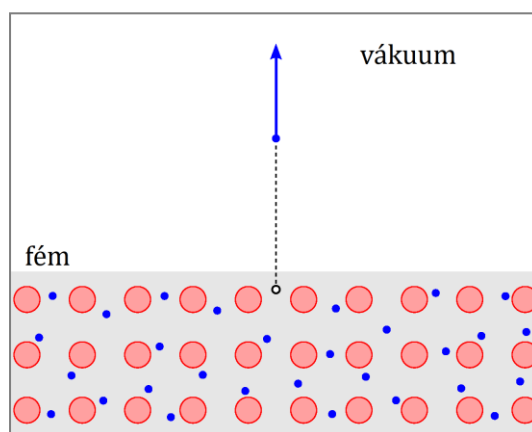


◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---

Vezetés vákuumban

A *vákuum* anyagmentes térrészt jelent, gyakorlati szempontból azonban vákuumnak tekinthetjük az olyan térrészt, amelyben a nyomás 0,001 Pa alatt van. Még ilyen kis nyomásnál is megközelítőleg $2 \cdot 10^{11}$ db részecske van 1 cm^3 térfogatú térrészben. A részecskék azonban ilyen vákuumban már átlagosan 10 m utat tehetnek meg másik részecskével való ütközés nélkül. Emiatt a vákuumban ionizációval nem jöhetnek létre töltéshordozók, ezért a *vákuum rendkívül jó szigetelő*. Alkalmassal azonban az *elektródokból töltéshordozók juttathatók a vákuumba, és így a vákuum is vezetővé válhat*.

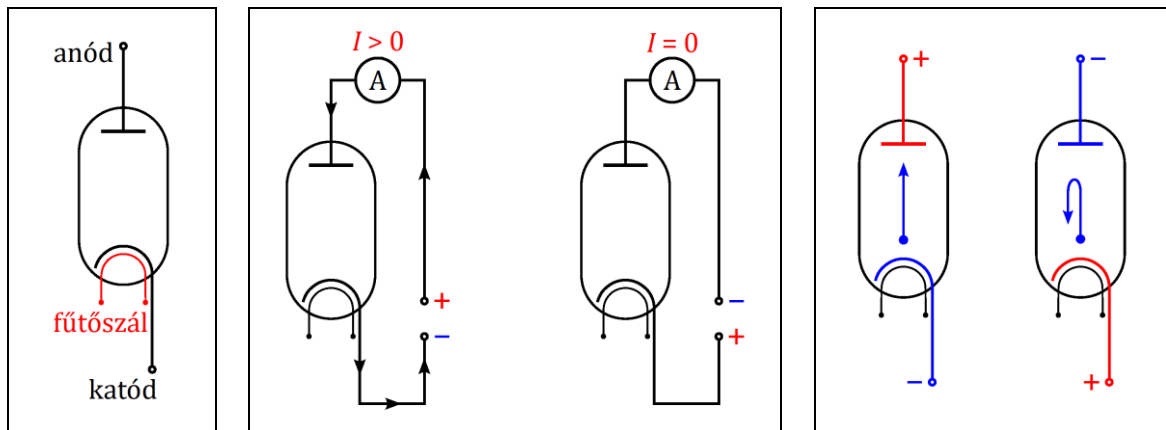
A vákuumba legegyszerűbben elektronok juttathatók be, mert az elektródok anyagát képező fémek kristályrácsában mindig jelen vannak, sőt a rácson belül gyakorlatilag szabadon mozoghatnak. Így kilépéskor csak a fémrács vonzását kell legyőzni. Ha növelni tudjuk az elektronok mozgási energiáját, akkor egy részük kiléphet a fémből a vákuumba.



A) Az elektronkibocsátás egyik módja, hogy a *katódot felmelegítjük*. A hőmozgás élénkebbé válása miatt a leggyorsabb elektronok a fémből kilépve részt vehetnek az áramvezetésben. Ehhez a fémeket többnyire izzásig kell hevíteni. A katódot legegyszerűbben elektromos árammal, egy kisméretű fűtőszál segítségével izzíthatjuk fel a szükséges hőmérsékletre. A *magas hőmérsékletű fémekből történő elektronkilépést Edison-hatásnak* nevezzük.

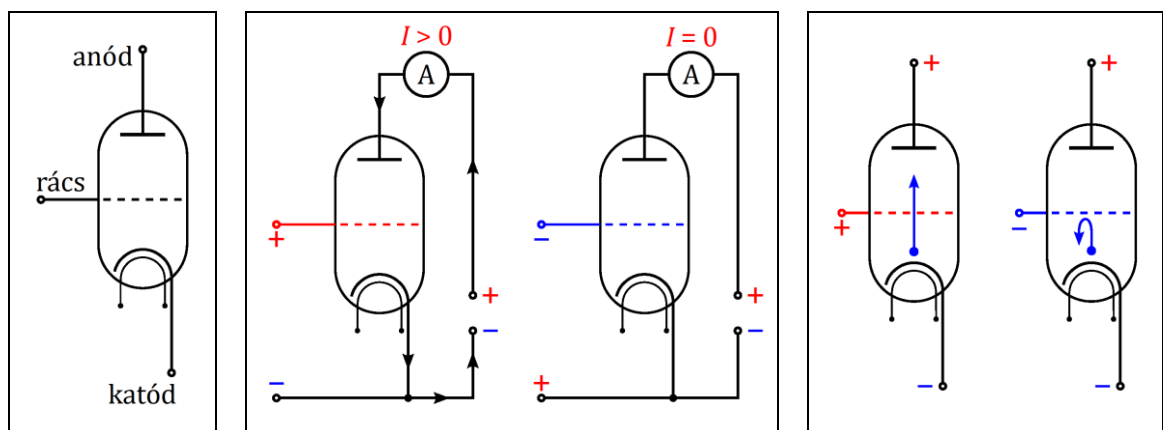
Az *elektroncső* (üveg)burájában vákuum van, és belsejében a fűtőszálon kívül még legalább kettő, de gyakran 5–8 elektród található. Az elektroncsövet az elektródok számától függően diódának, triódának, tetródának, pentódának stb. nevezzük. A cső belsejében levő vákuumba az Edison-hatást felhasználva juttatják az elektronokat. Az *elektroncsöveknél az izzított elektródot mindig katódnak* nevezzük, függetlenül attól, hogy az áramforrás melyik sarkához kapcsolódik.

A legegyszerűbb elektroncső a két elektróddal rendelkező *vákuumdióda* (dióda). Ha a dióda katódját az áramforrás negatív, az anódját pedig a pozitív pólusához kapcsoljuk, akkor a katód izzításakor a diódán át áram folyik. Ezt az áramot *anódáram*nak nevezzük. Az anódáram az áramkörbe kapcsolt áramerősség-mérő műszerrel kimutatható. Ha az áramforrás sarkait felcseréljük, az áram megszűnik.

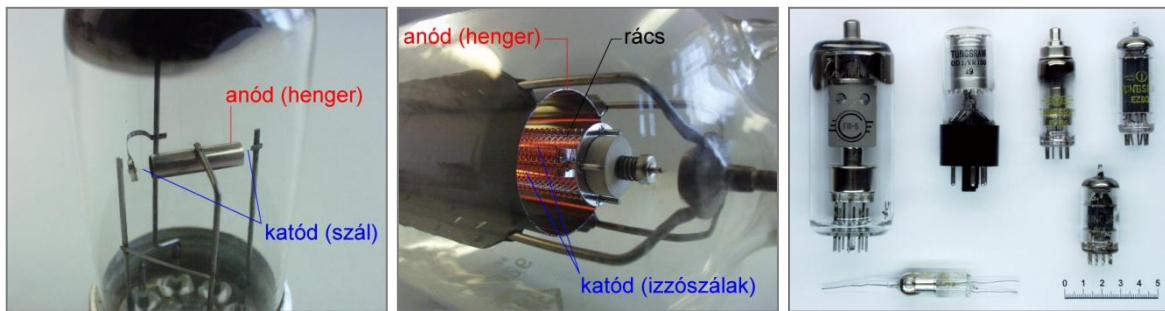


A vákuumdióda működése azon alapul, hogy a negatív katódból kilépő elektronokat a pozitív anód vonzza, ilyenkor tehát a diódán át áram folyik. Ha az áramforrás negatív pólusát kapcsoljuk az anódra, az taszítja az elektronokat, ezért nem jön létre áram a csőben. (Mivel az anód alacsony hőmérsékletű, így abból nem léphetnek ki elektronok.) A vákuumdiódát korábban egyenirányításra használták, a félvezető diódák azonban ma már a legtöbb eszközben átvették a szerepét.

A *trióda* belsejében, a katód és az anód között még egy elektród van, ezt *rácsnak* nevezzük. A rácst valójában egy fémháló vagy drótspirál. Ha a rácst egy áramforrás pozitív pólusához, az áramforrás negatív pólusát pedig a katódhoz kapcsoljuk, akkor az elektronok többsége akadálytalanul áthalad a rácst nyílásain. A triódán keresztül ekkor áram folyik.



Ha a rácstra kapcsolt áramforrás polaritását felcseréljük, akkor az anódáram erőssége lényegesen kisebb lesz, sőt az anódáram meg is szűnhet. Ekkor ugyanis a negatív rácstaszítást csak a leggyorsabb elektronok képesek legyőzni, és csak ezek jutnak el az anódra. Ha a rácstra kapcsolt áramforrás feszültsége elég nagy, akkor a katódból kilépő leggyorsabb elektronok sem jutnak át a rácson, így az anódáram teljesen megszűnik.

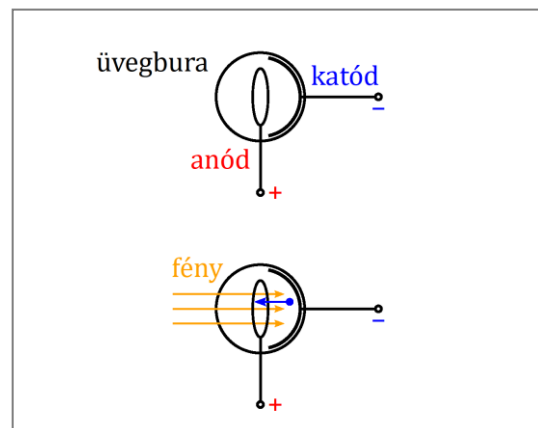


A rácsnak a katódhoz viszonyított feszültségét *rácsfeszültségnek* nevezzük. A triódában a rácscsültség változtatásával szabályozni lehet az anódáram erősségét, így a trióda erősítésre használható. Napjainkra azonban a tranzisztorok és az integrált áramkörök a legtöbb eszközben átvették a vákuumtrióda szerepét.

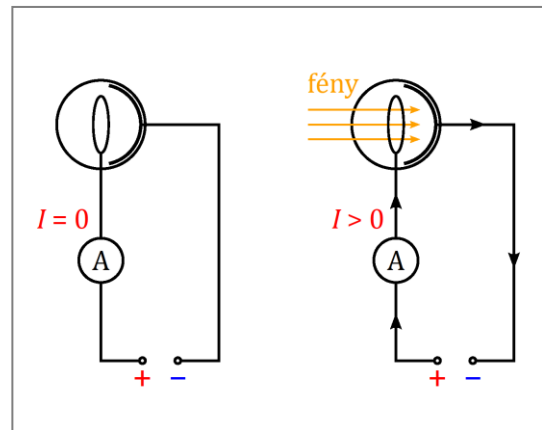
A négy vagy ennél több elektróddal rendelkező elektroncsövek további rácsokat tartalmaznak, működésük azonban alapvetően megegyezik a trióda működésével.

B) A töltéshordozók vákuumba juttatásának másik módja, hogy a katódot megvilágítjuk. A fény (különösen az ultrabolya fény) hatására a fémből elektronok léphetnek ki. A fény a fémek felületén levő elektronoknak energiát ad át, és így az elektronok nagyobb mozgási energiájuk révén legyőzhetik a fémrácson vonzó hatását. Azt a jelenséget, melynek során a fémből megvilágítás hatására elektronok lépnek ki külső fényelektromos hatásnak nevezzük.

A külső fényelektromos hatás alapján működik a *fotocella*. Ez egy üvegbura, amelyben vákuum van. Az anód egy drótszál vagy dróthurok, a katód pedig egy vékony fémbevonat a bura belső falán. Ha a fotocellát megvilágítjuk, akkor a fény hatására a katódból elektronok lépnek ki.



A fotocella katódját az áramforrás negatív, az anódját pedig a pozitív sarkához kapcsolva, és a katódot megvilágítva a fotocellán át áram folyik. Ez az áram érzékeny áramerősség-mérő műszerrel megmérhető. A mérések szerint az áramerősség függ attól, hogy mekkora a katód megvilágítottságának mértéke.

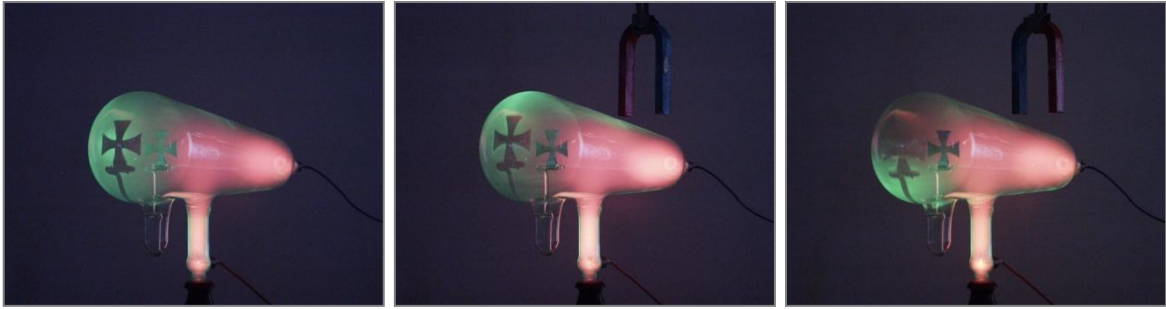


A fotocellát fény érzékelésre, fénymérésre, fényjelek elektromos jellé történő átalakítására használták. Szerepét napjainkban szinte teljes egészében átvették a belső fényelektromos hatás alapján működő, félvezetőből készült fotoellenállások.

- C) A rendkívül nagy ($\sim 10 \text{ N/C}$) térerősség az elektronokat kiszakíthatja a fémből. Ezt a fajta elektronkibocsátást *téremisszió*nak vagy *hidegemisszió*nak nevezzük.
- D) A vákuumba jutott és nagy sebességre gyorsult elektronok az anódba ütközve onnan újabb elektronokat üthetnek ki. Ezt a jelenséget *másodlagos elektronemisszió*nak nevezzük.
- E) Ha a kisülési csőben a nyomást $0,01 \text{ Pa}$ alá csökkentjük, akkor a ködfénykisülés az ionok kis száma miatt szinte teljesen megszűnik, a cső katóddal szemközti üvegfala azonban zöld fényt bocsát ki, fluoreszkál. Az üveg fluoreszkálását a katódból kiinduló sugárzás okozza, amelyet emiatt *katódsugárzás*nak nevezünk.



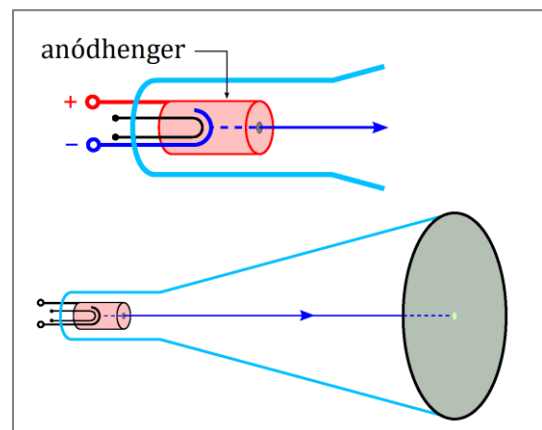
A katódsugárzás legfontosabb jellemzői: A sugárzás hatására néhány anyag (pl. üveg, cink-szulfid) fényt bocsát ki, azaz *fluoreszkál*. A sugarak mindig a katód felületére merőlegesen indulnak ki.



A katódsugarak egyenesen haladnak, de elektromos vagy mágneses mezőben eltérnek eredeti irányuktól. (Emiatt a csőben elhelyezett fémkereszt árnyéka a mágneses tér hatására eltolódik.) A fényképezőlemezt és filmet a katódsugarak megfeketítik, azaz kémiai változást hozhatnak létre. A katódsugarak nagyon vékony fémlemezeken is képesek áthatolni.

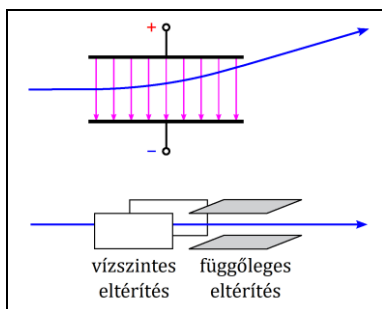
Elsősorban az elektromos és mágneses mezőben történő eltérítési kísérletekkel kimutatható, hogy a katódsugárzást gyorsan mozgó elektronok alkotják. A katódsugárzás kialakulásában lényeges szerepe van a kisülési csőben levő pozitív ionoknak. Ezek mennyisége ugyan a ködfénykisülés létrejöttéhez vákuumban már kevés, de nagy energiával a katódra ütközve, onnan elektronokat lökhetnek ki. *A kisülési csőben a katódsugárzást tehát a katódra csapódó pozitív ionok keltik.*

Az *izzókatódos katódsugárcső* az elektroncsövek továbbfejlesztett változatának tekinthető. Ebben izzított katódból indulnak ki a katódsugarak (elektronok). A katódot henger alakú, véglapján kis nyílással ellátott anód veszi körül. A nagy sebességre felgyorsult elektronok a nyíláson áthaladva egyenes



vonásban haladnak tovább a cső szemközti fala felé. Ennek belső oldalát olyan anyaggal vonják be, amely a becsapódó elektronok hatására látható fényt bocsát ki (fluoreszkál), így az ernyőn egy fénypont jelenik meg.

Az elektronokból álló katódsugár a cső egyik változatában párhuzamos fémlamezek közt halad át. Ha a lemezekre feszültséget kapcsolunk, az elektronok pályája megváltozik. Az elektronok emiatt az ernyő másik pontjába csapódnak be, és így az ernyőn megjelenő fényfolt máshol jelenik meg. Hasonló eltérítés hozható létre mágneses mezővel is. (Ennek részletesebb magyarázatára még visszatérünk.)

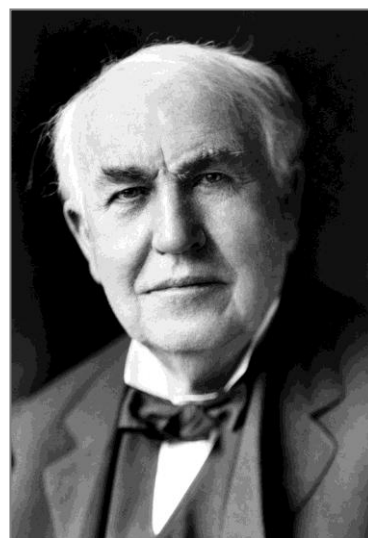


A katódsugárcsöveket számos helyen alkalmazták/alkalmazzák. A hagyományos televíziók és a számítógép-monitorok képcsövei katódsugárcsövek voltak. Ezek többnyire mágneses eltérítéssel működtek. Az elektromos rezgések megjelenítésére használható eszközök, az oszcilloszkópok szintén katódsugárcsövet tartalmaznak. Ezekben általában elektromos eltérítést alkalmaznak a katódsugár mozgatására.

Kiegészítések

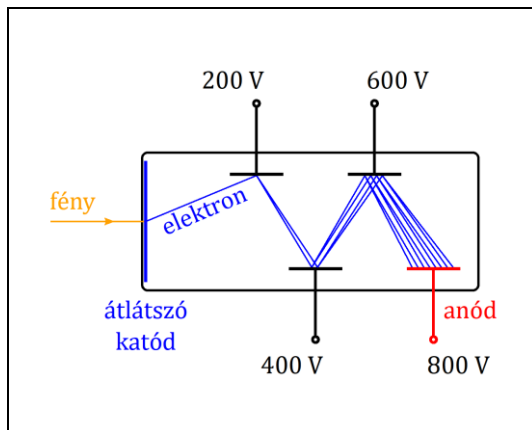
1. *Thomas Alva Edison* (1847–1931) amerikai feltaláló 1883-ban ismerte fel a róla elnevezett hatást. Edison 362 szabadalmat dolgozott ki. Találmányai közül jelentős a szénszálas izzólámpa (1880), az olvadóbiztosíték (1880), fonográf (1877), és jelentős szerepe volt a mozgófilm megalkotásában is (kinematoszkóp, 1891).

2. A diódát *John Ambrose Fleming* (1849–1945) angol elektrotechnikus fejlesztette ki és szabadalmaztatta 1904-ben. Az első triódát *Lee De Forest* (1873–1961) amerikai feltaláló alkotta meg 1906-ban.



3. A külső fényelektromos hatást *Wilhelm Hallwachs* (1859–1922) német fizikus fedezte fel 1888-ban, ezért a jelenséget Hallwachs-hatásnak is nevezik.

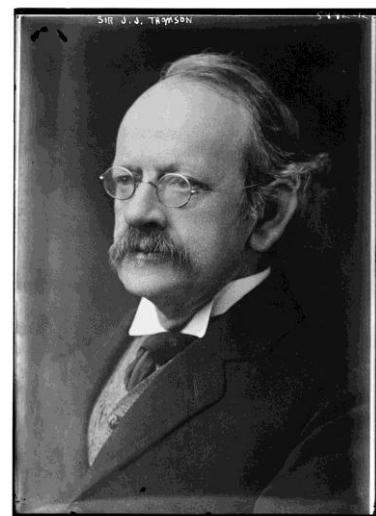
4. A fotocella továbbfejlesztését jelenti a *fotoelektron-sokszorozó*. Ebben a fotokatódból kilépő elektronokat elektromos feszültséggel akkora sebességre gyorsítják, hogy a következő elektródába csapódva, onnan egyszerre több elektront is kilöknek. Ezeket hasonló módon fölgyorsítva az elektronok száma megsokszorozható, és ez jól regisztrálható áramot eredményez. Ezzel az eszközzel rendkívül kis fényfelvillanások is érzékelhetők.



(A fotoelektron-sokszorozó közbülső elektródáit dinódáknak nevezik, mert egyszerre töltik be az anód és katód szerepét. A dinódák a gyakorlatban ívelték, ez jól látható a fényképen is.) A fotoelektron-sokszorozó kifejlesztésében jelentős szerepe volt *Bay Zoltán* (1900–1992) magyar fizikusnak.

5. A katódsugárzást 1859-ben fedezte fel *Julius Plücker* (1801–1868) német fizikus. Ő ismerte fel, hogy a katódsugarak mágneses mezőben eltérülnek.

6. *Joseph John Thomson* (1856–1940) angol fizikus mutatta ki 1897-ben, hogy a katódsugárzást elektronok alkotják. Kimutatta azt is, hogy a katódból történő elektronkilépés független attól, hogy milyen fémből készült a katód, tehát az elektron minden fém (minden atomban) megtalálható. Thomson ezért a felfedezéséért 1906-ban fizikai Nobel-díjat kapott. (Thomson fia, *Georg Paget Thomson* (1892–1975) szintén Nobel díjas fizikus, a díjat az elektron hullámtulajdonságainak kimutatásáért kapta.)



7. Az izzókatódos katódsugárcsővet *Karl Ferdinand Braun* (1850–1918) német fizikus fejlesztette ki. Tevékenységéért Braun 1909-ben fizikai Nobel-díjat kapott.





8. A hagyományos televíziók és monitorok képcsöve izzókatódos katódsugárcső. (A napjainkban használt lapos képernyős televíziók és monitorok azonban már nem katódsugárcsővel működnek.)

Képek jegyzéke

	<p>Elektronkilépés fémből vákuumba</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0485.svg</p>
	<p>A dióda elektródjai</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0486.svg</p>
	<p>A dióda működése</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0487.svg</p>
	<p>A dióda működésének magyarázata</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0488.svg</p>
	<p>A trióda elektródjai</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0489.svg</p>
	<p>A trióda működése</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0490.svg</p>
	<p>A trióda működésének magyarázata</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0491.svg</p>
	<p>Dióda</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0639.jpg</p> <p>További képek:</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto3.html</p>

	<p>Trióda</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0646.jpg</p> <p>További képek:</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto3.html</p>
	<p>Elektroncsövek</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0154.jpg</p>
	<p>Fotocella felépítése és működési elve</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0492.svg</p>
	<p>A fotocella működése</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0493.svg</p>
	<p>Katódsugárcső (hidegkatódos)</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0155.jpg</p>
	<p>Katódsugárcső működés közben</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0156.jpg</p>
	<p>Katódsugárcső működés közben mágneses nélkül</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Katódsugarak_mágneses_mezőben(2).jpg</p>
	<p>Katódsugárcső működés közben mágnessel</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Katódsugarak_mágneses_mezőben(3).jpg</p>
	<p>Katódsugárcső működés közben megfordított mágnessel</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Katódsugarak_mágneses_mezőben(4).jpg</p>

	<p>Izzókatódos katódsugárcső rajza</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0494.svg</p>
	<p>A katódsugár eltérítése elektromos mezővel</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0495.svg</p>
	<p>Monitor katódsugárcsővel</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0157.jpg</p>
	<p>Oszilloszkóp katódsugárcsőve</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0708.jpg</p> <p><i>További képek:</i></p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto3.html</p>
	<p>Edison arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas_Edison2-crop.jpg</p>
	<p>Fotoelektron-sokszorozó elvi rajza</p> <p>© http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0496.svg</p>
	<p>Fotoelektron-sokszorozó</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0656.jpg</p> <p><i>További képek:</i></p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto3.html</p>
	<p>Joseph John Thomson arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_J.J._Thomson_LCCN2014715407.jpg</p>
	<p>Karl Ferdinand Braun arcképe</p> <p>W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Braun_1909.jpg</p>

	<p>Katódsugárcsővel működő színes televízió</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0755.jpg</p> <p><i>További képek:</i></p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto5.html</p>
	<p>Színes televízió katódsugárcsőve</p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0756.jpg</p> <p><i>További képek:</i></p> <p>© http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fizfoto5.html</p>

Jelmagyarázat:

- © **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.
- W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.