

CSODÁLATOS MÁGNESGOLYÓK

HU DOBA GYÖRGY

Összefoglalás

Ritkaföldfém (elsősorban neodymium) ötvözetek segítségével igen erős mágnesek készíthetők. Ilyen szupererős mágnesekből készült 5 mm átmérőjű különféle bevonattal ellátott golyócskákat rendszerint 216 darabos tételben ($216=6^3$) meg lehet vásárolni, melyekből órákon keresztül, kinek-kinek fantáziájától és ügyességétől függően 2D vagy 3D alakzatokat lehet készíteni. A láthatatlan mágneses pólusok kölcsönhatásai révén különféle kristályrácsot és kristályhibát modellezhetünk. Egy fizikatanárt azonban nem elégitenek ki pusztán a formák, legyenek azok bármilyen változatosak. Arra is kíváncsiak lehetünk, milyen lesz az alakzat mágneses mintázata.

Kulcsszavak: erős mágnesek, kristályrácsok modellezése, mágneses mintázat

Abstract

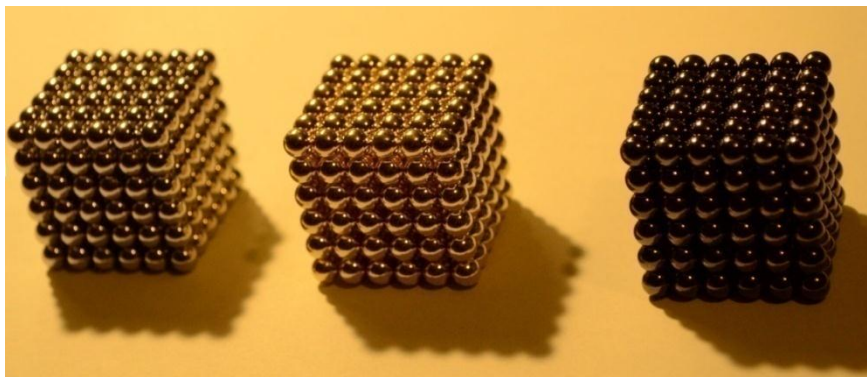
From the newly developed super strength magnetic neodymium balls unlimited forms and structures can be constructed. The 5 mm diameter magnetic balls, called buckyballs can be purchased in pockets of 216, arranged in a 6x6x6 cube. According to ones imagination a wide variety of 2D or 3D shapes can be formed, e.g. different crystal lattices or even vacancies. As a physic teacher we are interested about visualizing the magnetic pattern as well.

Keywords: strong magnets, modeling of kristal - lattice, magnetic tick

Bevezetés

A 216 darabból álló, 6x6x6-os kocka formában elrendezett szupererős, mágnesgolyót játékként árulják. A játéknak nincs előre meghatározott célja, kitűzött forma, amit meg kell valósítani, hanem a játékos saját fantáziájára van bízva (ld. Internet), mit szeretne, vagy inkább mit tud megvalósítani. Első próbálkozásként a kockaforma visszaállítása is nagy kihívást, akár több órás próbálkozást jelent a kezdő számára.

Maga a neodymium elég sérülékeny, ezért nikkal bevonattal látják el, esetenként többszörös bevonattal (NiCuNi, NiCuNiCr), ami által különböző színű (arany, ezüst, fekete) golyócskákat kapunk. A golyók érzékenyek a hőmérsékletre, 80 °C fölött elvesztik mágneses tulajdonságukat.



1. ábra Különböző színű 216 mágnesgolyó kockaformába rendezve

Az erős mágnesek potenciális veszélyforrást is jelentenek. Mivel nagy mágneses energia koncentrálódik bennük, sérülékenyek, könnyen törnek (szétrobbannak), kárt tehetnek a közelükbe került mágneses adattárolókban (bankkártya, merev lemez, floppy diszk, ... stb.). Sokkal veszélyesebb tud lenni, ha pl. a szívritmus szabályozó működését befolyásolja. Kisgyermek hajlandóak elképesztő dolgokat fülükbe, orrukba dugni, vagy lenyelni. A lenyelt mágnesgolyó ferromágneses anyaggal, vagy egy másik hasonló golyóval összetapadva elroncsolja a belső szerkezetet, súlyos, akár halálos sérülést okozva.

A mágneses mező láthatóvá tétele

A mágneses teret speciális módon láthatóvá tudjuk tenni. A következőkben ismertetünk két ilyen lehetséges módszert, majd a néhány egyszerű struktúrát és annak láthatóvá tett terét mutatjuk be.

Mágneses mezőt láthatóvá tevő film (mágnesfilm)

Az állandó mágnesek, vagy az elektromos áram által gerjesztett mágneses pólusokat színváltozással teszi láthatóvá. Maga a film egy zselatinszerű mikrokapszulákat tartalmazó vékony réteggel bevont hajlékony műanyaglapka. A kapszulákban olajban szuszpendált kolloidális nikklerészecskék vannak. A nikklerészecskék ferromágneses tulajdonságúak, így mágneses tér hatására a mikrokapszulákban szabadon el tudnak fordulni.

Ahol a mágneses mező merőlegesen halad át a film síkján, a részecskék befordulnak az erővonalak irányába, mi által a film színe sötétebbé válik. Ahol az erővonalak a film síkjával párhuzamosan haladnak, a nikklerészecskék olyan irányban fordulnak el, hogy ott a film színe világosabbá válik. Vagyis ahol sötétebb a film, ott pólus található. Hogy északi, vagy déli pólus, az nem állapítható meg, ahhoz más eszköz, pl. Hall-szenzor szükséges. Minden esetre a sötét és világos tartományok kirajzolják a mágneses tér mintázatát. A kísérleteink során ezt fogjuk használni.

Vasfolyadék (ferrofluid)

A vasfolyadékot mintegy 30 évvel ezelőtt fejlesztették ki, és jelenleg ez az egyetlen folyékony anyag, amely reagál a mágneses térre. A vasfolyadékkal kapcsolatban az első szabadalmat a NASA nyújtotta be 1965-ben. Az űrprogram kezdeti szakaszában ugyanis arra gondoltak, hogy súlytalanságban a rakéta üzemanyagát mágneses térrel lehetne a kívánt helyre mozgatni.

A vasfolyadék nanométeres nagyságrendbe eső vasrészecskék (magnetit, vagy hematit) folyadékban levő stabil, kolloidális szuszpenziója. A mintegy 10 nm-es részecskék egy stabilizáló réteggel (sulfacant) vannak bevonva, amely még nagy gradienssel rendelkező mágneses térbe helyezve is megakadályozza, hogy azok összetapadjanak. (A „sulfacant”-nak tehát le kell győznie a részecskék között fellépő Van der Waals és a mágneses erőt.) A tipikus vasfolyadék összetétele: 5% mágneses anyag, 10% sulfacant és 85% hordozó folyadék.

Bár a vasfolyadék igen erősen reagál a mágneses térre, önmaga nem mágnes. Mágneses tér hiányában a részecskék mágneses momentumai véletlenszerűen helyezkednek el a folyadékban, eredő mágneses nyomatékuk zérus. Mágneses tér jelenlétében a részecskék mágneses nyomatéka beáll a tér erővonalainak irányába. A vasfolyadék azonnal reagál a külső mágneses tér változásaira, s megszűntével a részecskék mágneses nyomatékainak iránya nagyon gyorsan véletlenszerűvé válik. Ha az alkalmazott térnek gradiense van, a teljes vasfolyadék úgy válaszol, mint egy homogén folyadék, mely az erősebb mágneses fluxus irányába mozdul el. Ez által a vasfolyadék egy külső térrel pontosan beállítható és mozgatható.

A vasfolyadék a mágneses tér szemléltetésén túl a gyakorlati élet számos területén is alkalmazható. Néhány mechanikai (pl. tömítés, csapágyazás, csillapítás, ...) vagy elektromechanikai (pl. hangszóró, léptetőmotor, ...) jellegű eszközben máris alkalmazzák, és a jövőbeli felhasználására további nagy lehetőségek rejlenek még benne.

Építkezzünk!

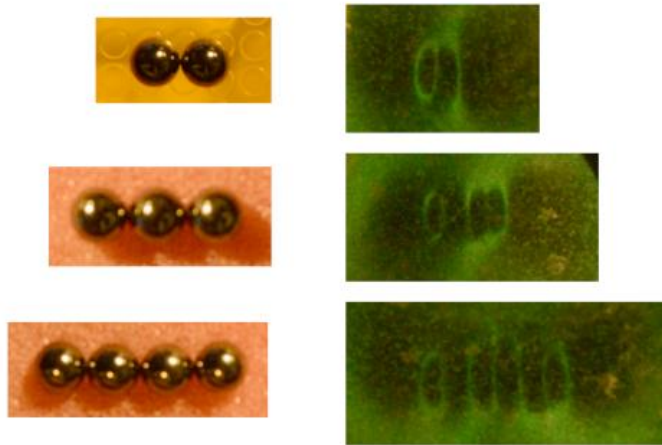
Az azonos építőelemekből (mágnesgolyócskákból) egy-, két- és háromdimenziós alakzatok, mintázatok hozhatók/jönnek létre. Ezen mintázatokban szimmetriák és szimmetriaműveletek (eltolás, tükrözés, forgatás) ismerhetők fel. A kristálytanból ismert lehetséges kombinációk számát azonban a mágneses tulajdonságok erősen korlátozzák. Az építőelem a golyócska, mely kétpólusúra van felmágnesezve:



2.ábra A bal oldalon a szokásos színek jelölik az É és D pólust, a jobb oldalon a mágnesfilmmel láthatóvá tett mező. Az É és a D pólus nem különböztethető meg egymástól.

Egydimenziós alakzatok

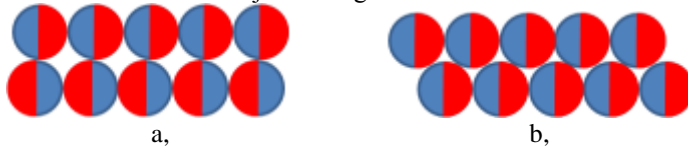
A mágnesgolyókat egymás után illesztve egy láncot hozhatunk létre.



2. ábra láncba rendezett golyók és mágneses terük

Kétdimenziós alakzatok

A legegyszerűbb kétdimenziós alakzatot úgy kapjuk, ha két láncot egymás mellé illesztünk. Ennek az alábbi két módja lehetséges:



4. ábra Két lánc egymás mellé illesztési lehetőségei

Elsőként vizsgáljuk meg az a, esetet. Négy golyót egymás mellé helyezve az alábbi mágneses elrendeződést várjuk:



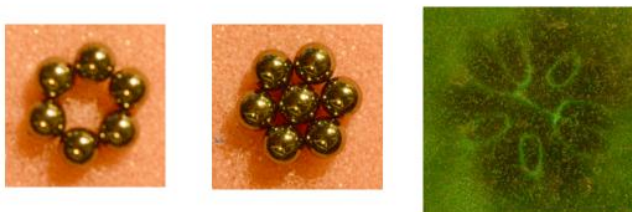
5. ábra A legkisebb 2D elrendezés

Mágnesfilmmel megvizsgálva azonban azt kapjuk, ilyen alakzat nem létezik. Az átló irányú tasztítások ugyanis elforgatják a golyókat, létrehozva az alábbi elrendeződést:



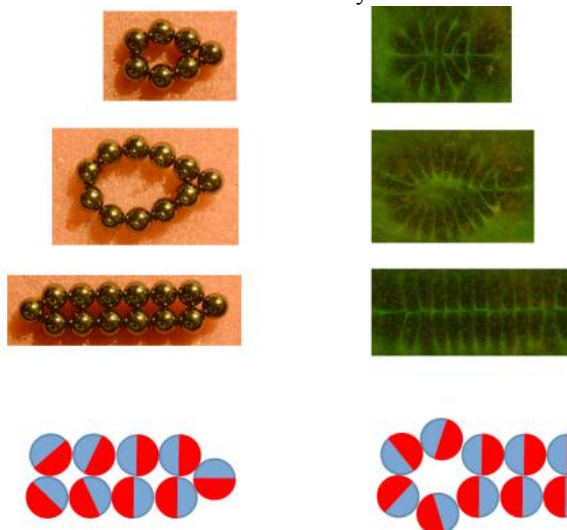
6. ábra Négy mágnesgolyó stabil elrendeződése

Hat golyót sem tudunk az a, alakzatba rendezni, szétugorva egy gyűrűt formálnak. Viszont középre behelyezhetünk egy újabbat. Az eredményt a 7. ábra mutatja.



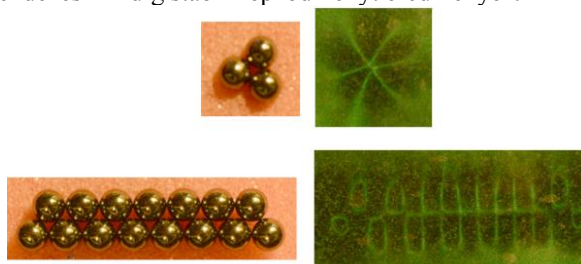
7. ábra Négy illetve öt mágnesgolyó és ez utóbbi mágneses tere

A további próbálkozások azt mutatják, az első stabil a, elrendezésű alakzatot kilenc golyóval tudjuk megvalósítani, úgy, hogy a kilencedikkel „lezárjuk” az előző nyolc golyó mágnes terét. A 8. ábrán bemutatunk néhány további elrendezést.

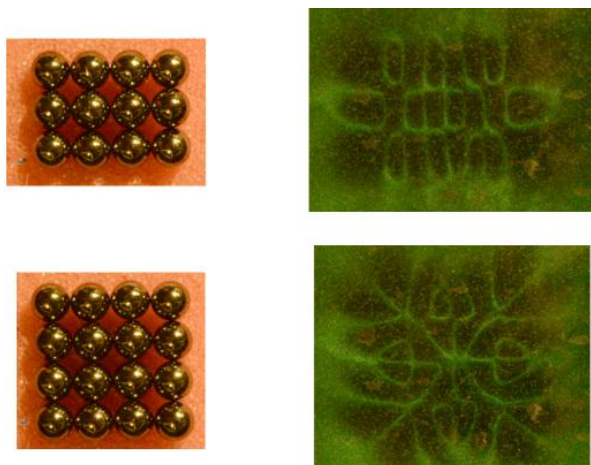


8. ábra Az első stabil alakzat 9 db. mágnesgolyóval valósítható meg, de ha legalább az egyik vég nincs lezárva, még a hosszabb lánc is kipúposodik

A b-vel jelölt elrendezés mindig stabil képződményt eredményez.



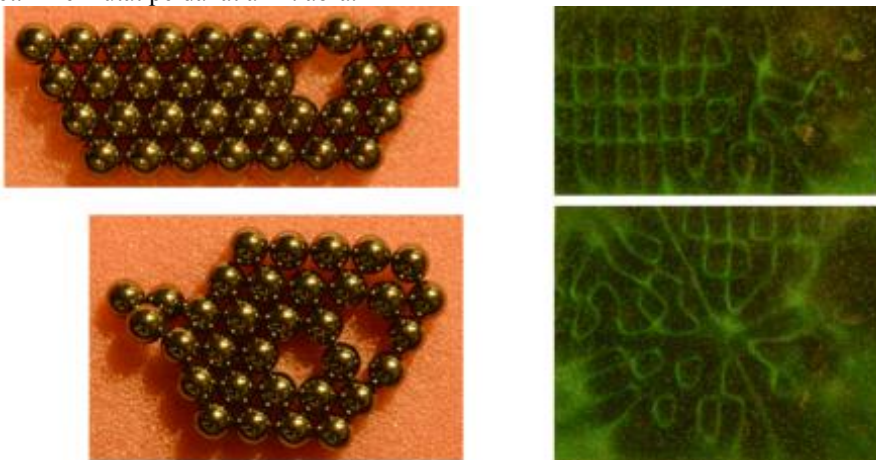
9. ábra Már a legkevesebb, három golyóból álló alakzat is stabil. További láncokkal növelhetjük az alakzat méretét. Ismét az a-val jelölt elrendezés az érdekesebb. Három sor még a várt eredményt adja, de négy sor esetén a mágneses mintázat itt is tud váratlan meglepetést okozni.



10. ábra A három és négy sorból álló 2D alakzat és mágneses mintázata

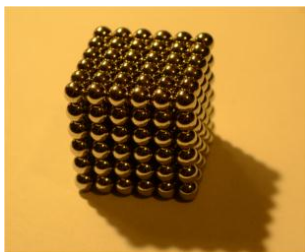
Felmerül a kérdés, a golyókból tudunk-e a ferromágneses anyagokra jellemző „domén”-eket kialakítani. Erre irányuló minden próbálkozásunk kudarcra van ítélve. A ferromágnesség ugyanis tipikusan kvantum-mechanikai effektus, az ún. kollektív viselkedés eredménye. Az Ising modell keretében a mágneses nyomatékok és a külső tér közötti kölcsönhatás mellett fellépő spin-spin kicserélődési kölcsönhatással magyarázható.

A mágnesfilmmel megvizsgálhatjuk különféle kristályhibák révén torzult mágneses teret. Erre mutat példákat a 11. ábra.



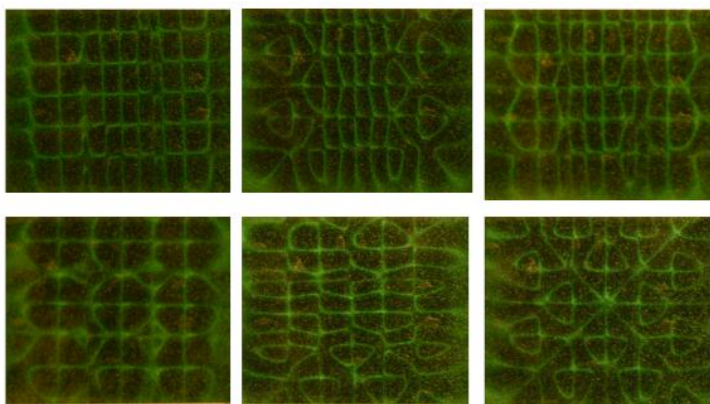
11. ábra „Kristályhibák” és a mágneses mintázatban okozott torzulások

Utolsó példaként vizsgáljuk meg a mágnesgolyókból felépített kocka felületének mágneses mintázatát.



12. ábra A mágnesgolyókból felépített kocka

A kocka maximális szimmetriát mutat, ugyanakkor a hat felszín mágneses mintázata a várakozásunkkal ellentétben mégsem tökéletesen egyforma. Ezt mutatja be a következő ábra.



13. ábra A mágnesgolyókból felépített kocka lapjainak mágneses mintázata

Összefoglalás

A mágnesgolyók (megfelelő elővigyázatosság mellett) szórakoztatóak, fejlesztik a kreativitást, a mágneses mintázatok láthatóvá tétele pedig hasznos segédeszköz a mágnesség jobb megismeréséhez és megismertetéséhez.

Szerző:

Hudoba György, dr

főiskolai docens

Óbudai Egyetem, Alba Regia Egyetemi Központ, Székesfehérvár

hudoba.gyorgy@arek.uni-obuda.hu

