

magunkat a felszínen tartjuk és tova úszunk. Hasonlóképen a minket körülvevő légtengerben aránylag könnyebben mozogunk itt lent a sűrűbb levegőben, mint oda fent, a hol a levegő ritkább. — Ha most tekintetbe vesszük, hogy a míg ilyen nagy magaslatokra elérkeztünk, a testünk ereje már úgy is el van csigázva, s most mind nagyobb és nagyobb súlyt kell hordoznunk minél magasabbra megyünk, s hogy mindinkább nagyobb megerőltetést kell tennünk, csakhogy a szükséges oxigént belehelhessük: egészen érthető az a komoly veszély, mely az ember életét ilyen magaságokban fenyegeti. Csakugyan számos utazónak az életébe került már az ilyen nagyobb magasságokra való kirándulás. Így pl. az Andes hegyláncolatban (Dél-Amerikában) van egy bizonyos hely, a melyet a csontvázak magaslatának (»alto de los huesos«) nevez a nép, az itt elhulló teherhordó állatok (öszvérek és lovak) csontvázainak felhalmozott hekatombjától. Ugyane helyen már számos utas adta ki életét; miért is e helyet a kalauzok csak rémülettel emlegetik az utasoknak.

TÖRÖK AURÉL.

(Folytatása következik.)

XIX. A RADIOFÓNIA.*

A radiofónia a fizikai kísérletezés egy új módszerének a neve és abban áll, hogy a fénysugarak hatása a különböző anyagokra, *hangokban* nyilatkozik. Keletkezését *Graham Bell*-nek köszönjük, ki azt szelén-fotofónjának** szerkesztése közben fedezte fel munkatársával, *Sumner Tainter*-rel.

A fotofónt a bostoni »Association for the Advancement of Science« előtt bejelentő értekezésének*** bevezetésében kiemeli *Bell*, hogy a szelén a fénysugárral szemben mutatkozó érzékenységgel nem áll egyedül. Számos más anyagot vizsgált meg kísérletei folyamában, s azt tapasztalta, hogy azok legnagyobb része *hangzott, ha változó erősségű fény érte őket.*

E jelenség olyannyira új és meglepő vala, hogy *Bell* kezdetben azt hitte,

* Előadatott az 1883. május 23-ikán tartott szakülésen.

** Lásd: T. Közlöny XII. 425. l.

*** L. Amer. Journal of Science. XX. k. 305. l.

hogy a testek egy eddig nem ismert általános tulajdonságával van dolga; csak behatöbb vizsgálódások után győződött meg arról, hogy kísérleteinek magyarázata a fizikai ismeretek jelenlegi állása mellett is lehetséges.

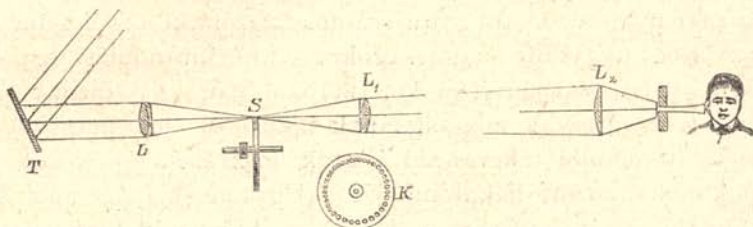
Hangokat a fénysugarak által kétféle módon lehet előidézni. Az egyik kísérleti berendezésben a hang magából a fénysugárzás hatásának alávetett anyagból látszik jönni, a másikban pedig csak másodlagos hatás — elektromos áram telefontal — hozza létre a hangot. Ez okból az elsőt *közvetetlen*, a másikat *elektromos radiofóniának* nevezhetjük.

A közvetetlen radiofóniának jelensége a következő: Ha bizonyos anyagokra igen rövid, de egyenlő időközökben erős fény esik, az anyag hangot ad, melynek magassága a fénysugár másodpercenként való megszakításainak számával egyenlő.

Bell e jelenséget vékony lemezekre figyelte meg első ízben. Kísérlete a

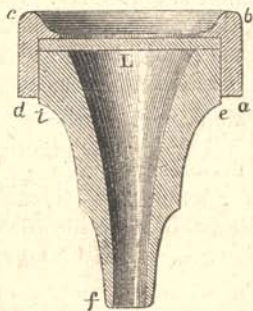
következő módon volt berendezve (1-ső ábra): T tükör által a kellő irányba terelt napsugarakat L lencse S -ben összegyűjti, honnét azok L_1 és L_2 lencsék által a halló-tölcsért elzáró vékony lapocskára irányíttatnak. S -ben egy, a rajz síkjára merőlegesen álló, tengelyen forgó korong keresztmetszete látható. A fémlemezről, vagy kemény papírból vágott korong, K , egy, vagy több kör

mentében 1—2 cm. átmérőjű lyukakka van átverve, melyeket körülbelül ugyanolyan szélességű közök választanak el egymástól. Ez az egyszerű eszköz a fizikában Seebeck-féle sziréna néven ismeretes, mely hangot ad, ha a korong forgása közben a lyuksorra fúvunk. A hang magasságát a fuvócső előtt másodpercenként elhaladó lyukak száma fejezi ki; ha e szám 440, akkor a han-



1-ső ábra.

golás alapjául szolgáló a hang hallható. — Bell kísérletében e korong arra szolgált, hogy a vékony lemezre eső fényt igen szaporán megakaszszva útjában s a lemez a megszakgatott megvilágítás hatása alatt hangot adott. A hang magassága a szirénáéval megegyező. — Ha a fény több lyuksoron halad át, a lemez egyszerre több hangot, egész akkordokat ad.



2-ik ábra.

Bell e hangokat kezdetben úgy hallgatta, hogy a lemezt egyszerűen a füléhez, vagy pedig egy halló-tölcsér végéhez illesztette.

A hallgatás megkönnyítése, és a hangok erősítése végett a lemez felvételére

később külön tölcserőt készített. A 2-ik ábrán ilyen tölcserő van ábrázolva, Mercadier módosításában. L a lemez, melyen a megszakgatott fénysugár hatását tanulmányozzuk; ezt *erif* tölcserőhöz $a b c d$ fedő segítségével erősítjük. A fülhöz vezető kaucsukcső f -nél tolandó a tölcserőre. A lemez e berendezés mellett könnyen eltávolítható s mással helyettesíthető.

Ily módon különféle anyagokat — fémeket, papirost, kaucsukot, fát stb. vettek vizsgálat alá, s a radiofónos hangjóformán minden anyaggal hallható volt.

Bellnek, mielőtt az anyag befolyását a hang erősségére tanulmányozhatta volna, mint az szándékában volt, Európába kellett utaznia. Kellemes kötelesség szólította világrészünkbe: a Voltadíj felvétele, melylyel a párisi akadémia a telefon feltalálóját kitüntette.

Távollétében Sumner Tainter folytatta a munkát s a vizsgálatok további menetére döntő hatású eredményeket ért el. Ugyanis más anyagokat téve ki a megszakgatott sugárzás hatásának, számos olyanra akadt, melyek sokkal erősebb hangokat adtak, mint az előző kísérletekben használt vékony lemezek.

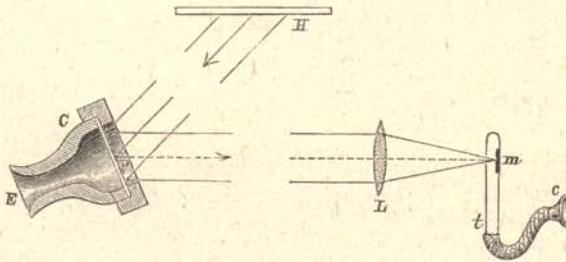
Ezek az anyagok a vatta, gyapjú, színes selyem, posztó, faforgács, általában a rostos szerkezetű testek, melyeket a tölcser belsejébe igen vékony üveg- vagy csillámlemezrel zárt el. De a legerősebb hangokat a lámpa füstjében kormozott felületek adták. A hangok olyan erősek voltak, hogy a hallócsőben hallgató fül alig bírta meg. Azért e helyett rezonátort*, — üres, két helyen nyitott gömböt, vagy szélesebb csövet — erősített a radiofónhoz. A hang, gyengén ugyan, de szabadon is volt hallható. Ha már most a korabon forgássebességét változtatta, úgy, hogy a sziréna hangja az alkalmazott rezonátor egyéni hangjához közeledjék, a hallott hang folytonosan erősödött. Amint a sziréna hangja a rezonátorénak magasságát elérte, a radiofón hangja oly

erővel tört elő, hogy százak hallhatták egyszerre; a hang az egész helyiséget betöltötte.

Bell e közben még egyszerűsített a már különben is egyszerű berendezésben. Tölcser helyett vékonyfalú, kis üvegcsövet vett, melynek egyik vége el van zárva s a vizsgálandó anyagot ebben helyezte el. Az általánosan ismert kémlőcsövecské kettő e célra; csak kaucsuk-csővet kell tolnunk a nyílt végére s kész a legjobb radiofón.

Kormozott réz-, vagy akármilyen lapocskát helyezve el e radiofónban, oly érzékeny eszközünk van, mely valóban meglepő.

Nem kell hozzá sem napfény — mely a vékony lemezes radiofónban multhatatlanul szükséges —, sem pedig a



3-ik ábra.

szintén igen erős elektromos ívfény, vagy Drummond-féle izzó mézslámpa; közönséges olajlámpa, gázláng, avagy gyertya teljesen elegendő, sőt a kialvó gyufának parázsa is egész határozottan hallható hangot hoz létre. Teljesen azonos eredményekhez jutottak Európában Mercadier, Röntgen, Jamieson és még mások, kik Gr. Bell kísérleté-

* Minden pohár, palaczk, cső — pl. a lámpaüveg — többé-kevésbé jó rezonátor, mely hangot ad, ha nyílt szélé fölött gyengén elfűvünk. A hallott hang a rezonátor egyéni hangja, melynek magassága a rezonátor ürfogatától s alakjától függ. Saját-sága az, hogy a saját hangjával egy magasságú hangokat tetemesen megerősíti úgy, hogy a rezonátorral felfegyverzett fül olyan hangokat is képes meghallani, melyek a szabad fültre nézve elvesznének.

vel itt való időzése alkalmával megismerkedtek.

De nem csak a sziréna hangjainak reprodukálására alkalmas e radiofón csövecské: visszaadja igen tisztán a beszédet is. Ez a kísérlet, igaz, nem olyan könnyű, mint az előbbi, de véghezvihető. Csaknem egyidejűleg, egymástól függetlenül Bell és Mercadier hajtották végre, Bell Amerikában, Mercadier pedig Párisban. Ez utóbbinak berendezése egyszerűbb levén, ezt ismertetjük. (3-ik ábra.)

H heliosztátról visszavert fény a *C* tölcserét elzáró üveg- vagy csillámlemezre esik. E lemez igen vékony, — kb. $\frac{1}{10}$ mm. — s egyik lapja meg van ezüstözve. A lemez *E*-nél mondott beszéd hatása alatt váltakozó nagyságú kidombor-

rodásokat ölt s így majd több majd kevesebb fénysugarat vet az L lencsére, mely azokat a radiofóncsőben foglalt kormozott m lapocskára gyűjti össze. A radiofónba tehát majd több, majd kevesebb fény esik, melynek mennyisége mindenkor a tölcser lemezkéjének mozgásától, s így közvetve az E -be mondott beszéd-től függ. A kormozott lapocská ezen »hullámzó sugárzás« hatása alatt a beszédet tökéletesen visszaadja, mely a $t c$ csőben hallható. Megjegyzendő, hogy a kísérlethez *erős* napfény szükséges.

Merca dier 20, Bell pedig körülbelül 50 méternyire volt képes ily módon a beszédet átvinni. Nem nagy távolság ez, az igaz; akkora, hogy a két állomás kísérletezői a rendes úton haladó beszéddel igazíthatják el a dolgot, ha a kísérlet nem megy. De hiszen nem is a távolság kérdése itt a fő. Lehet, sőt valószínű, hogy e távolság idővel, tízszer, vagy talán még sokkal többször akkorrá válik; de ez a kísérlet érdekes voltát emelni nem fogja.

Kérdhetjük már most, milyen hatalmánál fogva kényszerítheti a »megszakgatott« vagy a »hullámzó erősségű« fénysugár hangzásra a vékony lemezeket, érdes felületeket, rostos szöveteket, vagy pedig egészen tiszta, érthető beszéd visszaadására ugyanezeket, de leginkább a befüstölt lapocskákat?

Említők, hogy e jelenségek feltalálójukat annyira meglepték, hogy a testek új általános tulajdonságát sejté bennök, olyan tulajdonságát, a minő pl. a nehézség, vagy az oszthatóság, amely alól egy test sem vonható ki s mely abban állana, hogy a test változó fényerősség hatása alatt hangzik.

A felvetett kérdésre nem soká késett a felelet. A felelet szerint itt csakugyan a testek egy általános tulajdonságuk útján jönnek hangzásba a megvilágítás hatása alatt, mely azonban már rég ismeretes. Lord Rayleigh, az angolok egyik legkitünőbb fizikusa, a *vékony lemezek* hangzását a *fénysugár melegítő hatásának* tulajdonítja.*

* Nature XXIII. k. 274. l.

Ugyanis a vékony lemez anyagának tágulási együtthatójából, fajlagos melegéből és melegvezető képességéből kiszámítja, hogy az energia azon mennyisége, melyet a Nap sugarai a Bell kísérletében használt lemezeknek *meleg alakjában* a másodpercnek igen kicsiny, pl. csak $\frac{1}{1000}$ része alatt, vagy még rövidebb idő alatt átadnak, teljesen elegendő arra, hogy a lemez egyenlőtlen felmelegedés következtében akkora görbülést szenvedjen, melyet a fül, ha a megvilágítás és az ezáltal okozott görbülés másodpercenként igen sokszor ismétlődik, hang alakjában vehet észre.

E magyarázatban, igen parányi mennyiségekről van szó. Megértésének könnyítése végett gondoljunk egy jelenségre, melyet bármikor előidézhetünk.

Ha fémlemezt láng fölé tartunk, azt veszszük észre, hogy az a melegített helyen csakhamar kidomborodik. Kiki azonnal megmagyarazza magának e jelenséget, tudva, hogy a testek a melegítés hatása alatt kiterjednek. A lemez a lángtól ért, tehát erősen melegített részén kiterjed; az oldalak felé való kiterjedését a környező hidegebb részek gátolják s ennek következtében kidomborodni kényszerül. A kidomborodás mindig a melegebb — lángtól érintett — oldal felé történik, mivel ez nagyobb mértékben terjed, mint a lángtól elfordított, tehát kissé hidegebb része. Ha a lemezt most már magára hagyjuk, lehül; s eredeti alakját teljesen visszakapja.

Ez a folyamat teljesen hű képe annak, a mi a vékony lemezekben a radiofónban végbemegy. De a kép rendkívül nagyított méreteken adja jelenségünket.

A felmelegedés hőmérséklete a láng fölött néhány száz hőfokot ér el; a radiofónban pedig ugyanez 1 hőfoknak alig néhány századrésze. S míg a láng a lemezen több milliméter magasságú hegyet emel, addig a radiofón lemezkéjének kidomborodása a milliméter milliomodai vagy csak ezeknek a részeivel mérhető. Végre, a például felhozott kísérletben a melegítés és lehülés 1—2

percnyi időt mindenesetre igénybe vesz, a radiofónban pedig ugyanerre a másodpercnek csak ezredrészei vannak engedve.

Ha ezen, csupa rendkívül parányi változásokból álló folyamat másodpercenként igen sokszor, néhány száz vagy ezerszer ismétlődik, fülünk elég érzékeny* arra, hogy ezt hangérzet alakjában tudomásunkra juttassa.

Nézzük, milyen okok indítanak e magyarázat fenntartására.

Hogy a radiofón hangját a fénysugarak melegítő hatása hozza létre, azt igen egyszerű kísérletekkel lehet bizonyítani.

A sziréna-korong által megszakgatott fényt üveg-, vagy — czélszerűbben — só-prizmával megtörjük, s keressük az így kapott spektrum egyes részeinek hatását a radiofónra.

Legnagyobb hatás az ultravörösben fog jelentkezni**. Ez tudvalevőleg kívül esik a látható spektrum határán, megelőzván a vörös színt, s azon sugarakat tartalmazza, melyeknek legnagyobb melegítő erejük van. A radiofón még a vörös sugarak hatása alatt is hangzik, de a hang a zöldben gyenge, s a kék és ibolyában már alig hallható. Szóval, ha a radiofón a spektrumon végig visszük, azt tapasztaljuk, hogy a hang ugyanolyan mértékben változik, mint a spektrum melegítő hatása.

De egyszerűbb úton is meggyőződhetünk arról, hogy itt csakugyan melegítő hatással van dolgunk.

A lemezre eső fényt előbb megsűrűjük***, azaz olyan anyagokon vezetjük keresztül, melyek a sugárzás egyik vagy másik nemét visszatartják, elnyelik.

A víz, timsó-oldat, jég stb. úgy ismeretes, mint teljesen átlátszó anyag. De csak a világító sugarakra átlátszó, nem pedig a melegítő-re. Ezek legnagyobb

része az anyagban marad. A radiofón hangja csakugyan csaknem teljesen elnémúl, ha ezen anyagokon átmenő sugarak hatása alatt áll. Ellenkezőleg: a jódnak oldata szén-sulfidban teljesen átlátszatlan a világító sugarakra, de a melegítőket át bocsátja. A radiofón hangja alig szenved változást, ha a reája eső sugarakat előbb ez oldaton vezetjük keresztül.

A radiofónra eső fény útjába piros- vagy sárgaszínű üveglapot állítva, a hang erőssége alig szenved változást; ellenkezőleg, a hang tetemesen gyengül, ha zöld vagy kék üveget használunk. Ennek oka nyilván abban van, hogy a vörös üveg a melegítő sugarakat át bocsátja, a zöld-, kék- vagy ibolyaszínű üveg pedig visszatartja azokat.

E kísérleteknél nehezebbek azok, melyek a Rayleigh-féle magyarázat másik részének bizonyítására vannak hivatva, hogy t. i. a radiofón hangja a megszakgatott fénysugár hatása alatt levő lemezkének gyorsan ismétlődő ki-domborodásaiban, tehát valóságos transversalis rezgéseiben leli okát.

Többen kétségbe vonják, sőt egyesek tagadják, hogy a lemez ilyenmű rezgésekbe jöhet s a hangot a lemez megvilágított felületét bevonó levegő-réteg váltakozó felmelegedése és lehűléséből s az ezt követő gyors nyomásváltozásokból magyarázzák.

Pr e e c e kísérletekkel törekszik ezt a felfogást támogatni*. Ez irányú egyik kísérletében a radiofón vékony lemezére igen érzékeny mikrofont alkalmazott, melyet galván-battériával és telefónnal hozott zárlatba.

Mivel akkor, ha a lemez megszakgatott fénysugár hatása alatt hangot adott, a telefón pedig nem, azt következtette Pr e e c e, hogy a radiofón lemeze egyáltalában nem is mozog, azt is kimondá, hogy ennél fogva a Rayleigh-féle magyarázat nem helyes.

Bell, ki azonnal Rayleigh nézetéhez csatlakozott, e kísérletnek bizonyító

* Term. tud. Közlöny XV. köt. 370. l.

** L. Tyndall: A hő, mint a mozgás egyik neme XII. fejezetének a függelékét.

*** L. Tyndall, A hő 348. cikk.

* Proc. Roy. Soc. 1881.

erőt nem tulajdonít, mivel csak azt lehet belőle következtetni, hogy a lemez csak azon pontjain nem mozgott, melyekhez a mikrofonos érintkezés támaszkodott. Más kísérleteket állít evvel szembe. Ugyanis, a radiofonos lemezke közepéhez kis szénlapocskát ragasztott, s ehhez igen vékony drótra felfüggesztett széngömböcskét támasztott. A két széndarabkán átvezetett elektromos áram a telefonban minden alkalommal igen erős hangot adott. A lemez tehát tényleg rezgésben volt.

Summer Tainter Edison-nak mikrotariméterével* ugyanazon eredményre jutott.

Bell erre vonatkozó más kísérleteiből még egyet idézünk az abban használt eszköznek érdekes volta kedvéért.

Ez eszköz, valószínűleg az e nemű eszközök legrégebbike, a *Wheatstone*-féle *mikrofon*, melyet feltalálója felületek rezgésének megfigyelése végett szerkesztett, 1827-ben.

Egy halló tölcserő elzáró vékony, rugalmas lemez (vagy hártya) közepéhez egy könnyű, de merev rudacska van erősítve, mely finom hegyben végződik. Egy tok a tűt védelmezi, s egyúttal az eszköz fogantyúját képezi. A rudacska hegyét olyan alapra támasztva, mely a legcsekélyebb rezgést végezi, a halló tölcserőben a megfelelő hang hallható.

Bell ezen egyszerű eszközzel vizsgálva a radiofon lemezét, hangot hallott azokon a helyeken, melyek a megszakgatott fény hatása alatt voltak; még pedig akár a fény által közvetlenül ért felülethez, akár pedig az ellentett felülethez támasztotta a tűt. Igen gyenge hangot hallott a fény hatásának kitett részek legközelebbi környezetéből is, de a lemez távolabbi részein nem. De nem is kellett igen vékony lemezeket vennie, hogy hangokat halljon; 2—3 mm. vastagságú lemezek is adtak hangot; sőt egy ízben nem lemezt, hanem 1 kgr.-nyi réztömeget alkalmazott, s még evvel is hallott — igen gyenge — hangot

ha mikrofonjának csúcsát a megvilágított részhez tartotta.

Mindezen kísérletek daczára a radiofon lemezének rezgését Mercadier is kétségbe vonja, nem ugyan kísérletek alapján, hanem elméleti okokból tagadván azok lehetőségét.

Ámde könnyen kimutathatjuk, hogy összes ellenvetései félreértésen alapulnak, melyeket igazaknak fogadva el, még a hangvezetés lehetőségét is lehetne tagadni!

Megemlíthjük még, hogy a kérdés eldöntése végett a telefonnal is történt kísérlet. Lecher* az intermittáló fényt érzékeny Bell-féle telefon vaslemezére irányította s azt várta, hogy az ezen telefonnal összekötött másik telefonban a sziréna hangját hallani fogja, ha a megszakított fény sugar a lemezt csakugyan mozgásba hozza. Várakozásában csalódott. E negatív eredményt könnyen megértjük, ha meggondoljuk, hogy az intermittáló fény okozta rezgések igen kicsinyek s ennek megfelelőleg a hang is gyenge, oly annyira, hogy ennek $\frac{1}{10000}$ -ed vagy még kisebb része — a telefon körülbelül ennyit tud visszaadni a belefektetett munkából! — már éppen nem hallható. — Lecher még azonkívül be is kormozta a fényt felfogó telefon-lemezkét, miáltal azt a sugárzás iránt érzékenyebbé kívánta tenni. Éppen az ellenkezőt érte el: a meleg legnagyobb része a koromréteg s az abban foglalt levegő fölmelegítésére használtatott el, s a telefon lemezkéjéhez bizonyára csak igen kevés jutott.

Ezek után a radiofon más alakjaival röviden végezhetünk.

Már említők, hogy az érdes felületek, rostos szövettű anyagok s főleg a füsttel kormozott lapok sokkal erősebb hangokat adnak, mint a csiszolt lemezek. Ennek oka nyilván e testek *nagy hőnyelő képességében* rejlik. A csiszolt lemezek a beeső sugarak jelentékeny részét visszaverik és csak kis részöket alakítják át

* Term. tud. Közöny XV. 389. 1.

* Repertorium d. Physik, XIX. köt. 269. 1.

hangmozgássá. Az érdes felületek, rostos szövetek, kormozott lapok ellenben a beeső meleg legnagyobb részét visszartartják, felmelegednek s felmelegítik egyúttal a felületükön nagy mennyiségben összesűrített levegőt is, mely ennek következtében a melegedés arányában terjedve, hanghullámok forrásává válik.

Bell e tünemények magyarázatának helyességét mérések által is törekedett támogatni. E végett a radiofónban használható anyagokat egymással összehasonlította, azon legnagyobb távolságot (a lencse gyújtópontjától) keresve, melyben az egyes anyagok által adott hang éppen megszűnt hallható lenni. Kísérleteiben a napfényt használta. Eredményeiből* a következő táblázatot közöljük:

Anyag	A hallhatóság határa	E lencsekör- Meresztés- féle töltés- hez voltak erősítve.
Csiszolt cinklemez . . .	1'51 m.	
Csiszolatlan cinklemez . . .	2'15 »	
Stanniol lemez . . .	2'00 »	
Vaslemez . . .	2'15 »	
Fehér selyem . . .	3'10 »	
Sárga » . . .	4'13 »	
Zöld » . . .	4'51 »	
Barna » . . .	5'02 »	
Fekete » . . .	5'21 »	
Fehér vászon . . .	4'01 »	
Kék » . . .	4'69 »	}
Fekete vászon . . .	6'50 »	

A lámpakorom ez anyagokkal térszűke miatt összehasonlítható nem volt. 10 méter távolságban a lencse gyújtópontjától a hang még tökéletesen hallható volt.

Bell kísérleteinek eredményeként a következő tételt mondta ki: *A radiofónban hallott hang erőssége a használt anyag hőnyelő képességével arányos.* — Színes fény esetére pedig tételét következő módosításban fejezi ki: *A radiofónban használt anyag azon színű fény behatása alatt adja a legerősebb hangot, melyet legnagyobb mértékben nyel el.*

Érdekes, hogy Tyndall ezen tételket a priori kimondta, mielőtt az idevágó kísérleteket látta volna. Ugyanis, midőn Bell Európában időzött, kísér-

leteit az angol fizikusoknak bemutatta. Tyndall következőleg írja le találkozásukat*:

»1880. év nov. 29-ikén, a Royal Institution laboratóriumában szerencsém volt Gr. Bell kísérleteinél jelen lenni, melyekben zenei hangok azáltal jöttek létre, hogy intermittáló fény esett különböző anyagokból vett vékony lemezekre. Csakhamar meggyőződtem arról, hogy ezek a hatások a melegnek ritmusos felvételén és elvesztésén alapulnak. Éppen akkor a gázokra és gőzökre vonatkozó kísérletekkel elfoglalva, azt gondoltam, hogy ezekhez lehet a Gr. Bell felfedezte jelenség természetének megállapítása végett fordulni. Az eredmény világos volt előttem, még mielőtt a kísérlet végrehajtott volna.« Bell ugyanezen találkozásról a következőket írja: » — — Tyndall azonnal közlé velem abbéli véleményét, hogy a hang a fény sugarak hatásának alávetett anyagok szapora hőmérsékletbeli változásában leli okát. Kiemelve, hogy a gázok és gőzök hangzó képességére vonatkozólag kísérletek mindeddig nem történtek: ezt javaslatba hozta. Egy kémlőcsövecskét kénéterrel, egy másikat pedig szén-szulfid gőzével töltvén meg, előre megmondta, hogy, ha hang egyáltalában hallható lesz, annak az első anyaggal erősebbnek kell lennie, mint a másodikkal. A kísérlet erre közvetlenül végrehajtván, az eredmény a szavait tökéletesen igazolta: a jó melegnyelő kénéter erős hangot adott, a meleget átbocsátó szén-szulfiddal a radiofónos hang alig volt hallható.« »Előre láttam, mint tágul ki a megvilágítás pillanatában a jó melegnyelő gőz, s mint húzódik össze hírtelen, mihelyt a fény útja megakasztatik« — írja Tyndall.

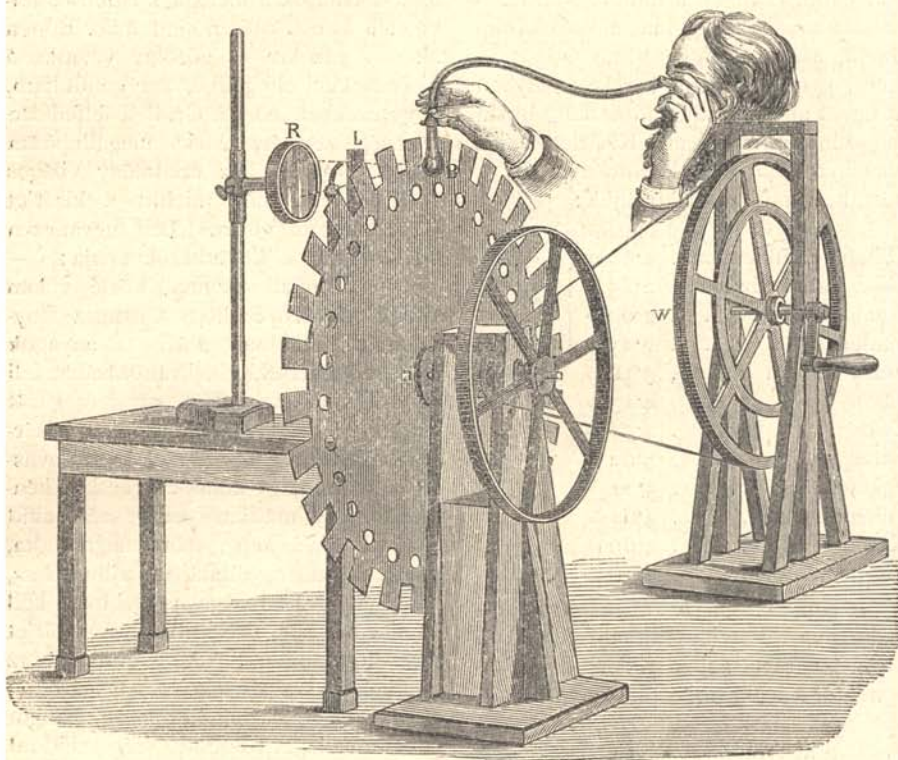
Ezen első, fényes kísérlet után természetesen nem hagyta abba a dolgot. Számos gázt és gőzt vetett alá vizsgálatnak olyformán, hogy azok melegnyelő képességét és a radiofónos hang erősségét egyidejűleg mérte.

* Phil. Transactions of Roy. Soc. 1882. II.

* Amer. Journ. XXI. 480. 1.

Kísérletei összeállításánál mindenekelőtt elhagyta a lencséket, melyekkel Bell a fényt a radiofón anyagán összegyűjtötte, mivel ezek a beeső fény tetemes részét — s kiváltképen a melegítő sugarakat — visszatartják. E helyett a radiofónt s a fényforrást olyan közel helyezte a forgó koronghoz, amint csak lehetett, s a fényforrás mögé ezüstözött tükröt állított. Összeállítását, mint a

lehető legegyszerűbbet, 4-ik ábrán mutatja. A sziréna-korongot *W* hajtó kerék hozza mozgásba; *L* a lámpa, *R* pedig a homorú tükör, mely a fényt a *B*-nél látható radiofónra veti. — Kísérleteiben azt tapasztalta, hogy a radiofónból hallott hang erőssége azon mértékben növekedik, mint az elzárt gáz vagy gőz melegnyelő képessége. Az anyagokat hangzó képességek szerint sorba állí-



4-ik ábra.

totta, melyből a következőket emeljük ki: methylchlorid, olajképző (világító) gáz, kénéter, nitrogénoxidul, mocsárlég, szén-sav, nedves levegő, szénoxid, oxigén, hidrogén, száraz levegő. Az elül álló anyagok a leggyengébb fényforrások hatása alatt is hangzanak, a legutolsók pedig csak igen erős fény használata esetében adnak hangot.

E kísérletek ismétlése rendkívül könnyű. E végett a vizsgálandó gázt kis

kémlő-csővecskébe vezetjük, a cső nyílt végére kaucsukcsövet tolunk s ezt a fülbe illesztjük. Ha a gáz a levegőnél ritkább, a csövet nyílásával lefelé kell tartani. Gőzt pedig oly módon lehet bevinni, hogy a csőbe az illető folyadékból néhány cseppet ejtünk s a csövet melegítjük. A mily arányban fejlődik a gőz, oly arányban erősödik a radiofón hangja, mely valamivel erősebb fényforrással — pl. napfényvel, vagy a

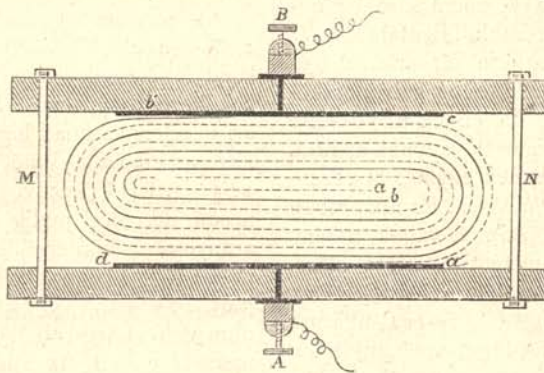
Drummond-féle fénnyel — a fülre nézve csaknem elviselhetetlen erejűvé válik. A kísérletek közönséges gyertya-, vagy lámpa-fénnyel is igen jól sikerülnek.

Tyndall ezt az alkalmat is felhasználja, hogy a vízgőznek oly hevesen vitatott és tagadott melegnyelő képességét kimutassa. A következő tényekre hivatkozik.

Az el nem zárt edények a megszakított fény hatása alatt többnyire hangot adnak, anélkül, hogy erre valami különös módon előkészítve lennének, mivel a kísérleti helyiségek levegője majd mindig tartalmaz annyi nedvességet, a mennyi a radiofónos hang keletkezéséhez szükséges. Az ilyen radiofón-edénykét csak

azáltal sikerül teljesen elhallgattatni, ha a benne foglalt levegőt teljesen kiszáritjuk. E végből a helyiség levegőjétől a légszivattyú harangjával elzárjuk. Ha a harang alatt kénsavat tartalmazó edény is van felállítva, az a levegőt teljesen kiszáritja. Az ilyen kiszáritott radiofón-cső, még igen erős fény használata mellett is alig hangzik, a míg nedvesség nem hatol beléje. A csőbe lehellve, a hang erőssége egyszerre az orgona síp hangjával versenyez.

A közvetetlen radiofónia főbb jelenségeivel megismerkedve, az *elektromos radiofónia*-ról is szólunk még, de csak röviden, mivel a kísérlet elrendezésének e módja, e Közlöny XII. k. 425—432. lapjain már kimerítőleg van ismertetve.



5-ik ábra.

Az említett sorok a »fotofónról« szólanak, arról az eszközről, melyben változó erősségű fénysugár egy különös módon előkészített anyagra, a szelénre esve s ezáltal ellenállását változtatva, a szelénen átvezetett elektromos áramerőssége ugyanoly módon változóvá válik, mit a vezetékbe bekapcsolt telefon hang által áruel. Ez Bell-nek híres kísérlete, melyben a beszédet csupán csak »fénysugár« közvetítésével sikerült átvinnie. Újabb kísérletekből kiderült, hogy számos más anyag is alkalmas az elektromos radiofónia céljaira; nevezetesen a tellur és az amorf foszfor s mindenek felett a lámpakorom.

Az elektromos radiofónia kísérlete sokkal nehezebb a közvetetlen radiofó-

nia kísérleteinél. Ugyanis, ez utóbbihoz egy sziréna-kerék, melyet kiki könnyen készíthet magának, kis üvegcsövecské és akármilyen láng elegendő; az elektromos radiofóniához pedig galvábattéria, telefon meg igen erős fény kívántatik; s ezeken kívűl a fény hatása iránt érzékeny anyagnak a kísérletre alkalmas alakot kell adni. Ez az utóbbi művelet pedig nem éppen könnyű. Újabban Mercadier egy eljárást ír le, mely szerint még aránylag legkönnyebben jutunk ilyen érzékeny vezetők, ú. n. radiofón-czellák birtokába. — $\frac{1}{10}$ mm. vastag sárgaréz-lemezből 10—30 cm. hosszú s 1—2 cm. széles két szalagot vágunk s ezeket egymástól körülbelül ugyanolyan méretű papír-szala-

gokkal elválasztva, erősen összecsavarjuk olyan alakba, mint azt az 5-ik ábra mutatja. A szakadozott aa' vonal az egyik, s a telt bb' vonal a másik sárgaréz szalagot ábrázolja, az ezek között foglalt világos köz pedig a szigetelő papíréteget. Ha biztosak vagyunk abban, hogy összecsavarás közben a két fémzalag sehol sem lépett közvetlenül érintkezésbe, a csomót $a'd$ és cb vastagabb rézlemezek közé helyezve, az egészet két fadarabka közé foglaljuk s MN csavarok segélyével összeszorítjuk. A csomónak igen erősen össze kell csavarva lennie, hogy mindkét oldalát le lehessen csiszolni, anélkül, hogy a lemezek szélei szétszakadoznának. Az oldalakat kezdetben durva, azután finom reszelővel kell leegyengetni, s végül finom súroló papíron gondosan lecsiszolni. Ezután A és D csavarokat egy batteria két sarkával összekötjük, a vezetékbe egy galvanoszkópot is kapcsolva; ha ennek mágnesűje kiütést nem ad, biztosak vagyunk aziránt, hogy a két fémlémez egymással vezető összeköttetésben nincsen. Ez állapotban a teljesen simára csiszolt lapok a fény iránt érzékeny anyag felvételére alkalmasak. — Ha a czellát szelénrel, a fény iránt legérzékenyebb anyaggal akarjuk bevonni, homokfürdőben melegítjük s a szelén-rudacskát a bevonat laphoz támasztjuk. Amint ez a felület $208—212^{\circ}$ C.-ra felmelegedett, a szelénium olvadni kezd. A rudacskát a felületen végigvezetjük, arra figyelve, hogy a szelénium lehetőleg vékony rétegben vonja be a felületet. A hőmérsékletnek ezen művelet alatt emelkednie nem szabad, mivel a szelénium túl melegítve, vezető képességét veszti. A bevonat pala-szürke színű, kristályos külsejű, s ez állapotban a szelénium a legérzékenyebb. A lehülés után, melynek lassan kell végbemenni, a czella azonnal használható. A czella annál jobb, mennél tisztább a szelén, s mennél vékonyabb réteg van a felületére olvasztva. Megjegyzendő, hogy a kereskedésben előforduló szelén többnyire fertőzve van; legtöbbször kén-, vas- és ólom-vegyületeket, s nem ritkán szerves anyagokat is

tartalmaz. Az ilyen anyagból készült czellák sok esetben teljesen hasznavehetetlenek.

A szelénium-czellák ellenállása igen nagy határok közé eshetik; egyes czelláknál 60,000, másoknál pedig csak néhány száz ellenállási egységet tesz. Graham Bell-nek sikerült olyan czellát készítenie, melynek ellenállása elfödött állapotban 300 egység volt, megvilágítva pedig csak 150.

A czellák ellenállása, kivált a készítést követő időben, ingadozik. W. Siemens a felületen végbemenő allotróp változásoknak tulajdonítja e jelenséget. Mercadier részletesen tanulmányozta e viszonyokat*, s a következő tapasztalatokat jegyzi fel:

A czellák ellenállása legkisebb $208—212^{\circ}$ C. között! Ha a czella lassú lehülésnek engedtetik át, ellenállása kezdetben növekedik és 163° táján éri el ellenállásának legnagyobb értékét. Erre az ellenállás ismét kisebbedik egész 125° -ig. Ettől kezdve azonban folytonosan nő, még pedig 15° C.-ig közel arányosan a hőmérséklettel. Egyik, különösen jó czellájának ellenállása 208° -nál 343, 125° -nál 435, 15° -nál pedig 3370 ohm volt. A legszabályosabb 35° C. hőmérséklet alatt. Az ellenállás változása fokként körülbelül 30 ohm.

Újabbban tellurt és amorf foszfort is használnak szelén helyett a czellák bevonására, mely anyagok a szelént jól pótolják**.

Legcélzszerűbb azonban, Sumner Tainter szerint, a lecsiszolt lapokat lámpakorommal befüstölni. Az ilyen koromczellák ellenállása kisebb — 40—1650 ohm — s készítésök semmi féle nehézségbe nem ütköznek. Ellenállásuk szabályosan változik; Mercadier egyik szén-czellájának fokenkénti változása az egész ellenállásnak 0.0023-részét tette. — Ez eredményeket Shelford Bidvell is megerősíti.

* L. Lumière Électrique. IV. k. 176., 295., 347. és V. k. 105. és 119. lapokon.

** Lum. Électrique. IV. k. 415. l.

Általában, minden vezető anyag, ha csak a fény lehetőleg nagy felületen hat rája, többé-kevésbé alkalmas a radiofónia céljaira. B ö r n s t e i n igen vékony ezüstlapokkal jó eredményekhez jutott.

Blyth és Kabischer azon érdekes megfigyelést tették, hogy a szelénium vagy amorf foszforral bevont czellák telefonnal galván czellák nélkül összekötve, szinten adnak hangot, ha intermittáló fény hatásának vannak alávetve. A fénysugarak az érzékeny felületben elektromindító erőt ébresztenek, mely a beeső fény erősségével arányos. — Ilyen tulajdonságot különben E d. B e c q u e r e l már régen felfedezett számos vegyületen, kiváló mértékben a chlór-észűstön.

Az elektromos radiofónia magyarázata ugyanaz, mint a közvetlen radiofónia jelensége. A beeső fény az áramvezető felület hőmérsékletét emeli, melynek ellenállása ezáltal megváltozik. A változások annál nagyobbak, mennél nagyobb az anyag fénynyelző képessége, és legnagyobbak a fénysugárzás azon nemének behatása alatt, melyet az anyag legnagyobb mértékben nyel. Ezen tapasztalatok indították B e l l - t arra, hogy az általa felfedezett tüneményeket, Mercadier javaslatára, *radiofóniának* — nem pedig *fotofóniának* nevezze. Ezáltal azon előfordulható — s előfordult — téves nézetnek is útja van vágva, mintha e jelenségekben a fény világitó képességének valami új, rejtélyes működésével, nem pedig a sugárzásnak ez idő szerint eléggé ismert melegítő hatásával állnánk szemben, mely utóbbi hatás a sugarak összes nemeiben, azaz a spektrum minden színében tényleg megvan, s ha egyes esetekben elenyésző csekélynek, semminek látszik, annak oka módszereink és eszközeink tökéletlenségében keresendő. A radiofónia reményt nyújt e hiányok elhárítására.

Gr. Bell új eszközt is készített*, mely egyes esetekben hasznos szolgálatot ígér.

* Amer. Journal of Science XXI. 481. l.

Ez az eszköz az általánosan elterjedt spektroskopból könnyen készíthető. Ugyanis ez eszköz szemlencsáját radiofónnal — tölcserrel, vagy csővel — helyettesítve, megvan az új eszköz: a *spektrofón*.

A radiofón érzékeny anyaga az objektív gyújtópontjában, átlátszatlan hasadék mögött helyezendő el.

A radiofónból kaucsukcső vezet a fülbe. Ha az eszközbe intermittáló fény esik, a radiofón a spektrum különböző részeiben különböző erősségű hangot ad, aszerint, a milyen anyaggal van megtöltve. Szivar-füsttel és salétromsavval megtöltve, az ibolyántúl eső részt kivéve, az egész spektrumon végig — annak nem látható részében is — hangzik a radiofón. »Ha már most az intermittáló fény valamely anyagon megy keresztül, melynek absorptióját vizsgáljuk, a spektrumban *hangzó és csendes sávok* (bands of sound and silence) — a látható spektrum fényes és sötét sávjainak megfelelően — található, a néma helyek az absorptió-sávoknak felelven meg. Természetes, hogy a spektrum látható részének vizsgálatában a fül egy pillanatra sem versenyezhet a szemmel; ámde a láthatatlan részben, a vörösön túl, ahol a szem nem használható, a fül megbecsülhetetlen. A spektrumnak ezen a tájkán dolgozva, csak lámpakormot kell használni a spektrofónnban. Az ezen anyag létesítette hangok az ultravörösben olyan határozottan hangzanak, hogy eszközünk a thermooszlopot jól helyettesítheti.«

Bell ezen eszközével vizsgálatokat is tett, melyek eredményeiből néhányat közlünk.

A timsó-oldaton átment intermittáló fényben egy keskeny absorpczió-sáv van, a legkisebb törésű sugarakban. — Vékony kaucsuklemezen átmenő fény az egész ultravörös részben jól hallható hangot ad. A látható részben hang nincsen, kivéve a sötétvörös legszélső részében.

Kénsavas réz-ammoniáton megsűrt fénynek spektrumában csak egy kék-ibolyaszínű sáv látható. A fül két sávot talált, melyet egy széles néma köz vá-

lasztott el egymástól. Az egyik sáv a vörös határán lépett tel, másik pedig a látható sávval esett össze.

»Azt gondolom — így végzé Bell előadását az amerikai akadémia előtt — eleget mondtam, hogy önöket az új vizsgálati módszer értékéről meggyőzzem, de nem kívánhatom, hogy azt higgyék, hogy eredményeinket bármely

tekintetben is teljeseznek tekintjük. Gyakran érdekesebb egy gyermeknek első ingadozását megfigyelni, mint a felnőtt ember biztos lépteit nézni; s érzem, hogy a mi első lépéseinknek a tudomány ez új ágában több érdekek van önök előtt, mint a bevégzett vizsgálatok teljesebb eredményeinek«.

BARTONIEK GÉZA.

APRÓBB KÖZLEMÉNYEK.

NÖVÉNYTAN.

(4.) A »KOMPASZ-NÖVÉNYEK«-RÓL. A *Silphium laciniatum*-ról, Észak-Amerika prairiejein élő fészkes növényről ismeretes*, hogy leveleinek szélei észak-délnek irányulnak, s hogy a levelek síkja a délkörbe esik. Kísérletek bizonyítják továbbá, hogy a Nap fényének szabadon kitett helyeken mesterségesen természet példányokon is mutatkozik a levelek ezen sajátsága. Az utazó tehát Amerika prairiejein természet adta mágnestűre akad, mely őt a világtájak iránt tájékoztathatja; azonban ha ez érdekes tüneménynek szemtanúja akarunk lenni, nem is kell oly messzire mennünk; megtaláljuk azt közelünkben is. Nézzünk csak széjjel száraz, kopár helyeken s ime ott találjuk majd a keszeg-salátát (*Lactuca scariola*), mely leveleinek irányával csak oly szépen mutatja a délkör irányát, mint a *Silphium laciniatum* Észak-Amerikában.

A *Lactuca scariola*, e hazai kompasznövényünk levelei** függőlegesen állnak, egyik szélökkel felfelé, a másikkal lefelé néznek; a levelek illeszkedéshelyei 8 hosszanti sort képeznek a száron, de lemezeik nem terülnek ki ennek megfelelően 8 hosszanti sorban, hanem igen hajlandók párhuzamos függőleges síkokba rendezkedni, s e tulajdonságuk

a termőhely és a különböző egyének szerint különböző mértékben mutatkozik. Legvilágosabban látjuk e tüneményt sovány talajon, forró, nap-sütötte helyeken növő plántákon, s ott számosat találunk egymás mellett párhuzamos irányú levelekkel, melyek síkja meglehetősen pontosan összevág a délkör irányával. A levelek egyik része hegyét délnek, másika északnak irányítja; keletnek s nyugatnak egyikök sem.

A növény déli oldalán levő levelek lemeze sodródás által a délkör síkjába jut; középerük a szár tengelyével 50—70°-nyi szöget képez. Épúgy a növény északi oldalán álló leveleké is, melyek sodródás által szintén függőlegesekké válnak. E levelek felső lapja vagy kelet, vagy nyugat felé fordúl.

Máskép viselkednek azonban a szár keleti és nyugati oldalán eredő levelek. Ezek síkja úgyis már a délkörbe esik, azért rajtuk a sodródásnak nyoma sincs s egyszerűen felfelé irányulnak meglehetősen meredeken, lapjukkal a szárhoz símulva. A szár keleti oldalán támadó levelek felső lapja nyugatnak, a nyugatin eredőké pedig keletnek néz. A levelek ezen délkör-állása legszembe-tűnőbb az alul állóknál, ellenben legkevésbé világos a virágzat táján lévőknél.

A levelek ezen különös irányulásának külső okát kutatva, biztosra vehetjük, hogy a levelek iránya a Föld mágnességével semmiféle viszonyban nincs,

* V. ö. Természettudományi Közlöny III. köt. 461. lap.

** L. S t a h l : Ueber sogenannte Compasspflanzen, 2. Aufl. Jena 1883.



Creative Commons License Deed

Nevezd meg! - Így add tovább! 3.0 Unported (CC BY-SA 3.0)

Ez a [Legal Code \(Jogi változat, vagyis a teljes licenc\)](#) szövegének közérthető nyelven megfogalmazott kivonata.

[Figyelmeztetés](#)



A következőket teheted a művel:

szabadon másolhatod, terjesztheted, bemutathatod és előadhatod a művet

származékos műveket (feldolgozásokat) hozhatsz létre

kereskedelmi célra is felhasználhatod a művet

Az alábbi feltételekkel:



Nevezd meg! — A szerző vagy a jogosult által meghatározott módon fel kell tüntetned a műhöz kapcsolódó információkat (pl. a szerző nevét vagy álnévét, a Mű címét).



Így add tovább! — Ha megváltoztatod, átalakítod, feldolgozod ezt a művet, az így létrejött alkotást csak a jelenlegivel megegyező licenc alatt terjesztheted.

Az alábbiak figyelembevételével:

Engedélyezés — A szerzői jogok tulajdonosának engedélyével bármelyik fenti feltételtől [eltérhatsz](#).

Közkinccs — Where the work or any of its elements is in the [public domain](#) under applicable law, that status is in no way affected by the license.

Más jogok — A következő jogokat a licenc semmiben nem befolyásolja:

- Your fair dealing or [fair use](#) rights, or other applicable copyright exceptions and limitations;
- A szerző [személyhez fűződő](#) jogai
- Más személyeknek a művet vagy a mű használatát érintő jogai, mint például a [személyiségi jogok](#) vagy az adatvédelmi jogok.

- **Jelzés** — Bármilyen felhasználás vagy terjesztés esetén egyértelműen jelezned kell mások felé ezen mű licencfeltételeit.