

◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	----------	----------	-----------	----------	---------	---

Áramvezetés gázokban

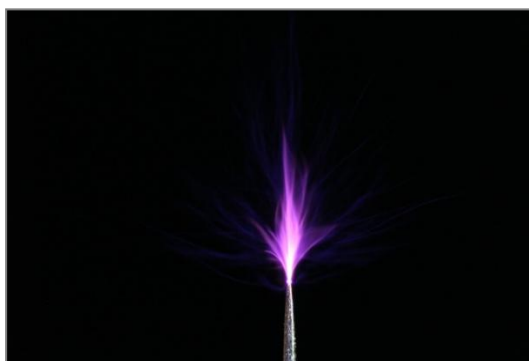
Tudjuk, hogy a közönséges nyomású *gázok általában jó szigetelők*, mert semleges részecskékből (atomokból, molekulákból) állnak és nincs bennük szabad töltéshordozó. Esetenként azonban a gázokban is létrejöhetnek, illetve kívülről bekerülhetnek töltéshordozók (elektronok, ionok), így a gáz vezetővé válik. A gázokban kialakuló áramvezetéssel kapcsolatos jelenségek közül a koronakisüléssel és a csúcskisüléssel, a szikrakisüléssel, az ívkisüléssel, valamint a ködfénykisüléssel foglalkozunk.

A koronakisülés és a csúcskisülés

Ha egymástól pár centiméternyi távolságban elhelyezett elektródokra kellően nagy feszültségű (több ezer voltos) áramforrást kapcsolunk, akkor sötétben az elektródok felületén kékes-lilás színű fénypontokat, vagy fényréteget láthatunk, és sercegő hang hallható. Ezt a jelenséget *koronakisülésnek* nevezzük. (A képen egy távvezetéken kialakult koronakisülés látható.)



Az olyan koronakisülést, amelynél legalább az egyik elektród csúcs, *csúcskisülésnek* hívjuk. (A fényképen egy varrótű hegyén kialakult csúcskisülés látható.)



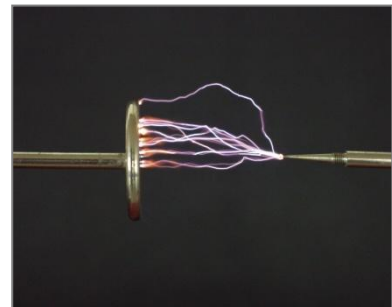
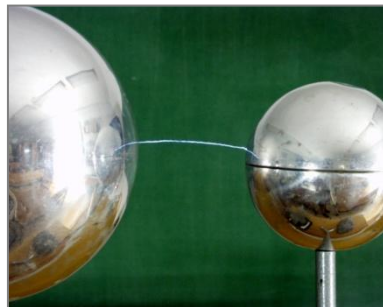
A koronakisülés és a csúcskisülés létrejötte azzal magyarázható, hogy az elektródok közelében lévő semleges molekulák az elektróddal érintkezve ugyanolyan töltésűvé válnak, mint az elektród, azaz a semleges részecskékből ionok képződnek (ionizáció). Ezeket az ionokat az elektród taszítja, ezért lerepülnek az elektródról. (Ezzel magyarázható az elektromos szél kialakulása is.) A lerepülő ionok töltést szállítanak el az elektródokról, így a gázban elektromos áram alakul ki.

A *Töltés, télerősség és potenciál a vezetők felületén* című fejezetben láttuk, hogy a vezetők felületén a csúcsok, élek mentén a télerősség értéke rendkívül nagy lehet. Ha a feszültség elég nagy, akkor az elektród csúcsai, élei közelében lévő térrészben *a nagy sebességű ionok a semleges részecskékkel ütközve további ionok keletkezését váltják ki, ezt a jelenséget ütközési ionizációnak nevezzük*. Az így keletkező újabb ionok szintén részt vesznek az áramvezetésben. A nagy sebességgel történő ütközések másik következménye, hogy az egymással ütköző részecskék fényt bocsátanak ki. A koronakisülést kísérő sercegés abból adódik, hogy a kisülés belsejében a nagy sebességű részecskék miatt a gáz belső energiája megnő: a gáz ezeken a helyeken felmelegszik, és emiatt kitágul. Az ebből származó, helyileg és időben is változó nyomásváltozások okozzák a jellegzetes sercegő hangot.

Az elektródoktól távolabb a télerősség már kisebb, így ott az ionok már nem tudnak akkora sebességre gyorsulni, amely az ütközési ionizációhoz, illetve a fénykibocsátáshoz szükséges. Emiatt korona vagy csúcskisülésnél az elektródoktól távolabb a kisülés már nem látható.

A szikrakisülés

A kapcsolók szikrázásakor vagy villámláskor rövid ideig áram folyik a levegőn keresztül. Kísérletileg Van de Graaff-generátorral, vagy szikrainduktorral lehet szikrákat létrehozni a levegőben.



A szikrakisülés kialakulását azzal magyarázhatjuk, hogy *a nagy télerősség hatására néhány semleges gázrészecskéből egy-egy ionpár képződik*. A keletkezett pozitív ionok a gázban a katód felé, a negatív ionok az anód felé gyorsulnak. Kellően nagy feszültségnél *a nagy sebességű ionok ütközési ionizációval további töltéshordozókat hoznak létre a gázban*. Az így kialakuló láncreakcióban a töltéshordozók száma rohamosan növekszik, és rövid idő alatt jelentős mennyiségű töltés halad át a két elektród között a gázon.

A kisülés következtében a felhalmozott töltések mennyisége, és az általuk létrehozott térerősség csökken. Emiatt az ionok kevésbé gyorsulnak, így nem jön létre további ionizáció. Ezzel párhuzamosan egyre több *pozitív és negatív ion találkozik egymással és semlegesíti egymást*. Ezt az ionizációval ellentétes folyamatot *rekombinációnak* nevezzük. A térerősség csökkenése és a rekombináció végül a szikrakisülés megszűnéséhez vezet.

A szikrakisülésben a gáz hőmérséklete megnő, a gáz jelentősen felmelegszik. (Videó a szikrakisülés hőhatásáról: <https://www.youtube.com/watch?v=zbzwchmZj9Q>.) A szikrázáskor hallható sercegő hang ugyanúgy keletkezik, mint a koronakisülésnél, de így jön létre a villámlást kísérő mennydörgés is. A nagy energiájú részecskék fényt is kibocsátanak.

Az ívkisülés

Két szénrudat kb. 20–30 V feszültségű áramforráshoz kapcsoltunk. A két szénrudat rövid időre összeérintettük, majd néhány milliméter távolságra széthúztuk őket. A szénrudak között, a levegőn át folyamatos kisülés jött létre. Ezt a fajta kisülést ívkisülésnek nevezzük.



Az *ívkisülés* kialakulását az teszi lehetővé, hogy az érintkezési pontban az átfolyó áram hőhatása miatt *a két elektród felizzik*. (Az áramerősség az áramkörben mindenütt ugyanakkora, de az érintkezési helyen az ellenállás viszonylag nagy, ezért a $P = I^2 \cdot R$ összefüggéssel összhangban itt a legnagyobb a felmelegedés.) A felizzott katód elektronjainak egy része az élénk hőmozgás következtében elegendő energiához jut, és a kristályrács vonzását legyőzve kilép a katódból. A gázba kilépett elektronok az elektromos mező hatására az anód felé áramlanak. Közben azonban a semleges gázcseppel ütköznek, és ionizálják azokat. Az elektronok és a negatív ionok az anód felé, a pozitív ionok a katód irányába haladnak. Ha az így létrejövő áram hőhatása

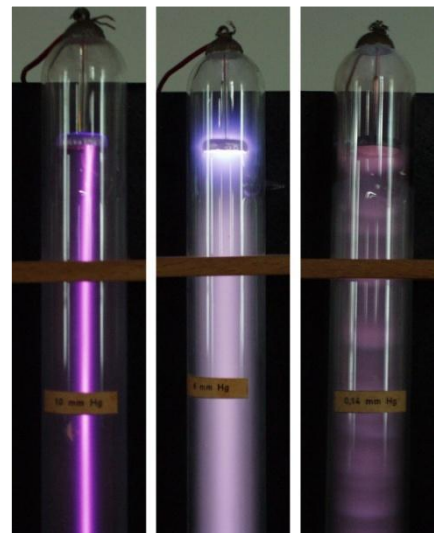
eléggé felmelegíti a katódot, akkor az izzó katódból történő állandó elektronkilépés miatt az elektródok között folyamatos kisülés jön létre.

A szikrakisüléshez hasonlóan a gáz és az elektródok jelentősen felmelegedhetnek, az ív hőmérséklete 3000 °C és 6000 °C között van. Ezt használják ki a villamos ívhegesztésnél: az ívkisülés az összehegesztendő két fémdarabot összeolvasztja. Az ívkisülés során a gáz és az elektródok jelentős mennyiségű fényt és ultraibolya sugárzást is kibocsátanak.



Ködfénykisülés

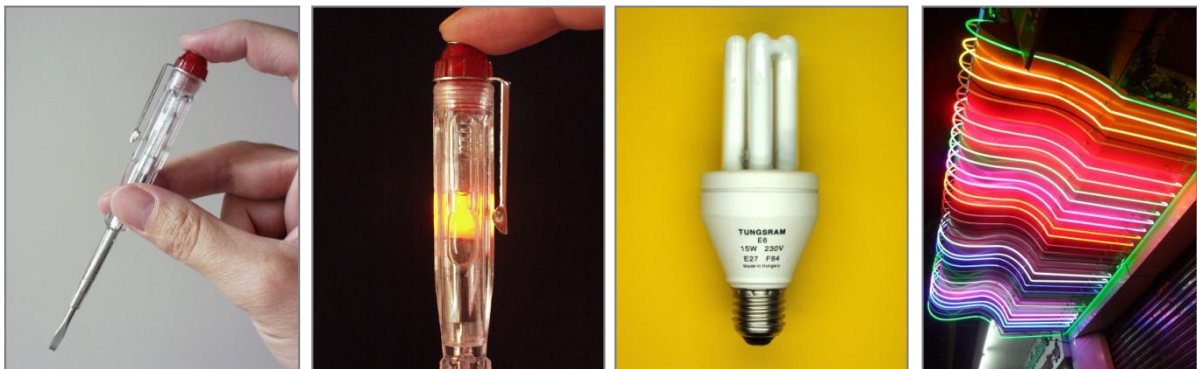
Az alacsony nyomású gázokban létrejövő áramvezetést kisülési csövekkel tanulmányozhatjuk. A kisülési cső két végébe egy-egy fémelektród van forrasztva, ezeket néhány ezer volt feszültségű áramforráshoz kapcsoljuk. A kisülési csőben a gáz (levegő) nyomását fokozatosan csökkentve először egy fonalszerű fénycsík jelenik meg, majd a fénylő fonal kiszélesedik, és teljesen betöltöti a csövet. További nyomáscsökkenés hatására a fényoszlopban először sötétebb csíkok jelennek meg, majd a fényjelenség fokozatosan megszűnik a csőben. Az alacsony nyomású ($p \sim 1$ kPa) gázokban létrejövő kisülést ködfénykisülésnek nevezzük.



A ködfénykisülés részletes vizsgálata szerint az áramvezetést a gázban mindig jelenlevő néhány ion indítja el. (Ezek az ionok többnyire a kozmikus, illetve a radioaktív sugárzás

hatására képződnek.) A nagynyomású gázban ezek a gyakori ütközés miatt nem tudnak akkora sebességre gyorsulni, hogy ionizálják a gázt. A nyomás csökkentésekor azonban egyre tovább gyorsulhatnak ütközés nélkül, így akkora sebességre tehetnek szert, hogy képesek elektronokat kilökní a katódból. A szabaddá vált elektronok az anód felé gyorsulnak. Ha elegendően nagy sebességet érnek el, képesek további gázrészecskéket ionizálni. Az ionizáció során pozitív ionok és elektronok keletkeznek, és ezek folyamatosan fenntartják az áramot. *A ködfénykisülésnél az áramvezetésben tehát a pozitív ionok és az elektronok vesznek részt.*

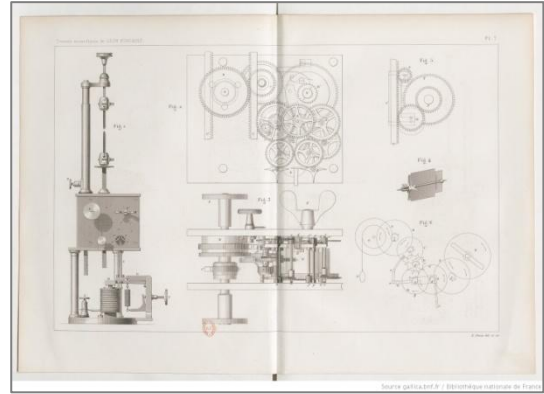
A ködfénylámpában (glimmlámpában) a két elektród annyira közel van egymáshoz, hogy a ködfénykisülés már 100 V körüli feszültségnél létrejön. A fáziskereső (fázisceruza) is ilyen ködfénylámpát tartalmaz. A ködfénykisülést hasznosítják a fénycsővekben, kompakt fénycsővekben és a reklámcsővekben is.



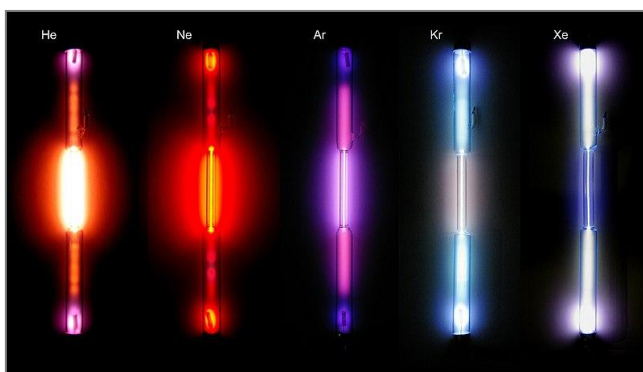
Kiegészítések

1. A magas hőmérséklet miatt az elektromos szikra vagy a villámcsapás tüzet okozhat. A gázöngyújtókban vagy a gáztűzhelyek elektromos gyújtóiban viszont szándékosan hoznak létre elektromos szikrakisülést. A kiáramló gázt a magas hőmérsékletű szikra gyújtja meg. (Videó: <https://www.youtube.com/watch?v=DNSiwICTy8w>.) Ugyancsak szikrakisülés gyújtja meg a megfelelő pillanatokban a benzinmotorok hengerében a beszívott, majd összesűrített benzingőz-levegő keveréket.
2. Az ívkisülést Humphry Davy (1778–1829) angol vegyész fedezte fel 1808-ban. Az ívkisülés gyakorlati hasznosítását azonban nem tudta megoldani.
3. Az izzólámpák elterjedése előtt sok helyen használtak *ívfénylámpát*. Az ívfénylámpában két szénrúd között jön létre ívkisülés. Az eszköz előnye, hogy erős

fényt ad, ezért az izzólámpa feltalálása után is használták őket. (Például tengeri világítótornyokban, vetítógépekben, fényszórókban.) Hátrányuk viszont, hogy a magas hőmérsékleten a szénrudak fokozatosan elégnek. Ezért külön szerkezettel biztosítani kellett a két elektród közti állandó távolságot. A gyakorlatban is hasznosítható első ívfénylámptát 1848-ban készítette Jean Bernard Léon *Foucault* (1819–1868) francia fizikus. A berendezésben a szénrudakat egy óraszerkezet lassan egymás felé mozgatta, ez biztosította az elektródok közti állandó távolságot. Foucault legismertebb kísérletét 1851-ben a párizsi Panthéonban végezte: Egy 63 m hosszú, 24 kg tömegű ingával kísérletileg is igazolta a Föld forgását. (A Föld elfordult a lengő inga alatt.)



5. A hegesztés közben az ív erős fényt és ultraibolya sugárzást kelt. Mivel az ultraibolya sugárzás (sőt a túlzottan erős fény is) káros a szemre és a bőrre, a hegesztők a napszemüvegeknél is sötétebb, speciális védőszemüveget, továbbá megfelelő védőruházatot és kesztyűt használnak.
6. A ködfénykisüléskor a fény színe a gáz kémiai összetételétől függ. Ezt használják ki a *reklámcsöveknél*: A hélium sárga, a neontöltés vörös, a higany kék fényt eredményez.



7. A világításra használt *fénycsöveket* gyakran neoncsőnek is nevezik. Az elnevezés helytelen, mert ezek a csövek nem neontöltésűek, hanem higanygőzt tartalmaznak. (A higany miatt a fénycsövek, kompakt fénycsövek *veszélyes hulladékok*. A tönkrement fénycsövet, kompakt fénycsövet tilos a szemétkosárba dobni, gyűjtőhelyeken kell leadni őket.)

8. A fényképezéshez használt villanólámpa (vaku) fényforrása általában xenon töltésű kisülési cső. Ebben egy néhány száz volt feszültségre feltöltött kondenzátor kisütésével egy nagyon rövid időtartamú kisülést hoznak létre, amely erős, a napfényhez hasonló színösszetételű fehér fényt bocsát ki.



9. Ha a korona-, szikra- vagy ívkisülésnél a feszültség valamilyen hangrezgésnek megfelelően változik, akkor a gáz hőmérséklete és ezzel együtt a nyomása is a hangrezgések ütemében periodikusan változik, így a kisülés ezt a hangot megszólaltatja. Videó: <https://www.youtube.com/watch?v=z7oD9j814nQ>.

Képek jegyzéke

	<p>Koronakisülés távvezetéken ($U = 500\,000\text{ V}$) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corona_discharge_1.JPG</p>
	<p>Csúcskisülés varrótű hegyén © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1035.jpg <i>Videó:</i> © https://www.youtube.com/watch?v=gJrNQGVxaac</p>
	<p>Villám (szikrakisülés) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0693.jpg <i>Videó:</i> © https://www.youtube.com/watch?v=GWgJnamKW-U</p>
	<p>Szizrakisülés egy Van de Graaff-generátor gömbjei közt © http://fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0112.jpg</p>
	<p>Szizrakisülés szikrainduktor elektródái között © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0140.jpg <i>Videó:</i> © https://www.youtube.com/watch?v=ImycnYROGos</p>
	<p>Ívfény szénrudak között (1.) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0142.jpg</p>
	<p>Ívfény szénrudak között (2.) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0143.jpg</p>
	<p>Ívfény szénrudak között (3.) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0146.jpg <i>Videó:</i> © https://www.youtube.com/watch?v=UJDaGIS3puA</p>

	<p>Villamos ívhegesztés W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iron_worker_07.jpg</p>
	<p>Kisülési csövek © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0148.jpg</p>
	<p>Kisülés alacsony nyomású gázban (nyomások: 10 torr, 6 torr, 0,14 torr) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0149.jpg</p>
	<p>Fáziskereső © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0151.jpg</p>
	<p>Fáziskereső működő ködfénylámpával © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0632.jpg</p>
	<p>Kompakt fénycső © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0152.jpg</p>
	<p>Reklámcsövek W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coloful_light_1.JPG</p>
	<p>Foucault ívfénylámpájának rajza W https://gallica.bnf.fr/view3if/ga/ark:/12148/bpt6k9614580j/f50</p>
	<p>Nemesgázokkal töltött kisülési csövek W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Edelgase_in_Entladungsroehren.jpg</p>

	<p>Fénycsövek W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fluorescent-grow-lights.jpg</p>
	<p>Villanólámpa (vaku) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SpeedLight_SB700p2.jpg</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.