

Játék az atomokkal – egy szentgyörgyi fizikus találkozása a nanotechnológiával

A Magyar Tudományos Akadémia által meghirdetett Középszkolai MTA Alumni Program keretén belül az a megtiszteltetés érte iskolánkat, hogy a dísztermében fogadhatta vendégül dr. Nemes–Incze Péter fizikust. Az Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Topológia Nanoszerkezetekben Lendület kutatócsoport vezetője egy teremnyi érdeklődő diáknak és tanárnak tartott előadást szilárdtest-fizika, pontosabban nanotechnológia témakörben.

Vendégünk, miután bemutatkozott, illetve bemutatta kutatócsoportjának tagjait, akikkel Budapesten dolgozik együtt a kutatóközpontjukban, felvezette előadásának témáját. Nagyon szemléletesen magyarázta el, hogy milyen szupererőnk is van tulajdonképpen, hiszen ma már rendelkezésünkre áll az a tudás, illetve eszköztár, amelyeknek segítségével az anyagok atomi szinten módosíthatóak. Ezek egyik gyakorlati alkalmazása az egy atom vastagságú anyagok feltérképezése, még pontosabban a grafén síkok tanulmányozása és tulajdonságainak meghatározása.

Az előadáson résztvevők megtudhatták, hogy a grafén egyetlen vastagságú grafitréteg, melyet méhsejtrácsos elrendezésben álló szénatomok alkotnak, amely tulajdonságaiban jelentősen különbözik a grafitkristálytól. Ennek értelmében az egy atom vastagságú grafitréteg előállításával képesek vagyunk megváltoztatni a grafit eredeti tulajdonságait. A grafitrétegek leválasztására egy nagyon egyszerű kísérletet mutatott be: egy hétköznapi ragasztószalag segítségével rétegeket választott le a grafitkristályról, s a ragasztószalagon maradt rétegből újabb vékonyabb rétegek nyerhetőek szintén az előbb említett módszerrel. Ezt a teremben levő hallgatóság is kipróbálhatta, mindenki „előállíthatott” magának egyrétegű grafént.

Az előbbi egy tökéletes példa arra, hogy a kutatómunkához nem feltétlen eget rengetően bonyolult és drága segédeszközökre van szükség. Az első lépés tulajdonképpen a környezetünk megfigyelése, s az, hogy bizonyos dolgok felhasználási lehetőségét a rendeltetésüket túl is képesek legyünk meglátni. Így érdemelte ki például 2010-ben egy ragasztószalag alapú kísérlet a Nobel-díjat.

Dr. Nemes–Incze Péter előadása során hétköznapi példákkal illusztrálta gondolatmeneteit. Ezúton tudhattuk meg például, hogy egy fémdrót vége (egy alagúthatás mikroszkópon keresztül nézve) tulajdonképpen az Alpokhoz hasonlít a legjobban, és az 1 nanométernyi mértékegység a focilabda-földgömb különbséggel mérhető fel a legjobban. Az előadás végén a jelenlevőknek lehetősége adódott kérdéseik tisztázására, illetve egy rövid, kötetlen beszélgetésre a Sepsiszentgyörgyről származó fizikussal.

Köszönjük, élmény volt az előadáson részt venni.

Vendégünkről bővebben a kutatócsoport honlapjáról:

Dr. Nemes-Incze Péter és kutatócsoportja anyagok tulajdonságait tervezi meg közel atomi skálán. A Legóval való építkezéshez hasonlóan helyeznek kétdimenziós rétegeket egymásra, hogy az építőkövek megfelelő kiválasztásával és előre megtervezett sorrendjével, a létrehozott új anyagok fizikai tulajdonságait személyre szabják. A Lendület kutatócsoport ezt az eljárást topologikus szigetelők fizikájának feltárására és alkalmazási lehetőségeinek kiaknázására használja.

Egy általa kidolgozott módszerrel ugyanis cikk-cakk élű, hibátlan grafén alakzat állítható elő, ami nagy lépés lehet a lassan fizikai korlátaihoz érkező szilícium helyettesítésében a mikroelektronikában. Az elmúlt 10 évben a tudományos közösség jelentős erőfeszítéseket tett olyan anyagok felderítése érdekében, amelyekben akár szobahőmérsékleten is megfigyelhető a veszteségmentes elektromos vezetés. Ezt a célt tűzte ki magának a Topológia Nanoszerkezetekben Lendület csoport is. A Nemes-Incze Péter által vezetett kísérleti és elméleti kutatás célpontja egy a természetben is előforduló ásvány, a platina-higany-szelenid (Pt_2HgSe_3 , angol tudományos nevén: jacutingaite). Az anyagot felépítő platina és higany atomok a grafénhez hasonló hatszöges rácsban helyezkednek el. Ez a nehézfémekből álló méhsejtrács határozza meg a kristály elektromos tulajdonságait. A lényeges különbség a grafénhez képest az, hogy a szénnel ellentétben a higanynak és a platinának a spin-pálya kölcsönhatása nagyságrendekkel erősebb.

A Lendület csoportban dolgozó diáknak (Kandrai Konrád, MSc hallgató) sikerült megmutatni, hogy az anyag a grafénhez hasonlóan szétválasztható egyedi atomi rétegekre, a grafén kutatásból már jól ismert technikák segítségével. A kutatók atomi skálán vizsgálták az anyag elektromos tulajdonságait, pásztázó alagútmikroszkópos mérések által. Sikerült kimutatni a kristály szélein a topologikus, elektromosan vezető élcsatornákat, valamint fény derült arra is, hogy a nagy spin pálya kölcsönhatásnak köszönhetően, ez az anyag akár szobahőmérsékleten is topologikus szigetelőként viselkedik, ellentétben a grafénnel. A platina-higany-szelenid lényegében megvalósítja a rég keresett Kane-Mele topologikus szigetelő állapotot.

Az újonnan felfedezett topologikus szigetelő a jövőben jelentős szerepet játszhat alacsony fogyasztású elektromos áramkörök kialakításában. Továbbá, szupravezető anyagokkal kombinálva, lehetőség nyílna topologikus kvantum számítógépekben való alkalmazásban.

A kutatás eredményei a Nano Letters folyóiratban jelentek meg: Kandrai, K. et al. Signature of Large-Gap Quantum Spin Hall State in the Layered Mineral Jacutingaite. Nano Lett. 20, 5207–5213 (2020). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.0c01499>

<https://www.nemeslab.com/hu/topology-in-nanomaterials-research-group/>

https://infovilag.hu/junior_prima_dij_nobel_dijas_tema/

https://doktori.hu/index.php?menuid=192&lang=HU&sz_ID=28097

<https://www.mfa.kfki.hu/2020/07/16/nanotopo-lendulet-csoport-nemes-incze-peter-uj-eredmenyei/>

Elyert díjai:

- MTA Fizikai Osztály 2021. évi Fizikai Díját nyerte el, a topologikus elektron rendszerek terén elért eredményeiért.
- Gyulai Zoltán-díj (Eötvös Loránd Fizikai Társulat): 2019
- Akadémiai Ifjúsági Díj (Magyar Tudományos Akadémia): 2014
- Ferenczi György-díj: 2011
- Junior Prima díj: 2010
- MFA-díj: 2009

**Cerhez Dia,
XII. A**





Egy atom vastag kristályok: grafén



$$E \sim p$$

Tömeg nélküli,
relativisztikus
töltéshordozók!

