félmondat marad, a fordított tömegarány esetén pedig mindkét előjelet alkalmazni kell, és k-nak két valós értéke lesz. Amennyiben részletesebb magyarázatra van lehetőség, a bíráló okfejtése tökéletesen helytálló.

A 14. oldalon, a 6. ábrán egy tipikus RBS-spektrumot mutat be a jelölt. A Ti és a Zr csúcsai között, közvetlenül a Ti-él felett, nagyjából a 760–790 csatornatartományban jól látható egy további, a szövegben fel nem tüntetett elem jele. Mi lehet ez az elem?

Figyelembe véve az egyes azonosított elemekre vonatkozó élek leolvasható csatornaszámát a számítások alapján legvalószínűbb a nem dokumentált vas szennyezés előfordulása.

Ugyancsak a 14. oldalon, a 6. ábra alatti bekezdésben szerepel, hogy az RBS módszerével nagy kiterjedésű minták vizsgálhatók. Egy RBS-szórókamrában jellemzően legfeljebb 1–2 cm kiterjedésű minták helyezhetők el. Milyen más, alternatív vizsgálati módszer lehetőségeihez képest nagy kiterjedésűek ezek a minták? Kérem, pontosítsa ezt az állítását!

A „nagy kiterjedésűn” valóban azt értettem, hogy ami elfér a kamrában (az Atomkiben létezik kb. 1 m átmérőjű és 20 cm magas RBS szórókamra is. Ebben a megfelelő méretű mintát akár mozgatni is lehet. Az összehasonlítás pl. a kémiai módszerekre vonatkozik, ahol a mintát fel kell oldani. Ez az állítás a „roncsolásmentes” kifejezéssel vonható párhuzamba.

Az NRA („magreakció analízis”, helyesen: „magreakciós analízis”, mert nem a magreakciót analizálja, hanem azt használja fel analitikai célra) módszerével foglalkozó 1.4.1.3 alfejezet is nagymértékben emlékeztet a https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reaction_analysis Wikipédia-sócikkre, még ha annak nem is mindenütt szó szerinti fordítása. Ahol viszont eltérés van az eredeti szövegtől, ott az értekezésben szereplő változat nem mindig helyes. Nem igaz, hogy az NRA kizárólag egy adott magreakció gerjesztési függvényén lévő keskeny (mit jelent a „keskeny”?) rezonanciacsúcsokat használná ki kémiai elemek mennyiségi analízisére és mélységi eloszlásának meghatározására; az NRA-nak van egy olyan, ugyancsak gyakran használt változata is, amelyhez éppen az kell, hogy a magreakció hatáskeresztmetszete az adott energiatartományban jó közelítéssel állandó legyen, illetve hogy annak értékét (és esetleges korlátozott energiafüggését) pontosan ismerjük. Ebben az esetben – amennyiben a magreakció (pl. magas Q-értéke révén) jól azonosítható, a behatoló ion, illetve a kilépő reakciótermékek fékeződéséből lehet a vizsgált izotóp mélységeloszlására következtetni. Miért nem szerepel ez a módszer az alfejezetben (jóllehet az egyik ilyen reakció, a $^3\text{He} + \text{D} \rightarrow \alpha + \text{p}$ ($Q = 18.353 \text{ MeV}$) meg van említve, mint az NRA egyik jellemző reakciója)?

Ebben a fejezetben szintén nem a Wikipédia volt a forrás, de mivel annak szerkesztői is vették valahonnan a szövegezést, értelemszerűen hasonlíthat rá egyes részeiben. Mivel itt se teljes szakaszokat vettem át más művekből, nem láttam értelmét mindet külön hivatkozni, ld. a [22-24] hivatkozásokat. A „keskeny” kifejezést a rezonanciacsúcs, vagy egyszerűen a csúcs szinonimájaként használtam, ami ilyen értelemben valóban felesleges.

Az első változat a mostaninál kb. 100 oldallal hosszabbra sikerült, főként az elméleti leírások miatt, ezért az előzetes „bírálok” tanácsára azokra a részekre rövidítettem le szöveget, amelyek használata előfordult a kísérleteim során.

További apró pontatlanság ugyanebben az alfejezetben a „keresett kémiai elemek” kifejezés használata, hiszen az NRA nem általában elem-, hanem izotópérzékeny. Hasonló megjegyzés érvényes a PIGE-módszert bemutató 1.4.1.4 alfejezetre, amelyben annak „multielemes” jellegéről esik szó, pedig ez az eljárás is izotópspecifikus. A probléma felmerül a CPPA-módszert leíró 1.4.2.1 alfejezetben is.

Ez valóban így vagy, és ezt nem hangsúlyoztam, de a „multielemes” kifejezés egy szélesebb tulajdonságra utal, ami nem zárja ki az izotópra való érzékenységet. A gyakorlati feladatokban általában az elemek meghatározása a cél, mégha azt valamelyik izotópján keresztül érjük is el.

Még mindig az 1.4.1.3 alfejezetnél maradva, abban szerepel az az állítás, hogy a $^{15}\text{N} + ^1\text{H} \rightarrow ^{12}\text{C} + \alpha + \gamma$ ($Q = 4.965 \text{ MeV}$) reakció a hidrogén koncentrációjának és mélységi eloszlásának kimutatására egyedüli alkalmas módszer. Mire alapozza a jelölt ezt az állítását? Bár kétségtelenül gyengébb mélységfelbontással, ám ugyanakkor lényegesen kisebb nyalábeffektussal alkalmas valamennyi hidrogénizotóp mélységprofiljának elemzésére a He-ERDA is. Sőt még az NRA-n belül is létezik erre a célra alternatív reakció, nevezetesen a $^{19}\text{F} + ^1\text{H} \rightarrow ^{16}\text{O} + \alpha + \gamma$ ($Q = 6.44 \text{ MeV}$).

Rossz volt a megfogalmazás, helyesen úgy hangzana, hogy legalkalmasabb, vagy leggyakrabban használt módszer.

Nyilvánvalóan apró elírás az 1.4.2.1 alfejezetben, a (8) képletben szereplő δ mennyiség; itt bizonyára a következő sorban említett σ hatáskeresztmetszetnek kellene állnia.

Ez valóban így van, sajnos az egyenlet és a szöveg máshonnan veszi a speciális karaktereket, és nyilván a kis méret miatt összekevertem a kettőt.

A 19. oldalon, az 1.4.2.1 alfejezet utolsó mondatában azt állítja a jelölt, hogy a CPAA-módszer térbeli eloszlás vizsgálatára is alkalmas lehet. Kérem, fejtse ki bővebben, hogy ez hogyan és milyen mértékben valósítható meg. A „térbeli eloszlás” a mélységi és a laterális eloszlás egyidejű meghatározását jelenti. Mi adja ennek az eljárásnak a mélységi, illetve a laterális felbontóképességét?

Ez a szakasz a rövidítés miatt vált nehezebben érthetővé. A térbeli eloszláson azt értettem, hogy (nem klasszikus értelemben, ahogy a bíráló értette), hogy a térben erősen koncentrált aktiválási térfogat következtében (ld. a dolgozat szövegében) a nyaláb energiájának változtatásával korlátozott mértékben meghatározhatom, hogy milyen mélységből nyerjek információt, és az aktiválási pont (beam spot) mozgatásával pedig a mintavétel helyét jelölhetem ki a minta felületén.

Ugyancsak a 19. oldalon, a neutronaktivációs analízisről (NAA) szóló 1.4.2.2 alfejezet utolsó mondatában az az állítás szerepel, hogy spallációs neutronforrásokat azért nem használnak NAA céljára, mert ezek nagyberendezések. Ez az állítás két okból is téves. Először is – bár a módszer valóban nem jellemző a spallációs neutronforrásokra – van olyan spallációs neutronforrás (a svájci SINQ), ahol van lehetőség ilyen mérésekre; a megfelelő mérőhely éppen az NAA nevet viseli. Másodszor pedig egy kutatóreaktor (különösen egy nagy fluxusú reaktor) semmilyen értelemben nem kevésbé tekinthető nagyberendezésnek, mint egy spallációs forrás.

Valóban nem volt szerencsés a „nagyberendezés” szó használata, inkább azt kell hangsúlyozni, hogy ezek a berendezések erre a célra nagyüzemi módban túlságosan költségesek, ami nem mondható el egy reaktorról, mivel ott az NAA módszer alkalmazása nem igényel üzemi ráfordítást.

A 20. oldalon, a nukleáris analitikai módszereket összehasonlító táblázat „Érzékenység” oszlopában mindenütt szerepel a – szövegben sehol meg nem magyarázott – „mátrixfüggő” szó. Amennyiben a jelölt azt érti egy módszer mátrixfüggésén, amit ez az általánosan elfogadott szóhasználatban jelent, vagyis hogy a kémiai tulajdonságokra érzékeny, akkor valamennyi ionnyaláb-analitikai módszer mátrixfüggetlen. Kémiai érzékenységgel a nukleáris analitika módszerei közül kizárólag azok rendelkeznek, amelyek az atommagok hiperfinom kölcsönhatásait használják. Ilyen módszer a Mössbauer-spektroszkópia és a mag-mágneses rezonancia (NMR), bár ez utóbbit általában nem szokták nukleáris módszernek tekinteni, lévén hogy jellemzően alapállapotú magokkal dolgozik. Kérem, magyarázza meg, hogy az 1. táblázatban mit ért mátrixfüggőségen, és hogy a felsorolt módszerek miért mátrixfüggők.

Az általam általánosnak gondolt „mátrixfüggő” kifejezés úgy tűnik nem is olyan általános. Az én értelmezésemben, különösen az érzékenységre vonatkozóan a mátrixfüggés azt jelenti, hogy egy adott módszer adott mintán (mátrixban) adott elemre való érzékenysége függ a minta nagy részét (bulk) alkotó elemektől (pl. háttér, interferencia, stb.). Ez a függés a felsorolt módszerek tekintetében hacsak a háttérképzés vonatkozásában is, kisebb nagyobb mértékben fennáll.

Az 1.4.3 alfejezet a csatornahatás (channelling) módszerével foglalkozik. Bántó, és az értekezésben a csatornahatással kapcsolatban következetesen használt pontatlan fogalmazás a módszerrel kapcsolatban a „kristályos anyagok” kategóriát említeni, hiszen csatornahatáson alapuló vizsgálatok polikristályos anyagokon nem; kizárólag egykristály-mintákon végezhetők.

Tiszta „channeling” valóban csak egykristályos anyagokon fordul elő, de ezt a módszert használják a kristályhibák, sőt extrém esetben polikristályos anyagok „polikristályosságának” meghatározására is.

A 22. oldalon, a visszaszórási hozam szögeloszlását bemutató 13. ábrán szerepel egy folytonos és egy szaggatott vonal, melyeknek jelentése sem az ábraaláírásból, sem a folyó szövegből nem derül ki. Ugyancsak láthatók az ábrán mérési pontok is (nyilván a jelölt valamelyik saját méréséből). Milyen kristályon, milyen nyalábbal és milyen energián vette fel ezt a szögeloszlást?

Mivel ezt az ábrát csak demonstrációnak szántam az egyes paraméterek értelmezésére, nem szerepelnek rajta a tényleges adatok. A szaggatott vonal szimuláció eredménye, a folytonos vonal a mérési pontokra illesztett görbe. A görbék Si <100> 400 keV-es alfa részecskékkal való vizsgálatáról szólnak.

Nyilvánvaló elírás a 23. oldalon, a (15) képlet alatt a Bohr-sugár nagyságrendje, hiszen a Bohr-sugár értéke valójában $5,292 \cdot 10^{-11}$ m, nem pedig $5,292 \cdot 10^9$ m.

Igaz, egy előjel lemaradt, és a mértékegység cm, azaz a bírálónak van igaza.

Ez a rész néhány, oly mértékben rosszul megszerkesztett mondatot tartalmaz, hogy egy esetben számomra végképp lehetetlen volt a mondat pontos jelentésének kihámozása. Még a 15. és a 16. ábra tanulmányozása után is legfeljebb csak sejtheti az olvasó, hogy mi is volt a jelölt szándéka a következő, a 25. és 26. oldalakon található mondattal: „Az ábrán bejelölt ‚homogén’ szakasz annak köszönhető, hogy a ${}^{nat}\text{Fe}(\text{p},\text{x}){}^{56}\text{Co}$ magreakciónak maximuma van (ld. 16. ábra) az adott gyorsító energiatartományán belül, és a bombázó energiát úgy megválasztva, hogy ez a homogén szakasz a vizsgálandó mélységbe essen (ez az esetek nagy többségében a minta felülete), akkor az adott mérési tartományon belül az egységnyi mélységre eső aktivitás állandó, és nincs szükség a mélységi eloszlás megadására.” Legalább is különös a specifikus aktivitás maximuma körüli mintegy 200 μm vastagságú, mintegy 1,0–1,2 mm mélységben elhelyezkedő réteget illetni a „homogén” jelzővel, amikor a felület közelében lévő kb. 450 μm vastagságú réteg specifikus aktivitása jóval homogénebb (persze lényegesen alacsonyabb értékű is).

A „homogén eloszlás” elfogadott kifejezés ezen a területen. A minta ábra a teljes hatáskeresztmetszeti tartományt felöleli, és ekkor természetesen az általam hivatkozott „homogén” tartomány a minta mélyén van. De ha a bombázó energiát úgy választjuk meg, a következő idézett mondat szerint, hogy a homogén szakasz a minta felületére essen (a gyakorlatunk szerint 13.3 MeV a 16. ábra alapján), akkor kapunk a felület 20-30 mikronos mélységében (vas és proton) egy olyan „homogén” (1-2 %-on belül állandó) aktivitás eloszlást, amire fennáll a fejezetben adott állítás.

A 21. és 22. ábrák szimulált, illetve mért (p,p') rezonanciaspektrumokat mutatnak be. Sajnálatos, hogy nem történt meg a szimulált és mért spektrumok összehasonlítása, és így nem lehet jól látni, hogy mennyire jó az egyezés. Az összehasonlítást ráadásul megnehezíti, hogy a két ábra skálája mind az energia, mind a hozam tekintetében különbözik. Még így is látszik azonban néhány nyilvánvaló eltérés a spektrumok között. Először is, a random spektrumnál a rezonanciacsúcs a két esetben nem ugyanannál az energiánál (1600, ill. 1500 keV-nél) jelenik meg. Másodszor, úgy tűnik, mintha a szimuláció a rezonanciacsúcs kiszélesedését sem adná vissza. Végül pedig feltűnő, hogy a szimuláció szerint 0,0°-ban és 0,1°-ban csatornázott, illetve a random irányban számolt spektrumok alakja lényegesen különbözik a mért spektrumokétól. Így pl. 1000 keV környékén a mért random és csatornázott spektrumok hozama hasonló, míg a szimuláció lényeges különbséget mutat. Mi az említett eltérések oka? Az értekezésben szereplő magyarázat (a kristály vagy a kristály felületének nem tökéletes volta) aligha kielégítő, ugyanis a 22. ábra kísérleti spektruma kifejezetten jó minőségű egykristályra jellemző (kár, hogy nem megfelelő statisztikával vették fel). Nem világos, hogy a 10 %-os arány melyik energiatartományra vonatkozik. Ha ugyanis azt – mint a dechannelling hatásának elkerülése céljából szokásos – közvetlenül a felületi csúcs utáni tartományból számolják, akkor az ábra alapján ez az arány 10 %-nál jóval kisebbnek tűnik.

Elképzeltető, hogy valamelyik ábra skálája elcsúszott, mert a görbék indulása sem egyezik teljesen (kb. olyan mértékben, mint a random csúcsok eltolása). Az alacsonyabb energiákon számolt hozamok valóban eltérést mutatnak, amelyet esetleg a mérés gyenge statisztikája nem mutatott ki, vagy a szimulációban van olyasmi, amit a minta nem teljes tökéletessége elmos. A 10%-os arány az 1.4 MeV es hélium ionokkal való beállításra vonatkozik, és az itt közölt ábrákon nem látható.

A 2.1.1 alfejezet utolsó két mondatában röviden leírt elmélet nem tekinthető újnak. Az, hogy csatornairányban más a fékeződés mértéke, mint random irányban, mintegy harminc éve jól ismert tény (lásd pl. Vos, M., Boerma, D.O., Smulders, P.J.M., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, B, 30(1), (1988) pp. 38–43); ezért kerül csatornairányban mélyebbre a rezonancia-csúcs. A rezonanciacsúcs kiszélesedése pedig mind a bemenő, mind pedig a kimenő úton bekövetkező energiaelmosódásnak köszönhető.

Egyetértek, ez van leírva a dolgozatban újnak tekinthető a kód és a modell, ami alapján a szimulációs program működik.

A 32. oldalon, a 2.1.2 alfejezet 6. sorában nyilvánvaló elírás (és egyben hibás különírás) az „energia sűrűség”; itt az „elektronsűrűség” szónak kell állnia.

Egyetértek, javítva.

A 38. oldalon leírt, illetve a 27. ábrán 960 keV-es protonokra szilíciumban bemutatott számolt és mért eloszlásfüggvények értelmezése problematikusnak tűnik. Random irányban a TRIM-szimuláció görbén megjelenő körök kísérleti adatok lennének? Ha igen, akkor milyen módszerrel történt ezek felvétele? Ha nem, akkor miért nem található utalás e körök jelentésére, illetve akkor milyen kísérleti információt tartalmaz az ábra a random irányban mért eloszlásfüggvényre? A MABIC program segítségével az <110> irányban számolt, és az ábrán szaggatott vonallal jelölt eloszlásfüggvény mellett egyetlen kísérleti pont látható 19,7 μm -nél, ami természetes is, hiszen – az egykristály-minta vastagságának megfelelően – transzmisszióban ez az egyetlen mérhető adat. De ha így van, akkor mennyiben jogos ezen egyetlen pont alapján a „mért eloszlásfüggvény” kifejezés használata?

A körök a TRIM-szimuláció eredményei, amelyre illesztettem a rajtuk átmenő görbét. Az ábrán a TRIM-random és a MABIC-random eloszlás van összehasonlítva, nem tartalmaz kísérleti információt. Helyesen számított eloszlásfüggvény és mért pont, az összevonás az ábraszövegben valóban nem volt jogos, ahogy ez a dolgozat szövegéből is kiderül.

A 2.1.2 alfejezetben leírt MABIC programmal kapcsolatban kérdezem, hogy annak milyen hozzáadott értéke van az IBA-módszerek méréseinek kiértékelésére használt hasonló Monte-Carlo-programokhoz (FLUX/RBSIM, UPIC, McChasy, CORTEO, MCERD, stb.) képest? Hozzáférhető-e a program, illetve a világ mely kutatóhelyein használják?

A MABIC program kifejezetten channeling szimulációra használható, az újítás benne a speciális sűrűségfüggvény használata. Kereskedelmi forgalomba sose került, lévén erősen felhasználó barátságtalan. Ennek ellenére az utánam következő 10-15 évben a Frankfurti Magfizikai Intézetben tevékenykedő számos diplomamunkás és PhD hallgató felhasználta és módosította azt munkája során és közleményeiben. Ld. Pl. az irodalomjegyzékben szereplő franfurti közleményeket, vagy pl. [Monte Carlo simulation of particle-induced X-ray emission channeling spectra of GaAs crystals](#) By: [Al-Turany, M](#); [Meyer, JD](#); [Bethge, K](#) [NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH SECTION B-BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS](#) Volume: 168 Issue: 3 Pages: 362-366 Published: JUL 2000

A 40. oldal alján, majd a következő oldalakon is helytelen az NRC-módszerrel kapcsolatban visszaszóródott protonokról beszélni, hiszen azok nem visszaszórásból származnak, hanem a $^{12}\text{C}(\text{d},\text{p})^{13}\text{C}$ magreakció reakciótermékei.

Valóban, az NRA módszernél nem klasszikus értelemben vett szórásról van szó, ezért helyesebb „visszafelé irányba” kilépő protonokról beszélni.

A 42–44. oldalakon leírt eljárással, vagyis a (26) és (27) integrálok összegzéssel történt helyettesítésével kapcsolatban kérdezem, hogy pontosan mi volt az összegzés alaprácsa a kristály elemi cellájához viszonyítva. A 33. ábra alatti bekezdés szerint a Ga és As az (1,1) illetve a (20,20) összegzési rácpontokban ülnek. Jól értem, hogy az összegzés elemi cellája csak 1/4-e a kristálytani elemi cellának? Ez lenne a magyarázata annak is, hogy a csatornaközép, ahol a szénatomok elhelyezkednek, nem a (10,10), hanem az (1,20) és a (20,1) rácpontok körül van?

Igen, gyakorlatilag az összegzés a legkisebb térfogatra lett leszűkítve a számolási idő csökkentése miatt, a másik három negyednek tükrözéssel kell előállnia, mivel ideális kristályról beszélünk. Ahogy a szövegben is szerepel, az (1,20) és a (20,1) pontok felelnek meg a rácsközepeknek.

A 37. és a 38. ábrán a mérési pontok hibáját jelentősen meghaladó, szisztematikus eltérés van a channelling-gödör félértékszélessége, illetve a channelling-gödör minimális hozamának elméleti és kísérleti értékei között. A tapasztalat szerint – legalább is 2 MeV körüli α -részecskékre – a (32), (33) és a (34) képletek ennél sokkal jobban szoktak egyezni a kísérleti adatokkal. Mi lehet a megfigyelt eltérés oka?

Mint ahogy a kapcsolódó közleményben is szerepel, az eltérés oka lehet a felhasznált minták kristálytani tökéletlensége, másrészt, ami sokkal valószínűbb, a ciklotron nyaláb minősége, azaz az energiaszórás és a szögszórás nagysága az adott mérőhelyen.

Az előző kérdés fényében – ellentétben a 49. oldal tetején olvasható állítással – nem látom bizonyítottnak a kísérleti és az elméleti adatok egyezését, bár a kísérletek ettől függetlenül kétségtelenül igazolták a channelling-módszer megvalósíthatóságát a debreceni ciklotronnál. A módszer megvalósítása azonban csak szükséges, de nem elégséges feltétele az alkalmazhatóságnak. Alkalmazta-e a jelölt vagy más kutató, illetve mire alkalmazta a csatornahatás-technikát a debreceni ciklotron mellett?

Csak demonstrációs céllal, mivel a szükséges fejlesztés (nyalábminőség) pénzügyi és személyi (PhD hallgató) feltételei nem valósultak meg.

Ugyancsak a 49. oldal tetején olvasható, hogy a CPAA módszer a felhasználható magreakciók esetlegesen magas küszöbértéke miatt csak magasabb bombázó értéken kivitelezhető. A „bombázó érték” itt bizonyára a bombázó ion magasabb energiaértékét jelenti.

Igen, “bombázó energia értéket” vagy bombázó energiát kell írni helyesen.

A motorolajok kihozott nyalábos CPAA-módszerrel történő vizsgálatának megvalósítása fontos új metodikai eredmény. Bár az értekezésben explicite nem szerepel, feltételezem, hogy ezek a vizsgálatok valamilyen ipari megbízás keretében történtek. Milyen visszajelzés érkezett a megbízó részéről a vizsgálatok eredményeinek gyakorlati hasznosulásáról? Beépült-e a módszer valamilyen technológiai láncba (akár csak esetenkénti ellenőrző minősítés formájában)?

Ez a vizsgálat valóban külső érdeklődésre történt, és a később kialakuló kopásvizsgálat bevezető kísérleteinek bizonyultak. A külső partner érdekesnek találta az eredményeket és számos szempontból vizsgálendő minta-sorozatokat vizsgáltunk részére, de mivel itt is kutatóintézetéről volt szó, a probléma megoldása után nem épült be a technológiai láncba.

Üvegek nyomelemtartalmáról több ezer, de még annak részecskés aktivációval végzett vizsgálatáról is több tucat cikk található az irodalomban. Milyen előnye/hátránya van a jelölt által megvalósított CPAA-nak az irodalomban használt többi módszerhez képest?

A CPAA vizsgálatokat különösen a hibahelyek vizsgálatára éleztük ki, ami újnak tekinthető a dologban, az üveghibák, és az átlagos nyomelem összetételtől való eltérések összefüggéseire világítottunk rá, úgyszintén együttműködő kutatóintézeti partner bevonásával.

Az 55. oldalon a 44 ábra besugárzott gallium minták maratása közben mért aktivitást mutatja a maratási idő függvényében. A mérési pontokra illesztett görbék mögött bizonyára van valamilyen, a maratás dinamikáját leíró modell. Mi volt ez a modell; milyen paramétereket lehetett az illesztésből meghatározni, és hogyan magyarázza ez a modell az 1-es mintán a marási sebességnek kb. 7 és 17 perc között megfigyelt enyhe felgyorsulását?

A 44. ábrán látható görbe illesztés tisztán matematikai, nem tartalmaz maratási modellt. Az ábra annak szemléltetésére szolgál, hogy hol van a felületi oxidréteg és a térfogati oxigén (ami a kérdés volt jelen esetben) határa, és mikortól lehet az oxigén aktiválásából keletkezett jelet tisztán térfogatinak tekinteni. Az ábrán látszik, hogy a két minta térfogati oxigén tartalma különböző. Az emelkedés illesztési vagy mérési problémára utal, nincs valós alapja.

Keményfémlapkás forgácsoló szerszámok TLA-vizsgálatával kapcsolatban szerepel az 57. oldalon, hogy a kalibrációs görbe felvétele a besugárzott minta kontrollált körülmények közötti csi-szolásával történt. Mivel a kopás mértéke jelentősen függ attól, hogy a szerszám milyen típusú kopásnak van kitéve, nem lett volna-e célszerűbb, illetve nem lett volna-e lehetséges már a kalibrációt is „életszerű” koptatási körülmények között elvégezni?

A kontrollált körülmények arra szolgáltak, hogy a geometriát (merőlegesség, párhuzamosság, geometria mérések, mérések közti reprodukálható visszaállítás) ellenőrzés alatt tartsuk, és pontos aktivitás változás – anyagvesztés összefüggést tudjunk kimérni. Ez az „életszerű” körülmények között, azaz pl. az esztergagépen nem lett volna biztosított.

A 60. oldalon található 51. ábra két besugárzási geometriát hasonlít össze BN alapanyag esetén. Mit lehet tudni a kopásról azon kívül, hogy 0,3 mm anyagot távolított el? Befolyásolja-e a besugárzás (milyen fluens, milyen hőmérsékleten, esetleg valamilyen roncsolódást/sugárkárosodást okozva) az anyagok tribológiai paramétereit, pl. a keménységüket, kopásállóságukat? A szerszám felületének minősége (pl. érdessége) mennyire befolyásolja a mérést?

A 0.3 mm nem az eltávolított anyag mérete, hanem a 49. ábrán a 2. geometriára vonatkozó besugárzási paraméter. A besugárzás körülményeinek hatását a tribológiai paraméterekre jelenleg vizsgáljuk, az érdességekben mutatkozó különbségek gépészmérnök partnereink szerint a használat első másodperceiben eltűnnek. (további okfejtés ebben a kérdésben lásd még a 11. oldal 2. kérdésére adott válaszban)

A keményfémlapkás forgácsoló szerszámok TLA-vizsgálatáról szóló rész a 61. oldalon azzal zárul, hogy „a módszer ebben a formában is alkalmas a nagy költségnövekedést okozó szerszám vagy anyagtörés előre jelzésére, és a szerszámcserere való figyelmeztetésre”. Hogyan kell ezt a gyakorlatban elképzelni? Nyilván nem reális, hogy a használatban lévő szerszámot felaktiváljuk és elhelyezzünk néhány detektort a gép mellett, amelyek a hűtőfolyadék aktivitását mérik. Létezik egyáltalán valahol a világban ilyen vagy ehhez hasonló alkalmazás?

Az elképzelés úgy szólt (Miskolci Egyetem), hogy valóban létrehozzuk egy elkülönített helyen a bíráló által is leírt berendezést és gyártmányokat, típusokat vizsgálunk megfelelő statisztikát adó mennyiségben és az ott nyert adatokat átvisszük azonos gyártmányokra a minimális csereperiódus megállapítására. Nem tudok róla, hogy iparszerűen létezne ilyen, de a fent leírt módon igen.

A 61. oldalon, a 2.3.1.2 alfejezet bevezetőjében a másodlagos (meglökési) implantáció meghonosításának indoklásaként az olvasható, hogy ily módon olyan alkatrészek kopása is tanulmányozhatóvá válik, amelyek saját anyagukban nem tartalmaznak töltött részecske-besugárzással aktiválható atommagokat. Maga a meglökési implantáció nem új módszer; azt régóta alkalmazzák pl. a hiperfinom kölcsönhatások in-beam vizsgálatán alapuló eljárásokban. A 63. oldalon az 54. ábra, illetve az alatta olvasható bekezdés meggyőzően bizonyítja, hogy a módszer valóban működik a demonstráció céljára használt Al-gyűrűk esetén. Itt azonban a gondolat megtörik: a módszer semmilyen konkrét alkalmazásáról nem esik többé szó. Volt ilyen alkalmazás?

Igen, volt és van is ilyen alkalmazás, pl. az Orleansi ciklotron mellett dolgozó kollégák rendszeresen használják/ták. Részünkről demonstrációs kísérletek folytak (pl. teflon bevonat), műanyagok, valamint jelenleg is vannak ilyen irányú felkérések.

A 67. oldalon, az 59. ábra ordinátájának feliratában szereplő mm^3/h egység bizonyára elírás, hiszen ilyen mértékű kopás mellett az egész dugattyúgyűrű másodpercek alatt elfogyna. Itt alighanem a 9 nagyságrenddel kisebb $\mu\text{m}^3/\text{h}$ egységnek kellene állnia.

Igen ott az első „m”-nek görögnek kéne lennie, azaz $\mu\text{m}^3/\text{h}$

A 69. oldalon, a 61. ábra, illetve az alatta olvasható bekezdés kapcsán kérdezem, hogy végül is milyen újdonságot hozott az ott leírt mérés? Az a tény ugyanis, hogy egy belsőégésű motor dugattyúgyűrűje a bejáratási időszakban jobban kopik, mint azt követően, nemcsak szakmai körökben, de általánosan ismert tény az Otto-motor több mint 140 évvel ezelőtti megjelenése óta.

Azóta mind a gyűrűk, mind a hengerfal más anyagokból készül, más a geometria, a mozgási sebesség, a terhelés. Napjainkban is hatalmas fejlesztések futnak ezen alkatrészek anyagának, bevonatának, a kenőolajnak és a működési körülményeknek az optimalizálására. A mi módszereinkkel ezek a vizsgálatok drasztikusan lerövidíthetők, aminek jelentős anyagi következménye is van, valamint kiküszöbölhető, a geometriai vagy optikai kopásvizsgálathoz óhatatlanul szükséges szétszedés, ami gyakorlatilag egy új bejáratási szakaszt eredményez.

A szabadforgalmú aktivitásokkal végzett kopásvizsgálat kétségtelenül a jelölt önálló kezdeményezése. Ezt a gyakorlatot más csoportok is kezdik átvenni, de a módszerben a jelölt vezető szerepe továbbra is fennáll. Ezzel kapcsolatban egyetlen, valójában teljesen lényegtelen pontosítást

tennék: a 73. oldalon, a 3. táblázatban az ^{57}Co radioizotóp legerősebb γ -vonalának energiája nem 121, hanem 122 keV (pontosan 122,061 keV, amint az később a 81. oldalon szerepel is).

Egyetértek, ez elírás volt.

Általános kérdésem az aktivációval történő kopásvizsgálattal kapcsolatban, hogy nem változtathatja-e meg maga az aktiválás (vagyis a p-, d-, vagy He-besugárzás) az anyagtulajdonságokat? A bemutatott példákban sehol nincs megadva a fluens mértéke. A tapasztalat szerint He-besugárzás akár már $10^{18}/\text{cm}^2$ fluens esetén is okozhat felületi deformációt, másfajta sugárkárosodás pedig már ennél kisebb fluens esetén is felléphet. Mivel lehet alátámasztani, hogy az aktiválás nem befolyásolja a mérés eredményét?

Az eredmények értékelésének megkönnyítése érdekében kétféle besugárzási geometria létezik, az egyik, amikor a besugárzott felület lényegesen kisebb mint az érintkező (kopó) felületek, azaz mindenképpen a kopási tartományon belül esik, a másik, ha a besugárzott felület nagyobb, mint az érintkező felület, azaz a kopás teljes egészében az aktivált tartományon belül esik. Praktikus okokból az elő geometriát szoktuk alkalmazni, és ez esetben belátható, hogy egy esetleges szerkezeti változás nem befolyásolja (tribológiai szempontból) a mérés eredményét a felületek aránya miatt. Ezenfelül megvizsgáltuk hosszabb koptatási idő után a besugárzott és a besugárzatlan felületeket, és nem találtunk észlelhető különbséget köztük (optikai mikroszkóp, felületi keménységmérés, stb.). Egyébként annak igazolására, hogy az általunk végzett aktiválás nem okoz változást, legalábbis a tribológiai paraméterekben jelenleg is folynak kísérletek a Miskolci Egyetemmel és a Győri Egyetemmel együttműködésben. Az eddigi vizsgálatok megnyugtató eredményt adtak.

A 75. oldalon, a 66 ábrán a $^{nat}\text{B}(p,x)$ magreakció hatáskeresztmetszet-adatai vannak feltüntetve három szerző, köztük a jelölt mérései alapján. Ezzel kapcsolatban a 74. oldal alján az az állítás található, hogy a jelölt munkája pontosabb adatot adott (értelemszerűen a korábbiaknál). Nem vonna kétségbe ezen állítás igaz voltát, szeretném megjegyezni, hogy az a 66. ábráról nem állapítható meg, minthogy azon a jelölt adatainak hibája nincs feltüntetve.

A hibák vagy nem lettek rögzítve az adatbázisban vagy az alkalmazott szimbólumoknál kisebbek. Egyébként a „pontosabb” kifejezés itt arra vonatkozott, hogy a meglévő korábbi adatok jelentős szórást mutattak.

A 79. oldalon a $\text{Ti } ^3\text{He}$ gerjesztésű reakcióiról az a megállapítás szerepel, hogy az azokra vonatkozó adatok az adatbázisokban még hiányosak. Saját hozzájárulásának illusztrálására a $^{nat}\text{Ti}(^3\text{He},x)^{48}\text{Cr}$ és a $^{nat}\text{Ti}(^3\text{He},x)^{48}\text{V}$ reakciók hatáskeresztmetszeteinek meghatározását mutatja be a jelölt a 73. és 74. ábrákon. Mennyiben hiányosak az adatbázisok, ha már léteztek Weinreich és munkatársai, illetve Tárkányi és munkatársai korábbi adatai? Mi okozhatta a $^{nat}\text{Ti}(^3\text{He},x)^{48}\text{Cr}$ reakció esetében az eltérést Weinreich és munkatársai adataitól? Milyen modellből származtatott görbét illesztett saját adataira a 73. és 74. ábrákon?

Az állítás általánosságban vonatkozik a ^3He bombázással keltett magreakciókra, ahol egyes esetekben egyáltalán nincs adat, van ahol ellentmondásosak az adatok, van ahol nagy a szórás, van ahol az energiatartomány szélesítése volt kívánatos vagy több meglévő mérés valamelyikét kell megerősíteni (pl. 74. ábra), vagy a meglévőtől eltérő eredményt kaptunk

(73. ábra). Az illesztett görbe(ék) „best fit” azaz a mérési pontokat legjobban követő matematikai függvény, egyszerűen a görbe menetének szemléltetésére.

A 83. oldalon a Pt ^3He gerjesztésű reakcióiról szóló 2.4.2.3 alfejezetben olvasható a következő mondat: „Ezzel összehasonlítva a Ti fóliákon kapott eredményeket, a pontos nyalábáramot és energiát meg tudtam határozni az energia függvényében.” Nem világos, hogy milyen energiát határozott meg az energia (feltehetően a ^3He energiája) függvényében? A nyalábáram pontos értékének meghatározásához nem lett volna egyszerűbb a nyalábáram-monitort, mint a Ti-reakció hatáskeresztmetszetét használni? Ha a nyalábáram-monitorban valamilyen okból kifolyólag nem lehetett megbízni, nem lett volna mód annak független kalibrálására?

A Ti mint monitorfóliákon mért hatáskeresztmetszet görbét hasonlítottam össze az elfogadott (ajánlott) irodalmi hatáskeresztmetszettel és ennek alapján korrigáltam az egyes fóliákra kiszámolt ^3He energiákat és a nyalábintenzitást, azaz hogyan változik a tényleges nyalábenergia a számolt energiaskálához képest. Nyalábáram monitort (Faraday-cup, töltés integrálása) használtunk, az ebből kapott értéket korrigáltuk a monitor fóliák mérése alapján. Előzetes kalibrálása nem volt megbízható, mivel minden esetben különböző kollimátorokat, maszkokat használtunk, és különösen a szekunder elektronok által okozott árammérési tévedés nem volt megjósolható.

A 88. oldalon a 83. ábra alatti mondat hiányosnak tűnik; helyesen valószínűleg így hangzik: „A 83. ábrából látszik, hogy az optimális energián a ^{96}mTc mélységi eloszlása csak néhány μm -en belül állandó (homogén), míg a ^{95}mTc -nál ez a mélység jóval nagyobb, 10–15 μm .”

Igen, ha az ábra behatóbb tanulmányozása nélkül is érteni akarjuk a szöveget, akkor ez a pontos megfogalmazás.

A 90. oldalon a 2.4.3.3 alfejezet első mondata („A tantál szintén fontos szerkezeti anyag, mivel a magfizikai kísérletek számára.”) hiányos, és nem könnyű kitalálni, hogyan hangzanék a szerző szándéka szerint. Kérem, pontosítsa!

A „mivel” felesleges a mondatban. Egy hosszú mondat felszabdálása miatt maradhatott benne.

A 99. oldalon, a Nb-ból deuteronbombázással keletkező radioizotópok mélységi eloszlását bemutató 94. ábrán a piros görbe specifikus aktivitása a legnagyobb, ez pedig a ^{92}mNb -hoz, nem pedig a ^{88}Zr -hoz tartozik. Miért keletkezik ennyivel kevesebb ^{88}Zr a felületen annak ellenére, hogy a hatáskeresztmetszetben nincs jelentős eltérés?

Igen ez elírás a szövegben ^{92}mNb -nek kell szerepelni. A specifikus aktivitás az adott magreakcióbomlási állandóját lineárisan tartalmazza, ami fordítottnan arányos a felezési idővel, ami a Nb izotóp esetén kb. 8x nagyobb mint a Zr-nál. Ezenkívül a Zr izotóp hatáskeresztmetszete valamivel kisebb és gyorsan csökkenő, míg a Nb-é közel állandó egy széles tartományban.

A 127. oldalon található 129. ábra a $^{\text{nat}}\text{Sn}(p,x)$ magreakció hatáskeresztmetszeteit mutatja különböző végtermékek esetére. Ezen az ábrán hiányolom a kísérleti adatokkal való összehasonlítást.

Sajnos ez az ábra téves y-tengely felirattal jelent meg, ez mint az ábra fejcíme is mutatja, a hatáskeresztmetszetből számolt hozamgörbék mutatja be és mint olyan a kísérleti adataimból, az ábrán irodalmi hozamok nem szerepelnek, mert nem találhatók.

A 2.4.6 alfejezet az energiabizonytalanság változásával foglalkozik fóliacsomag-besugárzások esetén. A 137. oldalon található 140. ábrával kapcsolatban kérdezem, hogy ellenőrizte-e kísérletileg számításai helyességét, továbbá hogy a fóliák vastagságának inhomogenitását figyelembe vette-e a számításoknál?

A fóliák minősített gyártótól származó garantált paraméterű nagyobb lapokból voltak kivágva, amelyek tényleges vastagságát a lap geometria és súlyméréséből határoztuk meg, valamint a homogenitást profilmérő (vastagságmérő) berendezéssel ellenőriztük, szükség esetén a fóliákat válogattuk vagy egyedi vastagságukat vettük figyelembe. Az egész számolás/kísérlet indoklását az adta, hogy nagy (sok fólia, nagy vastagság, nagy energia) csomagok esetén a csomag vége felé jelentősebb eltéréseket tapasztaltunk, mivel azt(azokat) a fóliát(ákat) kiszélesedett energiájú nyaláb érte. Tehát nem a számításokat ellenőriztem kísérletileg, hanem a kísérlet eredményét értelmeztem és korrigáltam a számításokkal.

A 145. oldalon szerepel, hogy a jelölt kidolgozta a szabadforgalmi szint mérését izotópok keverékét tartalmazó mintákban. A mentességi aktivitási szint meghatározásának módját izotópkeverékekre Magyarországon a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet írja elő; bizonyára hasonló a helyzet a többi országban is. Az említett kormányrendelet szerint: „(a táblázat) D oszlopában szereplő mentességi aktivitás értéket úgy, hogy amennyiben a radioaktív anyag egynél több radionuklidot tartalmaz, vagy többféle radionuklid kerül alkalmazásra, minden egyes radionuklid aktivitása és a hozzá tartozó mentességi szint hányadosaiból képzett összegre teljesül, hogy az nem eredményez 1-nél nagyobb értéket”. Mit adott a jelölt munkája a mindenkori törvényes mérési utasítás-hoz? Vagy éppen a jelölt munkájának eredménye épült be a hatályos kormányrendeletbe? Utóbbi esetben ezt érdemes lenne külön kiemelni.

Ilyen ügyben nem kerestek meg, tehát nem tudom, hogy ez tőlem származott volna. Mindenesetre néhány évvel ezelőtt a katasztrófavédelem megfogta egy mentességi szint alatti csomagunkat, ami a törvény szerint külső jelzést nem viselt, de volt benne műbizonylat az összes mérhető izotópra vonatkozóan. Akkor elég nehezen sikerült megmagyarázni, hogy miért mentes a csomag, és miért így kell kiszámolni a mentességi szintet, mert erre nem találtak útmutatást.

A tézisekre vonatkozó kérdések:

(ebben a fejezetben nemcsak a kérdésként feltett szakaszokra válaszolok, hanem olyanokra is, ahol a bíráló feltehetően valamilyen reakciót vár tőlem).

A fejezet második mondatában szerepel, hogy a CPAA-módszer roncsolásmentes. Erre a kérdésre már korábban kitértem; ezt a leegyszerűsített és teljesen általánosan megfogalmazott állítást nem tartom elfogadhatónak.

Mivel ez a szakkifejezés bevett, legalábbis a szűkebb szakterületemen, nem szándékoztam részletesebb magyarázatot fűzni hozzá, amennyiben ez szükséges hivatkoznék a jelen válaszok 2. oldalán szereplő első kérdésre adott válaszomra.

A 2. oldal közepén olvasható a következő mondat: „Ezek közül a szempontok közül is fontos az anyagban kis mennyiségben jelen levő szennyezők (nyomelemek vagy tervezett összetevők) nagypontosságú kimutatása.” Véleményem szerint ez nem felel meg az általánosan elfogadott szóhasználatnak, amely szerint az anyagban kis mennyiségben jelenlevő nyomelemek, ha tervezetten vannak benne, akkor adalékok, ha pedig szándékunk ellenére, akkor szennyezők. Természetesen ez nem befolyásolja analitikai vizsgálatuk módját, amit egyedül az alacsony koncentráció határoz meg.

Ez is egyfajta logikus értelmezés. Véleményem szerint általában beszélhetünk nyomelemekről, amelyek lehetnek szennyezők és adalékok, de létezik egy harmadik csoport is, ami se nem adalék (szándékos) se nem szennyező (káros), hanem eltávolíthatatlanul benne van. Persze bizonyos alkalmazások során kiderülhet, hogy ez is okoz hatásokat (káros vagy hasznos).

Az 5. oldal második bekezdésében a cinkblende szerkezetű kristályok között szerepel a Si és a GaAs. Ez az állítás nem állja meg a helyét. Míg a GaAs valóban cinkblende szerkezetű (F43m tércsoport), a Si kristályszerkezete gyémántszerkezet (Fd3m tércsoport). A gyémántrács két köbös lapcentrált elemi cellából állítható elő oly módon, hogy az első elemi cella testátlójának 1/4 részével eltolva helyezzük el a második, ugyancsak köbös lapcentrált elemi cellát. A cinkblende szerkezet hasonló, de abban az egyik kocka az adott esetben Ga, a másik kocka pedig As atomokból áll. Mivel a gyémántrácsban van egy olyan translációs szimmetria, amely a cinkblende-rácsban nem létezik, a kétféle kristályrácsot meg szokták különböztetni egymástól.

Ez valóban így van, de a mi vizsgálataink szempontjából a két rács típus csak az alkotó atomokban különbözött egymástól.

Az 5. oldal közepén szerepel, hogy a jelölt egy, a mai napig is tartó szisztematikus vizsgálat sorozatot indított el az orvosi az ipari célra alkalmazható radioizotópok magfizikai adatainak vizsgálatára és a kapott eredmények elméleti modellekkel való összehasonlítására. Úgy gondolom, hogy a „magfizikai adat” jóval többet jelent bizonyos magreakciók hatáskeresztmetszete energiafüggésénél. Magadat elsősorban egy adott nuklid nívószerkezete, az egyes nívók spinje, paritása, elektromos és mágneses nyomatékai, a magnívók közti elektromágneses átmenetek redukált mátrix-elemei, konverziós együtthatói, a magok spontán hasadási és radioaktív bomlási tulajdonságai, stb. Természetesen magfizikai adat a magreakció hatáskeresztmetszete is, de csak egy a nagyon sok közül.

Ez így van, a vizsgálataim fő eredménye a hatáskeresztmetszetek és hozamok meghatározása (mint magfizikai adatok), de ritkán alkalmunk adódott másféle adatok, pl. felezési idő, gamma-átmenetek energiájának és/vagy intenzitásának pontosítására is.

A tézises összefoglaló legfontosabb fejezete a negyedik, amely az értekezésbe foglalt új tudományos eredményeket ismerteti öt fő, az egyenkénti alaosztás alapján pedig összesen 17 tézispontban. Ezek-kel kapcsolatos véleményemet a tézispontok számozása szerint fejtem ki. Általában szeretném előre bocsátani, hogy a legtöbb tézispontot rendkívül terjedősnek tartom, azokban nagyon sok – bár fontos és hasznos, de tézispontba mégsem illő – leíró elem vagy általános ismeret található. A téziseknek szigorúan a jelölt új tudományos eredményeit kell ismertetniük. Ezért hasznosnak tartanám a legtöbb tézispont átfogalmazását és radikális rövidítését. Ugyancsak megfontolandónak tartanám a tézispontok számának csökkentését akár azok bizonyos mértékű összevonásával az öt fő tézisponton belül.

A jelenlegi szerkezet nem is hasonlít az első változatra, néhány, már tézispontot írt és még többet látott kolléga javaslatára született meg a végleges szerkezet, ami természetesen egyfajta látásmódot képvisel, ami lehet, hogy eltér mások látásmódjától.

- 1.1. Ezt a tézispontot annak függvényében tudom új tudományos eredménynek elfogadni, hogy milyen választ fogok kapni arra, a MABIC programmal kapcsolatban feltett kérdésekre, hogy annak milyen hozzáadott értéke van az IBA-módszerek méréseinek kiértékelésére használt hasonló Monte-Carlo-programokhoz (FLUX/RBSIM, UPIC, McChasy, CORTEO, MCERD, stb.) képest.

Lásd a válaszmot az értekezéssel kapcsolatos kérdésekre

- 1.2. Az itt leírt eredmény akkor fogadható el, ha bizonyítottan új az irodalomban található korábbi mérésekhez képest (pl.: A. Mader et al.: Lattice location of implanted carbon in GaAs, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B68 (1992) 149-153.). Amennyiben erre az aggályomra megnyugtató választ kapok, akkor a tézispontot új tudományos eredménynek fogadom el.

Armin Mader előttem volt doktorandusz a frankfurti IKF-ben. Az implantációt hozzá hasonlóan végeztem el. Ami az ő eredményeihez újat adott, az a szénatomok helyzetének szimulálása volt a MABIC programmal, valamint az elhelyezkedés pontosítása és értelmezése.

- 1.3. Egy mérési módszer meghonosítása egy nagy kutatási infrastruktúra mellett, különösen az infrastruktúra paramétereinek egy korábban az adott célra nem használt tartományában igen fontos és rendkívül tiszteletre méltó teljesítmény, de önmagában még nem új tudományos eredmény. Ezért ezt a tézispontot jelenlegi formájában nem tudom elfogadni. Amennyiben azt a jelölt úgy fogalmazza át, hogy abban látszik az új tudományos eredmény, akkor álláspontomat természetesen revideálni fogom. Ilyen új tudományos eredményt az értekezés megfelelő részében nem találtam; a channelling-gödör szélességének a nyalábenergia négyzetgyökével fordítottan arányos viselkedése sem ilyen; az évtizedek óta tankönyvi ismeret-anyag.

Talán nincs kellőképpen kihangsúlyozva, de új eredménynek tekintettem a channeling módszer alkalmazhatóságának igazolását 18 MeV-ig terjedő proton és ennek megfelelő deuteron és alfa energiákon, de főképpen a szimulációs program alkalmazhatóságát ebben az energia tartományban.

1.3. Ez a tézispont bizonyára elfogadható lenne új tudományos eredménynek, amennyiben állításait az értekezés szövege, és ami még fontosabb, a jelölt publikációi alátámasztanák. Sajnos azonban az értekezésben, annak 49. oldalán erről mindössze a következő található: „A channelling-módszert megvalósítottam még magas töltésállapotú nehézionok felhasználásával is a frankfurti J.W. Goethe Egyetem Magfizikai Intézetének ECR ionforrását és az azt követő RFQ utógyorsítót használva [56], valamint az itt szerzett tapasztalatokat egy osztrák-magyar együttműködésben felhasználva magas töltésszámú nehézionok által kiváltott jelenségeket vizsgáltam kristályos anyagokon [57].” Még aggályosabb a tézispont alapjául szolgáló DF-13 közlemény, minthogy abban csak random irányú mérések szerepelnek. A cikkben channelling-mérésekről mindössze ennyi áll: „Transmission experiments under channelling conditions will be performed soon.” A tézispontot ezért jelenlegi formájában nem tudom elfogadni.

Az alapul szolgáló közlemény channeling-ről szól alapvetően, jóllehet a channeling eredmények a MABIC szimulációra épülnek és kísérlet valóban csak random irányban történt.

2.1. A tézispont első bekezdése csak az eszköz leírása, nem tudományos eredmény; javasolom törlését. A második bekezdést elfogadom új tudományos eredménynek, bár örültem volna, ha az értekezésből az is kiderült volna, hogy a módszer hogyan viszonyul a motorolajok nyomelemtartalma meghatározásának alternatív módszereihez.

Ez nem is külön tézispont, csak a tézispont mint független dokumentum megértéséhez szükséges magyarázat.

2.2. A CPAA-módszert 1966-ban – akkori állapotának megfelelően – S.L. Tilbury foglalta össze egy 54 oldal terjedelmű könyvben (<https://www.osti.gov/servlets/purl/4509741>). Ennek 5. oldalán már említi az oxigénmeghatározást az alumínium eltemetett rétegeiben, sőt leírja a maratási technikát is (igaz, hogy nem gallium, hanem alumínium esetére). Ezért ezt a tézispontot akkor tudom elfogadni új tudományos eredményként, ha felvilágosítást kapok a tekintetben, hogy mi volt a jelölt munkájának hozzáadott értéke a már több mint ötven éve leírt módszerhez képest; számomra ez az értekezésből nem derült ki. Ugyancsak nem találtam nyomát az értekezésben a tézispontban említett oxidációs modellnek sem.

A hozzáadott érték a maratási technikai galliumra való kifejlesztése, amely köztudottan gyorsabban oxidálódik, mint az alumínium, valamint az oxidációs modell felállítása, ami viszont valóban csak a hivatkozott saját közleményekben szerepel.

A teljes 2. fő tézisponttal kapcsolatban szeretném azonban felhívni a figyelmet arra a körülményre, hogy az kizárólag 1989 és 1992 között publikált cikkeken alapul, vagyis olyanokon, amelyek azt megelőzően születtek, hogy a jelölt 1986-os dr. rer. nat. címét a Kossuth Lajos Tudományegyetem 1994-ben PhD fokozattá egyenértékűsítette volna. Javasolom a jelöltnek, hogy ellenőrizze, hogyan szólt a PhD fokozat megadásáról szóló határozat. Amennyiben ugyanis annak feltétele volt a dr. rer. nat. cím megszerzése után kifejtett tudományos tevékenység igazolása, és ha a jelölt ezeket a cikkeket annak idején erre a célra esetleg már felhasználta volna, akkor javasolom a teljes 2. fő tézispont visszavonását formai okra hivatkozva, mivel az MTA Doktora cím megszerzésére olyan publikáció nem használható fel, amelyet korábban bárki felhasznált PhD fokozat szerzésére.

A jelen értekezés beadásával együtt csatoltam a DE PhD fokozat megadásáról szóló határozatot, amely egyértelműen kijelenti, hogy a PhD fokozatot 1986-os visszamenőleges hatállyal adják meg, és ehhez nem használtam fel a közbeni időben megjelent cikkeimet.

3.1. Ezt a tézispontot abban az esetben tudom új tudományos eredménynek elfogadni, ha megnyugtató választ kapok arra a korábban feltett kérdésemre, hogy maga az aktiválás, pontosabban az aktiválás során alkalmazott viszonylag nagy fluensek nem befolyásolták-e a kopásvizsgálatok eredményét.

Lásd a 9. oldal alján és a 11. oldal 2. Kérdésére adott válaszban a részletes magyarázatimat.

3.5. Ez a tézispont valójában két, egymástól jól elkülönülő részből áll. A szabadforgalmi szint alatti aktivitásokkal végzett nyomjelzést és annak alkalmazását a vékonyréteg-aktivációs technikában maradéktalanul új tudományos eredménynek fogadom el és az értekezés egyik legfontosabb részének tartom. Ez az eredmény a tézispont első mondatában van leírva, a következő, leíró rész a [DF-21] hivatkozásig értelmező és leíró jellegű, és lényegesen rövidíthető. Az alumíniumötvözetek és acélból készült alkatrészek kopásvizsgálatára történő alkalmazásával kapcsolatban azonban fenntartom az esetleges nyalábeffektusra vonatkozó aggályomat, ezért ezt a részt a már említett kérdésemre adandó válasz függvényében tudom új tudományos eredménynek elismerni. A tézispont következő mondatának tartalmára: „Mind-két esetben kimutattam az egymással érintkező alkatrészek kopásának különböző fázisait (bejáratás, normál üzem, elhasználódás, ...)” nem találtam az értekezésben érdemi leírást, csak egy rövid utalást. Ezért ez utóbbi mondatot nem tudom a tézispont részeként elfogadni.

A nyalábeffektusra való kételyek bennünk és partnereinkben is felmerültek, de ezeket mindeddig többfajta vizsgálattal is sikerült kizárni.

A kérdéses mondatra vonatkozó részek az értekezés 68., 69. 70. oldalán található.

A tézises összefoglaló 15. oldalának alján található a következő mondat: „A channelling módszerrel történő vizsgálatokat felhasználtam a félvezető kutatásban és gyártásban konkrét problémák megoldására.” Ezzel kapcsolatban kérdezem a jelöltet, hogy ha ez így van, miért nem szerepel ez az értekezésben, sőt akár a tézispontok között is. Amennyiben az információ nem képez ipari titkot, kérem, hogy ismertesse valamivel részletesebben az említett felhasználást. Egyben javaslom, hogy a tézises összefoglalóban is jelenítse meg, pontosan milyen alkalmazásról van itt szó.

Egy konkrét probléma és megoldása szerepel, nevezetesen a szénatomok kristályrácsban való elhelyezkedése és hőkezelés hatására történő mozgása. Néhány más feladat is előfordult ipari partnerrel együttműködésben Portugáliában és Németországban, de nyomatékosan felhívták a figyelmet rá, hogy az eredmények és a partner neve nem publikálhatók, ezért nem is szerepeltettem az értekezésbe. Ezek között főként rácshibákkal és rácsközi atomokkal kapcsolatos kérdések fordultak elő. Ugyanez a helyzet számos kopásvizsgálati feladattal.

Még egyszer, köszönet az alapos munkáért és az építő jellegű javaslatokért.

Debrecen, 2018 november 29.

Ditrói Ferenc