

## **William Gilbert – Elektromos jelenségek elkülönítése mágneses jelenségektől**

Történeti-genetikus bevezetés az elektromosságba. A sorozat négy részéből az első modul. A tanórákhoz kapcsolódó videók elérhetők a <http://www.youtube.com/user/HIPSTTUBE> linken.

### **1. Cím és kulcsszavak**

„William Gilbert – Elektromos jelenségek elkülönítése mágneses jelenségektől”

Kulcsszavak: statikus elektromosság, elektromos vonzás, mágnesség, mágneses vonzás, laboratóriumi napló, kategorizálás, osztályozás, kísérleti módszerek, William Gilbert

### **2. Szerzők és munkahelyek**

Andreas Henke, Brémai Egyetem, Németország  
Dietmar Höttecke, Kaiserslauterni Egyetem, Németország

### **3. Absztrakt**

Ez a rész William Gilbertől az első az elektromosság történetéről szóló sorozatból. Célja megérteni a mágneses vonzást az elektromos vonzástól elkülönítő kísérleteket. A rész 7–9. osztályos tanulók oktatása során használható fel az elektromos és mágneses vonzás jellemzőinek és különbségeinek bemutatására. A jelenségek elemzése során a diákok megtanulhatják, hogy több, különböző típusú természeti erő létezik, és – összhangban Gilbert munkájával elsajátíthatják –, hogy a strukturált kísérleti eljárások hogyan vezetnek ismeretekhez a természet szerkezetével kapcsolatosan.

Explicit ismeretelméleti reflexiók vonatkoznak arra a kérdésre, hogy hogyan fejlődik a fizikai tudásunk a tudományban. A hangsúly a jelenség jellegzetességeinek a kutatási folyamatára helyezhető, továbbá azok anyagi terminusokban és kísérleti folyamatokban leírható szerveződésére és elkülönítésére. Ez a rész a tudományos gyakorlat bizonyos részleteit mutatja be példákon keresztül, mint a jelenségek sorba vételét vagy kategorizálását.

A tanulókat megkérjük, hogy képzeljék magukat valaki helyébe, aki megtalálta Gilbert laboratóriumi naplóját (ez fikció: a napló bizonyos részei elpusztultak az elmúlt évszázadok során). Ezután a tanulókat arra ösztönözzük, hogy rekonstruálják Gilbert hiányzó naplőbejegyzéseit. Ahhoz, hogy ezt megtehessek, Gilbertéhez hasonló kísérleteket kell végrehajtaniuk. A saját, nyitott végű, illetve szabad kimenetelű (open-ended) tevékenységük kialakítását és irányítását a természeti erők korai kutatásának a történeti kontextusára fogjuk alapozni. A tanulók számára további, információkat tartalmazó segítő kártyákat fogunk felajánlani, hogy egyénileg is segítsük őket.

Továbbá William Gilbert személye példa arra, hogyan inspirálja a tudományos kutatást a személyes érdeklődés vagy éppen a gazdasági és technológiai körülmények.

### **4. Az esettanulmány leírása**

Ez a rész az **elektromosság és a mágnesség történetének rövid áttekintésével** kezdődik egészen a 17. század kezdetéig. A fő szempontok az elektromosság korábbi jelenségszintű ismeretei lehetnek (a dörzsölt borostyánkő hatásai), valamint az olyan, természetben előforduló vonzóerők hatásai, mint a gravitáció. A mágnességgel kapcsolatos kutatások társadalmi, történeti háttérének szerepét a tengeri navigációt és a szénbányászatot lehetővé tévő mágneses iránytűk fontossága világítja meg.

Ezek után William Gilbert személye kerül bemutatásra különös tekintettel a szénbányászat és a tengeri hajózás iránt mutatott érdeklődésére (5.2-es és 5.4.2-es bekezdés). Később a tanulók gyümölcsözően fogják tudni kamatoztatni ezt az információt a tudomány természetével kapcsolatos észrevételeik során.

Az ezt követő **kísérleti szakasz** Gilbert fiktív kutatási naplóját követi, amely „komoly sérüléseket vészt át a hosszú évszázadok alatt” (lásd I. és V. anyag). Gilbert instrukciói általában megőrződtek, és arra szolgálnak, hogy irányítsák és strukturálják a tanulók munkáját. Két feladat segítségével (lásd I. és IV. anyag) a tanulók kis csoportokban **végigtekintik** Gilbert kutatását és **rekonstruálják a kutatási naplóját**. Először megvizsgálják, hogy **dörzsölés következtében mely anyagok válnak elektromossá**, majd pedig a **különbségeket az elektromos és a mágneses vonzás között** (lásd 6.1-es bekezdés). Az eredmények értékelését minden egyes munkafázis után el kell végezni. Ennél a szakasznál egy gyors, általános **reflexiónak** kell következnie a „Reflexiók sarok” metódusának megfelelően (lásd „Reflexiók sarok”, A Guericke kutatásait tanító modul 5.2-es bekezdés). A **tudomány természetére vonatkozó kérdések konkrétan** a következők lehetnek:

„Mi befolyásolja a tudóst a kutatási témája és a kutatás módjának a kiválasztásában?”

„Miért írnak a tudósok a munkájukról?”

„Mi a következtetés szerepe a tudományban?”

„Gilbertnek (ahogy más tudósoknak is) feltétlenül szüksége volt KÍSÉRLETEKET végeznie vagy más módja is van a kutatásnak?”

„Miért használ a legtöbb tudós olyan dolgokat, mint laboratóriumi napló?”

Részletesebb információ a tudomány természetének szempontjairól és arról, hogy milyen tanulási lehetőségeket kínál ez az esettanulmány, az 5.4-es bekezdésben sajátíthatóak el.

A tanulók munkájának megtámogatására segítő kártyákat terveztünk (lásd III. és IV. anyag). Kísérletek megtervezésében, hipotézisek felállításában vagy észrevételek dokumentálásában nyújtanak némi gyakorlati segítséget a tanulók számára. Ha a tanulók igénylik, minden feladatuk során segítő ötleteket fognak kapni, de a kártyákat a tanulók saját belátásuk szerint használhatják fel.

A Reflexiók sarok mellett egy másik feladat is a tudomány természetének megértését célozza meg: Ez a rész talán már közelebb áll egy kreatív írói tevékenységhez. Ennek során a tanulók behelyezik magukat egy szituációba, amelynek megfelelően interjút készítenek William Gilberttel a következő kérdésekről:

„A tudományban hogyan jut el valaki új ismeretekhez?”

„Mennyiben jellemző az Ön kutatási tevékenysége a tekintetben, ahogy a tudomány új ismereteket hoz létre?”

A tanulók leírják (esetleg előadják/eljuttassák) az interjút, felhasználva azokat az eredményeket, amelyeket a reflexió során dolgoztak ki. Itt újfent segítség kérhető a feladat megoldásához egy információs kártyáról.

## 5. A tudomány természete: a történeti és filozófiai háttér

### 5.1 Elektromos és mágneses erők a fizika történetében

A mágnesség és az elektromosság jelensége legalább a régi görögök óta ismert. Tudjuk, hogy már milétoszi Thalész (i.e. 624–546) felfedezte, hogy a mágnesvasérc (lásd *I. ábra*) vonzza a vasat és más mágnesvasérceket. A 17. század elejéig ezeket a mágnesvasérceket tekintették a mágneses erő egyetlen forrásának. A korai ismeretek a borostyánkővekről (lásd *II. és III. ábra*) szintén visszavezethetőek Thalészig. Erős dörzsölés után a borostyánkő képes magához vonzani könnyebb tárgyakat. A régi görög szó „elektron”, angolul amber, németül Bernstein, magyarul borostyánkő, a mai napig arra a kapcsolatra utal, amely az elektromosság felfedezése és eme különleges kő között található. Továbbá általánosan ismert volt, hogy amíg a mágnesvasércek megtartják a maguk különleges tulajdonságait, addig a borostyánkő vonzási képessége általában rövid idő után kimerül. A borostyánkővet időnként újra és újra meg kell dörzsölni, hogy megtartsa a vonzási képességét.

A modernség korai időszakában, amikor megalkották az első irányítúket, a vonzás tulajdonságai, valamint a mágnesvasércek és később a mágneses tűk észak-dél irányultsága kifejezetten fontossá vált. A jelenségek befolyásolták a tengeri navigációt, a föld alatti tájékozódást a bányászatban, a földmérést éppúgy, mint az ágyúk lehető legpontosabb pozícionálását. A borostyánkő és a mágnes erőinek világos, jelenségszintű elkülönítése mégis váratott magára. Girolamo Cardano (1501–1576) volt az egyik első tudós, aki rámutatott, hogy nem csak hasonlóságok, de különbözőségek is megfigyelhetők eme két különböző fajta kő vonzási hatásában. Először a londoni William Gilbert kísérletei segítettek a hasonlóságok és különbségek részletes kidolgozására 1600 körül. Munkáját latin nyelven publikálta „De Magnete” cím alatt (lásd *IX. ábra*), amely gyorsan az elektromos és mágneses jelenségek alapvető kézikönyvévé vált. A *kísérletekre épülő* természeti kutatások szintén ebben az időszakban jelentek meg. Így tehát nem meglepő, hogy Gilbert képes volt megdönteni azt az évezredek elköpzelést, hogy gyémánt vagy akár fokhagyma hatására a mágnesvasérc elveszíti lényegi tulajdonságait.

### 5.2 William Gilbertről

William Gilbert (lásd *X. ábra*), esetleg Gilberd vagy Gylberde, 1544. május 24-én született az Essex megyei Colchesterben, Angliában és 1603. december 10-én halt meg Londonban vagy Colchesterben. Gilbert jómódú, középosztálybeli családból származó angol fizikus és természettudós volt. Miután befejezte Cambridge-ben az orvosi tanulmányait, orvosi praxist alapított Londonban 1573 körül, és tagja lett az Orvosok Királyi Kollégiumának (Royal College of Physicians), amely a londoni orvosok társasága volt. 1600-ban még a kollégium elnökének is megválasztották. A következő évtől I. Erzsébet királynő, majd I. Jakab személyi orvosa volt. Gilbert sohasem házasodott meg.

Nagy érdeklődést mutatott szülőföldje bányászati tevékenységei iránt (lásd *XI. ábra*) és jól ismerte kora fémfeldolgozását. Bányászokkal való rendszeres kapcsolatának köszönhetően kísérleteket dolgozott ki a vasércek mágnességének vizsgálatára. A javaslatokat és ötleteket, amelyeket a bányászokkal való

beszélgetéseiből merített, részben segítségükkel valósította meg, de volt, hogy laboratóriumában fejlesztett belőlük kísérleteket.

A kor társadalmában a tengeri hajózás meghatározó fontosságú volt és hatott Gilbert kutatásaira is. Csodálta a tengerészeket, a Földet körülhajózó honfitársait: Sir Francis Drake-el és Thomas Cavendish-el az általuk használt tengeri eszközökről szerzett tapasztalataikról beszélgetett.

### 5.3 Gilbert kutatása

William Gilbert sikeresen elkülönítette a mágnesvasérc vonzását az elektromosan töltött anyagok vonzásától. Kezdetben az anyagok elektromos gerjeszhetőségével kapcsolatban végzett kísérleteket, dörzsölés által gerjeszhető és nem gerjeszhetőre osztva fel őket. (Ezeket a kísérleteket olyan könnyű anyagokon végezte el, mint a szalma és a borsóhüvely.)

Megalkotta az „elektromosság” kifejezést is, amelyet arra használt, hogy leírja azt a jelenséget, amelyet a dörzsölt anyag elnyer, amennyiben elektromosan gerjeszhető. Az elektromosan gerjeszhető anyagokat így „elektrikusnak”-nak, a nem gerjeszhetőket pedig „nem elektrikusnak”-nak nevezhette.

Miután minden kétséget kizáróan megállapította a fa és a fémek elektromos gerjeszhetőségét afféle korai elektromosság-skálaként használta őket, ez volt az ő úgynevezett „versorium”-a (magyarul „körülforduló”, lásd *XII. ábra*). Két változata ismert: fém vagy fa rudak egy selyemfonálra erősítve vagy egy tű tetejére helyezve. Ezek az eszközök kifejezetten érzékenyek voltak az elektromos vonzásokra.

Gilbert ezekkel a módszerekkel igen nagyszámú kísérletet hajtott végre. A következő jellegzetességek alapján képes volt elkülöníteni egymástól a mágneses és az elektromos vonzást (lásd I. eredeti szöveg):

Jellegzetesség 1: „Vonzott objektumok (változatossága)”

Jellegzetesség 2: „A vonzás állandósága”

Jellegzetesség 3: „A vonzás megszűnése”

Jellegzetesség 4: „A vonzás árnyékolása”

Ez a világos megkülönböztetés, amelyeket a kísérletek során szerzett tapasztalatokból vezetett le, korábban nem létezett. A szükséges segédanyagok és információk Gilbert kísérleteiről a 7.1-es bekezdésben találhatóak meg.

### 5.4 A tudomány természete

#### 5.4.1 Kategorizálás, elhelyezés, megkülönböztetés

„Fiatalság” tudományos diszciplinákban, amelyekre kifejezetten jellemző az elméleti keretek (és így a magyarázatok és előrejelzések) hiánya, kedvező lehet valamiféle kísérleti stratégia alkalmazása [5]. A természeti jelenségek vizsgálata, tagolása, válogatása és osztályozása annak érdekében történik meg, hogy elkülöníthetők legyenek a különböző jelenségtérületek egymástól, hiszen így lehetséges világos tapasztalati szabályok kialakíthatása. (Ebben az esetben: „Két különböző vonzás fedezhető fel.”) Az ilyen fajta kísérleti kutatás jellegzetesen induktív.

Az ehhez tartozó eljárás a vizsgált tárgy folyamatos, tervezett megváltoztatása, amely Gilbert kísérleteiben úgy jelenik meg, hogy egy bizonyos időpontban mindig csak egy új anyag kontrollált vizsgálatát hajtja végre és apparátusát csak elemenként cseréli ki. Ennek eredményeképp számos kísérletet és megfigyelést kell elvégezni.

Gilbert megközelítése egy korai szakaszban lévő tudományos diszciplína jellegzetességeit mutatja: kísérletek célja, hogy a tulajdonságok tagolásával, megkülönböztetésével és osztályozásával új jelenségeket vizsgáljunk meg. A borostyánkőről régóta köztudott volt, hogy dörzsölés hatására vonzani tud tárgyakat. Gilbert képes volt kiterjeszteni azon anyagok listáját, amelyek dörzsöléssel hasonlóan gerjeszhetőek. Ezek között voltak a gyémántok, zafírok, opálok, de ugyanúgy az üveg, a kén és a pecsétviasz is. Még nagyobb volt azoknak az anyagoknak a listája, amelyek vonzhatóak voltak, de nem voltak gerjeszhetőek dörzsöléssel ennek ellenére. Gilbert kísérleteinek megfelelően hatalmas számú anyag került közéjük, még a fa és a víz is. Gázokról azonban nem feltételezték, hogy rendelkezhetnek ezzel a tulajdonsággal. Gilbert kortársai között szinte kétségbevonhatatlan ténynek számított, hogy ahhoz, hogy egy anyag vonzó képességre teyen szert, meg kell dörzsölni.

Gilbert kategóriái, mint a „vonzott objektumok”, a „vonzás erőssége”, a „vonzás állandósága”, és a „vonzás megszűnése” szabadon kiegészíthetőek a diákok által (pl. a „vonzás árnyékolása”, „észak-dél irányultság”, stb. (Lásd I. eredeti szöveg.)

Mutassunk rá, hogy a kategorizálás, az osztályozás és a megkülönböztetés a tudományban általánosan használt. A kémia például leginkább azzal jellemezhető, hogy osztályozza a különböző anyagokat. A kémia legfontosabb és legjobban ismert osztályozási rendszere a periódusos rendszer, amely a kémiai elemeket

tapasztalati és elméleti szempontok alapján rendszerezi. A biológiában az élő organizmusok családfák és fajok szerint vannak osztályozva, mindkettő fontos eszköz a természeti világ megértésében.

#### 5.4.2 A tudósok személyisége és egyedi jellemzőik (lásd „William Gilbertől”)

Gilbert érdeklődése és tudása a bányászatról és a tengeri hajózásról jól mutatja, hogy a kultúra és a társadalom hogyan határozza meg a tudományt. A tudósok igen gyakran bizonyulnak a „koruk gyermekeinek”, akiknek az érdeklődését és cselekedeteit koruk társadalmi körülményei inspirálják. Ennek megfelelően épült Gilbert „versorium”-a (lásd *XII. ábra* és a javaslatokat a kísérletekhez) az iránytűk konstrukciós módszerére. Mivel a tudomány és a tudósok koruk kultúrájába és társadalmába integrálódnak, cselekedeteiket, érdeklődésüket és motivációikat történelmi környezetük alapján érthetjük meg.

#### 5.4.3 A kutatási folyamat dokumentációja és az eredmények igazolása

A hivatalos publikációk mellett számos, eredetileg nem publikus dokumentálási módszer létezik a tudományban, amelyek közül mi most a laboratóriumi naplóra szeretnénk rámutatni. A laboratóriumi naplók nem önmagukért vannak, de fontos szerepet töltenek be a tudományban. Közöttük található:

- Az eredmények igazolása a kollégák előtt
- A kísérleti eredmények, elméleti elképzelések vagy eszközfejlesztések eredetiségének dokumentálása (pl. ha valaki szabadalmaztatni akar).
- Igazolni a kutatás eredetiségét és biztosítani, hogy nincsenek hibás eredmények
- Esélyteremtés a kutatás folytatására megszakítás vagy visszaesés után
- Megteremteni annak a lehetőségét a kollégák számára, hogy folytathassák a kutatást
- A konklúziók alátámasztása
- Kísérleti adatok elemzése és összevetése
- Gondolatok és meglátások lejegyzése
- Elméleti elképzelések finomítása
- Publikációk előkészítése

A javasolt feladatokra alapozva (lásd II. és VI. anyag) a tanulók megbeszélhetik a dokumentáció fontosságát a kutatás rekonstruálása szempontjából. Azonban azt a látszatot, amely azt sugallja, hogy egy laboratóriumi napló a kutatás tökéletesen objektív képét adja, kerüljük el. Mint ahogy minden felhasznált eszköz és megtervezett kísérlet, minden megfigyelés és adat is a viszonylagos megfigyelő teoretikus hátterét tükrözi. Ezek a megfigyelések már eleve úgy születtek meg, hogy a tudós fejében bizonyos elméleti elképzelések voltak, és a publikáció során a jegyzőkönyvek adatai újraértelmezésre kerülnek. Fontos, hogy a kísérleti tevékenység bizonyos elemei nem is dokumentálhatóak. Bár a tudomány eme dimenzióját hallgatlagosnak nevezik, mégis szükségszerű előfeltétele a kutatásnak<sup>1</sup>.

#### 5.4.4 A kutatás célorientáltsága – tudomány és technológia bevonása

Lehetséges egy lépéssel továbbmenni és a 17. század kezdetét a kapitalizmus korai virágzásaként bemutatni (pl. a munkafolyamatokat gazdasági megfontolások is irányítják). Ennél fogva Gilbert kutatását célirányosnak nevezhetjük: a vonzás jelenségének kutatása és magyarázata és a természeti jelenségek erre épített elkülönítése hozzá tud járulni a természetben lévő erők jobb megértéséhez és felhasználásához. Így a kutatás az ipari folyamatok növekvő termelékenységéhez (bányászat, fémipar) vagy éppen a kereskedelmi utak hatékonyságának és biztonságának a növekedéséhez (tengerészeti eszközök) vezethet. Ebben az esetben tudomány és technológia viszonya nem egyértelmű, hanem Gilbert vállalkozásának különböző területei határozzák meg.

### 6. Célcsoport, a tanmenet hangsúlya és a didaktikai célok

Ez a rész egy nagyobb esettanulmány része, amely az elektromosság történetéről szól. 6-tól 9. osztályos tanulók számára lett összeállítva. A fizika tanításában az elektromosság tanításának fontos szerepe van.

#### 6.1 Tanulási célok és kompetenciák

##### 6.1.1 A tudomány természete

A tanulóknak képesnek kell lenniük, hogy...

- bemutassák, hogy a tudományos kutatás **eredményeinek, eszközeinek és folyamatainak dokumentálása** általános jellemzője a tudományos gyakorlatnak.
- a **laboratóriumi naplót** a dokumentáció módszereként nevezzék meg.

- a **jelenségek elkülönítését és osztályozását** bizonyos jellegzetességek mentén tudományos megközelítésként azonosítsák (és alkalmazzák).
- megállapítsák, hogy a tudósok érdekek, érdeklődés, de egyben célok által motiváltak.
- megállapítsák, hogy a tudományos kutatás irányát az aktuális **technikai szükségletek** befolyásolják.

#### 6.1.2 A tudományos kutatáshoz kapcsolódó kompetenciák

A tanulók lehetőleg...

- **csoporthoz** oldják meg a feladataikat
- **ügy ellenőrizték az eredményeiket**, hogy összehasonlítsák őket másokéival
- az eredményeik érvényességére építve becsülik fel a lehetséges **hibaforrások** hatását
- készítsenek **egyszerű vázlatokat**
- **vonjanak le általános következtetéseket** a tapasztalati evidenciákra építve
- alakítsanak ki segítséggel vagy anélkül **magyarázatokat** az előfeltevéseik ellenőrzésére
- **tervezzenek meg és hajtsanak végre egyszerű kísérleteket** (különböző fokú önállóság mellett)
- gondosan rögzítsék az észrevételeiket és készítsenek táblázatokat (segítséggel vagy anélkül)
- használják fel a megfigyeléseiket az előfeltevéseik **igazolására** (segítséggel)
- **tudatosítsák munkájuk előrehaladását** és használjanak segédeszközöket, ha szükséges

#### 6.1.3 Tartalomfüggő kompetenciák

A tanulóknak képesnek kell lenniük...

- a mágneses és az elektromos vonzás **jelenségeinek az elkülönítésére** azok jellegzetességei alapján
- a különböző **anyagok megnevezésére, amelyek dörzsöléssel gerjeszthetők**
- a **vonzás** mint töltött (elektromosan gerjesztett) tárgyak közötti erőhatás **megnevezésére**
- a **könnyű tárgyak** vonzásának megnevezésére **mint egy lehetséges mód, amelyen keresztül igazolható az elektromos töltés** (az elektromosan gerjesztett tárgyak)
- egy egyszerű **eszköz** megnevezésére, amely **igazolja az elektromos töltés** (az elektromosan gerjesztett tárgyak, ld. versorium) **létezését**
- kvalitatív leírást adni **az erőhatás működéséről elektromosan töltött tárgyak közvetlen közelében**
- a **mágneses testek osztályozására** azoknak a különböző anyagok esetében megfigyelt erőhatások kifejezéseit használva
- az állandó mágnesek leírására **északi és déli pólussal**
- **egy iránytű használatának és elkészítésének** leírására és működésének jelenségszintű értelmezésére
- az **iránytű** következményeinek a megnevezésére **történeti és társadalmi kontextusban**
- egyszerű, **demagnetizáló kísérletek** kivételzésére

### 6.2 A tanulók tévképzetei és akadályok a tanulásban

A tanulók hajlamosak összekeverni egymással a mágnesesség és az elektromosság jelenségeit. Gyakran előfordul, hogy összezavarodnak a megfelelő terminológia használatától. A zavar akkor válik nyilvánvalóvá, ha egy elem vagy egy mágnes déli és északi pólusáról kezdenek el beszélni. Továbbá gyakran használnak a mágneses és elektromos jelenségek leírására olyan antropomorf analógiákat, mint a szeret/nem szeret, a vonz/taszít.

A tanároknak tudatában kell lenniük ezeknek a problémáknak, mivel az elektromos és mágneses jelenségek elkülönítését a kapcsolatos terminológia pontos használata segíti elő. A világos elkülönítés időlegesen újra veszélybe kerül, ha a tanulók megismétlik Gilbert kísérleteit. Ennek érdekében, hogy csökkentjük a jelenségek későbbi összekeverésének lehetőségét, a tanulóknak nem csak el kell fogadniuk a különbségek létezését, de meg is kell tanulniuk azok elkülönítésének módszereit. Nagyon fontos, hogy a mágnesesség és elektromosság világos elkülönítése az elektromágneses jelenségek tanítása előtt megtörténjen. Máskülönb a két jelenségtérület viszonya nem válik egyértelművé a tanulók számára.

## 7. Tevékenységek, módszerek és média a tanulásban

### 7.1 Kísérletek a mágneses és az elektromos vonzóerők Gilbertnek alapján történő elkülönítésére

Szükséges anyagok

**Anyagok az elektromosításhoz:**

- borostyánkő
- kvarc/kavicskristály
- zsírke
- timsó kristály
- só (mint kőfele, pl. sólámpákban)

- peccsétviasz rudak
- kolofónium (gyanta)
- üveg rudak (másodmegoldásként műanyag – pl. polietilén – rudak)
- Tárgyak dörzsölésre: gyapjú és pamut ruha; gyapjú, selyem és macskaprém

#### **Mágneses anyagok:**

- különböző mágnesek/mágnesvasérc/magnetizált vasérc

#### **Teszteszközök 1:**

- hüvelytok
- fa (forgács és vékony rudak)
- száraz föld, apró kövek
- só (szemek)
- füst (pl. elfűjt gyertyából)
- gyapjú és pamut fonalak/cérna
- papír darabok (konfetti)
- sárgaréz forgács (pl. hulladék műhelyekből)
- vasdarabok ill. por, selyemfonál

#### **Teszteszközök 2:**

Gilbert versoriuma (lásd *XII. ábra*): vékony fa- vagy fémrúd, pl. szigetelés nélküli drót

#### **Instrukciók:**

A rudak vagy a drótok elhelyezhetőek egy parafadarab közepébe szúrt tűn vagy fölfüggeszthetőek egy selyemfonálra.

Gilbert értelmezésében az elektromosan gerjesztett tárgy nem érintheti a rudat, máskülönben töltéscsere történne a tasztítást követően.

#### **Instrukciók**

Annak érdekében, hogy az elektromosan gerjeszthető anyagok vonzása elkülöníthető legyen, a tanulók megpróbálják dörzsölés révén szándékosan elektromossá tenni az adott anyagokat.

Ezek után a gerjesztett vonzást könnyű tárgyakon vagy a versoriumon tesztelik.

Az így kapott eredmények fogják képezni az integrált tanulás és egy explicit reflexió alapját a mögöttes tudományos módszerre vonatkozóan (megkülönböztetés a jellegzetességeknek megfelelően, lásd 5.4-es fejezet, valamint a kapcsolatos didaktikai célokat).

A kísérletet Gilbert fiktív laboratóriumi naplója (lásd tanulók I. és V. anyaga) és az arra vonatkozó feladatok irányítják (lásd. tanulók I. és V. anyaga), amelyeket arra is felhasználhatunk, hogy a tanulók elgondolkodjanak a tudományos kutatások folyamatának a dokumentációjáról.

#### **Gilbert tudományos gyakorlata**

##### **1. Elektromos gerjeszthetőség és vonzhatóság**

Az anyagok elektromos gerjesztése érdekében Gilbert az említett 'tárgyak dörzsölésre' címszó alatt található dolgokkal dörzsölte meg az anyagokat, mágnesnek pedig magnetizált vasércet használt. A fa és a fémek vonzását a következőképpen tesztelte: egy darab szabadon függő fonálra vízszintesen vékony rudakat függesztett fel, majd az elektromosan gerjesztett anyagokat vagy mágneseket a rudak valamelyik vége felé kezdte el közelíteni. Ha a rúd elfordult, az anyag nyilvánvalóan vonzható volt. Ebben az esetben jól látható a hasonlóság egy egyszerű, felfüggesztett iránytűhöz.

Kezdetben úgy bizonyosodott meg az első tesztelt anyagok elektromos gerjeszthetőségéről, hogy megdörzsölte őket. Ezt követően ellenőrizte, hogy képesek-e vonzást gyakorolni azokra a könnyű tárgyakra, amelyek már korábban reagáltak a megdörzsölt borostyánkőre, vagyis azokra, amelyekről biztosan tudható volt, hogy elektromosan vonzhatóak. Azokat az anyagokat használta további kísérletek kiindulópontjául, amelyekről most már tudta, hogy elektromosan gerjeszthetőek. Fokozatosan bővítette mind az elektromosan gerjeszthető, mind az elektromosan gerjesztett tárgyakkal vonzható anyagok listáját.

## 2. Az elektromos és a mágneses vonzás elkülönítése

Gilbert továbbmegy, hogy a vonzásuk hatása szempontjából hasonlítsa össze az elektromosan gerjesztettként azonosított anyagokat a mágnesvasércekkel. Legalább négy megkülönböztető kritériumot tud felmutatni a kétfajta vonzás tekintetében.

### 1. kritérium: „Vonzott objektumok (változatossága)”

Amíg az elektromosan gerjesztett anyagok minden könnyű tárgyat vonzanak, addig a mágneses tulajdonságok fémtestekre és mágnesekre korlátozódnak.

A következő, további különbségek kísérletekkel könnyen tesztelhetők:

#### 1. Kritérium: „A vonzás erőssége”

Még gyenge mágnesek is képesek megemelni hozzájuk képest nehéz tárgyakat, míg az elektromos vonzás, úgy tűnik, pusztán kicsi és könnyű tárgyakra korlátozódik.

#### 2. kritérium: „A vonzás állandósága”

Amíg az elektromosan gerjesztett állapot bizonyos időtartam után megszűnik és dörsöléssel kell megújítani, addig a mágneses vonzás állandó jelenség. Még a rálehelés sem váltja ki, hogy egy mágnes elveszítse a vonzóerejét.

Ennél a pontnál beszélhetünk a mágnesség elvesztéséről hevítés vagy mechanikai hatások következtében, amennyiben a tanulók ilyesfajta kérdéseket tennének fel. A véletlenszerű rázkódás (pl. elejtés) az elektromosan gerjesztett tárgyak esetében is a vonzóképeség elvesztéséhez vezet (földelés), ez problémaként felvethető. Így még világosabbá válik, hogy Gilbert kritériumai messze vannak attól, hogy magától értetődőnek tekinthessük őket.

#### 3. kritérium: „A vonzás megszüntetése”

Amennyiben rálehelünk az elektromosan gerjesztett tárgyakra, a gerjesztett állapot megszűnik. A mágnesekkel szemben, amelyeket még vízbe is lehet meríteni anélkül, hogy elveszítsék a vonzóerejüket, a nedvesség az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzóerejének elvesztéséhez vezet.

#### 4. kritérium: „A vonzás árnyékolása”

Az elektromos vonzás hatását szinte minden anyag le tudja árnyékolni, míg a mágneses vonzás megmarad.

#### 5. További nyilvánvaló kritériumok

Az elektromosan gerjesztett tárgyaknak nincs észak-déli pólusa, és nem rendeződnek kitért irányba.

## 7.2 Segédanyagok a tanulók számára

### I. anyag:

London, 1600. február 11.

Kísérleteim a különböző anyagok vonzási képességéről olyasvalaminek a folytatásai, amelyről, úgy tűnik, nem tudunk többet, mint amit megörököltünk a régi görögöktől. Lehetséges azonban építeni erre a tudásra – például arra, hogy erős prémmel vagy ruhával történő dörsölés után bizonyos anyagok elektromosan gerjesztetté válnak, és papírdarabokat vagy szalmát kezdenek el vonzani. A borostyánkő elektromos gerjeszthetőségét szintén fel tudom használni a kutatásaimhoz.

Ma azt próbálom kutatni, létezik-e két különböző fajta vonzás – az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzása és a mágnesvasérceké – vagy mindkét esetben egy hatásról van szó.

#### Korábbi kísérleteimből a következő hipotézishez jutottam el, amelyet ma tesztelni akarok:

A különböző fajta vonzások talán különböznek egymástól a tekintetben, hogy milyen fajta (vagy mennyiségű) anyagokat vonzanak. Ha ez a helyzet, a mágnes más anyagokat vonz, mint az elektromosan gerjesztett tárgyak.

Először meg kell vizsgálnom, mely anyagok gerjeszthetők elektromosan, és le kell őket jegyeznem. Azután azokat a tárgyakat, amelyeket az elektromosan gerjesztett anyagok vonzanak, össze fogom hasonlítani azokkal, amelyeket a mágnesek.

A kísérleteimhez a következő anyagokat fogom használni:

[...]

Az elektromos gerjeszhetőségük szempontjából tesztelendő anyagok:

[...]

A vonzás hatásának alávetett tárgyak a következők:

[...]

Az összes megfigyelésem és ötletem:

[...]

Egy ötlet az eszközeimhez: Az iránytű működésének a módja adott ötletet – föl fogok függeszteni egy farudat olyasképpen, hogy szabadon tudjon forogni. Az elektromosan gerjesztett anyag így képes lesz körbefordítani.

Az észrevételeim alátámasztják-e a hipotézisemet? vagy nem?

Eme kísérletek során néhány új jellegzetesség jutott az eszembe, amelyek feltehetően megkülönböztetik a kétfajta vonzást.

[...]

Részlet Gilbert sérült (fiktív) laboratóriumi naplójából – kísérletek mágnesek és elektromosan gerjesztett tárgyak vonzóerejével kapcsolatban.

## II. anyag:

Az I. anyaggal kapcsolatos feladatok tanulók számára

1. feladat

Most már ismeritek Gilbert laboratóriumi naplójának egy részét, vagy legalábbis azt, ami megmaradt belőle. Próbáljátok megcsinálni a saját kutatásotokat a megsemmisült részek helyreállítása érdekében.

Mindent jegyezzetek le, amit csináltok, minden egyes megfigyelést és ötletet.

1) Először vizsgáljátok meg, mely tárgyak gerjeszthetők elektromosan dörzsöléssel és melyek nem. Gilbert leírta, mindez hogyan lehetséges.

2a) Határozzátok meg, mely anyagokat vonzzák az elektromosan gerjesztett tárgyak vagy a mágnesek, és melyeket nem.

2b) **Érthetően** rendszerezétek az elektromosan gerjesztett és a mágneses tárgyakról kapott eredményeitek, de **előtte** gondolkodjatok el róla, hogy ez hogyan vihető véghez a legjobban.

Ha nem vagytok benne biztosak, kaphattok tanácsot az 1a instrukciós kártyáról.

3) Most egészítsétek ki a laboratóriumi napló hiányos részeit.

4) Töprengjetez tovább azon, hogy a kétfajta vonzás miben különbözhet még egymástól. Fejtsétek ki, hogyan jutottatok el ehhez a feltételezéshez, és hogy hogyan lehetne azt kísérletileg tesztelni. Ha nincs semmilyen ötletetek, az 1b instrukciós kártya valószínűleg a segítségétekre lehet.

## III. anyag:

Választható instrukciós anyag a tanulók megsegítésére az 1. feladat során.

### 1a instrukciós kártya

William Gilbert a maga idejében az első tudósok egyike volt, akik kiterjedt tudást halmoztak fel a kísérletek során. Annak érdekében, hogy a számos anyagot, kísérletet és megfigyelést nyomon tudja követni, lehetséges, hogy egy **táblázatot** vagy egy **listát** használt. Feltehetően leírta, milyen mágneset vagy elektromosan gerjesztett tárgyat használt, és hogy milyen anyagokat tudott vagy éppen nem tudott velük vonzani. Ez lehetővé tette a számára, hogy eldöntse, különböznek-e a tekintetben a mágnesek és az elektromosan gerjesztett tárgyak, hogy milyen anyagokat vonzanak. A táblázata a következőképpen nézhetett ki:

Vonzásnak alávetett különböző anyagok

vonzást gyakorló anyag:

Vagy csak a mágnesvasérc vagy csak az elektromosan gerjesztett anyag által, vagy mindkettő, vagy egyik által sem.

csak a mágnesvasérc által

Fűrészpor

...

...

...

...

...

...

...

...



**IV. anyag:**

További választható instrukciós anyag a tanulók megsegítésére az 1. feladat során.

**1b instrukciós kártya**

Gilbert először a szerint próbálta megkülönböztetni a mágnesek és az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzerejét, hogy mennyi és melyik anyagokat (és melyeket nem) vonzzák. Talán a következő kritériumok szerint is különböznek:

**Erő** (Mekkora súlyt képesek felemelni az erők?)

**Állandóság** (Milyen hosszú ideig tart a vonzás? Hogyan lehet megszüntetni?)

Ki tudtok találni más megkülönböztető kritériumokat?

**V. anyag:**

Részlet Gilbert sérült (fiktív) laboratóriumi naplójából – észrevételek és kísérletek az elektromosan gerjesztett tárgyak és mágnesvasércok vonzásának nedvesség általi gyengítésére.

London, 1600. február 12.

Miután a tegnapi nap oly sikeres volt annak megállapításában, hogy milyen különbségek vannak a mágnesek és az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzásában, ma további kísérleteket fogok végrehajtani, hogy hogyan másképpen különbözik még egymástól ez a kétfajta vonzás. Már tegnap úgy tűnt nekem, mintha az elektromosan gerjesztett tárgyak vonzóereje fokozatosan... Kifejezetten akkor, amikor...

A hét elején, amikor ... időnk volt, szintén azt tapasztaltam, hogy...

Ez egy további kritérium volna a kétfajta vonzás megkülönböztetésére!

A feltételezésem így ez:

Még egy egyszerű kísérletet is kigondoltam a feltételezésem letesztelésére:

Egy egyszerű eszközt fogok használni, amellyel le tudom tesztelni az elektromos vonzást éppen úgy, ahogy egy iránytű leteszteli a mágneses vonzást. *Versoriumnak* neveztem el. Amikor egy elektromosan gerjesztett anyag vagy egy mágnesvasérc közelít hozzá, feléje fog fordulni.

A kísérleteim sokkal egyszerűbbé és megbízhatóbbá fognak vele válni.

A megfigyeléseim és hogy megerősítik vagy cáfolják a feltételezésemet:

[...]

**VI. anyag:**

2. feladat

Most már ismeritek Gilbert laboratóriumi naplójának második megőrződött oldalát. Nyilvánvalóan észrevett néhány további különbséget a kísérletei során a vonzóerők tekintetében.

*Biztosan ti is ki tudjátok egészíteni ezt az oldalt!*

Gondosan írjátok le az észrevételeiteket!

Csak akkor használjátok a **2-es instrukciós kártyát**, ha nincs semmilyen ötletetek.

**VII. anyag:**

További választható instrukciós anyag a tanulók megsegítésére az 1. feladat során.

2-es instrukciós kártya

William Gilbert rájött, hogy bizonyos idő után az elektromosan gerjesztett tárgyak elveszítik könnyű tárgyakat vonzó képességüket. Ez annál gyorsabban következik be, minél nedvesebb a köztes levegő – vagyis biztosan írt arról, hogy a vonzás egyre gyengébb és gyengébb lesz, amikor esős idő van. Már az ő idejében is ismert volt, hogy jelentős mennyiségű víz (vízpára) van a kilehelt lélegzetben. Talán a vonzás **gyengébbé** válik, amikor **az elektromosan gerjesztett anyagok irányába leheljük ki a levegőt**.

Kísérletei során feltehetően több, különböző, elektromosan gerjesztett tárgyra és mágnesvasércre lehelte rá, és vizsgálta meg, hogy azután is képesek-e kifejezteni a vonzóerejüket.

A feltételezésének illeszkednie kell ahhoz a kérdéséhez, hogy hogyan lehet megkülönböztetni két különböző fajta vonzást. Ez a következő lehetett:

**Feltételezem, hogy a mágneses és az elektromos vonzás különbözik egymástól a nedvességre adott reakciójukban. Talán az elektromos vonzóerő eltűnik nedvesség hatására, míg a mágneses vonzóerő nem.**

Próbáljátok meg **kigondolni egy kísérletet**, amely alkalmas a feltételezés tesztelésére. Feltehetően újra szükségetek lesz mágnesekre, elektromosan gerjesztett anyagokra és könnyű tárgyakra.

**Végezzétek el a kísérletet és írjátok le az észrevételeiteket!**

**Most használjátok a megfigyeléseiteket:** vonjatok le egy következtetést az előzetes feltételezéseitek **megerősítésével** vagy **cáfolatával** és jelöljétek meg azokat a megfigyeléseiteket, amelyeket a legfontosabbnak gondoltok!

### **VIII. anyag:**

2. feladat

Gondoljátok el, hogy 1600-at írunk, és próbáljátok meg elképzelni, hogy interjút készítetek William Gilberttel a következő témában: **„Hogyan hoz létre a tudomány új ismereteket?”**

Alkossátok meg az interjút dialógus formájában! Itt egy példa az elkezdéshez:

Riporter: Hogy van, Mr Gilbert? Nagyon köszönjük, hogy beleegyezett az interjúba.

Gilbert: Szívesen. Szeretek a munkámról beszélni.

Riporter: Mr Gilbert, csak mostanában állapította meg világosan a különbséget elektromosan gerjesztett és magnetikus tárgyak között, és az Ön könyve a témáról pillanatok alatt nagyon népszerű lett. Mit csinál most éppen, és kérem, beszéljen nekem arról, hogy az Ön kutatói munkája mennyiben tipikus a tudomány működésének a tekintetében!

Gilbert: ...

### **IX. anyag:**

További választható instrukciós anyag a tanulók megsegítésére az 1. feladat során.

Az instrukciós kártya az összehasonlításra/megkülönböztetésre fókuszál, mint egyre a számos módszer közül, valamint a laboratóriumi naplók szerepére a tudományban.

3-as instrukciós kártya

Gilbert azt válaszolhatná:

Ó, igen, azt szeretem csinálni! Annak érdekében, hogy meg tudjam válaszolni a mágneses és az elektromos vonzás közötti különbségekre vonatkozó kérdésemet, a **kísérleti módszert** használtam. Először az **előzetes tudásom** és a **kreativitás** segített abban, hogy kiötöljek egy **feltételezést**, amely talán segíthet megválaszolni a **kérdésemet**, már ha le tudom tesztelni.

Majd kitaláltam különböző **kísérleteket a feltételezésem ellenőrzésére**.

Végrehajtottam a tesztek és gondosan leírtam a **megfigyeléseimet**.

Azután **elemeztem azokat**, vagyis végiggondoltam, hogy **vajon a feltételezésem mellett vagy ellen érvelnek-e**.

Most kérdezték meg William Gilberttől a következőt – biztosan tudna erről valamit mondani:

*Azt szeretném Öntől kérdezni hogy:*

*Meg tudná magyarázni, hogy miért kell közel az összes tudósnek laboratóriumi naplót vezetnie?*

*Utolsó kérdésnek:*

*Tehát az Ön módszere az, hogy feltételezéseket tesztel kísérletekkel. Mi van a többi módszerrel? A tudósoknak tényleg szükségük van kísérletekre?*

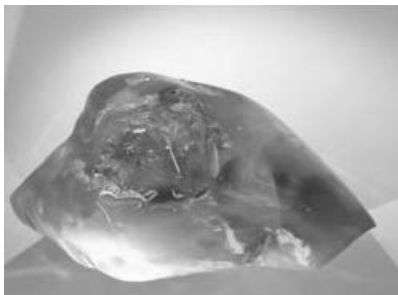
### **7.3 Képek és média**



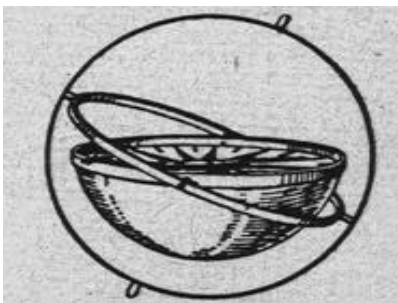
*1. ábra. mágnesvasérc/magnetit*



II. és III. ábra. természetes borostyánkő



IV. ábra. Kínai iránytű – a kanál, amelyet általában mágnesvasércből faragnak, egy palából készült táblán fekszik



V. ábra. kardáncsuklós iránytű tengeri használatra (a hullámzás kiküszöbölésére), 1570 körül.



VI. ábra. egy iránytű ábrázolása. Tollrajz Petrus de Maricout 14. század közepi „Epistola de magnete” című művének egy másolatából.



VII. ábra. bányászat Kínában.



THREE SEVERAL DEPTHS, OF WHICH THE FIRST, A, DOES NOT REACH THE TUNNEL, THE SECOND, B, REACHES THE TUNNEL, IN THE THIRD, C, THE TUNNEL WAS NOT THE DEEPER. (B-TUNNEL)

VIII. ábra. bányászat Angliában – az alagútásás különböző fokozatai. Az orientáció különösen fontos a legközelebbi akna elérése érdekében.



X. ábra. William Gilbert (Szül.: 1544. május 24., Colchester, Essex, Anglia; meghalt: 1603. december 10., London vagy Colchester).



IX. ábra. Gilbert „De Magnete” című, mágnesességről, mágnesvaserekekről és azok használatáról szóló könyvnek borítója.



XI. ábra. A Poldice bánya romjai Cornwallban, közel Gwennaphoz. A Poldice bánya művelés alatt állt a korai 16. századtól egészen a 1930-as évekig.



XII. ábra. Gilbert Versoriuma – Egy forgótengehyre erősített korai elektromosságmérő féműből készítve.

## 7.4 További forrásanyagok

### I. Elsődleges forrás:

A kategóriák listája, amelyek alapján Gilbert pontosan rögzítette a különbségeket a vonzóerők esetében.

Forrás:

Ferdinand Rosenberger (1882): A fizika története/2: A fizika története a kora újkorban.

[Gilbert] különbségeknak mondja:

*Míg az elektromosság egyedül dörzslésből származik, a mágnes olyan vonzóerőt mutat, amely természetes és kitartó kapacitással bír*

*A nedvesség semlegesíti az elektromosságot, míg a mágnes még akkor sem veszíti el a vonzóerejét, amikor kemény tárgyakat helyezünk eléje*

*A mágnes csak néhány tárgyat vonz, míg az elektromosság majdnem minden anyagra hat*

*A mágnes jelentős súlyú tárgyakat is megmozdít, az elektromosság pusztán könnyű anyagokat*

### II. Elsődleges forrásanyag:

Ferdinand Rosenberger William Gilbert munkájának tudományos módjáról (nem csupán vak hit a tekintélyben, nem csak a természet pusztá megfigyelése – hanem kísérletek és a megfigyelések magyarázata)

Forrás:

Ferdinand Rosenberger (1882): A fizika története/2.: A fizika története a kora újkorban. 38. oldal.

*Semmit sem tartalmaz a szokásos peripatetikus (arisztotelianus) természetfilozófiából, nem lenéző a természet megfigyelése tekintetében, párosítva azt a tekintély túlértékelésével, hanem éppen ellenkezőleg, teljes egészében a kísérletekre alapoz, és számos rendkívüli képességről tesz tanulságot a kísérleti módszer használata során előre nem látható természeti jelenségek föltérképezésében.*

*Gilbert egy új típusú fizikus, aki a maga szűkebb területén vetekszik Galileivel, és aki semmilyen tekintetben sem jelentéktelenebb nála ügyes kísérletezéseivel, még ha az a képessége, hogy magyarázza a megfigyelteket, nem is vetekszik Galileiével.*

## 8. Az oktatás és a tanulás akadályai

A következő észrevételek azt a célt szolgálják, hogy elősegítsék az anyag megfelelő használatát a tanár számára, és hogy tanácsot adjanak, hogyan segítsék elő a tanulóknak a tudomány természetéről kialakított reflexióit. Továbbá hasznos információt biztosítanak a rész hatékony tanításához szükséges pedagógiai képességekről.

### 8.1 Feladatok Gilbert laboratóriumi naplójának rekonstrukciójához

Az elmúlt néhány évszázad során megsemmisült laboratóriumi napló ötletét azért találtuk ki, hogy többféle, hiteles és önálló kutatási tevékenységet tegyen lehetővé a tanulók számára. A tanulóknak kísérleteket kell tervezniük, adatokat és bizonyítékokat kell gyűjteniük, feljegyzéseket kell készíteniük és konklúziókat kell levonniuk. Ez a megközelítés igazi kihívás a tanár számára, hiszen semmi sem biztosítja, hogy minden tanuló hasonló kísérleti eljárásokat fog kifejleszteni, és hogy ugyanazokhoz a megfigyelésekhez fog eljutni. Ennek következtében különleges anyagok segítségével útmutatást kell biztosítani a tanulók számára, amelyeket igénybe vehetnek, ha az szükséges. Ráadásul egymástól eltérő eredmények is megbeszélésre kerülhetnek a tanulók között. Reflektálniuk kell a kísérleti eljárásaikra és meg kell beszélniük a konklúzióikat és megfigyeléseiket. Éppen ezért a tanár támogassa a tanulók közötti megbeszéléseket a kísérleti bizonyítékokról és konklúziókról, hiszen ezek gyümölcsöző tevékenységek egyrészt annak érdekében, hogy a tanulók megtanulják, hogyan kell összeállítani a kísérleteket, másrészt pedig annak érdekében, hogy megtanulják, hogy az ellentmondások és problémák a tudomány természetes és elválaszthatatlan velejárói.

Korábbi tapasztalataik függvényében a lehetséges feladatok különböző módokon és kombinációkban ajánlhatóak fel a tanulóknak. Így a tanár számára lehetségessé válik, hogy a különbségek figyelembevételével minden tanuló a lehető legteljesebb mértékben mozdítson előre a fejlődésben. A konkrét tanulók képességeinek, kísérletekről való előzetes tudásának és különleges érdeklődésének megfelelően a tanár a következő, egymástól eltérő feladatokat vagy azok kombinációját ajánlhatja fel a számukra:

1. A tanulók megkapják az I. és az V. anyagot az ahhoz kapcsolódó feladatokkal együtt (II. és VI. anyag) minden további instrukciós támogatás nélkül.

2. A tanulók megkapják az I. és az V. anyagot az ahhoz kapcsolódó feladatokkal (II. és VI. anyag) és további instrukciós támogatással együtt (a III., IV. és VII. anyag megfelelő kombinációjával).

3. A tanulók szabadon döntenek, hogy akarják-e használni a további instrukciós anyagokat (III., IV., VII.) a feladataik során.

4. A Gilbert-tel készített interjú (VIII. anyag) használható kötelezően vagy szabadon választhatóan a tanár megítélésének megfelelően. A tanulóknak lehetőséget kell biztosítani, hogy szabadon kérjenek segítséget és használják a IX. anyagot annak érdekében, hogy az elősegítse saját, felelősségteljes és önálló tanulásukat.

A tanárnak minden esetben olyan módon kell segítenie a tanulókat, hogy minél önállóbban legyenek képesek rekonstruálni Gilbert kutatásának legfontosabb állomásait. A „kutatás” megkezdése előtt biztosítani kell, hogy minden tanuló teljes egészében megértse a következőket:

Van egy elsődleges kutatási kérdés: „Van-e különbség az elektromosan gerjesztett tárgyak és a mágnesek vonzóereje között?”

Gilbert kialakított magában egy elképzelést arról, hogyan különbözhet egymástól az elektromos és a mágneses erő. Megfogalmazott tehát egy elképzelést, és most kísérletekkel szeretné letesztelni.

### **8.2 A „reflexiós sarok” – egy módszer a tudomány természetének explicit és reflektív besorolására**

A „reflexiós sarok” egy módszer, amely elősegíti és strukturálja a tanulók reflexióit a tudományról és a tudományos tudás szerepéről, funkciójáról, feltételéről, tulajdonságairól és eredményeiről egy általános elképzelés felé a tudomány természetéről.

Tudj meg többet: <http://hipstwiki.wetpaint.com/page/Reflection+Corner>

## **9. Pedagógiai képességek**

Az esettanulmány kiértékelése jelenleg is folyamatban van.

## **10. Kutatási bizonyítékok**

Csatolt irodalom

[4] – A rövid esszé Gilbert eredményeiről tartalmaz egy megjegyzést Gilbert megkülönböztetésének a jelentőségéről az elektromosság és mágnesesség tekintetében.

Internetes források

[www.iki.rssi.ru/.../stern/earthmag/DDMGRv2.htm](http://www.iki.rssi.ru/.../stern/earthmag/DDMGRv2.htm) Gilbert “De Magnete”-beli eredményeinek az összefoglalása (német nyelven)

## **11. További, felkészítést segítő anyagok**

[1] Rosenberger, Ferdinand: The History of Physics. In Basic Principles with Synchronistic Charts of Mathematics, Chemistry, and Descriptive Science as well as General History. Part 2: History of Physics in Early Modern Times. Reprint, 1882. Hildesheim: Georg Olms, VI, 406 oldal.

[2] Priestley, Joseph (természettudós, 1733 – 1804): The History and Present State of Electricity, with original experiments. London: Printed for J. Dodsley, J. Johnson and T. Cadell, 1767. (3. kiadás, 1775 a Google Books-on)

[3] Hoppe, E. History of Electricity. Reprint, 1884. Liechtenstein: Sändig Reprints

[4] Zilsel, Edgar (1941): The Origins of William Gilbert’s Scientific Method. In: Journal of the History of Ideas. January 1941, Vol. 2, Issue 1, pp. 1–32

[5] Steinle, F. (1997). Entering New Fields: Exploratory Uses of Experimentation. Philosophy of Science, 64 (Supplement), 65-S74.

[6] Kipnis, N. (2005). Scientific Analogies and Their Use in Teaching Science. Science & Education, 16: 883-920.

*Andreas Henke – Dietmar Höttecke*

\* Magyar diákok számára érdekes lehet Polányi Mihály filozófiája, akinek komoly érdemei vannak abban, hogy a tudományos megismerés e hallgatólagos dimenziója vizsgálhatóvá vált.