

FEJEZETEK AZ ELEKTROMOSSÁG TÖRTÉNETÉ- BŐL



18/1 AZ ELEKTROMOSSÁG TÖRTÉNETÉNEK ELSŐ MÉRFÖLDKÖVEI

NÉVKÁRTYÁK

<p>Ampere, André (1775–1836) francia fizikus</p>	<p>Oersted, Hans Christian (1777–1851) dán természettudós</p>
<p>Volta, Alessandro (1745–1827) olasz fizikus</p>	<p>Michael Faraday (1791–1867) angol fizikus és kémikus</p>
<p>Ohm, Georg Simon (1787–1854) német fizikus</p>	<p>Jedlik Ányos (1800–1895) magyar fizikus</p>
<p>Edison, Thomas Alva (1847–1931) amerikai feltaláló</p>	<p>Siemens, Werner von (1816–1892) német feltaláló</p>
<p>Galvani, Luigi (1745–1827) olasz anatómia professzor</p>	<p>Benjamin Franklin (1770–1790) amerikai természettudós</p>

18/2 AZ ELEKTROMOSSÁG TÖRTÉNETÉNEK ELSŐ MÉRFÖLDKÖVEI

FELFEDEZÉSEK ÉS TALÁL MÁNYOK

<p>Elsőként ismerte fel az elektromosság és a mágnesség közötti kapcsolatot. Róla nevezték el az elektromos áramerősség egységét.</p>	<p>Felfedezte, hogy az elektromos árammal átjárt vezeték mágneses mezőt hoz létre. Így az elsők között értette meg az elektromágnesség lényegét.</p>
<p>Az első elektromos áramforrás feltalálója. Róla nevezték el az elektromos feszültség mértékegységét.</p>	<p>Ő fedezte fel az indukció jelenségét.</p>
<p>1826-ban fogalmazta meg törvényét, amely szerint a feszültség az áramerősséggel arányos, és e kettő hányadosa az ellenállás.</p>	<p>1928-ban elektromotort konstruált, 1861-ben pedig leírt az öngerjesztő dinamó elvét. Mivel azonban eredményeit nem tette közzé, a világ mást tekint az elv felismerőjének.</p>
<p>Több mint 1000 találmánya volt. Ezek között a legfontosabb az 1879-ben szabadalmaztatott izzólámpa és a fonográf.</p>	<p>Ő dolgozta ki a villanymotor gyakorlati hasznosítási módját.</p>
<p>Egy béka boncolása közben véletlenül fedezte fel az elektromosság jelenségét 1786-ban.</p>	<p>Viharban felbocsátott papírsárkánnyal kísérletezve fedezte fel, hogy a villámlás is elektromosság, és felismerte, hogy létezik elektromos töltés.</p>

18/4 TUDÓSOK ÉS AKADÉMIKUSOK SZEREPKÁRTYÁK

TUDÓS	AKADÉMIKUS 1
AKADÉMIKUS 2	AKADÉMIKUS 3
TUDÓS	AKADÉMIKUS 1
AKADÉMIKUS 2	AKADÉMIKUS 3
TUDÓS	AKADÉMIKUS 1
AKADÉMIKUS 2	AKADÉMIKUS 3
TUDÓS	AKADÉMIKUS 1
AKADÉMIKUS 2	AKADÉMIKUS 3
TUDÓS	AKADÉMIKUS 1
AKADÉMIKUS 2	AKADÉMIKUS 3

18/5a ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

ALESSANDRO VOLTA

(szül. 1745. febr. 18. Como, Lombardia, Itália – megh. 1827. márc. 5. Como), olasz fizikus, az ő találmánya az elektromos telep, az első tartós áramforrás.

Az elektromosság kérdései iránt érdeklődött; 1775-ben feltalálta az elektrofort, amellyel sztatikus elektromosságot lehetett fejleszteni. 1774-ben a Comói Királyi Iskola fizikaprofesszora lett, 1778-ban ő fedezte fel és különítette el a metángázt. Egy évvel később kinevezték a Paviai Egyetem fizika tanszékének élére.

Barátja, Luigi Galvani 1780-ban felfedezte, hogy ha két különböző fémet érint egy béka izmaihoz, akkor elektromos áram keletkezik. Volta 1794-ben önálló kísérletekbe kezdett a fémekkel, s rájött, hogy az áram létrehozásához nem szükséges az állati szövet. E felfedezése nagy vitát kavart az elektromosság állati eredetét vallók és az áramot a fémektől eredeztetők között. Ám miután Volta 1800-ban bemutatta az első elektromos elemet, az ő felfogása diadalmaskodott. Találmányát 1801-ben Párizsban bemutatta Napóleonnak is, aki gróffá emelte, s kinevezte a Lombard Királyság szenátorává. Az osztrák császár 1815-ben Voltát tette meg a Padovai Egyetem bölcsészeti fakultásának vezetőjévé. Az ő tiszteletére nevezték el 1881-ben a feszültség mértékegységét, a voltot.

Britannica Hungarica, 2007.

18/5b ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

SIEMENS

teljes nevén ERNST WERNER VON SIEMENS (szül. 1816. dec. 13. Lenthe, Poroszország [ma Németországban] – megh. 1892. dec. 6. Charlottenburg, Berlin), német villamosmérnök és gyáros, a modern elektrotechnika úttörője; fontos szerepe volt a távírás fejlődésében.

A lübecki gimnáziumba járt, majd 17 évesen belépett a porosz tüzérséghez, hogy mérnöknek tanulhasson – apja ugyanis nem tudta volna taníttatni. Magdeburgban rövid időre börtönbe került, mert segédként részt vett két tisztársa párbajában. A fogságban kémiai kísérleteket folytatott, majd 1842-ben megszületett első találmánya: egy galvanizálási eljárás. Miután 1841 körül átvezényelték a berlini tüzérségi műhelyekhez, módja nyílt a kutatómunkára, amely végül az életcéljává lett.

Meglátván az elektromos távíró egyik kezdetleges modelljét, amelyet Sir Charles Wheatstone szerkesztett 1837-ben, Siemens felismerte, hogy az eszköz milyen lehetőségeket kínál a nemzetközi távközlésben, és kiötlötte, miként lehetne tökéletesíteni. Az elektromos távírás szakértőjeként 1847-ben föld alatti kábelt fektetett le a porosz hadsereg számára. Ugyanekkor rábeszélte egy Johann Georg Halske nevű ifjú műszerészt, hogy létesítsenek távírógyárat Berlinben. 1848-ban, a németek és dánok kielviszálykodásainak idején állami távíróvonalat épített ki Berlin és a frankfurti Nemzetgyűlés között, majd újabb vonalak fektetéseit is felügyelte Németország más vidékein. Megbízatását 1849-ben adta vissza, hogy távírók gyártásával foglalkozhasson.

A Telegraphen-Bau-Anstalt von Siemens & Halske cég gyorsan felvirágzott, nagy távközlési vállalkozásokban vett részt, majd az elektromos újdonságok megjelenésével a villamosipar más területeire is kiterjesztette tevékenységét. Werner és öccse, Carl (1829–1906) leányvállalatokat alapítottak Londonban, Szentpétervárott, Bécsben és Párizsban. Werner folytatta kutatásait, és találmányai újabb termékekben öltöttek testet. 1847-ben például a távírókábeleket guttapercsával szigetelte nedvesség ellen (a módszert utóbb a közvilágítás elektromos vezetékénél is széles körben alkalmazták), s ez tette lehetővé az első föld és tenger alatti távírókábelek létesítését a Földközi-tenger alatt, továbbá Európa és India között. Siemens 1866-ban feltalált egy öngerjesztő generátort (dinamót), amelyet már a gyenge acélmágnest felváltó erős elektromágnes maradó mágnesességével is el lehetett indítani. 1888-ban nemesi címet kapott.

Lebenserinnerungen (Visszaemlékezések, 1892) c. könyvében érdekes részletek olvashatók családi kapcsolatairól és ipari vállalkozásairól.

Britannica Hungarica, 2007.

18/5c ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

GEORG SIMON OHM

(szül. 1789. márc. 16. Erlangen, Bajorország [Németország] – megh. 1854. júl. 6. München), német fizikus, a róla elnevezett törvény felfedezője. Az Ohm-törvény szerint a vezetőkön átfolyó áram erőssége egyenesen arányos a potenciálkülönbséggel (feszültségkülönbséggel), és fordítottan arányos az ellenállással.

Ohm 1817-ben a matematika professzora lett a kölni Jezsuita Kollégiumban. Az Ohm-törvény lényegét *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* (A galvanikus áramkör matematikai vizsgálata, 1827) c., rövid értekezésében foglalta össze. Műve nagy hatással volt az elektromosságtanra és az elektromosság alkalmazásaira, de olyan hűvösen fogadták, hogy Ohm lemondott kölni állásáról. 1833-ban Nürnbergben, a Műszaki Iskolában vállalt állást.

Munkáját később kezdték elismerni: 1841-ben a londoni Royal Society (Királyi Társaság) Copley-érmével tüntették ki, a következő évben a társaság külföldi tagja lett. Róla nevezték el az elektromos ellenállás mértékegységét.

Britannica Hungarica, 2007.

18/5d ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

HANS CHRISTIAN OERSTED

Ŕrsted más írásmóddal OERSTED (szül. 1777. aug. 14. Rudkøbing, Dánia – megh. 1851. márc. 9. Koppenhága), dán fizikus és kémikus; felfedezte, hogy a vezetékben folyó áram eltéríti a mágnesezett iránytűt. Hamar felismerték a jelenség fontosságát, ami ösztönzően hatott az elektromágneses elmélet kidolgozására.

Ŕrsted 1806-ban lett a Koppenhágai Egyetem professzora, kezdetben az elektromos áram vizsgálatával és akusztikai kutatásokkal foglalkozott. 1820 áprilisában egy esti előadása közben fedezte fel, hogy a mágnesezett iránytű az árammal átjárt drótra merőlegesen állt be, ez egyértelmű kísérleti bizonyítéka volt az elektromosság és a mágnesség közti kapcsolatnak. A jelenségre először az olasz Gian Domenico Romagnosi hívta fel a figyelmet 1802-ben, de bejelentése visszhang nélkül maradt.

Ŕrsted 1820-ban fedezte fel a piperint, a paprika egyik csípős összetevőjét, 1825-ben fém alumíniumot készített – mindkettő fontos kémiai eredmény volt. 1824-ben társaságot alapított a tudományos ismereteknek a nagyközönség körében való terjesztésére. Ez a társaság ítéli oda 1908 óta az Ŕrsted-érmet a kiemelkedően eredményes dán fizikusoknak. A mágneses tér erősségének egysége 1932-ben kapta az oersted nevet.

Britannica Hungarica, 2007.

18/5e ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

JEDLIK ÁNYOS

(szül. 1800. jan. 11. Szimő, Nyitra megye [ma Zemnő, Szlovákia] – megh. 1895. dec. 13. Győr), fizikus, tanár, feltaláló, nevéhez fűződik a dinamó elvének felismerése és első gyakorlati megvalósítása.

Nagyszombatban, Pozsonyban, Győrött és Pesten tanult, részben a bencés rend iskoláiban. 1822-ben avatták doktorrá, s kezdetben a győri líceumban, 1831-től a rend pozsonyi akadémiáján tanított. 1839-ben lett a pesti tudományegyetem fizika és mechanika tanszékének professzora, s 1878-ig tanított az egyetemen, ahol 1846–49 között dékán, az 1863/64-es tanévben pedig rektor volt. Emellett az Institutum Geometricumban, azaz a Mérnökképző Intézetben a természettan és erőműtan (fizika és mechanika) professzora volt 1838-tól 1850-ig. 1848-ban nemzetőrnek állt, ezért a szabadságharc bukása után felelősségre vonták.

A Magyar Tudományos Akadémia 1858-ban levelező, 1873-ban tiszteletbeli tagjává választotta. 1879-től haláláig a bencés rend győri líceumában élt. Nevét többek között a Jedlik Ányos Társaság és a Jedlik-díj őrzi.

Híres felfedezései sorát elektromágneses forgókészüléke nyitotta meg 1829-ben. Ez volt a világ első elektromotorja; kísérleti célra készült, de már tartalmazta az egyenáramú villanymotorok főbb alkotóelemeit: a tekercselt álló-, ill. forgórészt és az irányváltó kommutátort. Másik híres találmánya az 1861-ben összeállított egysarki villanyindító, vagyis az akkoriban használatos mágneses-elektromos generátorok működési elvétől eltérő öngerjesztéses dinamó (kommutátor nélküli unipoláris generátor), amelynek elvét a világon elsőként szintén ő dolgozta ki, megint csak kísérleti célra. Ennek ipari változata, amely már jóval nagyobb feszültséget adott, Siemens és Wheatstone jóvoltából hat évvel később készült el.

Jedlik 1828-ban ismerte fel a szódavízgyártás módját, s elkészítette az ehhez szükséges készüléket is. 1842-től foglalkozott fénytannal és a fényképezés elméletével. Fénytani kísérleteihez rácsokat is készített, valamint osztógépet, amelyet dinamójával hajtott. Továbbfejlesztette a Bunsen-telepeket; kétfolyadékos elemét az 1855-ös Párizsi Világkiállításon bronzéremmel jutalmazták. Eljárását szabadalmaztatta, s Pesten üzemet is alapítottak a gyártáshoz. 1863-ban ismertette a feszültségsokszorozás elvét, az 1873-as Bécsi Világkiállításon pedig az addig használatos nagy sztatikus feszültséget létrehozó influenciagépek helyett saját, kb. 1 millió voltos feszültséget adó és 90 cm-es szikra előállítására képes csöves villamfeszítőt (nagy kapacitású elektromos sűrítőt) mutatta be, amellyel kiérdemelte a Siemens vezette zsűri elismerését, s megkapta a Haladásért-érdemrendet.

Ő írt elsőként magyar nyelvű természettudományi egyetemi tankönyvet: *Súlyos testek természettana* (1850). Emellett a fizika számos területét foglalta egyetemi jegyzetbe. Munkatársa volt az 1858-ban megjelent *Német–Magyar Tudományos Műszótárnak*, a reáلتudományi szócikkeket részben ő magyarította, amivel nagy szerepet vállalt a magyar tudományos szaknyelv megteremtésében. Részt vett az *Egyetemes Magyar Encyclopædia* összeállításában is (1859–76).

18/5f ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

LUIGI GALVANI

(szül. 1737. szept. 9. Bologna, Pápai Állam [ma Olaszország] – megh. 1798. dec. 4. Bologna, Cisalpin Köztársaság), olasz orvos és fizikus. Azokat a jelenségeket tanulmányozta, amelyeket az állati szövet elektromosságának tartott. Az ő munkája segítette elő az áramforrásként viselkedő Volta-oszlop felfedezését.

Korai korszaka. Galvani – apja kívánságára – orvosi tanulmányokat folytatott. 1759-ben végezte el a Bolognai Egyetemet. Doktori disszertációját a csontok képződéséről és fejlődéséről írta *De ossibus (A csontokról; 1762)* címmel. A doktori fokozat elnyerése után az anatómia előadójává nevezték ki a Bolognai Egyetemre, miközben az ettől független Művészeti és Tudományos Intézetben a szülészet professzora lett. 1762-ben megnősült; a Bolognai Tudományos Akadémia professzorának, Galeazzinak egyetlen lányát, Luciát vette el. Tíz évvel később Galvanit választották az Akadémia elnökévé. Doktori disszertációjában és korai kutatásai során összehasonlító anatómiával foglalkozott – például a vesecsatorna, az orrnyálkahártya és a középfül felépítésével –, de már ekkor felkeltette figyelmét a fiziológia, és végül is élettani eredményei nyomán vált ismertté. Galvani fokozódó érdeklődését azok az előadások jelzik, amelyeket 1773-ban a béka anatómiájáról és az 1770-es évek végén az elektrofiziológiáról tartott. Ekkor egy dörzselektromos gép (szikrákat keltő, nagy berendezés) és egy leideni palack (sztatikus elektromosság tárolására szolgáló eszköz) birtokában olyan kísérletekbe fogott, amelyek során elektromos úton ingerelte az izmokat. Jegyzetei arról tanúskodnak, hogy az 1780-as évek kezdetétől az állati szövetek elektromos viselkedése volt a fő kutatási területe. Számos szellemes kísérlet, megfigyelés fűződik a nevéhez. 1786-ban például úgy idézett elő izom-összehúzódást egy békában, hogy zivatar idején egy ollót érintett a béka idegeihez. Laboratóriumának egyik látogatója rángatózásra készítette egy nyúzott béka lábait, mert egy szikét éppen akkor érintett az állat ágyéki idegéhez, amikor egy dörzselektromos gépet működésbe hoztak. További kísérletek alapján Galvani meggyőződött arról, hogy a rángás az elektromos hatással függ össze. Dörzselektromos gép nélkül is tudott rángást előidézni: egy béka gerincgyámba rézkampót nyomott, és a kampót vasrácsra akasztotta fel. Bár a rángást zivatar vagy dörzselektromos gép is kiváltotta, akkor is létrejött, ha a láb izmai és a hozzájuk vezető idegek között fémes érintkezést alakítottak ki. A kétféle szövetet összekötő „fémív” tehát átvehette a dörzselektromos gép szerepét.

Az idegi impulzus elektromos sajátosságai. Galvani 1791-ig nem hozta nyilvánosságra felismeréseit. Ekkor jelentette meg *De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius (Fejtetegetés az elektromosság izommozgásra kifejtett hatásairól)* c. munkáját. Arra a következtetésre jutott, hogy az állati szövet olyan veleszületett életerőt tartalmaz, amelyet addig figyelmen kívül hagytak. Ez az „állati elektromosság” – ahogy ő nevezte – működésbe hozza a fémmel összekapcsolt ideget és izmot. Galvani úgy vélte, hogy ez az erő az elektromosság egy új megnyilvánulása azon a „természetes” változaton kívül, amelyet a villámlás vagy az elektromos angolna és a zibbasztó rája hoz létre, ill. azon a „mesterséges” változaton kívül, amelyet a súrlódás kelt (ez a sztatikus elektromosság). Úgy gondolta, hogy az „elektromos fluidum” kiválasztásában az agy játssza a legfontosabb szerepet, az idegek vezetik el a fluidumot az izmokba, az izomszövet pedig úgy viselkedik, mint a leideni palack külső és belső felülete. Elképzelése szerint ennek az elektromos fluidumnak az áramlása ingerli az érzékeny izomrostokat.

Galvani tudós kollégái általában elfogadták ezeket a nézeteket, de Alessandro Voltát, a Paviai Egyetem kiváló fizikaprofesszorát nem győzte meg az izom és a leideni palack közötti analógia. Véleménye szerint a béka lábai pusztán jelző szerkezetként, elektroszkópként működnek, és az ingert valójában a különböző fémek érintkezése hozza létre. Az így keletkezett elektromosságot „fémes elektromosságnak” tartotta, és arra a következtetésre jutott, hogy a fém érintésére összehúzódó izom az elektroszkóp működéséhez hasonlít. Volta azt is kifejtette, hogy ha két különböző, egymással érintkező fémét nyomnának az izomhoz, szintén keletkezne inger, amely annál nagyobb volna, minél inkább különböznének a fémek. Volta tehát elvetette az „állati elektromos fluidum” elképzelését, inkább úgy vélte, hogy a fémek összetétele, anyaga, jellege közötti eltérés okozta a békalábak rángását. Galvani cáfolta ezt a következtetést: két azonos fémmel is mozgásba hozta az izmot. A vita azonban ellenségeskedés nélkül zajlott; Galvani kedvessége és Volta nagyvonalúsága eleve kizárt minden durvaságot. Volta – akitől a „galvánosság” kifejezés is származik – azt tartotta, hogy Galvaninak köszönhető az egyik legszebb és legmeglepőbb felfedezés. Mindazonáltal a fanatikus hívek mindkét oldalon felsorakoztak.

Utólag úgy látszik, hogy Galvani is, Volta is részben rátalált az igazságra, részben tévedett. Galvaninak igaza volt abban, hogy az izom-összehúzódásokat elektromos ingerhez kötötte, de az „állati elektromosság” feltételezése tévesnek bizonyult. Volta helyesen tagadta az „állati elektromosságot”, de tévedett abban, hogy minden elektrofiziológiai hatáshoz két különböző fémre mint áramforrásra van szükség. Galvani – a felfedezése nyomán támadt vitától visszahúzódva – tanárként, szülészként, sebészként dolgozott tovább, és honoráriumtól függetlenül egyaránt kezelt gazdagokat és szegényeket. Álláspontjának védelmében 1794-ben jelentette meg – nevének feltüntetése nélkül – a *Dell'uso e dell'attività dell'arco conduttore nella contrazione dei muscoli* (A vezető ív használata és hatása az izmok összehúzódásával) c. könyvet, amelynek melléklete fém nélkül előidézett izom-összehúzódásról számolt be. Galvani úgy idézett elő izom-összehúzódást, hogy az egyik béka izmát egy másik béka idegével érintette meg: így mutatta ki elsőként az élő szövetben működő bioelektromos erőket.

Késői korszaka. 1790. június 30-án, 47 éves korában elhunyt Galvani hű felesége és társa. A házaspárnak nem született gyermeke. Életének utolsó éveiben Galvani nem volt hajlandó hűséget esküdni a Napóleon alapította új Cisalpin Köztársaságnak. Emiatt kizárták a fakultásról, megvonták a fizetését. Visszautasította a felkínált segítséget, és bánatában visszavonult a régi Galvani-házba, ahol a bátyja élt. A politikusok azonban hamarosan visszakoztak, és ismét felkínálták neki a professzorságot, anélkül, hogy esküt kellett volna tennie. De a tudós nem heverte ki a támadást; szülőházában hunyt el 61 éves korában, amikor a világ az elektromosság nagy forradalmának küszöbén állt.

Munkássága nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy Volta felfedezhesse az állandó elektromos áramot szolgáltató áramforrást. Ez az elem, a Volta-oszlop kémiai és fizikai elvek alapján működik. Volta felfedezése volt az elektromos energia korának előfutára, de Galvani nyitotta meg az utat az izom és az ideg fiziológiájának új kutatása és az elektrofiziológia tudománya felé is.

18/5g ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

BENJAMIN FRANKLIN

írói álnevén RICHARD SAUNDERS (szül. 1706. jan. 17. [a régi naptár szerint jan. 6.] Boston, Massachusetts [ma USA] – 1790. ápr. 17. Philadelphia, Pennsylvania), nyomdász, kiadó, író, feltaláló, tudós és diplomata, George Washington mellett a leghíresebb XVIII. századi amerikai. Legfőbb történelmi érdemeit az amerikai forradalom és függetlenségi háború idején szerezte. Vezető szerepet játszott abban, hogy az amerikai gyarmatok elszakadtak Nagy-Britanniától. Ő volt a Függetlenségi Nyilatkozatnak és az Egyesült Államok Alkotmányának egyik szerzője. Találmánya, a Franklin-kályha több meleget ad a nyitott kandallónál, és még ma is gyártják. Az ő ötletén alapszik a bifokális szemüveg és a villámhárító is. Elektromosságtani kísérleteivel hozzájárult a tudományág fejlődéséhez.

Egy szappanfőző és gyertyaöntő iparos 17 gyermeke közül a tizedik fiú volt. Iskolai tanulmányait tízéves korában abbahagyta. Két évvel később beállt tanoncnak nyomdász bátyjához, Jameshez. 1718 és 1723 között mestere lett a szakmának, erre a tudására élete végéig büszke volt. Közben fáradhatatlanul olvasott, és képezte magát az írás művészetében.

Első szenvedélye a költészet volt. Tanoncidejének elején két alkalmi balladát írt, ezek azonban nem maradtak fenn. Apja azt mondta neki, hogy „a versfaragók mindig koldusok voltak”, és Franklin ezután már csak alkalmanként érdeklődött a költészet iránt...

Benjamin Franklin sikertelenül keresett munkát Bostonban és New Yorkban, majd Philadelphiába ment, és nyomdászként dolgozott. 1724 és 1726 között Londonban élt, majd visszatért Philadelphiába. 1729 körül az ő nyomdája állította elő a bankjegyeket Pennsylvania és néhány más gyarmat részére. Ekkortájt kezdte kiadni a *Pennsylvania Gazette* gyarmati újságot és a *Poor Richard's Almanac* („A gazdagodás útja, amint azt a szegény Richárd egy pennsylvániai kalendáriumában világosan megmutatja”) c. kalendáriumsorozatot, amelyben számos példázatban dicsérte a megfontoltságot, a szorgalmat és a becsületességet. Felismerte, hogy a közösség egyesített erejével mindenki hozzájuthat azokhoz a dolgokhoz, amelyek megkönnyítik az életet, de amelyeket egyénileg csak a gazdagok engedhetnek meg maguknak. Így támogatta az olyan közösségi intézmények létrehozását, mint a tűzoltóság és a kölcsönkönyvtár. Nagy szerepe volt az Amerikai Filozófiai Társaság (1743) és a Philadelphiai Akadémia megalapításában (ez utóbbi a Pennsylvaniai Egyetem elődje volt). Első fontosabb politikai tevékenysége egy milícia megszervezése volt a célból, hogy a gyarmatot megvédje a franciáktól és a Delaware folyón garázdálkodó spanyol kalózhajóktól.

Franklin 1748-tól felhagyott kiadói munkájával, hogy teljes idejét a tudománynak szentelhesse. 1746–47 telén három barátjával vizsgálni kezdte az elektromos jelenségeket. Philadelphia időjárása kedvezett nekik, és tehetséges műszerkészítőkkel tudtak dolgozni. Ötletes kísérleteket és gépeket találtak ki, és Angliába küldött személyes levelekben írták le őket. A levelek a londoni Royal Societyhez vagy a *Gentleman's Magazine* c. folyóirathoz kerültek. 1751-ben összegyűjtve, *Experiments and Observations on Electricity* (Elektromosságtani kísérletek és megfigyelések) címmel adták ki őket, majd megjelent a francia (1752), német (1758) és olasz (1774) fordítás is.

Franklin hírneve gyorsan terjedt. Kísérletet javasolt a villám és az elektromosság azonosságának bizonyítására. Ezt Franciaországban végezték el, és maga Franklin feltehetően csak ezután próbálkozott az egyszerűbb, de veszélyes ötlettel: zivatar alatt sárkányt eregetett. Ő és társai hamarosan arra a következtetésre jutottak, hogy az „elektromos tűz” valójában „egy elem, amely eloszlik egy másik anyagban, így kiváltképp a vízben és a fémekben, és ez utóbbi anyag vonzza is”. Ha egy testben többlet van belőle, és ennek a testnek közelébe kerül egy másik, amelyben ugyanebből hiány van, akkor kisülés útján kiegyenlítődik az elektromos tűz a két testben. Ezzel az „egyetlen fluidum”-elmélettel több megfigyelhető jelenséget lehetett magyarázni, mint bármelyik korábbi hipotézissel. Az a javaslat, hogy az épületeket hegyes végű vasrudakkal védjék meg a villámcsapásoktól, látványosan sikeresnek bizonyult. Franklin talán nem volt annyira eredeti gondolkodó, mint némely csodálója hitte, és munkatársai valószínűleg nem kapták meg azt az elismerést, amely érdemeik alapján kijárt volna nekik. Mégis, ő vezetett be számos olyan fogalmat, amelyet ma is használnak az elektromosság leírásában (pozitív, negatív, áramforrás, vezető és így tovább), és ő írta le világosan a kísérletek menetét.

Franklin 1753-ban elvállalta a postaügyi miniszterhelyettes tisztségét; ő volt a felelős az összes északi gyarmat postaszolgálatáért. Ezután a gyarmatok közötti együttműködésről kezdett gondolkozni. 1754-ben az albanyi kongresszuson elfogadták „Egyesülési terv”-ét. Ennek nyomán a gyarmatok képviselőiből egy főtanács jött volna létre, hogy megszervezze a terjeszkedő franciákkal szembeni közös védelmet, és felügyeljen az új települések és az indiánok kapcsolataira. Franklin javaslata ésszerű volt, de sem az egyes gyarmatok törvényhozásai, sem a király tanácsadói nem álltak készen egy ilyen unióra. Nem egy történész ezt a konfliktust tekinti Franklin egész politikai pályafutása kulcsának.

Az 1757 és 1762 közötti évek legnagyobb részét Londonban töltötte. Pennsylvania gyarmatot képviselte abban a jogi vitában, amely a Penn család birtokában lévő földekről folyt. 1764-ben visszaküldték Londonba, ekkor már Pennsylvánián kívül három másik gyarmat – Georgia, New Jersey és Massachusetts – ügyeit is képviselte. 1765 és 1775 között 126 újságcikket írt aktuális politikai kérdésekről. Mindent megtett, hogy a briteket megismertesse az amerikai helyzettel, és hogy megértsék a gyarmatiak ügyét. 1775 márciusában ismét elhagyta Angliát, mert tudta, hogy háború várható a gyarmatok és Nagy-Britannia között. Philadelphiába hazatérve küldött lett a Második Kontinentális Kongresszuson, és részt vett a Függetlenségi Nyilatkozat megfogalmazásában. 1776-ban Franciaországba utazott, hogy katonai és pénzügyi segítséget szerezzen a gyarmatoknak. A francia nép szemében hős volt, az Újvilág természetes méltóságának megtestesítője.

A függetlenségi háború végén egyike lett azoknak a diplomatáknak, akiket a Nagy-Britanniával folytatott béketárgyalások vezetésével bíztak meg. Az elnöki rendszerrel szemben a kollektív vezetést, továbbá az egykamarás nemzeti törvényhozást támogatta, de javaslatait elutasították. Fontos szerepe volt abban, hogy sikerült elfogadni az Egyesült Államok alkotmányát. Amikor 1790-ben, 84 éves korában meghalt, Philadelphia a város történetének legnagyobb temetési szertartásával búcsúzott tőle.

18/5h ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

MICHAEL FARADAY

(szül. 1791. Newington, Surrey, Anglia – megh. 1867. aug. 25. Hampton Court, Surrey), angol fizikus és vegyész, a XIX. század egyik legnagyobb tudósa, kísérleteivel nagyban hozzájárult az elektromágnesség megértéséhez. Elsőként állított elő mágneses térrel elektromos áramot, megalkotta az első elektromotort és áramgenerátort, kimutatta az elektromosság és a kémiai kötések kapcsolatát, felfedezte a mágnesség hatását a fényre, és felfedezte a diamágnességet, bizonyos anyagoknak az erős mágneses terekben mutatott különleges viselkedését...

Faraday apja kovácsmester volt, aki munkát keresve vándorolt Észak-Angliából London környékére. A négygyermekes család szegénységben élt. A kis keresztény Sandeman-felekezethez tartoztak, s Faraday egész élete során hű maradt ehhez a közösséghez, amely igen nagy hatással volt szellemiségére. Írni, olvasni, számolni a vasárnapi egyházi iskolában tanult meg. Már gyermekkorában dolgozott, újságkihordó volt egy könyvkereskedő és könyvkötő mellett, majd 14 éves korától ugyanitt könyvkötőtanonc. Rendszeresen olvasta a kötésre hozott könyveket, különösen megragadta az *Encyclopaedia Britannica* elektromosságról szóló cikke. Mindenféle kacatokból elektrosztatikus generátort épített, és elektrokémiai kísérleteket is végzett.

Londonban alkalma nyílt meghallgatni Sir Humphry Davy kémiai előadásait. Az előadásokról készített bekötött jegyzeteit megküldte Davynek, és állást kért tőle. Akkor nem volt üres hely, de Davy nem feledkezett meg a fiatalemberről, és később laboratóriumi asszisztensi állást ajánlott fel neki. Davy a kor legnagyobb kémikusai közé tartozott, de van némi igazság abban az állításban, hogy legnagyobb felfedezése Faraday volt...

Faraday 1812-től 1820-ig tanult Davy mellett. Ezalatt mindenkinél képzetesebb vegyészé vált. Nagy gyakorlatot szerzett a kémiai analízisben és a laboratóriumi technikákban, kialakultak elméleti nézetei. Felfedezések sorával lepte meg a tudományos világot.

Kémiai analitikusként bírósági szakértő volt; olyan ügyfélkört alakított ki, hogy a díjából a Royal Institution támogatására is jutott... 1821-ben megnősült, a Royal Institution állandó munkatársa lett, és megkezdte a fizikát forradalmasító kutatásait, az elektromos és mágneses jelenségek vizsgálatát.

H. C. Oersted 1820-ban felfedezte, hogy egy huzalon átfolyó áram mágneses teret kelt a huzal környezetében. André-Marie Ampère bizonyította, hogy a huzal körül henger alakú mágneses tér keletkezik. Ilyen körkörös erőt korábban nem észleltek. Faraday ismerte fel elsőként ennek következményeit: sikerült megépítenie az első elektromotort, olyan szerkezetet, amely az elektromos energiát mechanikai energiává alakítja át.

Faradayt foglalkoztatni kezdte az elektromosság természete. Kortársai úgy vélték, hogy az elektromosság anyagi fluidum, amely úgy folyik a huzalban, mint a víz a csőben. Velük ellentétben Faraday rezgésnek vagy erőnek képzelte el az áramot, amely valahogyan a vezetőben keltett feszültségek révén továbbítódik. Az 1820-as években megpróbálta kísérletileg igazolni ezt az elképzelést, de próbálkozásai eredménytelenek maradtak.

Faraday leghíresebb kísérlete: 1831. augusztus 29-én egy vastag vasgyűrű egyik oldalára szigetelt huzalt tekercselt, és ezt egy telephez kötötte. A gyűrű másik oldalára tekercselt huzalhoz galvanométert kapcsolt. Arra számított, hogy a telepre kapcsolt áramkör zárásakor „hullám” keletkezik, és ennek a hatására a második áramkörben a galvanométer kitér. Zárta az első áramkört, örömmel és meglepődéssel látta a galvanométer mutatójának kilendülését. Az első, primer tekercs áramot indukált a második, szekunder tekercsben. Az áramkör megszakításakor viszont Faraday meglepetéssel tapasztalta a galvanométer mutatójának ellenkező irányú kimozdulását. Valamiért az áram kikapcsolása is áramot indukált a szekunder körben, ennek a nagysága egyenlő, iránya ellentétes volt az eredeti áraméval. Faraday ennek a jelenségnek az alapján vetette fel a huzalban levő részecskék „elektrotonikus” állapotának a létezését; ezt egyfajta feszültségállapotnak tekintette. Úgy vélte, az áram képes ilyen feszültség létrehozására és megszüntetésére. Ámbár nem talált bizonyítékot az elektrotonikus állapot létezésére, de teljesen sohasem adta fel ezt az elképzelést, s ez kihatott legtöbb későbbi munkájára.

Faraday 1831 őszen megpróbálta meghatározni az indukált áram keletkezésnek módját. Eredeti kísérletében erős elektromágnest használt, ezt a primerköri tekercseléssel hozta létre. Most állandó mágnessel próbált meg áramot létrehozni. Felfedezte, hogy egy állandó mágnes ki-be mozgatásának hatására a tekercsben áram indukálódik. Tudta, hogy a mágneseket körülvevő erők egyszerűen láthatóvá tehetőek, ha a föléjük tartott kartonlapra vasport szórunk. Faraday az így láthatóvá tett „erővonalakat” a közeg feszültségének vonalaiként értelmezte, ahol a közeg a mágnest körülvevő levegő. Hamarosan felfedezte a mágnesekkel való áramkeltés törvényét: az áram nagysága a vezető által időegység alatt átmetszett vonalak számától függ. Azonnal felismerte, hogy egy erős mágnes pólusai közé helyezett rézkorong forgatásával – ha a korong peremére és a közepére vezetőket kötnek – folyamatosan lehet áramot előállítani. A korong széle több erővonalat metsz, mint a belseje, így a peremet a középpel összekötő áramkörben állandó áram keletkezik. Ez volt az első áramgenerátor.

Ugyanez a szerkezet az elektromotor közvetlen elődje is, mert csak meg kellett fordítani a helyzetet: a korong a belétáplált elektromos áram hatására forgásba jött...

Faraday 1839-re megalkotta az elektromos hatás új, általános elméletét. Az elektromosság, bármi is az, feszültségeket hoz létre az anyagban. A feszültségek erősödése, gyengülése, újabb erősödése hullámszerűen halad előre a közegben, az ilyen anyagok a vezetők. A szigetelők részecskéi rendkívüli mennyiségű feszültséget képesek elviselni. A szigetelőben az elektrosztatikus töltés egyszerűen a felhalmozódott feszültség mértéke. Minden elektromos hatás a testekben előidézett feszültségek következménye.

A nyolcvévi állandó kísérleti és elméleti munka túlságosan megterhelte Faradayt, 1839-től egészsége megromlott. A következő hat évben kevés alkotó munkát végzett. Az aktív kutatáshoz, amelynek a fény és a mágnesesség tanulmányozása állt a középpontjában, csak 1845-ben tért vissza.

Viktória királynő a tudománynak szentelt élete jutalmául egy házat adott neki használatra Hampton Courtban, a lovagi címet is felajánlotta. Faraday a házat hálásan elfogadta, de a lovagi rangot visszautasította, mint mondta, élete végéig egyszerűen Mr. Faraday szeretne maradni. A londoni Highgate temetőben nyugszik.

18/5i ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

THOMAS ALVA EDISON

(szül. 1847. febr. 11. Milan, Ohio, USA – megh. 1931. okt. 18. West Orange, New Jersey), zseniális amerikai feltaláló, több mint ezer szabadalmat kapott olyan találmányaiért, mint az elektromos izzólámpa, a fonográf vagy a mozgóképvetítő.

Thomas Alva Edison a család hetedik és legkisebb gyermeke volt. Fiatal korától nagyot hallott, s ez erősen befolyásolta későbbi pályafutását, mert nem egy találmányát e testi fogyatéka inspirálta. Az ifjú Edison már tízévesen laboratóriumot rendezett be magának édesapja pincéjében. Tizenkét esztendősen otthagyta az iskolát, s újságot és édességet kezdett árulni a Port Huron és Detroit közt közlekedő vonatokon. Miután a vasúttársaság a vonatok mozgásának irányítására bevezette a távírót, Edison kihasználta a pályaváltoztatás lehetőségét, és 1862-től már utazó távírásként dolgozott. A kezdetleges Morse-távírók a pontokat és vonásokat még egy papírcsíkra írták, így Edison számára semmiféle hátrányt nem jelentett nagyothallása. A kopogó telegráf elterjedése azonban megnehezítette az életét, ezért eltöprengett a készülék továbbfejlesztésén. 1869-re már annyira előrehaladt a duplex (vagyis egyetlen vezetéken egyszerre két üzenet továbbítására képes) távíró és az elektromos jeleket betűkké alakító nyomtató megépítésével, hogy felhagyott a távírási pályával, s feltalálóként és vállalkozóként folytatta életét.

Átköltözött New Yorkba, ahol társával, egy ismert villamossági szakértővel, Frank L. Pope-pal közösen Edison Universal Stock Printer és egyéb típusú betűnyomtató távírókat gyártott. Vállalkozása alig egy év alatt olyan sikeres lett, hogy Newarkban (New Jersey állam) saját műhelyt nyithatott. Ekkoriban egy automatikus távíró tökéletesítésén dolgozott, amely elektromos árammal előidézett vegyi reakciók révén rögzítette az üzeneteket. Eközben alkotta meg az elektromos tollat és a stenciles sokszorosítót – ezek utóbb közvetve a fonográf feltalálásához vezettek. A Western Union égisze alatt kigondolta a kvadruplex (négyeszeres) átvitelt, ám a távíróársaság elszánt ellenlábasa, Jay Gould vasútbáró és Wall Street-i pénzügyi hatalmasság magának kaparintotta meg e módszert, miután 100 ezer dollárt fizetett Edison-nak, igaz, ez akkoriban igen tekintélyes summának számított egy találmányért. Az ügyletet évekig tartó pereskedés követte.

Habár Edison megállta helyét, ha alkudni kellett, de a pénzzel nemigen tudott bánni, így sokszor gyorsabban költötte el azt, mint ahogy megkereste. 1871-ben megnősült, de ifjú felesége a háztartási dolgokban éppoly könnyelmű volt, mint Edison az üzleti ügyekben, így hamarosan pénzzavarba kerültek. Edison ezért 1876-ban bezárta távírógyárát, és – költségeit csökkentendő – vidékre költözött. A közeli Menlo Parkban létesített kutatólaboratóriumot, ahol később – néhány tehetséges munkatársa segítségével – élete legnagyobb sikereit érte el.

Az automatikus távíróhoz való víz alatti kábellel kísérletezve felfedezte, hogy a szén (grafit) elektromos ellenállása és vezetőképessége a rá ható nyomással arányosan változik. E jelenség alapján Edison az elektromos áram változtatására és kiegyensúlyozására használt mágnesek helyett egy „nyomásrelét” tervezett. 1877-ben kezdett kísérletezni a telefon hangját felerősítő és javító eszközzel, és kifejlesztette a némelyik telefonkészülékben mindmáig használatos szénmikrofont.

Ugyanebben az esztendőben született legeredetibb találmánya, a fonográf is. Minthogy a telefont afféle hangos távírónak szánták, Edison megpróbált egy olyasfajta rögzítőkészüléket tervezni, mint a géptávíróhoz, hogy a beérkező jeleket (vagyis az emberi hangot) „leírva” táviratként kézbesíthessék. Némelyik tudós, kivált Léon Scott francia feltaláló korábban úgy vélte, hogy a grafikusán rögzített hangok gyorsírásra emlékeztető, jellegzetes mintázatot, azaz hangírást adnának – vagyis fonográfiát, ahogy akkoriban nevezték. Edison ezt az elvet oly módon kívánta átültetni a gyakorlatba, hogy viaszos papírcsíkra karcolt lenyomatokat egy írótüvel ellátott szénmikrofonnal. Meglepetésre az alig látható karcok bizonytalan hangot adtak vissza, amikor a papírt visszahúzták az írótü alatt.

Edison 1877-ben mutatta be az ónlemezes fonográfot, amelyben a papírcsíkot egy ónfóliával bevont henger váltotta fel. A készüléket hitetlenkedve fogadták, s egy hasbeszélő trükkjének tartották, ám a kezdeti elképedést hamarosan felváltotta az ünneplés. Edison világhírű lett, és elnevezték a Menlo Park-i varázslónak, habár a fonográf csak egy évtized után vált laboratóriumi különlegességből kereskedelmi terméké.

Edison úgy vélte, egy áramszabályzóval megoldható az ívfénylampa túlhevülése és elége-se, ezért merészen bejelentette, hogy biztonságos, kellemes fényű és olcsó villanyvilágítást fog kidolgozni a gázlámpák helyettesítésére. A feltalálók akkor már ötven éve hiába kísérleteztek az elektromos izzólámpával, ám Edison korábbi eredményei láttán egy pénzügyi szindikátus – többek közt John Pierpont Morgan és a Vanderbiltek részvételével – megalapította az Edison Electric Light Companyt, és 30 000 dollárt adott a kutatásra és fejlesztésre. Edison azt javasolta, hogy az áramot elosztva párhuzamosan kapcsolják a lámpákat, mert így egyetlen izzó kiégése nem szakítja meg a teljes áramkört. Még hírneves tudósok is úgy vélekedtek, hogy az ilyen áramkör sohasem fog működni – ám ők az akkoriban ismert, kis ellenállású lámpák alapján mondtak véleményt. Edison viszont nagy ellenállású izzókat akart felhasználni, s kutatni kezdte a megfelelő megoldást.

Edisonnak nem volt kellő matematikai és elméleti képzettsége, így egy fiatal tudós, Francis Upton segítségére szorult... Edison és Upton 1879 nyarára kellően előrehaladt a generátor megépítésével, amelyet fordítva működtetve motorként használhattak. Így Edison, akit nem hagyott nyugodni az izzólámpás kísérletek kudarca, egy elektromos áramelosztó rendszert ajánlott a világítási helyett. Időközben biztató eredményeket értek el egy bonyolult áramszabályzós, platinaszálas izzóval. Minthogy azonban ez túl drága lett volna, kísérletezni kezdtek a szigetelő anyagú izzószálakkal is. Joseph Wilson Swan angol fizikus munkája nyomán Edison azt tapasztalta, hogy a szénszálnak elég nagy az ellenállása, és jó fényt is ad, ráadásul áramszabályzó sem kell hozzá. December 3-án végül bemutatták a lámpát az Edison Electric Light Company támogatóinak.

A világ első működő villanyvilágítását a *Columbia* gőzhajóra szerelték fel 1880 áprilisában. Az első szárazföldi épület, ahová 1881 januárjában villanyvilágítást rendeltek, a New Yorki Hinds and Ketcham nyomda volt. Ősszel Londonban – a Crystal Palace-ban rendezett kiállítás kapcsán – létesítették az első, ideiglenes áramfejlesztő központot a Holborn Viaduct közelében. Az első állandó villanycentrálé létesítését és a hálózat kiépítését Edison személyesen ellenőrizte. A rendszert 1882 szeptemberében adták át Manhattanben. Habár a villanyvilágítással kezdetben elég sok baj akadt, s évekbe tellett, amíg a központi áramellátás tért hódított a gázlámpákkal szemben, a szállodák, színházak és áruházak egyedi villanyvilágítása fényesen ragyogott – akárcsak Edison feltalálói hírneve.

18/5j ÉLETRAJZOK

HÁTTÉRANYAG A SZEREPJÁTÉKHOZ

ANDRÉ AMPÈRE

(szül. 1775. jan. 2. Lyon, Franciaország – megh. 1836. jún. 10. Marseille), francia fizikus, ő alapozta meg az általa elektrodinamikának nevezett tudományt (ma az elektromágnesség tudományának nevezzük).

Ampère csodagyerek volt, az akkor ismert matematikát 12 éves korára elsajátította; 1801-ben Bourgnan a fizika és kémia professzora, 1809-ben pedig Párizsban az École Polytechnique matematikaprofesszora lett.

Ampère nem volt módszeres kísérletező; zseniális ötletei voltak, amelyeket aztán végigkövetett az eredményig. Ennek kitűnő példája az az eset, amikor 1820-ban Hans Christian Oersted dán fizikus felfedezéséről értesült: a mágnesű eltérül, ha egy közeli vezetékben változik az áram – ez a jelenség kapcsolatot létesít az elektromosság és a mágnesség között. Ampère egy héten belül elkészítette első tanulmányát, amelyet továbbiak is követtek, ezekben részletesen kifejtette az új jelenség elméletét.

Megfogalmazta az elektromágnesség törvényét (ezt általában Ampère-törvénynek nevezik), amely matematikailag leírja a két elektromos áram közti mágneses erőteret. Sok kísérletet is végzett, ezek eredményei hozzásegítették egy olyan matematikai elmélet kidolgozásához, amely nemcsak megmagyarázta a már ismert elektromágneses jelenségeket, hanem új jelenségeket is előre jelzett. Ampère volt az első, aki az elektromosság mérésére módszereket dolgozott ki, pl. olyan eszközt épített, amelyben egy szabadon mozgó tű mérte az elektromosság áramlását.

Ennek továbbfejlesztett változata a galvanométer. 1827-ben jelent meg fő műve, a *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamique, uniquement déduite de l'expérience.* (Értekezés az elektrodinamikuss jelenségek matematikai elméletéről, kísérleti eredmények alapján.)

Britannica Hungarica, 2007.

18/6 PONTOZÓLAPOK

A TUDÓSOK ÉS AZ AKADÉMIÁK SZÁMÁRA

A tudósok számára

	1. lépés	2. lépés	3. lépés	4. lépés	5. lépés
Akadémia-1					
Akadémia-2					
Akadémia-3					

A tudósok számára

	1. lépés	2. lépés	3. lépés	4. lépés	5. lépés
Akadémia-1					
Akadémia-2					
Akadémia-3					

Az akadémiaiák számára

	1. lépés	2. lépés	3. lépés	4. lépés	5. lépés
Tudós-1					
Tudós-2					
Tudós-3					
Tudós-4					
Tudós-5					
Tudós-6					
Tudós-7					
Tudós-8					
Tudós-9					
Tudós-10					

18/7 MI LETT VOLNA, HA...?

KÉRDÉSKÁRTYÁK

Mi lenne más a világban, ha Edison nem találja fel a működőképes izzólámpát?

Mi lenne más a világban, ha Edison nem találja fel a fonográfot?

Mi lenne más a világban, ha Franklin nem találja fel a villámhárítót?

Mi lenne más a világban, ha Faraday nem fedezi fel az indukció jelenségét?

Mi lenne más a világban, ha Jedlik Ányos nem találja fel a dinamót?

Mi lenne más a világban, ha Siemens nem fejlesztette volna ki a mindennapi életben használható villanymotort?