

Otto von Guericke – Analógiák, erők és tudományos eszközök

Történeti-genetikus bevezetés az elektromosságba. A sorozat négy részéből a második modul. A tanórákhoz kapcsolódó videók elérhetők a <http://www.youtube.com/user/HIPSTTUBE> linken. A kengőmbbel végzett kísérletet lásd itt: <http://www.youtube.com/watch?v=q-YhR3G2rew>

1. Cím és kulcsszavak

„Otto von Guericke és a kengőmb – az elektromos taszítás és a tudományos eszközök szerepe”

Kulcsszavak: statikus elektromosság, elektromos taszítás, Otto von Guericke, kengőmb, tudományos eszközök, analógiák, Királyi Társaság (Royal Society), Robert Boyle

2. Szerzők és munkahelyek

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

3. Összefoglalás

Ez a rész Otto von Guericke elektromos taszítással kapcsolatos kísérleteiről a második abból a sorozatból, amely az elektromosság történetével foglalkozik. Célja, hogy bevezesse a tanulókat azoknak a kísérleteinek a menetébe, amelyek az elektrostatikus taszítás leírásához vezettek. Ez a rész 7-9. osztályos tanulók oktatására alkalmas. Otto von Guericke megközelítése, ahogy megalkotta a kengőmböt mint a Föld egy modelljét, betekintést nyújt az analógiás gondolkodás szerepébe a korai tudományban. Az ilyen érvelések fontos segítői a tudósoknak (lásd pl. hipotézisek alkotását), de egyben megtévesztők is lehetnek (pl. interpretációs eljárás) – és a tanulókkal közösen reflektálhatunk ezekre.

A rész fő célja az, hogy rekonstruálja a kengőmbbel vagy egy könnyen megépíthető helyettesítő eszközzel végzett kísérleteket. Az elektromos jelenségek vizsgálatán keresztül a tanulók betekintést fognak nyerni a tudományos eszközök szerepébe és funkciójába, és Guericke mérnökeiként saját maguk is meg fognak tervezni néhányat.

Tanulmányozni fogják, hogy milyen minőségi kritériumai vannak egy tudományos eszköznek, és hogy hogyan (és miért) fogadták Guericke eszközeit komoly fenntartásokkal kortársai. A modul rá fog világítani a tudományon belüli kritika jelentőségére és a tudományos eszközök megbízhatóságának értékelésére. Saját eszközeik megkonstruálása után a tanulók azonnal alkalmazni tudják a tudásukat egy hirdetési szöveget írva az eszközökről.

4. Az esettanulmány leírása és javaslatok a végrehajtáshoz

Ez az esettanulmány rövid tájékoztatással kezdődik Otto von Guericke-ről.

A következő szempontok lehetnek fontosak (lásd 5.1-es bekezdés):

- többszörös szerepvállalása tudósként, politikusként és erők tervezőjeként éppen úgy, mint
- a különböző munka- és kutatási területei (részletes várostérképek készítése, meteorológiai kutatás és időjárás előrejelzés, kutatás a légnyomás és a vákuum, az elektromosság, az asztrológia és az üstökösök kérdéskörében).

- motivációja a kutatáshoz (ez biztosítja a reális kontextust a taszítás eredményeihez): megtalálni és kategorizálni az összes természeti hatóerőt. Tehát Guericke nem egyedül az elektromos taszítás kutatását tűzte ki maga elé célként, ezért csak manapság becsüljük. Az eredményeit ennek a hatásnak mint kétség-telenül elektromos jelenségnek a bemutatásában és mások erről való meggyőzésében lelhetjük fel. Úgy-szintén a taszítás jelenségének szélesebb kutatási munkakeretbe való integrálásában (lásd alább), valamint a kutatási eszközében – a kengőmbben vagy kénlabdában: a tanulókat most még nem szabad informálni Guericke pontos kísérleti apparátusa (III. és V. kép).

Az I. anyag segítségével (Guericke fiktív felsorolása), a tanulók tervezhetnek egy, az elektromos erők vizsgálatára alkalmas tudományos eszközt. Ehhez először végig kell gondolniuk, hogy milyen jellegzetességekkel rendelkezik egy jó tudományos eszköz. A tanulók vázlatait össze lehet vetni egymással abból a szempontból, hogy milyen mértékben felelnek meg a Guericke által javasolt igényeknek; konkrétan, hogy olyan elektromos jelenségeket tudjanak produkálni könnyedén és megbízhatóan, amelyek elég erősek ahhoz, hogy részletes vizsgálat alá lehessen őket vetni (lásd 5.2.1-es és 5.2.2-es bekezdés).

Az ezzel a tevékenységgel kapcsolatos kérdések a következők lehetnek:

- Mi teszi az eszközödet jó tudományos eszközzé?
- Mihez van szükségük a tudósoknak tudományos eszközökre?

Guericke laboratóriumi naplójából származó vázlatait (lásd I. kép) most és nem korábban kell bemutattatni, majd egy képet a publikációjából (lásd III. kép) és még egyet a másolatáról (lásd V. kép). A tanulóknak ezután lehetőségük lesz röviden elgondolkozniuk, hogy Guericke miért ezt a kísérleti berendezést választotta.

A gömb a természet példájaként szolgál Guericke számára – minden, ami lehetséges a természetben, kutatható kell hogy legyen ezen gömbön keresztül. A forgó Föld analógiájaként szolgál a forgócsapra helyezett labda- vagy gömbalak, amellyel elektromos jelenségek hozhatók létre. Érdemes megemlíteni, hogy ez a szándékos analogikus konstrukció kifejezetten megszokott volt abban az időben. Az egész Földre (vagy univerzumra) vonatkozó kijelentéseket analogikus helyzetek hasonló jelenségeiből vezették le (lásd 5.3.2-es bekezdés). Ezen kívül a tudomány természetének legfontosabb elemeként „a megfelelő tudományos eszközök konstrukciója” központi szerepet fog betölteni ebben az esettanulmányban (lásd 5.2.1-es bekezdés). Az egyik minőségi kritérium Guericke számára, hogy a kéngömb minden fontos tekintetben hasonlítson a Földre.

Ezt a bevezetést egy kísérleti fázis követi, amelyben a tanulók rekonstruálják Guericke kutatását. A 7.1-es bekezdés azokat a kísérleteket írja le, amelyek előírhatóak a tanteremben kutatási tevékenységekként:

- „Az elektromos vonzás ismert jelenségeinek újraelőállítása”
- „Az elektromos taszítás bemutatása pehelytollakon vagy más könnyű testeken”
- „Lebegő toll”
- „A toll elektromos kisülése”
- „Gyenge elektromos kisülés/fluoreszkálás”

Számos lehetőség adott az esettanulmány végrehajtására:

A tanulók a következő (vagy hasonló) kérdéseket beszélhetik meg, ha rendelkezésre áll elég idő: „Az eszköz esetében úgy viselkednek az ismert jelenségek, ahogy az elvártad?” vagy „Milyen erőhatást gyakorol az elektromosan töltött gömb más testekre?” (Guericke leírása az elektromos taszításról az I. eredeti szövegben található meg.) További kutatási kérdés lehet: „Guericke feltételezte, hogy az elektromosság taszító hatása is lehet. Tervezz meg egy vizsgálatot Guericke eszközével ennek a feltételezésnek a tesztelésére!” Több szabadon választható vizsgálattal a fejükben a tanulók saját maguk fognak kérdéseket feltenni, ötleteket és kísérleteket kitalálni. Ehhez felhasználhatják Guericke azon általános célkitűzését, hogy a természet minden erejét felfedezze. Mechanikával és kinematikával kapcsolatos kérdések szintén felvethetők.

A kísérleti stádium után a reflexiók sarok egy nyílt reflexiójára építve a tanulók ösztönözhetőek, hogy megbeszéljék a tudomány természetének különböző aspektusait. A tudomány természetére vonatkozó ismereteket érdemes a tanteremben térben is elkülöníteni. A „Reflexiók sarok” ismertetéséhez lásd az 5.2-es bekezdést.

Ezek után Guericke kutatásának hitelessége és minősége kerül a figyelem középpontjába. Ahogy azt a II. anyag bemutatja, Guericke tudóstársai kezdetben nem voltak meggyőzve a kéngömb, mint tudományos eszköz minőségéről, és ugyanígy azokról az eredményekről sem, amelyeket elért vele. Ennek az anyaggrésznek ösztönöznie kell a tanulókat arra, hogy elgondolkodjanak: mi definiálja a jó/megfelelő tudományos eszközt azzal a háttérrel szemben, hogy ezeket az eredményeket igazolni kell. Erről a témáról az 5b bekezdésben található további információ. A III. anyag rövid összefoglalást nyújt a tanulók számára.

Lehetséges reflektálandó kérdések:

- Miért mutatják be a tudósok egymásnak az eszközeiket és eredményeiket?
- Miért voltak más tudósok szkeptikusak, amikor Guericke bemutatta nekik a tudományos eszközét?
- Mit kell a tudósoknak megfigyelniük, amikor bemutatják másoknak az eredményeiket?
- Mire használják a tudományban a tudományos eszközöket?

Guericke munkásságát követően „valódi” elektromosságot gerjesztő gépek kaptak fontos szerepet az elektromosság kutatásában. Abban az értelemben valódiak, hogy különböztek a használatuk szándékában – az egyedüli céljuk az elektromosság előállítása volt, míg Guericke a fentebb említett szándékok szerint használta a maga tudományos eszközeit. A VI., VII., VIII. és X. kép dörzsoléssel elektromosságot gerjesztő gépek néhány lehetséges konstrukcióját mutatja be. Mindez a tudományos eszközök egyik tipikus funkcióját hivatott illusztrálni, az analízálhatóság elérésére tett erőfeszítést, amely során természeti hatásokat laboratóriumi körülmények között igyekszünk felerősíteni. A tudományos eszközök részben Guericke kutatásaira épülnek és mutatják a technikai fejlődést.

A tanulók ezek után visszatérhetnek a saját vázlatos tervezeteikhez, és leellenőrizhetik, hogy azok vajon egyeznek-e a korábban definiált minőségi kritériumokkal. Szükség esetén a tervezeteket ki kell

igazítani. Később a tanulók készítenek egy rövid hirdetést, amelyben eszközeik különleges tulajdonságait reklámozzák. Ehhez a feladathoz nyújt segítséget a IV. anyag.

5. A tudomány természete: a történeti és filozófiai háttér

5.1 Történeti háttér

5.1.1 Az elektromos taszítás Gilberttől Guericke-ig

Bár Gilbert elkülönítette egymástól az elektromos és a mágneses vonzás jelenségeit, a vonzás pontos oka továbbra is kérdéses maradt. Sokan feltételezték, hogy egy test elektromosan töltött állapota a dörzsölésből fakadó melegedés következménye. A vonzás magyarázataiban általában „finom kiáramlást” feltételeztek különböző formában. Így azonban az elektromos taszítás nem volt értelmezhető. Nicolaus Cabeus 1629-ben–Otto von Guericke-t megelőzve – jegyezte fel egy taszítási jelenséget az ismert vonzás mellett, amelyet mechanikai jelenségként magyarázott: a korábban odavonzott könnyű testek (amelyeket a kiáramlás következtében magával sodor az „elvékonyodott” levegő) visszapatantak az elektromosan gerjesztett tárgyakról. Guericke eredményeit megelőzően a vonzás megmaradt rendkívüli elektromos jelenségnek, míg a taszítást pusztán mechanikainak tekintették. Cabeus lehetetlennek nyilvánította azt, amit Gilbert meg sem említett, vagyis a vonzás érintéssel történő terjedését. Guericke azonban hamarosan világos bizonyítékokkal szolgált a terjedés létezése mellett. A kengőmbbel fizikai kontaktusban lévő fonál, amelyet számos kísérletében használt, *boldogan közel vonzott magához bármit, vagy ha az nem volt lehetséges, közel helyezkedett hozzá* (lásd [1], 167. old.). Charles Dú Fay ezt később általános elvként fogalmazta meg.

Guericke kengőmbje a kísérleti elektrosztatika egyik úttörő apparátusa, a megfelelő eszköz megtervezése és előállítását új megközelítést jelent, bár a tény, hogy a kén elektromosan gerjeszthető, már korábban is ismert volt (lásd [2] 36. old.).

Guericke kísérlete a taszítás jelenségének magyarázatára analógiás érvekre épít, és lényegében anímista világszemléletének következménye. Ahogy a Föld összetart minden dolgot, amely hozzá tartozik, a Földet modellező gömb is hasonlóképp viselkedik. A kengőmb főképpen azt a célt szolgálta, hogy Guericke mindazokat az erőket modellezze, amelyeket működőképesnek gondolt az univerzumban. A történeti korrektség kedvéért meg kell említeni, hogy a kengőmb így nem egy elektromosságot gerjesztő gépet reprezentál, ahogy azt a későbbi kutatók használták.

Guericke legtöbb eredménye az elektromossággal kapcsolatban feledésbe merült, feltehetően azért, mert azt állította róluk, hogy igazolják a világban működő erőkről alkotott elképzeléseit. Még azzal sem igen fárasztotta magát, hogy legalább a Királyi Társaságnak (Royal Society) bemutassa az eredményeit. Amikor a kollégája, Robert Boyle ezt végül megtette 1672. november 27-én, jelentős kétkedéssel találkozott (lásd tanulók II. anyaga).

5.1.2 Otto von Guericke-ről

Otto von Guericke (szül.: 1602. november 30., Magdeburg; meghalt: 1686. május 21., Hamburg) német politikus, ügyvéd, tudós/természettudós, állatorvos és feltaláló volt.

1617-től 1619-ig szabad művészeteket tanult a lipcei egyetemen, és a harmincéves háború terjedése miatt pár hetet Helmstedtben is. Ezek után jogot tanult a jenai egyetemen 1621 és 1623 között, majd a Leideni Egyetemen 1623-ban, ahol egyben erődépítészeti is tanult. 1631-ben Guericke Magdeburg pártfogoltja lett, amíg a császári katolikus sereg a várost ostromolta. Azonban ő és a családja is fogságba esett, így ki kellett őket váltania, majd utána Braunschweigbe távozott.

1632-től jelentős részt vállalt a háború alatt lerombolt Leiden és Magdeburg városának az újjáépítésében. 1646-ban Magdeburg polgármesterévé nevezték ki, a szász megszálló csapatokkal folytatott sikeres tárgyalások után: követként diplomáciailag előnyös pozíciót biztosított Magdeburg számára.

Idősebb korában Guericke egyre inkább a tudományos kutatásnak szentelte szabadidejét. Széles körben ismert a vákuumpumpa feltalálásáról (1650 táján), és főleg azokról a látványos kísérleteiről, amelyeket az úgynevezett „magdeburgi féltekékkel” hajtott végre a vákuumpumpára építve (lásd II. és XI. kép). Guericke kifejezetten élvezte nemcsak ezek, de számos más hasonló kísérlete bemutatását is a magdeburgi polgároknak.

Ezt követő tudományos kutatásaiban a fentebb említett elektromossággal kapcsolatos kísérleteire koncentrált. Tudóstársai és barátai, Gottfried Wilhelm Leibniz és Caspar Schott nyomásának engedve 1663-ban publikálta eredményeit számos konklúziójával együtt.

5.2 A tudomány természete

5.2.1 Az eredmények igazolása és a kísérletek felállításának a feltételei

Gyakran egy különleges (új) jelenség kerül a tudományos kutatás figyelmének a középpontjába. Guericke esetében ez az elektromosan gerjesztett tárgyak taszítóképesége. Ahhoz, hogy **közelebről**

vizsgálhassuk meg ezt a jelenséget és a tulajdonságait, szándékosan, valamint könnyen és biztonságosan előállíthatóvá kell tennünk. Hogy ezt elérjük, ahhoz **különböző eszközöket** kell kifejleszteni. A megfelelő végrehajtás érdekében szintén szükség van bizonyos kísérleti jártasság elsajátítására.

Ha a jelenséget (pl. a tasztítás hatósugara, különböző anyagokra gyakorolt hatása, stb.) ezekkel az eszközökkel vizsgáljuk, az eredmények minősége kritikus mértékben fog függni tőlük (és persze a vizsgálódó személy tevékenységétől). Döntő fontosságú, hogy az ezekkel az eszközökkel elért felfedezéseket **más tudósok is elismerjék**. Ez sokkal könnyebben megtörténik, ha az eszközök megfelelnek bizonyos minőségi elvárásoknak.

Néhány minőségi kritérium:

1. **Egyszerű kezelhetőség**, hogy **mások is megismételhessék**
2. A megkívánt jelenség **biztonságos és ismételhető** előállítása
3. **Zavaró mellékhatások kizárása** – csak a kérdéses jelenség vizsgálendő
4. A jelenség előállítását tekintve hatékony, ha

szabadon generálható és elég erős a vizsgálhatósághoz

5. Olyan módon állították őket elő, hogy az lehetővé tegye **a jelenség okának** alapos megértését.

Természetesen a kritériumokban kifejezetten **pragmatikus megfontolások** is benne foglaltatnak: Mely anyagok elérhetőek, milyen drágák az egyes darabok, lehetséges-e régi összeállítású kísérletek módosítása teljesen újak kivitelezése helyett?

Guericke ezen kritériumok közül számosat megemlít az I. anyagban található fiktív levelében. A legtöbb további kritérium szintén megtalálható ott és megtanulható a kreatív írásos feladat segítségével (Tanulók II. anyaga).

5.2.2 A jelenségek előállítása

Guericke kísérletei világos példái egy jelenség laboratóriumi körülmények közötti, közelebbi vizsgálat céljából történő tudatos és kontrollálható előállításának. Példák kutatási témára: hang generálása hangosbeszélővel a hang terjedésének tanulmányozására vagy a *Drosophila* légyfaj tenyésztése laboratóriumi körülmények között az öröklés tanulmányozására.

Ez kutatási mód azonban nem mindig lehetséges. Ahogy a tenger- és környezet- tudományokban látható, sokszor pont az ellenkezője történik: mivel pl. a tengeri áramlatok nem állíthatók elő laboratóriumi körülmények között, a tudományos eszközöket kell odavinni az adott jelenséghez. Különbséget kell tenni **a jelenség mint olyan** (nem befolyásolt természetes megjelenés) és annak **laboratóriumi megfelelője** (szándékos előállítás és speciális eszközök használata) között. Ami az elveket illeti, a tudósok arra törekednek, hogy a jelenségekről, azok tulajdonságairól és a fejlődésüket meghatározó tényezőkről fogalmazzanak meg javaslatokat. A kutatás azonban főleg a laboratóriumban történik.

Kényes kérdés, hogy vajon a laboratóriumi jelenség segítségével elért felfedezések alkalmazhatóak-e a jelenségre mint olyanra. Erre a nyilvánvaló problémára az a megoldás, hogy úgy gondolunk a kísérletre, mint a **jelenség stabilizálása** céljából tervezett folyamatra. A kísérleteket így gyakran elméleti elvárások irányítják, új kutatási területeken feltáró stratégiák alkalmazhatóak. A laboratóriumban a kísérletező a természeti jelenséget egy **letisztított, szabályosabb és könnyebben manipulálható objektummá** alakítja. Ha egy ilyen folyamat során egy nem várt minőség (mint pl. a tasztító erő) jelenik meg, amelyet korábban még nem figyeltek meg természetes körülmények között, ezt a jelenséget **a természet valami potenciálisan lehetséges** realizációjának fogják tekinteni (végső soron a laboratórium és a tudományos eszközök ugyanúgy a természet részei).

5.2.3 Hasznos és veszélyes irracionális a tudományban (érvelés hasonlósággal/analógiával és teljességgel)

Hiba volna feltételezni, hogy a tudósokat a kutatásaik során mindig tisztán racionális nézetek vezérlik. Sok tudóst vezet például az az elképzelés, hogy a tudományos elméleteknek „szépnek” kell lenniük, konkrét esetekben kifejezetten egyszerűnek vagy elegánsnak. Mások pedig a strukturális hasonlóságok és analógiák szerepét becsülik a tudományban: ameddig különböző tárgyak és jelenségek valamilyen tekintetben hasonlóak másokhoz, azt feltételezik, hogy további szempontokból is konzisztensek lesznek egymással. Ez az elképzelés irányította Guericke kutatási tevékenységét is:

Guericke 1. példája: A kengőmb a földi glóbusz analógiája. A kutatás ennél fogva magának a Földnek az működési elveit tárja fel.

Guericke nem abból a célból alkotta meg a kengőmböt, hogy az elektrosztatikus jelenségeket vizsgálja. Sokkal inkább az univerzumban működő erők vizsgálatára összpontosított. Kifejezetten mohón vágyott arra, hogy az összes Földön és Föld körül működő erőt megtalálja, így eljuthatott volna a világ teljes megértéséhez. Ebből a célból **alkotta meg a kengőmböt a Föld bolygó analógiájaként**:

A megdörzsölt kengőmb vonzza a könnyű testeket, amelyek a felszínéhez tapadva együtt forognak vele.

EBBŐL AZ KÖVETKEZIK: hogy a felszínén a Föld mindent vonz. A napi forgása során a Föld magával viszi a csatolt testeket.

A megdörzsölt gömb által taszított toll egy ideig ugyanabban a távolságban marad, de mindig ugyanazzal az oldalával mutat a gömbre, és a gömb jól elhelyezhető egy bizonyos távolságban a toll alatt.

EBBŐL AZ KÖVETKEZIK: A Hold pontosan úgy viszonyul a Földhöz, ahogy a taszított és elektromosan gerjesztett toll viszonyul a gömbhöz.

Guericke 2. példája: Az elektromosság ugyanazokkal (a már ismert) elvekkel magyarázható, mint a mágnesesség, mivel működésük analóg.

Guericke világnézete felől nézve az lett volna döbbenetes, ha a vonzás és a taszítás ellentétes erői nem fordultak volna elő az elektromosság esetében, ahogy tették azt a mágnesességében. Guericke a mágnesességet úgy használta, mint afféle irányadó jelenségtérületet és felfedezése a taszítás jelenségéről kibővítette az elektromosság jelenségeinek a területét.

Mik a veszélyei és mik az előnyei annak, ha a tudósok megengedik maguknak, hogy „emocionális” vagy esztétikai megfontolások, sőt, esetleg intuíciók vezessék őket? Van terep az analógiák, hasonlóságok, szimmetriák, ellentétek, leegyszerősítések számára a tudományban?

A heurisztikus eszközök ként **hasznosak** lehetnek, mivel növelik a tudósok kreativitását és új elképzelések, kísérleti eljárások és mérőeszközök, valamint hipotézisek és magyarázatok kialakításához segítik őket, amelyeket azután megfontolt elemzéseknek kell alávetni.

Másrészt **veszélyesek** lehetnek, ha a saját megfigyeléseiket vagy a tudóstársak eredményeit figyelmen kívül hagyják, amikor azok ellentmondanak az előzetes elképzeléseiknek.

A Guericke-ről szóló rész segíthet helyesbíteni a mindig racionális, objektív és empirista tudós torzított képét, akiből hiányzik bármiféle szubjektivitás. A tudósokat időnként rosszul megalapozott elvek vezetik és meg kell tartaniuk kritikus hozzáállásukat saját vezérlő elveikhez és elképzeléseikhez.

6. Célcsoport, a tanmenet hangsúlya és a didaktikai célok

Az esettanulmány Otto von Guericke elektromos taszítással kapcsolatos kísérleteiről egy elektromosság történetéről szóló sorozat részét képezi. Ez a rész 6-9. osztályos tanulók számára lett optimalizálva. Az elektromosság tanítása fontos szerepet játszik a fizikában és a fizika tanításában.

6.1 Tanulási célok és kompetenciák

A tanulók az elektromos taszítás jelenségét az elektromosan gerjesztett (elektrosztatikusan töltött) tárgyak egyik alapvető tulajdonságának tekintik és szembeállítják a vonzással. A tanulók elsajátítják, hogy a fizikai jelenségek eszközökkel történő tervszerű előállítás és újraelőállítása a tudományos tevékenység szokásos gyakorlata, valamint hogy a tudósoknak igazolniuk kell eredményeiket a kollégáik előtt.

6.1.1 A tudomány természete

A tanulóknak képesnek kell lenniük, hogy...

- amellett érveljenek, hogy a tudományos eszközök megtervezése, előállítása és használata a tudományos gyakorlat része
- megnevezzék a tudományos eszközök megítélésére szolgáló kritériumokat
- megnevezzék a tudományos eszközök azon tulajdonságait, amelyek befolyásolják az eredmények minőségét
- megmagyarázzák az eredmények más tudósok előtti igazolásának és megvédésének a szerepét és jelentőségét a tudományos eszközök használata szempontjából
- a természeti jelenségek kontrollált előállítását a tudományos eszközök egyik használati módjaként nevezzék meg
- megállapítsák, hogy bizonyos felfedezések, amelyekről ma egyes tudósok ismertek, nem feltétlenül az eredeti kutatási motivációjukat reprezentálják

6.1.2 A tudományos kutatásra vonatkozó kompetenciák

A tanulók lehetőleg...

- csoportokban oldják meg a feladataikat

- úgy ellenőrizték az eredményeiket, hogy összehasonlították őket másokéival
- az eredményeik érvényességére építve becsülik fel a lehetséges hibaforrások hatását
- készítsenek egyszerű vázlatokat
- érveljenek összehasonlító módon „inkább... kevésbé” szerkezetben
- fejtsenek ki feltételezéseket az összefüggésekről és az okokról segítséggel vagy anélkül
- tervezzenek meg és hajtsanak végre egyszerű kísérleteket különböző fokú önállóság mellett
- rögzítsék az észrevételeiket és segítséggel vagy anélkül készítsenek táblázatokat
- használják fel a megfigyeléseiket az előfeltevéseik segítségével történő igazolására
- egyedül foglalkozzanak a kísérleti anyaggal

6.1.3 A tényanyag elsajátításához szükséges kompetenciák

A tanulóknak képesnek kell lenniük...

- különböző, dörzsöléssel elektromosan gerjeszthető anyagok megnevezésére
- a taszítást töltött (elektromosan gerjesztett) tárgyak közötti erő következményének tekinteni
- a könnyű tárgyak taszítását egy test elektromosan gerjesztett állapotának a megnyilvánulásaként tekinteni
- mennyiségileg meghatározni az erő tevékenységét a töltött (elektromosan gerjesztett) tárgyak közelségében

7. Oktatást segítő tevékenységek, módszerek és média

7.1 Módszerek, kísérletek, munkalapok, javasolt feladatok, média/segédanyagok

7.1.1 Szükséges anyagok

Másolat/kísérlet-felállítás

Egy vagy több darab Guericke elektromosságot gerjesztő felszereléséből

Alternatíva: ragassz két kartonpapír hengert egy kerek léggömb ellentétes oldalaira (lásd IX. kép)

Anyagok további összehasonlító elektromos kísérletekhez:

Borostyánkő, pecsétviasz rudak, üvegrudak

Anyagok a dörzsöléshez:

Gyapjú- és pamutruha; gyapjú, selyem és macska prém

Könnyű tárgyak:

Pehelytollak (feldolgozatlan, de kemény, tokos toll nélkül)

Pamutfonalak, papírdarabok, rézfólia, vasdarabok vagy vasforgács

7.1.2 Lehetséges vizsgálatok

1. kísérlet: a vonzás ismert jelenségeinek előállítás

Dörzsöljük meg a száraz kengőmböt – a felszereléshez csatolva ill. nem – száraz kezekkel vagy még jobb, ha bőrel vagy ruhaanyaggal, ami azt jelenti, hogy elektromosan gerjesztjük azért, hogy amilyen gyorsan csak lehet, elektrosztatikusan magához vonzzon könnyű tárgyakat. Annak érdekében, hogy elérjük ezt a jelenséget, a könnyű tárgyakat helyezzük a kengőmb alá vagy egy másik alapra (pl. egy petri csészére vagy csészéaljra). A kengőmb a vízcseppeket is vonzza: a vízcseppek jól láthatóan a gömb irányába deformálódnak.

2. kísérlet: a taszítás következménye pehelytollak és más könnyű tárgyak esetében

Guericke egy pehelytollat fölhasználva írta le ezt a kísérletet. Ha egy toll esik a korábban megdörzsölt kengőmb felé, egy rövid időre függve marad a levegőben, mielőtt a gömb egy apró rezdülés kíséretében újra el nem taszítja magától. Ez az új jelenség, amelyet Guericke részletesen vizsgált.

Ha apró papírdarabokat vagy konfettit szórunk a gömb alá, a papírdarabokat a gömb hol vonzani hol taszítani fogja; ez akár óráig is eltarthat.

A taszítás akkor is megfigyelhető, ha egy apró parafadarabot vékony cérnaszálra függesztve elektroszkópként használunk: a gömb először vonzza a parafát, amely nekiütözik, majd ezt követően újra eltávolodik.

Ez a kísérlet üvegrudakkal is végrehajtható. Ennél a pontnál érdemes felhívni a figyelmet az elektromosságot gerjesztő gépek fejlődésére, ahol leginkább az üveget használták dörzsölendő anyagnak, míg a dörzsölésre bőrpárnákat használtak (lásd VI., VII., VIII., X. és XII. kép).

3. kísérlet:

A gömböt a kezünkben tartva egy toll, amelyet előzőleg a gömb elektromosan gerjesztett, szabadon tud lebegni és szabadon irányítható a térben. Ha hozzáér egy földelt tárgyhöz, akkor a gömb újra vonzást fog rá gyakorolni egészen addig, amíg össze nem érnek, ekkor a gömb újra el fogja magától taszítani. Ezt a jelenséget Guericke szintén leírta. Az ily módon lebegő toll átadható egy másik diáknak, aki elektromosan töltött PVC rudat vagy egy másik kengőmböt tart a kezében.

4. kísérlet: elektromos kislülés/ fluoreszkálás

Guericke leírja, hogy a kengőmb felületén felületi ragyogás jelenik meg, ha korábban jól megdörzsöltük. A jelenség teljes sötétben és ideális (pl. száraz) körülmények között lép fel és Guericke csak kilenc évvel az első kísérletek után merete publikálni sajtóságos megfigyeléseit.

Néhány technikai követelmény:

1) Ha a kengőmb a dörzsölés következtében túlságosan töltött állapotba kerül, akkor az elektrosztatikus indukció hatása fenn fog maradni, és a gömb nem lesz képes eltaszítani magától a tollat. A taszító hatást ezért könnyebben érzük el a gömb óvatos dörzsölésével.

2) A pehelytoll ne legyen túlságosan nagy felületű. Máskülönb az elektrosztatikus indukció együtt jár a toll „karjainak” folyamatos vonzásával, ahogy Guericke hívta őket. Ezeket le kell vágni, ha szükséges.

3) Minden kísérletet teljesen száraz kengőmbbel végezzük el, valamint száraz és megfelelő atmoszférában (szobahőmérséklet). Tehát ne érintsük meg a gömböt nedves kézzel és ne hogy vigyük ki a szabadba. A tárolás során a légnedvesség elvonásával tudjuk biztosítani a megfelelő szárazságot.

7.2 Segédanyagok a tanulók számára

I. anyag: Feladat egy tudományos eszköz megtervezéséhez

Képzeld el, hogy mechanikus és tudományos eszközök készítője vagy Magdeburgban, Guericke szülővárosában. Tudományos eszközöket tervezel és alkotsz tudósokkal együttműködve.

A következő levelet kapod Guericke-től:

Kedves kollégám!

Jó ideje dolgozunk már együtt, és mindig nagyon segítőkésznek és ötletesnek bizonyultál a különböző tudományos eszközeim tekintetében. Ahogy talán Te is tudod, jelenleg éppen a Földünkre hatást gyakorló erőket tanulmányozom, és erős késztetést érzek magamban, hogy megvizsgáljam azokat az erőket, amelyeket a tárgyak elektromosításának jelensége vált ki. Mások már eddig is kiváló munkát végeztek ezen a területen. Ezek az elektromos jelenségek ritkán fordulnak elő a természetben, vagy pedig túl gyengék ahhoz, hogy közelebről is meg lehessen vizsgálni őket. Sajnálatos módon ezeknek a jelenségeknek nem minden természetes előfordulása megbízható és elég erős – saját magamnak kell előállítanom ezeket a jelenségeket. Éppen ezért szükségem van szakértelmedre és ötletességedre. Kérem építs nekem egy gépet, amely ezen jelenségeket laboratóriumi körülmények között és kontrollált módon teszi vizsgálhatóvá számomra. Jelen pillanatban nekem nincs elég erőm, hogy erre a munkára rávegyem magam.

Megkaptad tehát Guericke megbízását, hogy fejlessz ki egy eszközt, amely lehetővé teszi a dörzsölés útján történő elektromos töltésátadást/feltöltést a laboratóriumban. Kérjük, vedd figyelembe azt az igényt, hogy az eszközöddel tudományos kísérleteket lehessen kivitelezni. Használd korábbi, hasonló kísérletekből szerzett tudásod.

Rajzolj egy durva vázlatot egy ilyen gépről.

Jegyezd le röviden: Mi teszi jó tudományos eszközzé a gépedet?

Ne felejtse el, hogy az 1660-as években vagyunk! Nem léteznek például sem motorok, sem elektromos berendezések, sem más hasonló eszközök.

II. anyag: Információ a Guericke eszköze felé tanúsított szkeptikus hozzáállásról

Guericke egyik barátja bemutatta azokat az eredményeket, amelyeket Guericke a saját tudományos eszközeivel ért el. Ezen keresztül láthatod, hogy szigorú kritériumai vannak egyrészt annak, hogy mi tesz megfelelővé egy tudományos eszközt és annak is, hogy mi teszi a belőle származó eredményeket megbízhatóvá.

1672. november 27-én Robert Boyle (1627-1691), aki Guerickehez hasonlóan szintén vizsgálta a légnyomást, bemutatta a kengőmböt és a Guerickevel elért eredményeit a londoni Királyi Társaságnak. A tudósok eme fontos és nagy hírű közössége, amelynek tagjai kritikusán vizsgálták egymás eredményeit, kifejezetten szkeptikusan tekintett a kengőmbre, és egészen addig nem fogadta el az eredményeket, amíg nem volt meg a lehetősége saját magának is ellenőrizni a tudományos eszköz minőségét. Csak ezt követően publikálták és ismerték el és az elért eredményeket.

III. anyag: információ a tudományos eszközöket érintő minőségi kritériumokról

Megbízhatatlannak vélt eszközökkel elért tudományos eredmények gyakran találkoznak erős ellenállással. A tudósok általában egyetértenek néhány tulajdonságban, amellyel egy jó tudományos eszköznek rendelkeznie kell:

Pontosan megállapíthatónak kell lennie, hogy hogyan hozza létre az eszköz a vizsgált jelenséget (pl. az elektromos taszítást)

Más tudósoknak *elvéiben* képesnek kell lenniük kezelni/működtetni az eszközt

Az eszköznek megbízhatónak kell működnie, és bármikor, amikor csak szükséges, elő kell tudnia állítani a vizsgált jelenséget.

A jelenségnek tisztán, további zavaroktól mentesen kell vizsgálhatónak lennie.

A kísérletnek, amelyet az eszközzel hajtanak végre és létrehoz valamiféle eredményt, amennyiben megismétlik, ugyanazt az eredményt kell produkálnia.

Praktikus dolgok, amiket érdemes észben tartani:

nem lehet túl drága

több mint egyszer kell használatosnak lennie

...

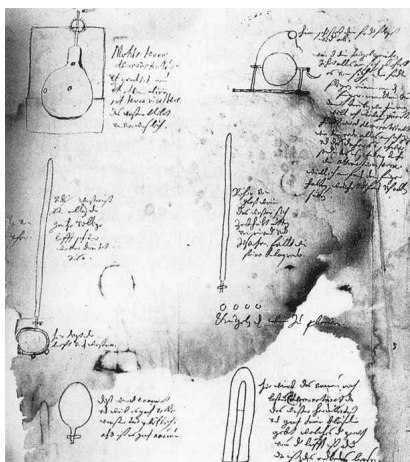
Néhány szempontot csak addig kell figyelembe venni, amíg az eszköz készítés alatt áll.

IV. anyag: Kreatív írásos feladat – egy reklámszöveg összeállítása a saját eszközökről

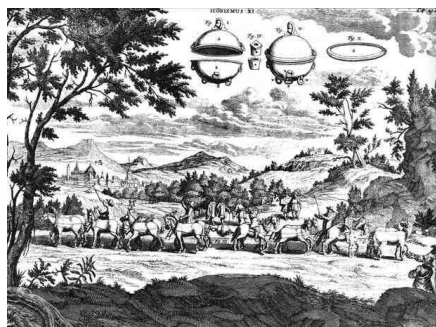
Kérjük, hogy állíts össze egy rövid reklámszöveget, amely megmagyarázza, hogy az általad megépített elektromosságot gerjesztő gép miért jó tudományos eszköz. A hirdetésed például a következőképpen kezdődhet:

Forradalom az elektromosság területének kutatásában! A Királyi Társaság (Royal Society) jogos minőségi aggályai Guericke kengőmbjével kapcsolatban végre elfelejtethők. A kengőmb nem megfelelő tudományos eszköz, nehéz működtetni és csak gyenge elektromos jelenségeket tud előállítani. Az én újonnan kifejlesztett tudományos eszközőm azonban...

7.3 Képek és média



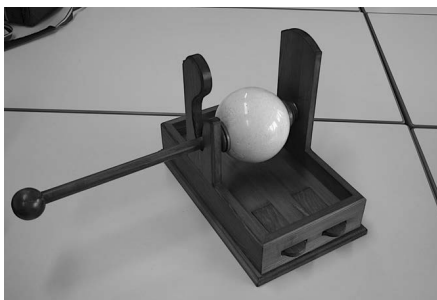
I. kép. Kivonat Guericke kutatási naplójából, 1660 körül – vázlat a megfontolások illusztrálására az elektromosságot gerjesztő eszközökkel kapcsolatban (jobb felső sarok)



II. kép. Kísérlet a „Magdeburgi fűtelékkel” – készítette Caspar Schott (1660 körül)



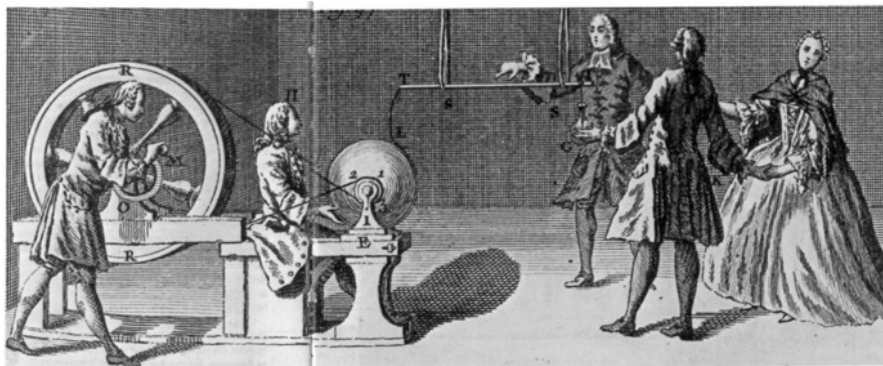
III. kép: Guericke elektromosságot gerjesztő felszerelése (jobbra), Guericke egy kengőmbbel (balra), [1] 166. old.



V. kép. Guericke felszerelésének rekonstrukciója a kengőmbbel (Oldenburgi Egyetem)



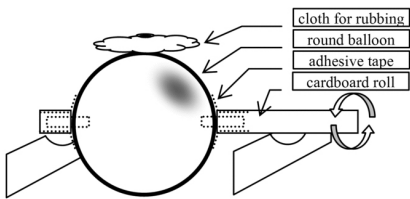
IV. kép. Otto von Guericke portréja Magdeburg polgármestereként



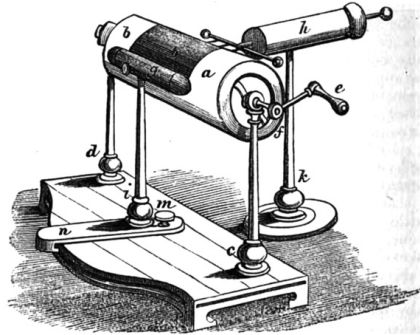
VI. kép. Dörzsöléssel működő elektromosságot gerjesztő gép – kézzel dörzsölt üveggömb



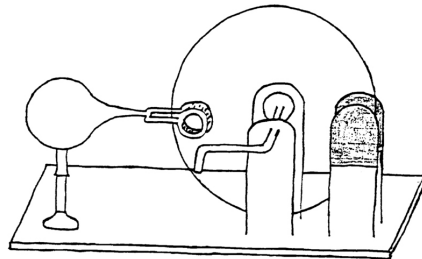
VII. kép. Dörzsöléssel működő elektromosságot gerjesztő gép – selyempárnán forgatott üveg-gömb



IX. kép. Guericke elektromosságot gerjesztő gépének vázlatos rekonstrukciója mindennapi anyagok használatával Ruha dörzsöléshez, gömbölyű ballon, ragasztószalag, kartonhenger



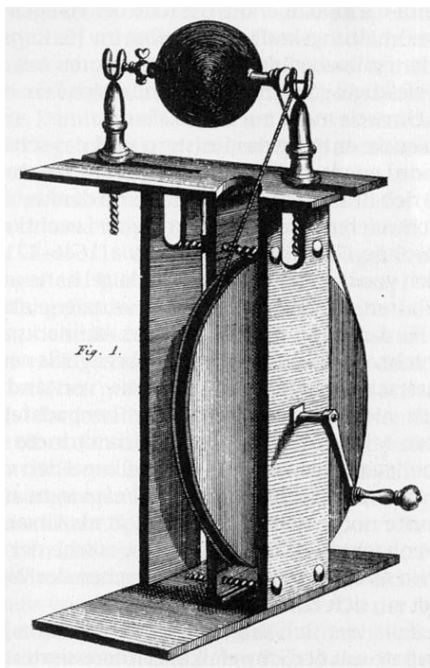
VIII. kép. Dörzsöléssel működő elektromosságot gerjesztő gép – üveghenger rögzített selyem- vagy gyapjúruhával



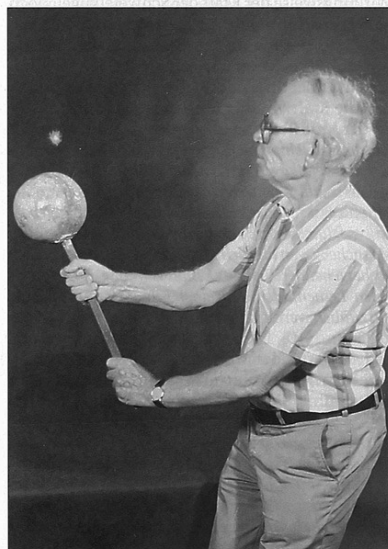
X. kép. Egy korongból álló elektromosságot gerjesztő gép vázlata. Balra: egy vezető töltésbe behelyezése. Középen: üvegorong pedállal. Jobbra: két, korongot dörzsölő selyempárnára.



XI. kép. A magdeburgi féltreke kísérlet megismétlése 1963-ból. [2] 28. old.



XII. kép. Két embert igénylő elektromosságot gerjesztő gép Francis Hauksbee alapján (1700 körül) (egyik a kart forgatja, a másik rányomja a kezét a gömbre)



XIII. kép. A lebegő toll kísérlet megismétlése az Otto von Guericke Társaság egy tagja által.

8. Az oktatás és a tanulás akadályai

8.1 A tudományos eszközök szerepe

Mivel a tudományos eszközöket nehéz kezelni, a kísérleti szakasz során gyakorolni kell a használatukat. Ahelyett, hogy eltaszítva lennének, a könnyű tárgyak gyakran a kengőmbhöz tapadnak (lásd a megjegyzéseket a kísérletekről). Mindezt tekintjük lehetőségnek arra, hogy megértessük: a tudományos eszközök általánosságban nem gépek, amelyek már első próbálkozásra könnyedén produkálnak adatokat, bizonyítékokat és válaszokat. A tanulóknak meg kell érteniük, hogy a megfelelő gyakorlatnak és képességeknek ki kell fejlődniük, mielőtt a tudományos eszközökkel, mint például a kengőmb sikeres kísérletek lesznek kivitelezhetőek. A kísérleteket meg kell ismételni a szükséges hallgatólagos tudás elsajátítása érdekében, meg kell tanulnunk, hogyan érjük el azt, hogy a toll a kengőmb fölött lebegjen. Ezt a szempontot a tanulók beszéljék meg. A hangsúlyt helyezzük a tudományos kísérletezéshez szükséges képességek és gyakorlat szerepére.

A tudományos eszközökre vonatkozó „MIÉRT?” és „MIRE VALÓ?” kérdéseket Guericke levelének (I. anyag) részletes elemzése alapján tárgyaljuk meg. A tanulók kialakítják saját válaszaikat ezekre a kérdésekre, amelyek általában egy verifikacionista szemléletmódból származnak: a tudományos eszközöket azért készítik, hogy világosan megmutassanak (vagy „bizonyítsanak”) egy elméletet, egy törvényt, stb.. Ez a szemléletmód valószínűleg a tradicionális szemléletű természettudományos órákból származik. Az adatokat és a bizonyítékokat gyakran a problémák, alternatívák, vitatható interpretációk és az eszközök kezelésével és elkészítésével kapcsolatos általános kétségek megtárgyalása nélkül vezetnek le a megfigyelésekből. Mielőtt egy tudományos eszköz használatának részletes elemzésébe bocsátkoznánk (induktív, hipotetikus-deduktív, stb.) világossá kell tenni egy alapvető elképzelést: számos tudományos eszköz „a laboratóriumba hozza a természetet annak érdekében, hogy megszelídítse”. A természetet így le lehet másolni, és kontrolláltan, megbízhatóan lehet tanulmányozni és részletes vizsgálat tárgyává tenni. Mindazonáltal a bizonyítékok előállításának más módjai is vannak a tudományban, például a csillagászatban vagy terepmunka során, ahol a laboratóriumot viszik ki a természetbe a jelenségek helyszíni tanulmányozására.

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, feltételiről, tulajdonságairól és eredményeiről egy általános elképzelés felé a tudomány természetéről.

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

9. Pedagógiai készségek

A nyitott kérdések megbeszélésének moderálása feltehetően a bizonytalanság érzését váltja ki a természettudományos tárgyakat oktató tanároknál. Az ilyen feladatokat általában szóbeli vagy írásos javaslatokkal érdemes segíteni, amelyeket a tanulók kikérhetnek, ha szükségük van rájuk. Az ilyen kérdések megvitatása természettudományos órákon kevésbé általános, mint a társadalom- vagy a bölcsészettudományok területén. A tanár például úgy moderálhatja az adott témát, hogy összegyűjti és rendszerezi a diákok ötleteit, válaszait és megoldásait. A moderálás alacsony foka követelmény. A diákok ötleteinek táblán való grafikus megjelenítése a központi témák megvilágítására és csoportosítására kifejezetten hasznos lehet. Az egész témáról a diákok csak a grafikus reprezentáció befejezése után vonjanak le összefoglaló következtetéseket, majd ezt követően maga a tanár. Az ilyen tanuló-központú és nyitott módszerek lecsökkentik az erősen strukturált tanár-diák dialógusok szerepét, ahol a diákok kifejezetten gyakran töreksenek a „helyes” válasz kitalálására, amelyet a tanár hallani szeretne.

A tudomány természetét explicit és reflektív módon besoroló feladatokat a reflexiós sarok módszerének megfelelően oktassuk.

A tudományos felmérések azt mutatják, hogy a tudomány természetét érintő tudás nem szerezhető meg csupán a (máskülönbözően értékes) tartalom-centrikus tanórák alapján; még akkor sem sajátítható el könnyen, ha a tanórákon tudománytörténeti vagy a tudományfilozófiai anyagot tanítunk. Ajánlott explicit módon és reflektíven csoportosítani a tudomány természetének jellemzőit. A reflexiós sarok módszere arra szolgál, hogy segítse a tanárokat a tanulók reflexiós folyamatának előmozdításában és moderálásában, e cél érdekében fejlesztették és tesztelték.

10. Kutatási bizonyítékok

A tudományos eszközök megtervezésénél a tanulók erősen motiváltak, és mohón igyekeznek bemutatni az előnyeiket és a tervezési elveiket. A hátrányok részletes elemzésére a tudományos eszközökre vonatkozó általános kritériumok megbeszélése után kell sort keríteni, az ugyanis keretet biztosít a megbeszéléshez és megelőzi azt a frusztrációt, amely a tanulók mohó, de szervezetlen kísérletéből származik mások terveinek kizárására.

11. További, felkészítést segítő anyagok

[A] Az Otto von Guericke társaság honlapja: <http://www.uni-magdeburg.de/org/ovgg/welcome.html>

[1] Guericke, Otto von (1994). The new (so-called) Magdeburg experiments of Otto von Guericke. Dordrecht [u.a.]: Kluwer Acad. Publ.

[2] Monumenta Guericiana: Magazine of the Otto-von-Guericke-Gesellschaft e.V. / [edited by the President of the Otto-von-Guericke-Society], (26), Issue No. 3, Magdeburg 1996

[3] Priestley, Joseph. 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)

[4] I. Bernard Cohen (1951). Guericke and Dufay. Annals of Science, Volume 7, Issue 2, Pages 207–209.

Andreas Henke – Dietmar Höttecke