

ATOMI ERŐ MIKROSKÓP OKTATÁSI MODELL

ATOMIC FORCE MICROSCOPE MODEL IN SCHOOL

Hajdú Csaba, Papp Katalin
SZTE TTIK Kísérleti Fizika Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A modern fizika oktatásakor gyakran találkozunk olyan problémával, amikor valamilyen jelenséget, folyamatot, eszköz működését nehezen tudjuk közvetlenül bemutatni. Ilyenkor a modellezés, a modell-kísérlet segít a szemléltetésben, az értelmezésben. A következőkben egy atomi erő mikroszkóp (AFM) oktatási modelljének elkészítését, tanítási órán való alkalmazásának lehetőségeit mutatjuk be. Az elkészített és kipróbált modell ismertetése során rámutatunk arra, hogy milyen fizikai jelenségek figyelhetők meg az atomi erő mikroszkóp-moddellel, illetve a modell miben hasonlít és miben tér el az eredeti eszköztől. Írásunkban a tanítási alkalmazás közben gyűjtött tapasztalatainkat is összegezzük.

ABSTRACT

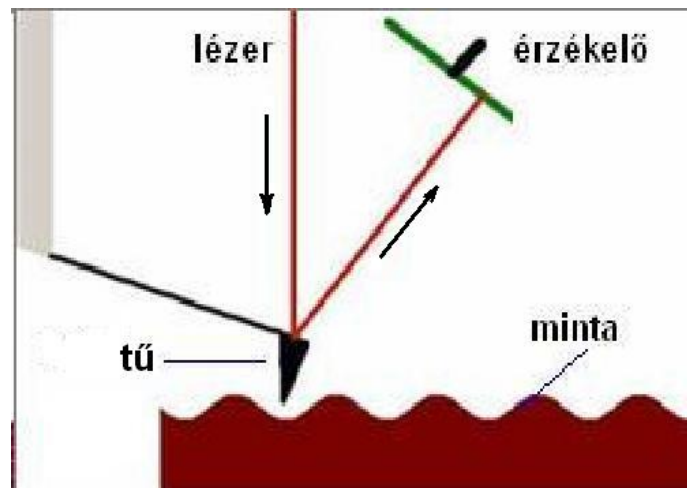
In the education of modern physics we often come across the problem that it's very difficult for us to show some phenomenon or the operation of something. In a case like this the given object has to be modelled for the demonstration. Now we are going to show the possibilities of preparing a model of an atomic force microscope and its application in the lesson. During its use attention must be paid to the difference and the similarity of the model and the original gadget. In the lesson we show what physical rules and regulations can be seen while a certain material is being examined.

BEVEZETÉS

Az atomi erő mikroszkóp (továbbiakban AFM) az atomi felbontású pásztázó tűszondás felületvizsgáló technikák egyike. A pásztázó tűszondás mikroszkópot szilárdtest fizikai méréseknél anyagok felületének vizsgálatára használják. [1.]

Működése egy konzolra szerelt hegyes tű (mérete 20-40 nm) és a minta felszínén levő atomok kölcsönhatásán alapul. Ezen a tűn vagy csúcson ható erők vonzó vagy taszító hatásúak lehetnek. A tű elmozdulása ezeknek az erőknek a hatására egy lézersugár segítségével érzékelhető, amely a konzol hátuljáról verődik vissza. Működésének két módja van, a *kontakt vagy érintkező mód, illetve az oszcillációs mód.*

Érintkező módban a tű egészen közel van a minta felszínéhez, miközben a vizsgálat a vízszintes síkban folyik. Itt a mintát sorról sorra a konzol alá mozdítjuk. A konzol a minta és a tű között fellépő erők hatására elhajlik. A konzol elhajlása jelzi a minta felszínének hullámosságát, valamint a kölcsönható erők nagyságát. Ez a mód különösen alkalmas kemény felszín vizsgálatára. A tű anyaga és mérete az alkalmazástól függően változhat.



1. ábra: Az AFM működési elve

Az 1. ábrán láthatjuk, hogy a bejövő (vörös) lézersugár a konzolról visszaverődik és az érzékelőre jut. Az elmozdulás irányát és nagyságát feljegyezhetjük, grafikonon kirajzolhatjuk.

Az AFM-mel vizsgálhatjuk a tű és a minta közötti kapcsolatot erő és távolság görbék megadásával, amelyeket úgy kapunk, hogy egy választott pozícióban a tűt oda-vissza mozgatjuk a minta felszíne közelében. Így adatokat kaphatunk a kölcsönhatás mértékéről és a távolságtól való függőségéről, ami hasznos lehet, ha adhéziót, nedvesedő képességet vagy pl. kolloidok közötti kapcsolatot akarunk vizsgálni.

Az AFM működése olyan fizikai alapproblémán nyugszik, amely lehetővé teszi, hogy középiskolában tárgyaljuk. A bemutató modell összesíti az AFM működéséhez szükséges témákat, amelyeket általában lefed a középiskolai fizika tantárgy: a tű és a felület közötti kölcsönhatási erőt, a Hook-törvényt, a rezonanciát, oszcillációt és a fény visszaverődési törvényeit.

Vannak különbségek is az itt bemutatott AFM modell és az igazi AFM mikroszkóp között. A modellnél az egyetlen erő a mágneses erő, amely a minta és a „mikroszkóp” között hat, míg az igazi AFM mikroszkópban Van der Waals erők is hatnak, és ezt a hatást a vizsgálatokban gyakrabban alkalmazzák, mint a mágneses erőt.

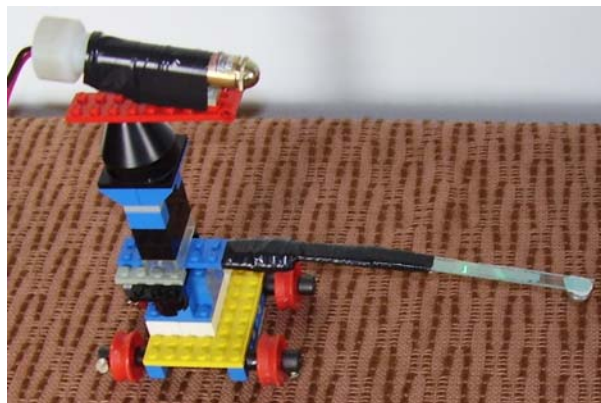
A továbbiakban egy atomi erő mikroszkóp modell készítését, a modell felhasználási lehetőségeit írjuk le [2].

Az AFM modelljének elkészítéséhez szükséges anyagok, eszközök

- LEGO blokkok, vagy más, az alaphoz alkalmas anyag
- egy CD-ből kivágott szalag, amely kb. 2 cm széles
- erős neodímium mágnes
- lézer fényforrás (pl. dióda lézer)
- kemény kartonpapír vagy poliuretán hab lap
- fém, lehetőleg vas és műanyag üvegcupakok, vonalzó, ragasztó, ragasztószalag.

Hogyan készül az AFM modell?

- Építjük meg az állvány alapját a LEGO blokkból!
- A konzol készüljön a CD szalagból! (A CD azért jó, mert egyaránt rugalmas és optikailag visszaverő).
- Ragasszuk a CD szalagot ragasztó szalaggal a LEGO blokkhoz!
- A hegyet úgy készítjük, hogy a mágneset ragasztóval a konzol szabad végének alsó részéhez rögzítjük.
- A lézertű kibocsátót ragasszuk a LEGO blokkokhoz és állítsuk be úgy, hogy a lézer a konzol szabad végét célozza meg! A CD-nek a fényvisszaverő oldala legyen felül. (Ld. 2. ábra).



2. ábra: Atomi erő mikroszkóp modell

Hogyan készül az atomtérkép minta?

Ebben a modellben csak egy „sornyi atomot” használunk, a fém üvegekupakok jelképezik az atomokat, amelyek reagálnak a mágnes vonzására, és a műanyag üvegekupakok azok az atomok, amelyek nem.

- Vágjunk egy 3,5 cm · 25 cm-es csíkot a megfelelő kemény kartonból! (Ha a kemény karton nem elég vastag, akkor több réteget ragasszunk egymásra)!
- Rögzítsük a fém és műanyag kupakokat ragasztópisztoly segítségével erre a csíkra!

A hosszanti oldala mentén 5 cm-ként húzzunk vastag csíkokat a mintára, - ez lesz a skálánk.



3. ábra: Atomtérkép minta

- Fogjuk az AFM modellt, csúsztassuk a mintát a mágnes alá és figyeljük meg a fény elhajlását a falon!

Ha a fény elhajlást jelző távolság túl kicsi, csökkentjük a távolságot a mágnes és kupakok között úgy, hogy további kartonlap csíkokat ragasztunk az aljára.

Az eszköz érzékenységét úgy is növelhetjük, hogy hosszabb vagy keskenyebb CD csíkot használunk.

Kísérletek az AFM modell felhasználásával

A mérés menete:

- Tegyük az AFM modellt egy asztra a fal mellé kb. 1-2 m-re a faltól úgy, hogy a konzol merőleges legyen a falra!

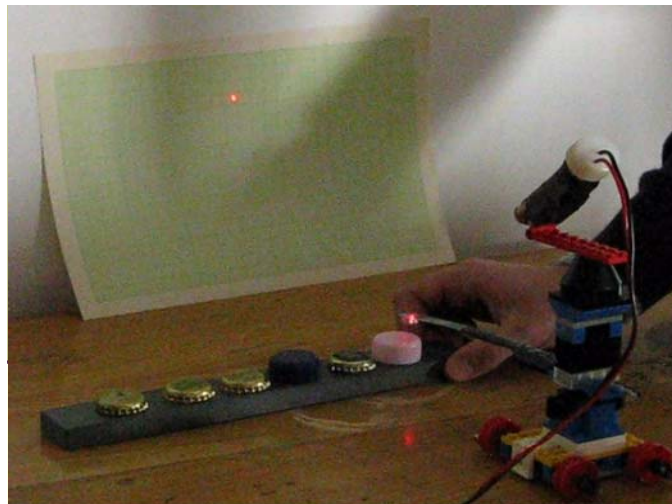
- Rögzítsük a modellt az asztrához!

- Rakjuk a vonalzót az asztra, az AFM közelébe úgy, hogy a kettő érintse egymást! A 25 centiméteres jel a vonalzón az AFM modell közepével egy vonalba essen! Ragasztószalag segítségével a vonalzót rögzítsük ebben a pozícióban!

- Kapcsoljuk be a lézert! *(Mielőtt bekapcsoljuk, győződjünk meg róla, hogy senki nincs a lézertény útjában)!*

- A papírt, amelyen párhuzamos vonalak vannak, rögzítsük a falra úgy, hogy a visszaverődő lézertény a skála legfelső vonalára essen, vagyis a nulla jelhez!

- Rakjuk a mintát a vonalzó közelébe! A minta alaplapján levő vastag vonal essen egy vonalba a vonalzó 28 cm-es jelével! Ily módon a mérés a jelöléstől 3 cm-rel balra fog kezdődni.



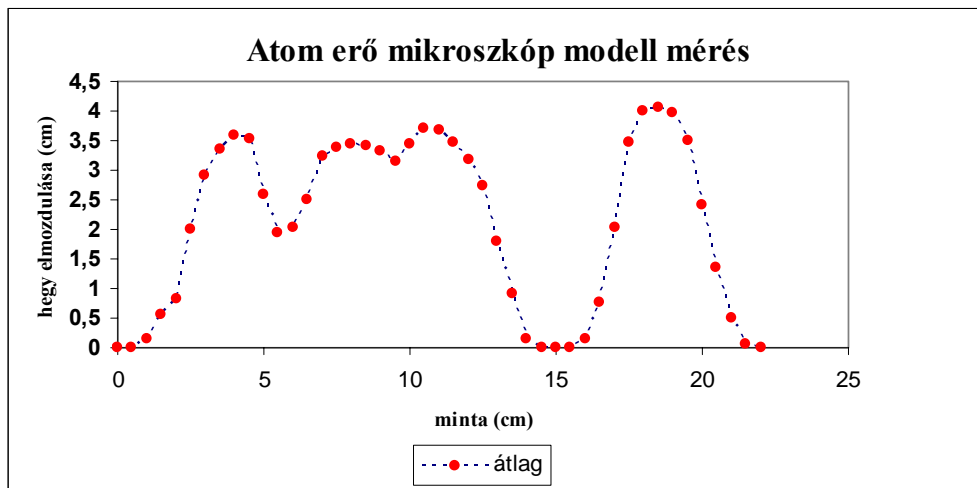
4. ábra: A mérés menete

- Egy tanuló a mintát a vonalzó mentén mozgatva balra 5 mm-enként leméri a távolságot.

- Egy másik tanuló leolvassa a falon lévő skálán a lézerténynek a pozícióját.
- A harmadik tanuló leírja az adatokat egy táblázatba.

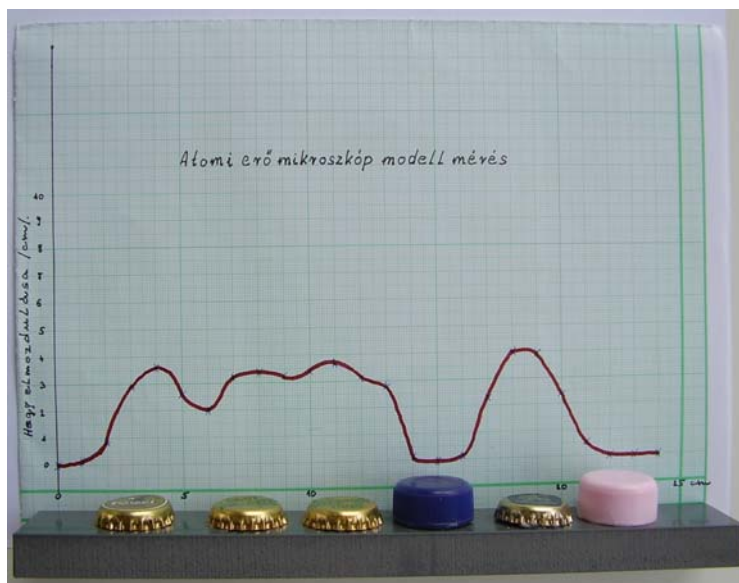
- Ismételjük a mérést mindaddig, amíg a mintán lévő „atomok” mind le vannak tapogatva!
(Egy kísérlet elvégzése esetünkben 22 mérést eredményezett. A mérési idő körülbelül 30 perc).

Ábrázoljuk az eredményeket az előkészített grafikonon! (5. ábra)



5. ábra: Az elkészült atomtérkép

- Kössük össze a pontokat görbe vonallal, kézzel és hasonlítsuk össze a görbe alakját az alatta lévő mintával!



6. ábra: A felrajzolt atomtérkép és az atomtérkép minta összehasonlítása

Feladatok, kérdések a tanulókhöz

- Hasonlítsuk össze a görbe csúcsai között lévő távolságot az atomok középpontjai között lévő távolsággal!
- Mennyire esnek ezek egybe?
- A görbéből számoljuk ki az átlagos távolságot a mintákon lévő atomok középpontjai között!
- Hasonlítsuk össze a görbe csúcsok közti függőleges távolságokat!
- Magyarazzuk meg, hogy ez az AFM modell miért nem tudta rögzíteni a „kék és a vörös atomot”?
- Hogyan pontosíthatjuk mérésünket?

Megjegyzések

Az AFM modell tervezésében fő célunk a következő volt:

- Legyen könnyen megépíthető.
- Megépítése egyszerű anyagokból megvalósítható legyen.
- Lehessen vele bemutatni „az igazi” atomi erő mikroszkóp működésének egyes sajátosságait.
- A modellel tudjuk szemléltetni azt az elvet, ahogy szilárd test felszíne atomi struktúrájának feltérképezése történik.
- Szerkezete viszonylag egyszerű legyen.
- Használatához ne legyenek szükségesek hosszadalmas előkészületek.

Az általunk elkészített modell felhasználásával viszonylag rövid idő alatt bemutatathatók az AFM érzékelésének az alapjai, így a berendezés használható tanári demonstrációs kísérletként, vagy tanulói mérésenként mérési gyakorlatokon.

A modell továbbfejlesztésének lehetőségei

Az atomi erő mikroszkóp modell **oszcilláló üzemmódban** is megépíthető. Ebben az esetben működése mágneses hatásokon és alapjelenségeken alapul. Az anyag vizsgálatakor a részecskék között fellépő *Van der Waals* erők helyett a modell esetében mágneses vonzó vagy taszító erők hatnak. A mintát itt apró mágnesek alaplapra való felragasztásával lehet elkészíteni.

Az **oszcilláló módban** a „fej” rezegtetését egy elektromágnes biztosítja.

A konzol rezgési frekvenciája akkor megfelelő, ha a visszaverődő lézer fénye a falon is megfelelő hosszúságú lesz.

- A mintát apró lépésenként mozgassuk ugyanúgy, ahogy a kontakt módban, tehát kb. 5 mm-enként, és rögzítsük az adatokat!

- Egy vonalzóval mérjük meg a falon a fényfolt amplitúdó változását!

- Rögzítsük a mérési eredményeket! A mért amplitúdó változás összehasonlítható a minta alakjával!

Milliméterpapíron ábrázolhatjuk a mért adatokat!

IRODALOM

<http://titan.physx.u-szeged.hu/~bhopp/pld.html>

Gorazd Planinsic: Didactical Model of the Atomic Force Microscope of GIREP/EPEC Conference, Opatija, 2007. august. 23.

<http://wikipedia.org/wiki/Nanotechnology>

SZERZŐK:

Hajdú Csaba, fizika tanár

Dr. Papp Katalin, egyetemi docens

SZTE, TTIK, Kísérleti Fizika Tanszék

hajdcsaba@gmail.com , pkat@physx.u-szeged.hu