

Szakdolgozat

Az izzólámpagyártás kezdetei

Készítette: Babay-Bognár Krisztina

Kémia tanár szak

Témavezető: Dr. Riedel Miklós

Budapest, 2012

ELTE Kémiai Intézet

Tartalomjegyzék

1. Tartalomjegyzék.....	1
2. Bevezetés, célkitűzések.....	2
3. Irodalmi áttekintés – Az izzólámpa története.....	3
3.1. A platina és a szén felhasználása világítási célokra.....	3
3.2. A metallizált szénszál.....	8
3.3. Auer gázégője.....	9
3.4. A Nernst-lámpa.....	10
3.5. Az ozmiumlámpa.....	12
3.6. A tantállámpa.....	14
3.7. A volfrámlámpa.....	16
4. Dr. Just Sándor élete és találmányai.....	24
4.1. Dr. Just Sándor élete.....	24
4.2. Dr. Just Sándor munkássága az izzólámpa-fejlesztés területén.....	42
4.3. Dr. Just Sándor egyéb szabadalmi.....	49
4.4. A leggyakrabban előforduló hibák, téves adatok az interneten és könyvekben dr. Just Sándor és Hanaman Ferenc munkásságával kapcsolatban.....	50
5. Módszertani rész.....	52
5.1. A volfrám helye az oktatásban.....	52
5.2. A volfrám-halogén körfolyamat.....	55
5.3 Kísérletek volfrámszálás izzókkal, volfrámmal, fényforrásokkal.....	56
5.3.1. Az izzólámpa kilyukasztása működés közben: A volfrám re-oxidációja.....	56
5.3.2. A volfrámszál izzása oxigénmentesített gáztérben.....	59
5.3.3. A volfrám sűrűségének meghatározása.....	61
5.3.4. Izzólámpa, hagyományos és kompakt fénycső, valamint kadmiumlámpa spektrumának előállítása CD-lemez segítségével.....	63
5.3.5. Volfrámoxid redukciója különböző fémekkel.....	68
5.4. Világítási célú lámpatípusok anno és napjainkban.....	69
5.5. Az izzólámpák és azokkal rokonítható fényforrások fejlődésének áttekintése táblázatosan.....	75
5.6. A világítástechnika terén felhasznált kémiai elemek.....	76
5.7. A világítástechnikának a kémia oktatásába való beilleszthetősége – oktatási/ pedagógiai hasznok.....	81
6. Összefoglalás.....	83
7. Ábrajegyzék.....	84
8. Irodalomjegyzék.....	89
9. Köszönetnyilvánítás.....	97

2. Bevezetés, célkitűzések

Napjainkban éljük át a fényforrások korszakváltását az izzólámpáktól a fénycsőeken, gázkisülési csőveken keresztül a LED-ek irányába. Ez adja az aktualitását annak, hogy visszapillantunk a hungarikumnak is tekinthető izzólámpa korai történetére; továbbá annak is, hogy a régi és az új típusú fényforrásokkal kapcsolatos információk a kémia tananyagban – a mindennapi fontosságuknak megfelelően – a jelenleginél nagyobb súlyt kapjanak.

Szakedolgozatom első részében az izzólámpagyártás korai szakaszának feltárásával foglalkozom, különös tekintettel a volfrámszálas izzólámpa kifejlesztésére és sorozatgyártására. Erről az időszakról nagyon sok téves információ található a különböző médiumokban. Ezért a korabeli már publikált, illetve publikálatlan források alapján próbálom rekonstruálni a valós adatokat. Kevesen tudják, hogy a magyar találmányoknak milyen fontos szerep jutott a világítástechnika területén.

Alig található adat dédapámról dr. Alexander Justról (dr. Just Sándorról), valamint barátjáról és munkatársáról Franjo (Franz, Ferenc) Hanamanról, akik a volfrámszálas izzólámpagyártás első megvalósítói voltak. Ezért a Szabadalmi Hivatalban, az Elektrotechnikai Múzeumban és a szakkönyvekben fellelhető adatokon kívül elsődlegesen a családom birtokában lévő korabeli eddig publikálatlan iratokra és fotókra támaszkodva teszek kísérletet a hiányok pótlására, a hibás, pontatlan adatok javítására, segítve ezzel azt, hogy a jövőben a szak- és népszerűsítő irodalomban a valós tények szerepelhessenek.

Ez a téma is hozzájárulhat a kémia tantárgy életközelibbé tételéhez. Hiszen azontúl, hogy a diákok betekintést kaphatnak az izzólámpák és különböző világítótestek kifejlesztésének nehézségeibe, illetve abba a hatalmas versengésbe, ami ezt az iparágat jellemezte, a felhasznált elemek, vegyületek sokasága a kémia különböző területeinek könnyedebb, élvezetesebb megismeréséhez vezethet.

Néhány, a közoktatásba beilleszthető, az izzólámpák, illetve más fényforrások segítségével végrehajtható kísérletet is szeretnék ismertetni részint a nemzetközi módszertani szakirodalom, részint saját kiegészítő fejlesztéseim alapján. Javaslatot kívánok tenni ezek megvalósíthatóságára, kivitelezhetőségére.

3. Irodalmi áttekintés – Az izzólámpa története

Ennek a fejezetnek az összeállításához főként az eddig publikálatlan dr. Just Sándor hagyatékából származó német nyelvű 196 oldalas kézzel számozott művet vettem alapul [1], amelynek itt felhasznált részeinek fordítását én végeztem.

3. 1. A platina és a szén felhasználása világítási célokra

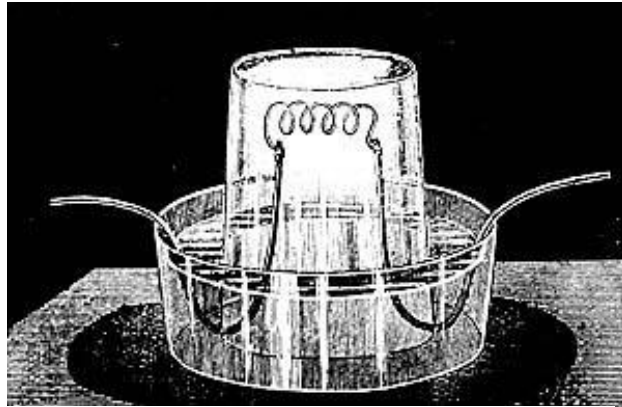
A villanyvilágítás lehetőségét Humphry Davy (1778-1829) kísérletei már 1810 körül megmutatták. Neki egy olyan 2000 Volta-elemből álló galvántelege volt, amelyben csak a cinklemezek felülete önmagában 80 négyzetmétert tett ki. Ezzel az elemmel mutatta be Davy 1810-ben a „Royal Institution”-ban az elektromos ívfényt, amit két faszénből készült elektród között hozott létre [1]. Később a fényív megszakadását egy óramű akadályozta meg úgy, hogy a szénrudak fogyásának ütemében közelítette egymáshoz a szénelektrodokat [2a]. A szénrudakat üvegburába helyezték. A szénelektrodok égésideje a 19. század végén 8-10 óra volt, utána új szénrudakat kellett helyezni a lámpába.

Davy már néhány évvel korábban, 1802-ben a Volta-elemek segítségével izzásba hozott egy platinadrótot, és ezzel újabb lehetőség adódott az elektromos fény ellenállásos izzítással való előállítására, létesítésére [1]. Így tehát a villamos világításnak két fő formája, az ívlámpa és az izzólámpa tulajdonképpen már a XIX. század közepére eljutott a megvalósulás stádiumába [3]. Ettől kezdve számtalan feltaláló, tudós kereste az izzótest megfelelő anyagát (platina, grafit, szén, irídium stb.) és formáját (pl. rúd, spirál, pálca) [2b].

Az 1840-es évektől kezdve többen készítettek a szabad levegőben izzó platinaszállal kezdetleges izzólámpát. Később, az 1870-es évek végén Edison is próbálkozott platina izzószállal, azonban gyakorlati eredmény nélkül [4]. A kutatókat a XIX. század elejétől foglalkoztatta az a gondolat, hogy hogyan lehetne világításra felhasználni az elektromos áramot valamilyen vezetőnek zárt üvegedényben történő izzításával.

Davy kísérleteit később William Robert Grove (1811-1896) újra felelevenítette, és 1845-ben a „Philosophical Magazine London” 27. kötetében számolt be munkájáról Grove. Ő szintén platinát használt izzótestként, és így olyan lámpát kapott, amely néhány órán át világított [1]. Egy vékony platinaspirált használt, amit egy vizet tartalmazó csészén vezetett át, ezt egy nitrogént, hidrogént és szén-dioxidot tartalmazó üvegedénnyel fedte le [5]. Az eszköz hatalmas mennyiségű áramot fogyasztott, és csak gyenge, vöröses-sárgás fényt adott, ugyanis amilyen hőmérsékleten a platina szépen izzana, ott már olvadni kezd 1760 °C-on.

Jobart Brüsszelben 1838-ban azt javasolta, hogy a szenet légritka edényben árammal izzásig hevítsék és De Changy (1844) Jobart egyik tanítványa kísérletben alkalmazta a szenet izzításra. Ő ugyanis szénből készült rudacskából alkotott egy lámpát. Majd Starr és Lodigin (1873) is megalkotja a kísérleti szénrudas izzót. [1, 6, 7]



1. ábra Grove lámpája így nézhetett ki 1840-ben

Tehát eddig senkinek sem volt gyárilag előállítható lámpája. Mivel az elektromos világítás a galvánelemből nyert árammal rendkívül gazdaságtalan volt, csak az 1870-es évek második felétől tudtak arra gondolni, hogy az elektromos világítást a gyakorlatba is bevezessék, mert az akkorra a már sorozatban gyártott dinamógépekkel üzembiztosan és viszonylag olcsón tudtak áramot termelni [1].

A közvilágítás számára a több száz gyertyafénynek megfelelő erősségű fényt adó ívlámpa szolgált, amely az 1870-es években nyerte el a közhasználatra alkalmas formáját. A lakások és egyéb, épületeken belüli helyiségek világítása számára pedig a szénszálas izzólámpa megalkotása volt központi fontosságú [3].

1877-1880-ig gyorsan egymás után következtek a szabadalmi bejelentések a szénszálas izzólámpákra vonatkozóan Sawyer és Man, Lane Fox, továbbá Edison és Joseph Swan részéről. Ebből hosszadalmas szabadalmi viták alakultak ki a szénszálas vákuumlámpa feltalálásának elsőbbségéért egyrésztől Sawyer és Man, továbbá Swan, másrésztől Edison között. 1882. január 20-án deklarálta az Amerikai Szabadalmi Hivatal Sawyert és Mant, mint az első és eredeti szénszálas vákuumlámpa feltalálóit. Valamivel később ezt a döntést érvénytelenítették, de végül 1883. október 8-án újra visszahelyezték jogaiba Sawyert és Mant. Edison hasztalan kereste a döntés újabb megtámadását, mivel 1885 június 27-én végleg elutasították [1], Edison Swannal végül peren kívül megegyezett.

Tehát az első használható izzólámpa megalkotásáért az amerikaiak Edisont (1879), az angolok Swant ünneplik (1878). A németek hosszú ideig Henry (Heinrich) Goebelt tekintették az lámpa feltalálójának [7], mert egy későbbi szabadalom bitorlási perben azt állította, hogy már

1854-ben működésképes szénzás izzót készített. Egy bíró lehetőséget adott a bizonyításra, és felfüggesztette a szabadalombitorlási eljárást. Bizonyítékként utólag készített, az eredetivel állítólag azonos izzókat mutattak be. Az időhúzással elérték céljukat, a szabadalom kifutott a védettségi időből, az eljárás megszűnt. Edison így nem nyert pert, amit később úgy állítottak be, mintha Goebel győzött volna. Németországban így mítosz született az izzólámpa német feltalálójáról [6]. Azóta német kutatók megcáfolták a Goebel-mítoszt.

„Mint mindig, amikor az ember a szénzás izzólámpa feltalálása körüli elsőbbségi vitát meg szeretné ítélni, ki kell hangsúlyoznia, hogy Edison volt az, akinek a szénzás izzó tökéletesítését és kialakítását köszönhetjük...Ezért őt kell az egész izzólámpa ipar megalapítójaként számon tartasuk.” [1]

Ugyanis Edison a fényforráson kívül annak technológiájával és a lámpa energiaellátásának kérdéseivel is foglalkozott. Tehát Edison-nak nem az ötlete volt új, hanem a technológia, amely lehetővé tette a jó minőségű sorozatgyártást. Edison monopóliumra törekedett, ezért közel 200 szabadalommal bástyázta körül izzólámpáját. Licen-sze nélkül nem volt lehetséges a gyártás, a szabadalmakat megkerülni nem lehetett, a régebbi szabadalmak pedig nem adtak alapot arra, hogy újdonságrontó tényezővel támadják meg [6]. A világ nagyobbik fele Edison-t ismeri el elsőnek, hiszen ő tudott először a gyakorlat számára is jelentős élettartamú és fényhasznosítású lámpát alkotni (45 óra, kb. 1,5-2 lm/W). A XX. század elejéig ennek fejlettebb alakja volt az egyedül számottevő elektromos izzólámpa, melynek gazdaságossága később kb. 3 lm/W volt [4].



2. ábra Edison szénzás izzólámpája 1879-ből

Edison 1879. november elején 223898 sz. alatt szabadalmaztatta a légüres, szénszálas izzólámpát, ez már 200 óras élettartamú volt. A „menlo parki varázsló” — ahogy Edisont elnevezték — rájött, hogy a tartós és hajlékony izzószál, valamint az igen jó vákuum képezi a gyakorlatilag használható izzólámpa lényegét. Olyan megoldásokat keresett, amelyek alkalmasak a tömeggyártásra és egyúttal az izzólámpa használatát egyszerűbbé tették. Például megalkotta a csavarmenetes lámpafejet, az izzólámpát befogadó foglalatot, kapcsolót valamint feltalálta a legfontosabb szerelési anyagokat (védőcső, dobozok, biztosítékok) [7].

A szénszálas izzólámpa izzótteste amorf szénből állt. Eredetileg papírcsíkokat vágtak, később Edison bambusz rostokat használt, amiket levegőtől elzárva elszenesítettek. Egy ideig gyapotrostokat is kezeltek hasonló módon. Swan a szénszálat vegyi úton előállított cellulózzálakból készítette, amelyeket azután elszenesítettek. Az egyik ilyen legrégebbi előállítási mód a „klórcink eljárás” volt, amit később a „kollódium eljárás” követett. A kollódium egy nitrocellulóz oldat, ami utóbb lögyapot néven vált ismertté. Az így készült szálakat először cellulóz szálakká kellett alakítani, mert különben a levegőtől elzárt elszenesítés során elégték és szétestek volna. Az átalakítás cellulózzálakká az úgynevezett denitrálással történt. Ehhez a szálakat telített ammónium-szulfid-oldatba helyezték, ami a folyamat során sötétre színeződött. Az oldatot cserélni kellett. Ez az eljárás 24 órát vett igénybe. Vastagabb szálakat 60 Celsius-fokon egy - másfél órát kellett denitrálni. A denitrálás után a szálakat alkoholban kellett mosni, majd levegőn szárítani. A szálak most már tiszta cellulózból álltak, és el lehetett szenesíteni azokat. A kollódiumszálak húzása teljesen analóg volt a műselyem előállításakor használatos szálhúzással [1].

A szálakat a kívánt típusú hurkokba formázták, összegyűjtötték egy nagy méretű olvasztótégelybe, amiben finomszemcsés grafit volt. Az így megtöltött tégelyt fehérizzásban körülbelül 12 órán keresztül izzították kemencében. Az így kapott szénszálak nagyon erősek, rugalmasak és matt fekete felszínűek voltak. Ezután a nyers szálakat egy üvegharangban világítógáz vagy benzingáz atmoszférában árammal vörösizzásig hevítették. Ekkor a világítógázból vagy a benzinnél szén vált ki, ami mint grafit a szálon lerakódott. Ahol a szál vékonyabb, ott az ellenállása nagyobb, ezért nagyobb az izzási hőmérséklete, és így ott több szén vált ki. Ilyen módon a szál homogenizálódott, teljes hosszában azonos lett az ellenállása. Ez a működésnél elengedhetetlenül fontos, mert a kisebb ellenállású, és ezért nagyobb izzási hőmérsékletű helyeken a szál hamar kiégne. Ez az előkészítési eljárás Sawyertől és Mantól származik, és ezért az ezt tartalmazó szabadalom volt az egyik legfontosabb az összes szénszálas izzólámpa szabadalom közül [1].

Az előkészítés után a szálaknak fényes lett a külleme, valamint erőssé és rugalmassá váltak. Az előkészített szálakat a bevezető platinadróthoz erősítették, amit az úgynevezett

lámpalámba forrasztottak. Ezt az ólomüvegből készült lámpalábat üvegballonba helyezték és annak nyakával egybeolvasztották. Az üvegballonba előzőleg egy üvegcsövet helyeztek, aminek segítségével csatlakoztatni lehetett a vákuumszivattyút. Miután a lámpát részben légtelenítették, áram alá helyezték, és folytatták az evakuálást. A folyamat közben a lámpákat kívülről egy fűtőkamrában 300 °C-ra melegítették.

A szénszálas izzólámpa élettartama nagy volt. 3,5 W/gyertya¹ teljesítménynél 1000 és 1500 óra között volt, de 400-800 óra alatt a fényerőssége 20%-kal csökkent, főleg az üvegbúra feketedése miatt. Ekkor már az elpazarolt áram miatt gazdaságosabb volt újat venni [1]. A búra feketedését az elpárolgó szén idézte elő. Ugyanis annak ellenére hogy a szén olvadáspontja nagyon magas, (3727 °C), a gőztenziója az olvadáspontja alatti hőmérsékleten, különösen vákuum alatt magas. A szénszálas izzólámpa először az 1880-1881-es években került piacra. Hosszú évekig megtartotta helyét, bár a XX. század első éveiben már az üzletkebe kerültek a gazdaságosabb ozmium- és tantállámpák, végül csak a volfrámlámpa tudta kiszorítani.

Malignani 1894-ben rájött arra, hogy azokat a káros gázmaradékokat, amelyek a lámpában evakuálás után még visszamaradnak és a szénszálat használat közben főleg az árambevezetők közelében gyorsan vékonyítják, igen tökéletesen meg lehet kötni, ha az izzó szálú lámpába lezárás közben kismennyiségű foszfort párologtatunk. Megfigyelte, hogy ezáltal megakadályozható a szálvégek "porlódása", és lényegesen csökkenthető a lámpabúra feketedése. A vákuum javításának és a feketedés csökkentésének ezt az alapjában kémiai mesterfogását – kémiai anyagok, "getter"-ek adagolását, a getterezést – az izzólámpaipar, kissé módosított formában, azóta is használja.

¹gyertya – Hefner Kerze, a fényerősség régi mértékegysége, Friedrich Hefner-Alteneck Siemens főmérnökről nevezték el, ő készítette az etalon fényforrást, egy meghatározott méretű amilacetát mécsest, aminek kanóca 8 mm átmérőjű, 40 mm magas lángja volt. Jelölésére HK rövidítést használják, 1 HK = 0,903 cd [8], a W/HK helyett ma már inkább lm/W-ban adják meg a hatásfokot. A két definíció egymásnak reciproka

kandela: 1948-ban vezették be, mint új mértékegységet, az olyan fényforrás fényerőssége adott irányban, amely $540 \cdot 10^{12}$ hertz frekvenciájú monokromatikus fényt bocsát ki, és sugárerőssége ebben az irányban 1/683 watt per szteradián, jele cd [9]

3.2. A metallizált szénszál

A „fémesített” szénszál egy olyan szál, ami eredetileg amorf szénből állt, amit részben, vagy egészben grafitral helyettesítettek. Javított grafitozott szénszálnak is nevezhetjük.

Sokáig fáradoztak azon, hogy a szénszálalás lámpát feljavítsák. Eleinte megpróbálták a szenet bórral, vagy szilíciummal bevonni, vagy fém bevonatot használni. Mások fölvetették, hogy karbidszálat vagy karbiddal bevont szénszálat is lehetne használni. Megint mások próbálkoztak különböző oxidokkal is [1].

J. W. Howell (Brit Szabadalom 6959, 1904-ből) a szénszál feljavításának problémáját más oldaláról közelítette meg, a szenet stabilabb grafit módosulatába alakította. A grafitot már 1852-ben Roberts vékony lemez formájában javasolta mint izzótestet, bár minden különösebb eredmény nélkül. A nehézséget a grafit izzószál előállítása okozta, mivel lehetetlen volt a grafitot elég erős szállá préselni. ...Howell először hagyományos úton állított elő szénszálat, amit aztán grafitrá alakított át. Nála a szén átalakítása grafitrá egy elektromos ellenállás-kemencében levegőtől elzártan körülbelül 3000 fokon történt. Az ilyen szálak nagyon hajlékonyak és rugalmasak voltak, bár belül még amorf szénből álltak, kívül egy grafit köpeny rakódott le, a „grafitózóeljárás” kívülről haladt befelé... Ezeknek a szálaknak az elektromos ellenállása jelentősen alacsonyabb volt, mint a hagyományos szénszálaké, emiatt a lámpákban hosszabb és vékonyabb szálakat kellett alkalmazni. A grafitozott szál ötször nagyobb vezetőképességgel bírt, mint a hagyományos. Míg a hagyományos szénszál ellenállása csökkent a hőmérséklettel, a vezetőképessége nőtt, addig a grafitozott szálra az ellenkezője volt igaz. Az ellenállása nő a hőmérséklettel, a vezetőképessége csökken. A szál tehát úgy viselkedik, mint egy fémszál, minthogy minden fémnek jellemzője, hogy az ellenállása a hőmérséklet emelésével növekszik, következésképpen a vezetőképessége csökken. Ez az oka, hogy Howell az általa létrehozott szálnak a „metallizált szál” elnevezést adta. Összehasonlításban a hagyományos szénszállal a metallizált szál jobban elviseli a nagyobb túlfeszültséget, és következésképp így lehetőség van rá, hogy nagyobb hatékonyságú lámpákat állítsanak elő. Ezeknek a lámpáknak a gazdaságossága 2,2 W/HK, 500 óra élettartam mellett. További használatba ezek a lámpák nem kerültek, mivel éppen abban az időben, mikor ezek az izgalmas felfedezések történtek, a volfrámlámpa megszületett, és a Howell-féle lámpa nem tudta vele a versenyt felvenni [1].

3.3. Auer gázégője

1905-ig a szénszálás izzólámpák voltak egyeduralkodók. Az Edison-izzólámpa elterjedését megelőző kortársak számára úgy tűnt, hogy a gázvilágításnak befellegzett, hiszen az izzólámpa előnyei behozhatatlannak tűntek a nyílt lánggal égő, tűz- és robbanásveszélyt hordozó, állandó felügyeletet, körülményes kezelést igénylő gázlámpával szemben. Ráadásul minden egyes lángot külön-külön kellett gyújtogatni és oltogatni. További hátrányt jelentett, hogy nyáron is átmelegítette a helyiségeket, valamint a kisugárzott hő mennyire kellemetlenné tette a gázlámpa fényénél végzett tartós munkát. Az általában nem tökéletes minőségű gáz rossz szagot árasztott, egészségtelen volt. Mindez az immár végveszélybe került gázvilágítás erőteljes műszaki fejlesztését igényelte [3].

1885-ben Carl Auer von Welsbach a ritkaföldfémekkel foglalkozott, és kutatásainak gyümölcse volt a gázvilágítás forradalmasítása, ami az Auer nevet egy csapásra az egész világon híressé tette. Auer úgy találta, hogy különösen a 99 % tórium-oxid és 1% cérium-oxid összetételűnél a fém-oxidokból készített háló a Bunsen-égő lángjában való izzításakor intenzív fényt bocsát ki. Ezen a felfedezésen alapult Auer gázharisnyája [1]. Ez a lámpatípus a fényerősség tekintetében vetekedett az elektromos izzólámpával, gázfogyasztásának költsége pedig a töredéke volt az adott fényegység előállításához szükséges áram árának. Így a gázvilágítás ismét hosszú időre versenyképessé vált az akkor még igen drága elektromos világítással szemben. Ami a költségek mellett lényeges volt: az akkor használt szénszálás izzólámpa nagy áramfogyasztása mellett sem szolgáltatott az Auer-égőnél lényegesen erősebb fényt [3]. A gázizzófény gyorsan elterjedt az egész világon, és az akkori időkben a legolcsóbb világítási mód volt, míg a szénszálás izzólámpa ennek eredményeként rossz gazdaságossága miatt sokkal drágább volt. ... Amit a gázizzóvilágítás elért, sok más feltalálót is arra ösztönzött, hogy az oxidokból történő fénykibocsátás alapelvét az elektromos izzólámpáknál alkalmazza. Egy egész sor szabadalmat jelentettek be, ami a szénszálás izzónak oxidokkal való bevonását, vagy ilyen oxidoknak a szál anyagába adalékanyagként való keverését tartalmazta. Ezek a próbálkozások nem vezettek használható lámpákhoz [1].

3.4. A Nernst-lámpa



3. ábra Nernst-lámpa lecsavart üvegburával



4. ábra Egy szétszerelt Nernst-égő.
A nagyobb rudak a bemelegítésért
felelnek, a kisebbek a világításért.

Walter Nernstet (a Nobel-díjas tudóst, aki a fizikai-kémia területén örvend világszerte hírnévnek) az a gondolat foglalkoztatta, hogy az izzó oxidok fénysugárzása, izzólámpa célokra felhasználható-e. Már 1826-ban Drummond azt találta, hogyha durranógáz-égő lángját mészkőre irányítja, az intenzíven vakító fehér fényt bocsájt ki. Ez a Drummond-fény szolgált hosszú ideig a világítótornyok jelzőfényeként. Később felfedezték, hogy a cirkónium-oxid még intenzívebben sugároz, mint a mész [1]. Nernst az oxidok fénykibocsájtását akarta az elektromos világításban felhasználni. Megfigyelte, hogy a tiszta oxidok olvadáskállapotban vezetnek, sőt, különböző oxidok keverékei az olvadáspontjuk alatti hőmérsékleten vezetővé válnak, azaz szilárd elektrolitként viselkednek [4]. Nernst 1897-ben készítette az első róla elnevezett izzólámpákat. Ezekben nem fémszál, hanem egy 85% cirkónium-dioxidból és 15% ittrium-oxidból álló pálcika vagy cső világított. A Nernst-izzótest hidegen nem vezeti az áramot. Ezért a lámpa bekapcsolásakor egy platina fűtőtest előbb, – mintegy 20 másodperc alatt – 1300 °C-ra hevítette és ezáltal vezetővé tette az izzótestet. A lámpafejben elhelyezett áramrelé ezután a fűtőtestet kikapcsolta, és az áramot az izzótesten vezette át. A kb. 2130 °C-on világító izzótest annál jobban vezeti az áramot, minél jobban izzik. Ezért egy áramkorlátozó ellenállás (kisnyomású hidrogéngázban izzó vasszál) óvta a hálózati feszültség ingadozásaitól, amelyek különben a túlhevítéssel tönkretették volna. A fémszálás izzólámpák rohamos elterjedése folytán a Nernst-lámpák nagyobb gyakorlati szerephez nem jutottak [4].

Az izzótest előállítását a következőképpen történt. Az oxidkeveréket finomra őrölték és kötőanyagot kevertek hozzá, például gumiarábikumot, amit vízzel sűrű péppé kevertek. Az így kapott formálható masszát formákban vékony rúddá préselték. A rudakat szárítás után magas hőmérsékleten kiizzították, ahol azok időközben nagy szilárdságot értek el, és platinadrótot

rögzítettek hozzájuk vezetőnek. A kezdetben gyártott Nernst izzókat gyufával kellett előmelegíteni, hogy vezetőképesé váljanak. Később ezt egy speciális fűtőtesttel oldották meg, ami már elektromos árammal működött. A fűtőtestet úgy alkották meg, hogy az automatikusan kikapcsoljon, amikor az izzótest teljes izzásba jött. Az előmelegítéshez szükséges hőmérséklet 600-700 fok. A Nernst-lámpánál az izzótest a szabad levegőn izzik, ezért üvegbúra és légtelenítés szükségtelen. A Nernst-test ellenállása a szénszállhoz viszonyítva nagyon magas, így viszonylag rövid és vastag rudak használhatók. Egy 200 voltos és 0,25 amperes izzótest hossza például 20 mm, az átmérője 0,4 mm [1]. A Nernst-lámpa csak egy előtétellenállás beiktatásával használható. Ez egy vékony acéldrótból áll, ami hidrogénnel töltött üvegedénybe van zárva. Ez az ellenállás úgy van felépítve, hogy névleges áramnál csak kis feszültség esik rajta. További áramnövekedésnél feszültsége rohamosan nő. Az áram növekedését az ellenállás jelentősen korlátozza. Az magától értetődő, hogy egy ilyen ellenállás normál működési feszültségnél is energiát fogyaszt, ami nem fény előállítására fordítódik. Így ez a Nernst lámpa gazdaságosságát rontja. Az előtétellenállás által felhasznált energia az összfogyasztásnak 10-15%-át teszi ki. A Nernst-lámpa gazdaságossága 1,5 W/HK közelében van, amibe az ellenállás energiafelhasználása is bele van számítva. A Nernst-lámpa ragyogó fehér fényt bocsát ki, és nagy jövőt jósoltak neki. Minden kétséget kizáróan megtartotta helyét az izzólámpa piacon, annak ellenére, hogy később gazdaságosabb és nagyobb élettartamú lámpák tűntek fel (ozmium lámpa, tantál lámpa). Amikor azonban a volfrámlámpa megjelent a piacon, a Nernst-lámpa gyártását az Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft Berlinben leállította. (Ez a cég birtokolta a Nernst-szabadalmat.) [1]

Az EVIRT (Egyesült Villamossági Rt.) és a Ganz (Ganz és Társa Vasöntő és Gépgyár Rt.) jogot vásárolt a gyártására, kis mennyiségben forgalmazta is, de tömeggyártásra nem került. A lámpa bonyolult szerkezete, időt igénylő bekapcsolása és ára nem nyerte el a vásárlók tetszését, bár fényhasznosítása igen jónak bizonyult (5 lm/W). A Ganz megpróbálkozott a továbbfejlesztéssel, az EVIRT a gyártással, de eredménytelenül [7, 10].

Ma már Magyarországon nincs működő példány ebből a fajta izzóból.

3.5. Az ozmiumlámpa

Az izzólámpa gazdaságosságának javítása volt az alapvető feltétele annak, hogy az elektromosság a gázvilágítás által még uralt területet is meghódítsa, ehhez pedig a szénszál fémszállal való kiváltására volt szükség. A megoldás elvben adott volt. Az izzószálat magasabb olvadáspontú fémből kellett elkészíteni – csak éppen a megvalósítás volt szinte kilátástalanul nehéz. 2500-3000 fok feletti olvadáspontú fémből nem lehetett hagyományos módon szálat készíteni.

1898-ban, amikor Nernst a lámpájának előállításán munkálkodott, Auer (1858-1929), a gázlámpa forradalmasítója azzal próbálkozott, hogy a szénnél jobb izzótest problémáját más módon oldja meg. Auer izzótestként való alkalmasságukra nézve különösen a platinafémek csoportját vizsgálta meg. A platina maga alacsony olvadáspontja (1769 °C) miatt nem jött számításba, Petrie 1849-ben, majd Staite 1850-ben felvetette, hogy platina helyett irídiumot (op. 2454 °C) használjanak, de nem sikerült használható irídiumlámpát előállítani. Auer úgy találta, hogy az ozmium (op. 3033 °C) és a ruténium (op. 2500 °C) erre a célra különösen alkalmas lehet. A ruténiumos kísérletekkel hamar felhagyott és hozzálátott az ozmiumlámpa előállításához. Az ozmium elválasztása a platinafémektől bonyolult folyamat, és ez az ozmium árát a ritka előfordulására való tekintettel még drágábbá tette. Amikor Auer az ozmiumlámpa előállításának nekilátott, nyilvánvalóan tudatában volt, hogy az ozmium ilyen magas ára és ritkasága az egész munkáját sikertelenné teheti, de úgy gondolta, hogy valahol a Földön sikerül nagyobb mennyiségű ozmiumra lelni. Egyszer már Auernek szerencséje volt ezzel kapcsolatban. A gázizzóvilágítás feltalálása után égető kérdés maradt, hogy ennek az iparnak a tórium-oxid szükségleteit fedezzék. A tórium-oxid akkoriban nagyon ritka anyag volt és az ára nagyon magasán állt, emiatt Auer minden elképzelhető erőfeszítést megtett, hogy találjon valahol nagyobb mennyiséget ebből a ritka anyagból. Minden földrészen kerestek tóriumtartalmú ásványokat. Ezután sikerült Auer képviselőinek Brazíliában egy hatalmas tórium lelőhelyet felfedezni, ami a tórium-oxid árát gyorsan lenyomta [1]. Az ozmiumlelőhelyek felkutatásánál azonban Auer nem ért el eredményeket. Az ozmiumlámpa akkor sem lehetett volna sikeres, ha a tantálmámpát és a volfrámlámpát nem találják fel, mert az ozmium ritka előfordulása miatt sem lehetett volna nagy mennyiségben gyártani.

Auer nehezen olvadó, rugalmas fémszálat szeretett volna előállítani. Először pamutszálat itatott át a megfelelő só oldatával [5]. Auer két ozmiumszál előállítási eljárást írt le, az ötvözeteljárást, és az ozmium-szén eljárást. Az elsőnél egy vékony platinadrótot ozmiummal vontak be. Itt az izzó fémdrótra csapta ki az ozmium-tetroxid gőzből az ozmiumot, majd a

platinát izzítással eltávolította. Ez az eljárás egy üreges ozmiumszálat biztosított, de a bonyolultsága miatt felhagytak ezzel a kivitelezési móddal [1].

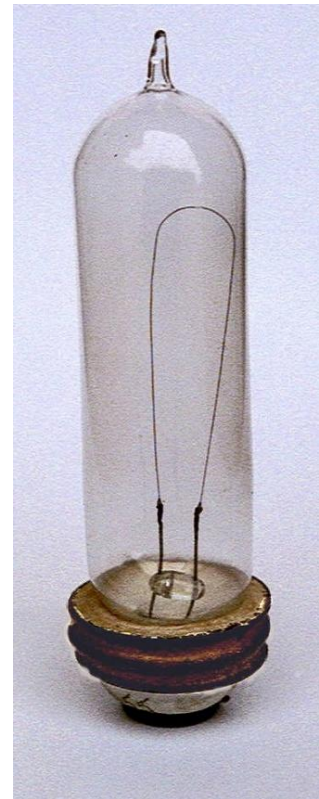
A második módszernél a platinaszálat szénszállal helyettesítette. Ennek a két eljárásnak a továbbfejlesztése vezetett az ún. Auer-féle „paszta-eljáráshoz”. Ez az eljárás abból állt, hogy az ozmiumot por alakban cukorral, vagy más szerves kötőanyaggal, pl. gumival rugalmas masszává keverték, amit nagy nyomással egy lyukon át szálakba préseltek. Majd ezeket a szálakat formálták és szárították. Ezután levegőtől elzárva izzították, így a kötőanyagot elszenesítették. Egy újabb kezelés után pedig vörös, majd fehérizzásig hevítették [5]. Ezután már egy olyan szál maradt vissza, ami tiszta ozmiumból állt, fémhabszerű a struktúrája, és bár rugalmas, de törékeny [1].

Kezdetben az ozmiumlámpákat csak 37 volt feszültségűre gyártották, egy ilyen lámpának még három ív alakú szála volt.

Ugyan 1905-ben elő állították az első 100 Voltos lámpát, de egy évvel később az ozmiumlámpa gyártását befejezték, mert a volfrámlámpa megjelent a piacon.

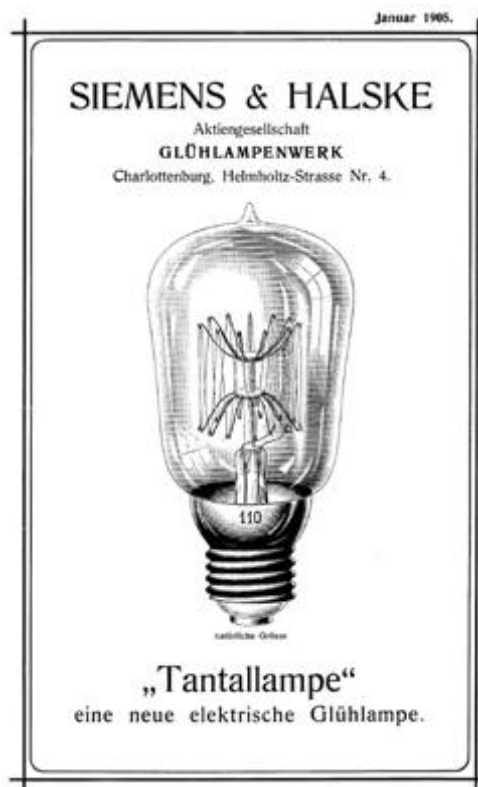
Az ozmiumlámpa 1,5 W/HK gazdaságosságú volt. Az élettartama elérte az 1000 órát, de egyes lámpáknál 4000 órát is megállapítottak. Ha az ozmiumlámpát túlfeszültség érte, akkor a búra az ozmium elgőzölése miatt azonnal megfeketedett.

Auer szabadalmában felveti, hogy az ozmiumszálat tórium-oxiddal, vagy cirkónium-oxiddal be lehetne vonni, de ilyen szálak nem készültek [1]. Az ozmiumlámpa 1902-ben került forgalomba, elterjedését az ozmium ritkasága gátolta (nem volt elég ozmium a tömeggyártáshoz), és igen magas ára határolta be (ötszöröse volt a platináénak). Ráadásul az ozmium-tetroxid rendkívül mérgező [2], továbbá az ozmium ridegsége egyaránt hátrányosan befolyásolta az égetési helyzetet és a szállítási lehetőségeket [7]. De vitathatatlanul Auer von Welsbaché az érdem, hogy az első használható, sorozatgyártott fémszálas izzólámpát előállította. Adott fényegységre eső fogyasztása már csupán kb. a fele volt a közönséges szénizzólámpáénak. Szabadalmát az Egyesült Villamossági RT. vásárolta meg [3]. Ezek voltak tehát az első gazdaságos (6 lm/W) fémszálas vákuumizzólámpák.



5. ábra Ozmium-lámpa

3.6. A tantállámpa



6. ábra A tantállámpa reklámja
1905-ből



7. ábra Tantállámpa

A tantállámpa Werner von Bolton (1868-1912) találmánya, amit a Siemens és Halske cég izzólámpagyárában, Berlinben fejlesztettek ki. A tantál a természetben tiszta fém állapotban nem, hanem csak érceiben fordul elő. Bolton eredetileg a tantált a következő módon állította elő. Tantál-pentoxidból paraffinnal, mint kötőanyaggal rudakat préselt, amiket azután $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra hevített. Ennél a hevítési eljárásnál a paraffin elpárolog, és a tantál-pentoxid tantál-tetroxiddá redukálódik. A tantál-tetroxid egy barnás fekete massa, ami az elektromosságot jól vezeti. Ezután a tantál-tetroxidből álló rudacskákat vákuumban váltóárammal magas hőmérsékletre izzították, miközben a tantál-tetroxid bomlásából felszabaduló oxigént elszívták. Végül visszamaradt egy tiszta tantál rudacska.

Bolton később egy másik eljárást is kidolgozott tiszta tantálszál előállítására. Ebben az esetben egy fedett tégelyben nátriummal izzítva redukálta az érceket. A redukció tűzjelenség kíséretében zajlik – és a tantál miután az összegyűlő olvadékot vízbe teszik – fekete porként marad vissza. A tantál port már csak rudacskává kellett préselni, majd vákuumban való izzítással szinterezni. Majd két ilyen rudacska között elektromos ívet kellett létrehozni, amelyben az áram a kis fémrudakat összezsugorítja (szintereli). A megolvasztott tantál fém olyan vezető, amelyből

további hidegen való kovácsolással és húzással a legvékonyabb drótot lehet húzni. A tantáldrótnak a lámpába való rögzítéséhez különleges tartóállványt kellett alkotni. A gyár ezt a dróttartót és a drótnak az előállítását is szabadalmakkal védte le.

A tantállámpa az első izzólámpa, aminél a húzott szál izzótestként alkalmazásra került. A tantállámpa 1,6-1,7 W/HK hatékonysággal égett, 1000 óra élettartam mellett. A 16-100 gyertyafényerősségű tantállámpák nem voltak ugyan gazdaságosabbak, mint az ozmiumlámpák, de könnyebben gyárthatóak, valamint a tantáldrót szilárdsága még hevítés után is olyan kedvező volt, mint egy hasonló méretű vasdróté. Így a tantállámpa nem volt kényes a rázkódással szemben [1].

A kezdeti volfrámlámpa megjelenésekor még nem, de a húzott volfrámszálas lámpák piacra kerülésekor a tantállámpa gyártását beszüntették [1].

3.7. A volfrámlámpa

Az izzólámpák mivel ún. hőmérsékleti sugárzók, fényhasznosításuk arányos az izzószál hőmérsékletével. A kutatók érdeklődése tehát törvényszerűen a nagy olvadáspontú fémek felé fordult. A tantál- és ozmiumlámpák izzószálának hőfoka nagyobb volt ugyan a szénszálelőző képest, és ez növelte a fényhasznosításukat, a javulás azonban nem állt arányban az ezeknek a lámpáknak az előállításához szükséges költségekkel. [11]

Az igazi megoldást Just Sándor (Alexander Just) (1874-1937) és Hanaman Ferenc (Franjo Hanaman) (1878-1941) volfrámlámpája hozta meg. 1904-es szabadalmuk az „*Eljárás wolframól vagy molibdänből elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására*” címmel jelent meg, és amelynek első soraiban maguk a feltalálók sem tagadják, hogy eljárásuk – „A wolframnak és molibdännek izzótestek gyanánt való alkalmazásának gondolata” – „egyáltalában nem új, ellenkezőleg a legkülönbözőbb eljárások ismeretesek már főleg platina- vagy szénszálakon az említett fémekből álló bevonatok előállítására.” Ugyanakkor hangsúlyozzák, hogy találmányuk „ezekkel szemben tiszta wolfram- vagy molibdänféméből álló izzószálak előállítását célozza” [11]. A 34541 lajstromszámú magyar szabadalmi leírás [12] alapján 1905-ben készült az első használható volfrámszálas izzó Budapesten [13]. A sorozatgyártás 1906-ban kezdődött el a budapesti Egyesült Izzó és Villamossági Rt.-ben, amely megvásárolta a szabadalmat [6]. Just és Hanaman számára vált nyilvánvalóvá, hogy az izzólámpák volfrámszállal működnének a leggazdaságosabban. Ám a volfrámgyártás néhány technológiai problémája sokáig megoldatlan volt. A volfrámot por alakban nyerték a különböző ércekből, ám a magas olvadáspontja miatt azonban nem lehetett tömbbé olvasztani, mert nem létezett kellően magas olvadáspontú tégely, amelyben az olvasztás kivitelezhető lett volna. Just és Hanaman ezért az úgynevezett szubsztakciós eljárást dolgozta ki, (Lásd a 4.2. fejezetben).

Az így előállított szál hátránya az egyenetlen vastagság és a törékenység volt, de ennek ellenére az előzőeknél szebb (fehérebb) fényének és gazdaságosságának (fogyasztása $\frac{1}{4}$ -e volt az Edison-izzóéénak) köszönhetően hamar népszerűvé vált az ebből készült izzólámpa. Mivel üzemköltsége egy szintre került a gázlámpáéval, megkezdődött a villanyvilágítás rohamos elterjedése. Később más cégek újabb gyártási eljárásokat fejlesztettek ki és szabadalmaztattak, de az alapot Just és Hanaman szabadalma képezte [4, 6]. Ebben az időben az izzólámpákban a fémszál vákuumban izzott az oxidáció elkerülése érdekében. Ezek a szénszálból átalakított volfrámszálak még egyenesek voltak, és egy viszonylag hosszú, egyenes volfrámszál volt a villanykörtebe "behajtogatva", szemben a mai spirálokkal, amelyek kevésbé helyigényesek. Eltértek a lámpák mai utódaiktól abban is, hogy burájukban vákuum, pontosabban kb. 0,001

mmHg (azaz 0,133 Pa) nyomású maradékgáz volt. Ennek a konstrukciónak sajnos még több hibája volt, szerencsére csak rövid ideig. A szálak előállítási eljárásából adódóan problémák voltak a szál vastagságának egyenetlenségével. Ahol a szál vékonyabb volt, ott a megnövekedett ellenállás miatt jobban melegedett. Ezeken a helyeken jobban párologott, elvékonyodott, majd elszakadt [14].



8. ábra Dr. Just-féle volfrám lámpa készült 1906-ban a Wolfram-lampen AG Augsburgi gyárában a szabadalom megvásárlása után

Az elvet azután – már az Egyesült Villamossági RT. gyárában – addig tökéletesítették, amíg hordozószál alkalmazása nélkül, extrudálással is sikerült volfrámszálat előállítaniuk.

A Just- Hanaman-féle fémszálat $2077\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig lehetett hevíteni, 600 órás élettartam és $7,5\text{ lm/W}$ kezdeti fényhasznosítás mellett. A volfrámszál párologása még ezen a hőfokon is csekélyebb volt, mint az alacsonyabb hőmérsékleten izzított szénszálé, a burafeketedés következtében fellépő „fényhalál” időpontja pedig getterezés révén jelentősen kitolódott. Sok olyan hirdetés fedezhető fel – főként az Elektrotechnika c. folyóirat múlt század eleji számaiban –, amelyek az Egyesült Izzóban gyártott Just-féle volfrámszálas izzólámpák előnyeit ismertetik. Például „Dr. Just- Wolframlámpa – 70% árammegtakarítás a szénszálas izzólámpákkal szemben. Kellemes egyenletes fehér fény, fénycsökkenés nélkül.” Így megjelent a piacon az – akkoriban a szénszálas kortársakhoz képesti – első energiatakarékos izzólámpa! Emellett a villanyvilágítás versenyképessé vált a gázlámpával szemben is [11].



9. ábra Az Egyesült Izzó műszaki-tudományos folyóiratának az izzólámpa születésének 100-éves évfordulójára megjelent száma, borítóján a jellegzetes formájú Just-féle volfrámszálas izzólámpával

Az elektrotechnika azon kevés iparágak közé tartozik, amelyekben Magyarország a XIX. század utolsó két évtizedében egyenesen a világ élvonalába emelkedett. A Ganz Gyár Mechwart András irányításával 1878-tól létesített elektrotechnikai üzem. A gyár három mérnöke, Zipernowsky Károly, Déri Miksa és Bláthy Ottó Titusz által kifejlesztett transzformátor oldotta meg véglegesen a villamosenergia nagy távolságra történő szállítását és gazdaságos elosztását, a fogyasztók egymástól való teljes függetlenségének biztosítása mellett. Ezt első ízben az 1885. évi budapesti Országos Kiállításon mutatták be. A cég a németországi és az angliai szabadalmi pert elvesztette ugyan, de már közvetlenül a találmányt követően is több európai nagyváros központi áramfejlesztő telepének a létesítésére nyert el megbízást [3].

Az Egger-testvérek, a későbbi Tungstam Rt. alapítói 1872-től voltak jelen a magyar fővárosban. Egger Béla Bernát 1865-ben Bécsben vállalatot alapított. Ennek sikerén felbuzdulva 1872-ben Budapesten is távírdaszerező műhelyt rendezett be. Cége 1882-ben közkereseti társasággá alakult „Első Osztrák-Magyar Villanyvilágítási és Erőátviteli Gyár Egger B. és Tsa cég” néven. Az alapítók Egger Bernát és testvérei Jakab, Henrik és Dávid, valamint Kremenezky János voltak. Vállalatuk 1882-ben ívlámpákkal világította meg Bécs belvárosát, 1883-ban pedig, négy évvel az Edison-féle találmány bejelentése után, már jelentős számú szénzálas lámpát gyártottak a bécsi telephelyen. Érdekes párhuzam, hogy 1882-ben Budapesten a Ganz Gyár tartott igen sikeres világítási bemutatót a Vigadóban. A bemutató a Mechwart által támogatott fiatal mérnökök Zipernowsky Károly és Déri Miksa munkájának eredménye volt, akik 1881-82-

ben terjesztették ki addigi ívlámpás kísérleteiket az Edison-lámpára. Az Egger-cég 1885-ben a budapesti országos kiállításon a Ganz Gyárral közösen szolgáltatta az elektromos világítást 100 izzót és 18 ívlámpát szállítva. A sikeren felbuzdulva kötelezték el magukat a magyarországi fényforrásgyártás mellett. 1887-ben új ipartelepét vásároltak és új üzemet építettek, ahol elkülönülten dolgozhatott az „Izzólámpaosztály”. A gyár életében jelentős szerepet játszott Pintér József műszaki igazgató, akinek vezetésével hónapok alatt megoldották a növényi rostokból való szénszálgyártást, a ballonfűvást és a ballonok vákuumszivattyúzását, a beépítést és a beforrasztást. A gyár két év alatt kinőtte telephelyét. Jelentős fejlesztési elképzeléseik megvalósítására 1889-ben AEG gyár (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) lámpagyártási szabadalmainak megvásárlását, külföldi tőke bevonását, új telephely kiépítését határozták el. Önálló vállalatként megalakult a Villamos Izzólámpagyár Rt. német tőke bevonásával. 1896-ban a közkereseti társaság budapesti és bécsi telephelyéből megalakult az „Egyesült Villamossági Rt.” (EVIRT) a Pesti Magyar Kereskedelmi Bank bevonásával, majd a Villamos Izzólámpagyár csatlakoztatásával 1897-ben. A század végén két hatalmas vállalat uralta a világpiacot. A német AEG és az Edison alapította amerikai General Electric, akik kutató laboratóriumaikban folyamatosan dolgoztak az izzólámpa tökéletesítésén. Az EVIRT 1900-ban Újpesten telket vásárolt, ahol 1901 nyarára befejezték az új gyártelep építési munkálatait. Az élesedő világpiaci verseny miatt 1903-ban Európa nagyobb izzólámpa gyárai kartellszerződést írtak alá az értékesítésre, amelyben az Egyesült Villamossági Rt. forgalma szerint a második, kontingense szerint a harmadik helyen állt. A kartell megállapodás a kiszámítható jövőt jelentette a gyár számára [10, 11].

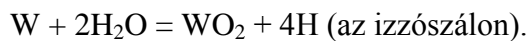
Az EVIRT a Just-Hanaman-szabadalom megjelenésének napján, 1906. március 23-án azt megvásárolta, s bár az új fém megvolt, a tömeggyártású volfrámlámpa bevezetéséig még évek teltek el. 1906-ban a vállalat a nevét „Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt.”-re változtatta (EIVRT, rövidítve Egyesült Izzóként említik). Nem formális névváltoztatás volt, hanem annak a szándéknak a jelzésére szolgált, hogy az ígéretes volfrámlámpa révén fő profilként a fényforrásgyártást jelölték meg. Még ebben az évben ismét alaptőke növelésre került sor a volfrámlámpa tömeggyártásának bevezetése érdekében, erőmű és csarnoképítéstől a kísérleti laboratórium létrehozásáig, amely végül 1907-ben valósult meg. Just és Hanaman a kísérleti és a nagybani gyártás megtervezésében is tevékenykedtek. 1907-től a lámpafej porcelánbetétjét üveggel helyettesítették az AEG-től vásárolt jog alapján [7]. 1908-tól az izzólámpa drága platina árambevezetői helyett olcsóbb fémötvözetet sikerült alkalmazni.

Az Egyesült Izzó a volfrámlámpa fejlesztésével először került igazán a világ élvonalába. Szabadalmát Németországban (1906), Angliában (1907), Franciaországban (1908), végül az amerikai General Electricnek is eladta (1910). Ugyanakkor 1907-ben a Ganz Gyár a

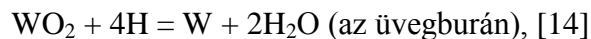
finanszírozó, bankjának véleménye miatt felhagyott az addig sok dicsőséget szerzett ív- és szénszálas lámpák gyártásával [7].

Kezdetben "egyenes fonalú" volfrámszálokat alkalmaztak a vákuumlámpák gyártásához, majd a folyamatos fejlesztésnek köszönhetően változott mind az izzószálak kiképzése, mind az azt körülvevő gáz összetétele.

A tapasztalat azt mutatta, hogy a legkülönbözőbb volfrámszálokat is tönkrementek, ha kb. 1/10 részük elpárolgott. A vákuumlámpa élettartamát ez a párolgási folyamat szabja meg. Szükség van arra, hogy a lámpakészítésnél az üvegfelületekről az adszorbeált gázokat hevítéssel és elszívással eltávolítsák, és a kész lámpában maradó kb. 0,001 mmHg nyomású gázmaradékot getteranyagokkal - például az izzószálról elpárologtatott 0,1-0,2 mg vörösfoszforral - az első bekapcsolásnál megkössék. Még ha az egész gázmaradék a volfrám izzószálat egyenletesen fogyasztó O₂-gáz volna is, alig csökkentené 1 órával egy 1000 órás izzólámpa élettartamát. Azonban a maradék vízgőz eltávolítása ennél sokkal fontosabb. A vízgőz-molekulákból az izzó volfrámszálon könnyen párolgó volfrám-oxid és atomos hidrogén keletkezik:



Az üvegburára lerakódó volfrám-oxidot a hidrogénatomok könnyen redukálják:



Így újra az izzószálat oxidáló vízgőz molekulákat alkotnak miközben a volfrám a szálról az üvegburára vándorol. Ez az ún. Langmuir-körfolyamat még 0,001 mmHg-nél jóval kisebb vízgőznyomásnál is olyan gyakran ismétlődik, hogy az izzószálat néhány óra alatt 1/10 részével is megvékonyíthatja [14]. Az izzólámpák gazdaságosabbá tételéhez szükség volt az izzószál hőmérsékletének emelésére. Ennek akadálya az volt, hogy a hőmérsékletet emelve túlságosan megnő a volfrámszál párolgási sebessége. Kézenfekvő megoldás volt inert védőgáz alkalmazása a vákuum helyett.

Millner Tivadar írja erről [4]:

"Régóta ismeretes, hogy a testek párolgásának sebességét a védőgáz erősen csökkenti. Ezért ha a vákuumlámpát alkalmas gázzal megtöltjük, és izzószálat légüres tér helyett gáztérben hevítjük, az izzószál hőmérsékletét és ezzel fényszolgáltatását a lámpa élettartamának csökkenése nélkül lényegesen emelhetjük. Ezzel azonban a lámpa még sem lesz gazdaságosabbá, hanem romlik, mert az izzószálat gáztérben csak úgy tarthatjuk magas hőmérsékleten, ha a kisugárzott energián kívül azt a nagy mennyiségű meleget is pótoljuk, amelyet róla a gáz elvezet. Langmuir ismerte fel, hogy az izzólámpában fel-alá áramló gáz nem az izzószál valódi felületét, hanem a szálat burkoló 1-2 mm vastag, nyugvó gázréteg felületét hűti. Ha tehát hosszú, vékony izzószál helyett egy belőle készült, de csak például 1/12

olyan hosszú spirálist izzítunk gáztérben, akkor a hőveszteségek is 1/12 részre csökkennek, mert a spirálist kb. ugyanolyan vastag, de csak 1/12 olyan hosszú nyugvó gázburok veszi körül, mint az egyenes izzószálat. Így a hőveszteségek lényegében az izzótest, és nem az izzószál hosszával arányosak.” [4]

Irwing Langmuir, a GE kutatója 1913-ban kidolgozott egy eljárást az izzólámpák gáztöltésére. Szabadalma egyben kitért a volfrámszál spirál formában történő alkalmazására is [13, 15]. Ez a két módosítás jelentősen javította a fényhasznosítást azzal, hogy nitrogéntöltéssel az élettartam megtartása mellett az izzítási hőmérsékletet növelni lehetett. Emellett a 2400 °C-os izzószál hőmérsékletének megfelelően a fénye szép fehér" [4].

Mivel a volfrámnak magas az olvadáspontja, másrésztől nagyobb mennyiséget tiszta állapotban nem tudtak megolvasztani, kizárta, hogy az előzőleg megolvasztott fémot húzni lehessen. Először W. D. Coolidge a GE laboratóriumában oldotta meg ezt a nehéz problémát [1]. 1908-ban neki sikerült először 0,01 mm vastag húzott volfrámszálat előállítani [16]. Ez a duktilis volfrámhuzal-gyártási technológia világviszonylatban áttörést hozott [15]. Ezek szabadalmához az újpesti gyár 1912 végén kedvező feltételekkel jutott hozzá, mivel a Just-Hanaman szabadalom birtokában szabadalmi elsőbbsége volt a volfrám izzószálként való alkalmazására [11]. Coolidge eljárásának hazai adaptálása évekbe tellett. A volfrám izzószál alkalmazásával készülő gáztöltésű lámpák gyártásának hazai fejlesztési, bevezetési kísérleteit már a szabadalmaztatás évében, 1913-ban kezdték az Egyesült Izzóban. A kísérletek irányítója Perczel Aladár volt. Ez a hidrogén redukcióval előállított volfrám-fémorból préselt és szinterelt rudak melegen történő rotációs kovácsolását, majd az azt követő huzalhúzást jelentette [14, 15].

A húzott volfrámszálas lámpák gyártása 1913-ban indult meg Újpesten, és az 1909-ben bejegyzett TUNGSRAM védjeggyel hozták forgalomba. Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. – utalva a lámpagyártás növekvő súlyára – nevét ugyanis 1909-ben megváltoztatták. Az új cégnév a volfrám svédből angolba is átvett nevéből, a "tungsten"-ből és a német "wolfram"-ból létrehozott szó, világhírű márkanev lett. A gyár ezzel hosszú távra elkötelezte magát a volfrámszálas izzólámpák gyártása mellett [6].

Az első gáztöltésű lámpák nitrogéntöltését 1916-ban Jacobi a hőt kevésbé vezető argonra cserélte fel [6]. Az izzó volfrámszállal szemben a nitrogén is és az argon is kémiaiilag közömbösek. Sokáig a 10% N, 90% Ar összetételt alkalmazták. A kb. 1/10 rész nitrogénre azért volt szükség, mert ez akadályozta meg az argonban könnyen meginduló ívkisüléseket [17]. Az azonos energiafogyasztás mellett 25-30%-kal több fényt adó argontöltésű spiralizált izzójú lámpa szabadalmát az Egyesült Izzó azonnal megvásárolta. A Tungstram 1917-ben a budapesti Kremenezky izzólámpagyárban 50%-os érdekeltséget szerzett, valamint 1918-ban megszerezte a Watt bécsi izzólámpagyárat is.

Ezekben az években tűnt fel Aschner Lipót a vállalat életében. Az orosz piac kiépítésében jeleskedő tisztviselőből az izzólámpa osztály irodafőnöke, 1918-ban Aschner Lipót a vállalat kereskedelmi igazgatója lett. 1921-ben Aschner Lipótot vezérigazgatóvá nevezték ki.

Az Egyesült Izzó már 1918-ban megfogalmazta egy fizikai-kémiai kutató laboratórium felállításának szükségességét. Ez 1921-ben valósult meg, Pfeifer Ignác [15] műegyetemi tanár vezetésével megalakult Közép-Európa első ipari kutatóintézete, amely alapjává vált a vállalat világhírűvének.

1924-ben megalakult a Phoebus S.A. kartell, amely a világ lámpagyárainak több, mint 90%-át tömörítette. A kartell piaci törekvései a gazdaságosság és a műszaki fejlesztés terén jelentős eredményeket hoztak. A szerződés elsőként minőségi szabványt is megállapított, ekkor alakult ki az egységesen 1000 órás élettartam is.

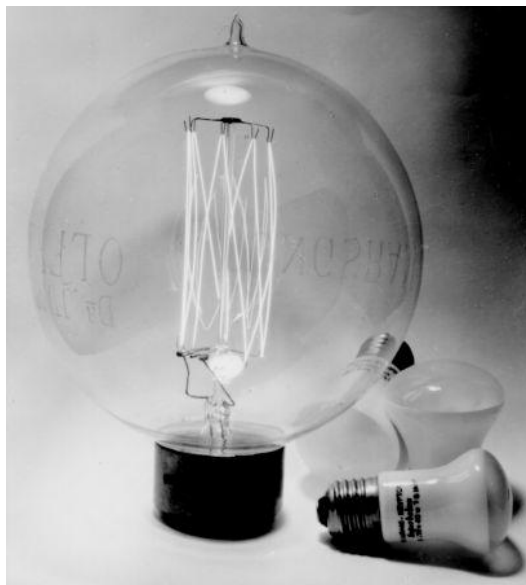
A működése közben nem belógó (non-sag) tulajdonságokkal rendelkező volfrámszál előállítására különböző adalékokat alkalmaztak. Ezek közül először az Egyesült Izzóban a ThO_2 adalékú B volfrámot hozták létre, de a General Electricnél dolgozó magyar származású Pácz Aladár 218 jelű non-sag volfrámszabadalma (1918) nyomán a Kutató Laboratóriumban intenzív kutatások folytak a nagykristályos non-sag volfrám előállítására. Ennek első komoly eredménye 1924-ben született meg, amikor Tury Pál és Tarján Imre kidolgozta a Na, K, Si adalékos UC volfrámot. A duplaspirálú izzólámpagyártás az alaktartóság további növelését igényelte. Ennek az igénynek a hatására született meg az UC volfrámra alapozva 1928-ban Tury Pál és Millner Tivadar GK-(Großkristall) volfrám szabadalma, amely a Na, K, Si adalékok mellett az Al-adalék alkalmazását is előírta. A GK jelölésű új volfrámfém olyan nagykristályos, non-sag szerkezetet biztosított, amely a magyar fényforrás célú volfrámgyártást világviszonylatban is az első helyre hozta fel [15].

A GK volfrám tette lehetővé, hogy a Kutató Laboratóriumban született másik világhírű szabadalomhoz, Bródy Imre kriptontöltésű lámpájához 1930-ban a megfelelő minőségű duplaspirált biztosítani tudják [15]. Bródy nevéhez fűződik a töltőgáz mechanizmusának részletes analízise és ennek alapján a kripton- és xenon-gáztöltés kidolgozása, amely optimumot talált az izzólámpa fényhasznosítása, a termodiffúziós sebesség (bura feketedése) és az ívleégés közt. A technológiai problémák megoldása, például az olcsó kriptongyártás, töltés, stb. 1936-tól tette lehetővé a kriptonlámpa gyártását.

Az Egyesült Izzó igazi multinacionális vállalattá vált, amely mindig megtartotta magyar jellegét. A kartellszerződést lejáratva (1934) nem újították meg, de azt minden résztvevő a világháború kitöréséig megtartotta. A GE, aki hallgatólagosan, külföldi vállalatai révén csatlakozott a kartellhez, vezető vállalattá vált, hiszen saját gyárain kívül a Philipsnél 25%-os, az Izzónál 12%-os érdekeltséggel rendelkezett. Érdekeit a British GE csoport képviselte. A többi

csoport az Osram, a Philips és a Tungstram köré szerveződött. A General Electric vállalta a Tungstram vezérképviselét a tengerentúlon, ugyanakkor Izzó termékeket értékesített Európában, ha a szállítási költségek alakulása miatt ez kedvező volt. A Tungstram csoportnak az angol GE csoporttal is megállapodása volt a kvóta szerinti angol mennyiségek átvételére és értékesítésére [7]. A hazainak mondott országok szerint „pool”-okra osztott kartellcsoportok szabályozták a saját fogyasztói piacok eladásait, pl. Ausztriában és Magyarországon a vezető kvótájú Tungstram képviselőjére szavazott a kartellképviselét választáson az Osram és a Philips csoport. A szabadalom- és licencvásárlásokkal, melyeket részvényátadással finanszíroztak, a világ vezető lámpagyáraiban bonyolult kereszttulajdonlások alakultak ki. A Tungstram a döntő szavazati arány megtartását a kiegyensúlyozottságra törekvő General Electric együttműködésével érte el [7].

A további fejlesztés egyik irányát a volfrám párologásának visszaszorítása és a ballon feketedésének csökkentése jelentette. Bár erre vonatkozó szabadalmat Schribener már 1882-ben benyújtott, csak 1959-ben sikerült olyan technológiát kidolgozni, mely halogén adagolással lehetővé tette a bura feketedésének csökkentését, az un. halogén izzólámpa kidolgozását [18]. Ezekre a találmányokra és szabadalmakra azonban jelen szakdolgozatomban a továbbiakban nem térek ki. Megemlíteném, hogy az Eötvös Loránd Tudomány Egyetem Fizikai-kémia Tanszékén is kiterjedten foglalkoztak a volfrámszál tulajdonságaival. Riedel Miklós, Kaposi Olivér és munkatársaik vizsgálták a GK volfrámszálak termikus ionemisszióját és ívleégését [19], a kálium és vas diffúzióját volfrámszálakban [20, 21], a volfrám szinterelését [22], valamint az aktiváló anyagok migrációját volfrám katódokban [23].



10. ábra A „Dr. Just-féle izzólámpa” és a kripton töltésű izzólámpa

4. Dr. Just Sándor élete és találmányai

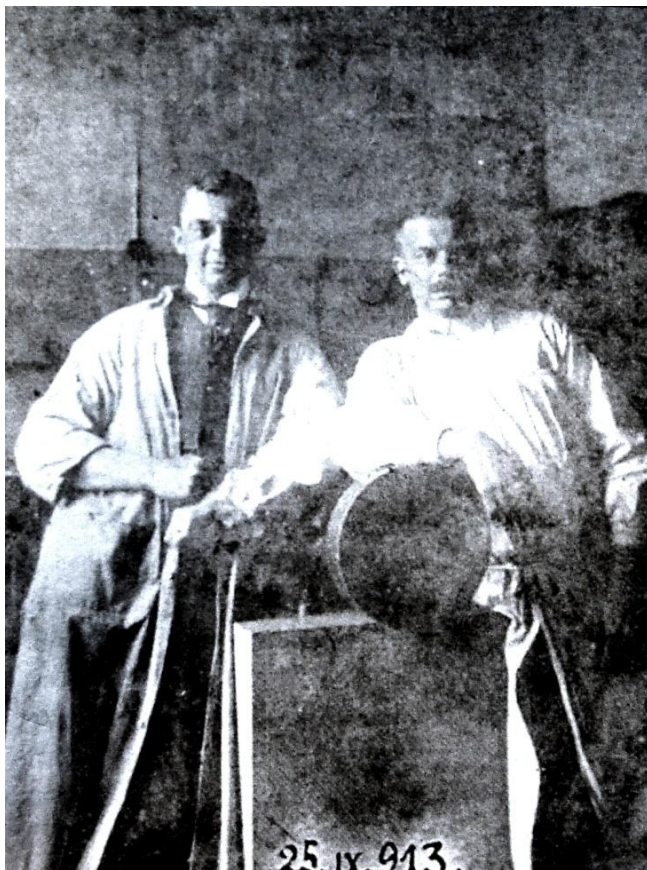
4.1. Dr. Just Sándor élete

Technikatörténeti jelentősége ellenére nincs, vagy alig van publikált anyag a volfrámszálalás izzólámpagyártás jelentős alakjáról Just Sándorról. A továbbiakban a szakirodalomból hiányzó, illetve a tévesen szereplő adatokat igyekszem pótolni, illetve korrigálni eredeti dokumentumok alapján, a családom birtokában lévő adatokból és dr. Jeszenszky Sándor archívumából.

A következő idézet – 2011-ből – Dr. Jeszenszky Sándor kandidátus egyik előadásából származik. „A technikatörténet a nagy találmányok között tartja nyilván a volfrámszálalás izzólámpát, mégis meglepő módon egyik feltalálójáról, Just Sándorról szinte semmi életrajzi adat sem volt ismert, még születési helye és ideje, nemzetisége sem. Csupán annyit lehetett tudni, hogy 1903-ban a Bécsi Egyetem Kémiai Intézetében volt tanársegéd, együtt feltaláló társával, a horvát származású Franjo Hanamannal, aki jól beszélt németül és magyarul is, nevét a magyar szabadalmakban Hanaman Ferencznek írta, ezzel szemben feltaláló társa németesen mint Dr. Alexander Just szerepelt. Felvetődik a kérdés, milyen nemzetiségű volt Just? 1904-től munkájukat Budapesten folytatták, ezután már a Dr. Just Sándor nevet használta. Az Egyesült Izzóban végzett munkásságáról, majd saját alapítású izzólámpa gyáráról valamivel többet tudunk, de sajnos ezekről forrás értékű levéltári anyagok nem állnak rendelkezésre. Annyit is tudni lehetett, hogy rózsadombi villájában laboratóriumot rendezett be és ott folytatott fejlesztési munkákat. Életének első időszakáról a Bécsi Egyetem archívumából sikerült megszerezni 1896-ban, doktori értekezése benyújtásakor írt önéletrajzát. Ebből kiderül, hogy német szülők gyermeke, 1874-ben Brémában, német állampolgárként született, majd a család Bécsbe költözött, ott végezte tanulmányait. Bécsben dolgozott 1904-ig. Magyarországi magánéletéről azonban semmit sem tudunk, csak annyit, hogy 1937-ben, Budapesten halt meg....A szakirodalom eddig csupán egyetlen fényképéről tudott, amely több hazai és külföldi szakkönyvben is megjelent – most kiderült, hogy a képen nem ő áll Hanaman mellett!” [6] ...Erre egyébként Just Krisztina, a feltaláló unokája, édesanyám figyelt fel, (lásd 4.4. fejezet).

Dr. Just Sándor egykori villája ma is áll a Rózsadombon. 2002-ben a feltaláló páros horvát tagja, Franjo Hanaman tiszteletére Zágrábban szobrot avattak. Budapesten dr. Just Sándor, – akit a magyar technikatörténet legjelentősebb feltalálói között tart számon – sem szobrot, sem emléktáblát nem kapott. Ennek hiányát a Magyar Elektrotechnikai Múzeum próbálja pótolni azzal, hogy nevét és munkásságát állandó kiállításuk megemlíti. 2005-ben emlékeztek meg tudományos üléssel és bemutatóval a volfrámlámpa centenáriumáról és feltalálójáról [24].

Ideje lenne, hogy dr. Just munkásságát Magyarországon szélesebb körben is elismerjék és legalább egy emléktábla tisztelegjen neki.



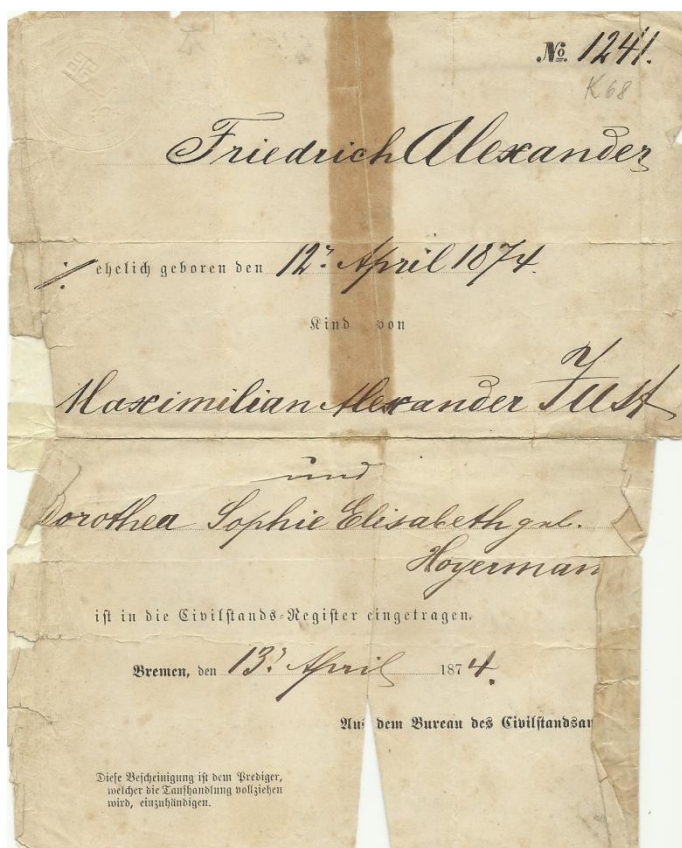
11. ábra A szakirodalomban eddig hibásan szereplő fotó. Jobb oldalon egyértelműen Hanamann Ferenc áll, de a balján álló személy nem dr. Just Sándor [25]



12. ábra Dr. Just Sándor és Hanaman Ferenc közös fényképe. Baloldalon Hanaman, jobboldalt áll Just

Friedrich Alexander Just 1874. április 12-én Brémában született. Jómódú német kereskedő családból származott, egy fiútestvére volt. Gyermekkorát és ifjúságát Bécsben töltötte, miután a család 1882-ben oda költözött. 1884-ben iratkozott be a Mariahilfer Gymnasiumba. Igen jó tanuló volt. 1892-ben érettségizett, majd ugyanebben az évben beiratkozott a Bécsi Egyetemre, ahol kémiai, fizikai, filozófiai, matematikai és ásványtani előadásokat hallgatott. Lieben professzor laboratóriumában dolgozott 8 szemeszteren keresztül. 1894-ben kezdte el írni doktori munkáját „Einwirkung von alkoholischem Kali auf ein Gemenge von Formaldehyd und Isobutyraldehyd” címmel, [26]. 1896-ban nyerte el doktori diplomáját.

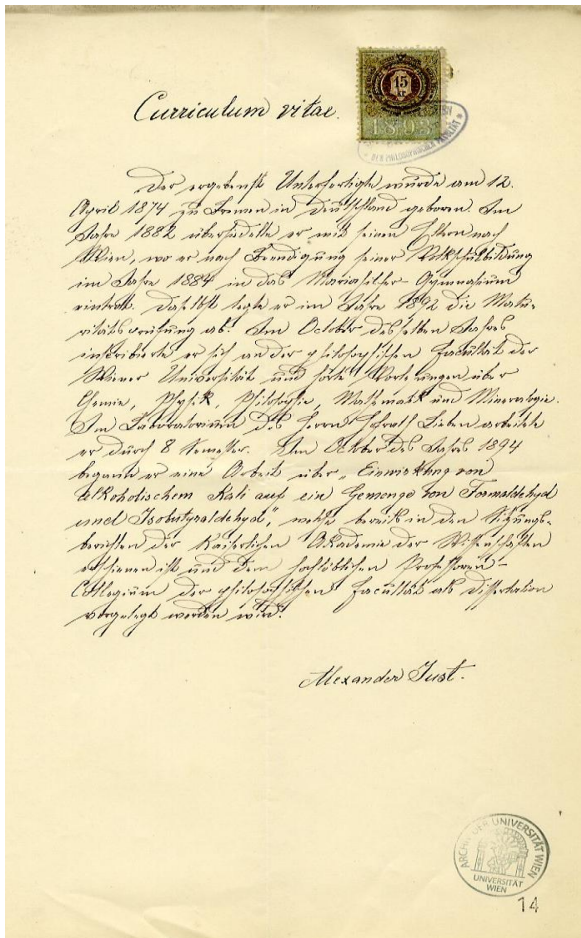
A családi iratokból kiderült, hogy kémiai tanulmányra az ösztökélte, hogy nagybátyja Eduard Just a világ első fotópapír gyárosa volt, aki 1874-ben alapította gyárát [27]. Sajnos már az 1890-es évek elején a konkurencia teljesen tönkretette, vállalatát fölszámolta, úgyhogy a tanulmányait azidőtájt befejező unokaöccsének már nem is lehetett segítségére.



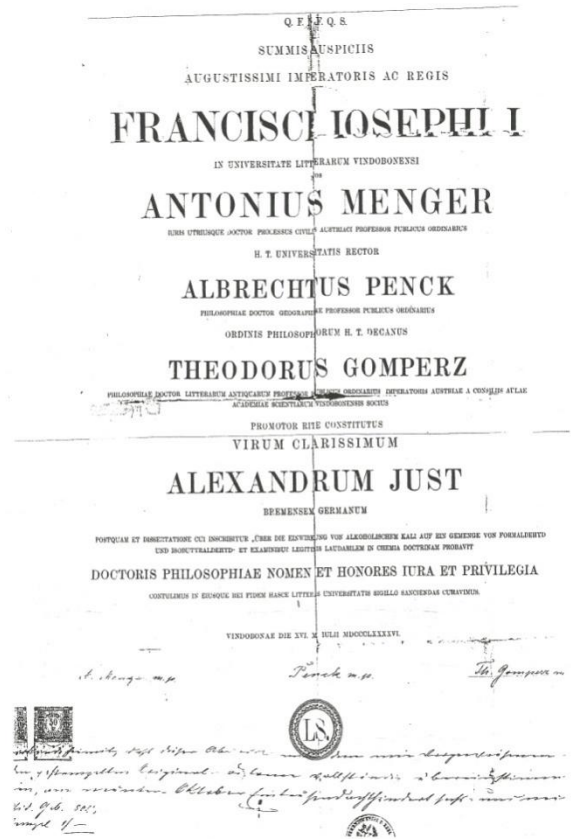
13. ábra Friedrich Alexander Just születési anyakönyvi kivonata



14. ábra Just Sándor ifjúkori fotója



15. ábra Alexander Just doktori értekezése benyújtásakor saját kézzel írt önéletrajza.



16. ábra Alexander Just doktori oklevele

Alexander Just a Bécsi Műszaki Egyetem Analitikai kémia Tanszékén volt tanársegéd. 1900-ban nősült Bécs, VI. kerületének ágostai hitvallású evangélikus egyházközségében Nozsicska Anna Maria Elizabethet vette feleségül, aki az akkori Császári és Királyi Főerdész egyik lánya volt. Igen szerény körülmények között alapított családot. Eleinte még Bécs VI. kerületében a Gumperdorferstrasse 64-ben laktak. Érdekességképpen lejegyzem, hogy egyik esküvői tanujuk Bisckl Rezső, a Siemens & Halske cég műszaki hivatalnokja volt.

Alexander Just a Bécsi Egyetemen ismerkedett meg a horvát származású mérnökkel Franjo Hanamannal (1878-1941). Dr. Alexander Just ekkor még a szénszálaz izzólámpák élettartamának meghosszabításával is foglalkozott, és Bécsben 34632-es lajstromszámmal „Eljárás elektromos izzólámpák számára való önmagukat regeneráló szénszálak előállítására” címmel 1904-ben nyújtott be szabadalmat. [28]



17. ábra Dr. Just Sándor (középen áll), Hanaman Ferenc (az asztaltól jobbra ül) és bécsi kollégáik

Még Bécsben kezdtek az izzószál anyagára vonatkozó kutatásokat, hiszen a szénszálaz izzólámpák kevés fényt adtak, és sokat fogyasztottak (l. 4.2. fejezet). Különböző anyagokkal (bór-nitrid, molibdén, titán stb.) végzett kísérleteik alapján a volfrámot és a molibdént tartották a legmegfelelőbbnek, és miután dr. Franjo Hanaman mérnökkel kidolgozták eljárásukat volfrám fémzásl előállítására, benyújtották a szabadalmukat [16].

Mivel mindketten szerény anyagiak között éltek, nem rendelkeztek elég pénzügyi alappal ahhoz, hogy találmányukat önmaguk kereskedelmi forgalomba hozhatták volna [29]. A Bécsi Műegyetem Elektrotechnikai Intézetének vezetőjét kérték fel a vizsgálataik véleményezésére [16]. Két izzót „égéspróbára” vittek az Intézetbe. Az égők kiváló eredményeket értek el, és 1 W/HK gazdaságosságú megerősítést nyertek [1]. A professzor miután a kutatók megállapításait helyesnek találta, azt javasolta, hogy vegyék fel a kapcsolatot a Siemens & Halske céggel. A tárgyalások eredmény nélkül végződtek, mert a cég már elkötelezte magát a tantárlámpák gyártása mellett [16].

Hanaman Magyarországon egy cementgyárban kapott állást [16], de Just ekkor még Bécsben maradt. Hamarosan létrejött a kapcsolat az Egyesült Villamossági Rt-vel (EVIRT), ugyanis 1903-as szabadalmukra a bécsi főiskola egyik tanára, Richard Engänder, a cég igazgatósági tagja hívta fel a vállalat figyelmét. Itt elsőként Pintér Józseffel vették fel a kapcsolatot, aki biztosította, hogy az Egyesült Villamossági Gyárban kísérleteiket folytathassák. Itt benyújtották továbbfejlesztett, újabb szabadalmukat. Eljárásukat szubsztrakciós eljárásnak

nevezték, (ld. 4.2. fejezet). Mindketten a cég alkalmazásába léptek, hiszen a tömeggyártáshoz még sok kísérletre volt szükség, végül 1904-ben sikerült fémvolfrámból izzószálat előállítani [10]. A cég 1904. december 13-án – szabadalmi leírásuk megjelenése napján – 10% licencdíj ellenében meg is vette tőlük a volfrámszálas izzólámpa kizárólagos gyártási és értékesítési jogát Ausztria - Magyarország területére [10, 31]. A cég kötelezettséget vállalt a tömeggyártás megindítására, valamint a szabadalom további értékesítésére. Ehhez azonban önálló üzletágot hoztak létre, amelynek élére – immár aligazgatóként – Aschner Lipótot nevezték ki [10, 31]. Ezzel megadták az alapját a hazai izzólámpagyártás fellendülésének.

„A GE közel monopol helyzetben volt az amerikai lámpapiacra 1905-ig, amikor a Siemens tantámlámpája megjelent. Ezért 1906-ban a GE megszerezte a tantámlámpa gyártásának jogát, és ezt követően megduplázta erőfeszítéseit, hogy vezető szerepet vállaljon a lámpák fejlesztésében. Mivel majdnem egy időben születtek volfrámlámpával kapcsolatos bejelentések Kuzel, Werner von Bolton, valamint Just és Hanaman részéről, ezért a GE Európába küldte 1906 tavaszán két vezető mérnökét, John W. Howellt és Willis Whitneyt. Ők először Berlinbe mentek..., majd Augsburgba, azután Budapestre és Bécsbe mentek, hogy találkozzanak a feltalálókkal és minden esetben szabadalmi tárgyalásokat nyitottak. Felismerték a szabadalmi konfliktus lehetőségét.” [29]

Hugo Hirst a General Electric Company (GE) egyik társalapítója 1915. októberi levelében így emlékszik vissza:

„1905-ben hallottam a Just Hahnemann (sic!) találmányáról és Buda-Pesth-re utaztam, hogy lássam az első volfrám lámpát... Meggyőződtem róla magam, hogy a Buda-Pesth-i szabadalom a legfontosabb” [32].

„A General Electric 400,000 \$-t fizetett Justnak és Hanamannak, és összesen 1.500.000 \$-t fordított arra, hogy megszerezze a jogokat mind a három szabadalomra, így biztosítva a volfrámlámpa-üzletet Amerikában, függetlenül a szabadalmi vita eredményétől.” „A volfrám izzólámpa a General Electric által 1907-ben került kereskedelmi bevezetésre. A lámpák millióit adták el évente annak ellenére, hogy az izzószál törékeny volt, mert azok 100 százalékkal hatékonyabbak voltak, mint a tantámlámpák” [29].

Kuzel eljárásának lényege az volt, hogy a finomfémport savakkal és lúgokkal kezelte, míg kolloid volfrámfémhez jutott. Ezért eljárását „kolloid-eljárásnak” nevezték. Ezzel a módszerrel a kötőanyag kiküszöbölhető volt. Egy ideig Johann Kremenezky bécsi gyárában és Julius Pintsch berlini gyárában is állítottak elő ilyen módon volfrám izzókat.

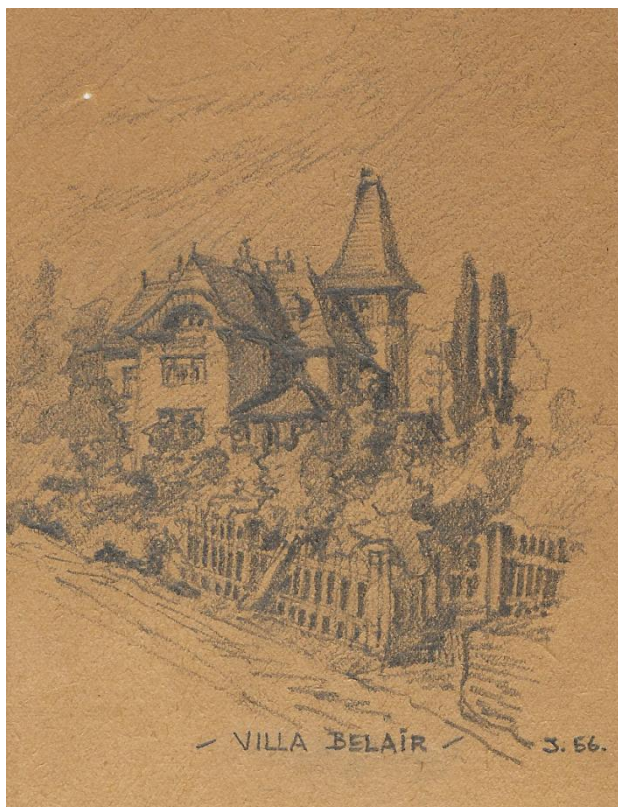
A Werner von Bolton-féle eljárásról pedig bebizonyosodott, hogy nem sikerült akkoriban még tiszta volfrámból az általa megadott módon volfrámdrótot előállítani [1], ezért erre bővebben nem is térek ki dogozatomban.

Végül a szabadalmi vita Just és Hanaman javára dőlt el.



18. ábra Dr. Just-féle izzólámpa

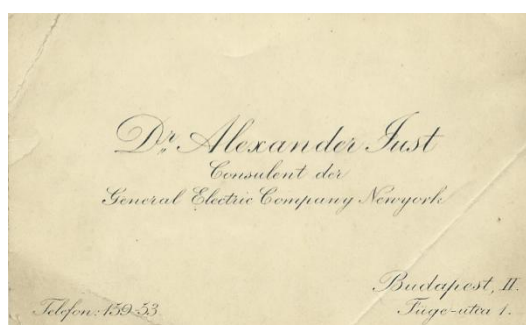
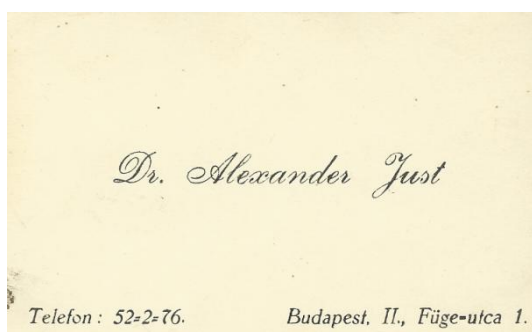
Az Egyesült Villamossági Rt-nél kapott állásnak köszönhetően 1904-ben Just Sándor is Magyarországra költözött családjával, egy év alatt tanulta meg a magyar nyelvet, és legtöbb szabadalmát itt nyújtotta be. Kutatásait nemcsak munkahelyén, hanem saját Füge utcai (ma is álló) házában berendezett laboratóriumában is végezte.



19. ábra A Füge utcai ház "Villa Belair"
Dr. Just Sándor egyik fiának,
Dr. Just Miksának grafikája



20. ábra A Füge utcai ház napjainkban



21. ábra Dr. Just Sándor névjegykártyái a Füge utca 1. laccímmel. Dr. Just a jobb oldali kártya tanúsága szerint a „General Electric Company Newyork” tanácsadója volt

1906. november 19-én az Egyesült Izzó Justtal, Hanamannal, valamint a bécsi pénzemberek bevonásával a volfrámlámpa hasznosítására megalapította a Nemzetközi Wolfrámlámpa Rt.-ot. Ez a cég 13 országban szabadalmaztatta a találmányt.

A kezdetben gázfázisból való kiválasztással, később volfrámfémport tartalmazó massa extrudálásával és azt követő szinterelésével készülő volfrám izzószálak előállítására szerveződött meg ezen időszakban az Egyesült Izzóban az első volfrám-laboratórium. Ezt méltán tekinthetjük a hazai fényforrás célú volfrámkutatás és fejlesztés kezdetének. Világviszonylatban átütő kezdeti sikerek számított ugyan a volfrám izzószálak alkalmazása, de a hátrányok (elsősorban a törékenység) újabb kihívást jelentett a kutatók, fejlesztők számára [15].

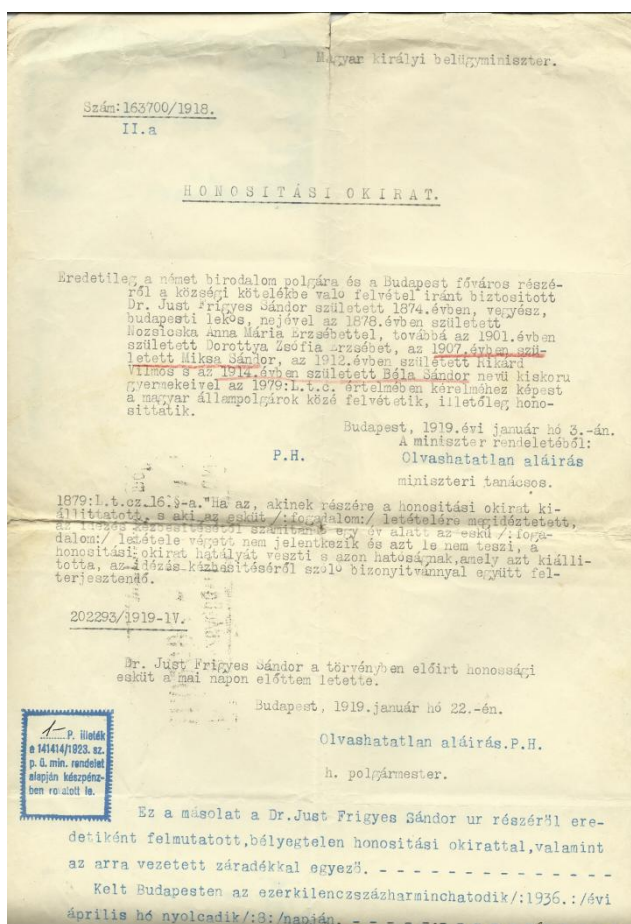
Mialatt Újpesten hatalmas beruházásokkal áttértek a tömeggyártásra, az amerikai General Electric laboratóriumában, 1908-ban William D. Coolidge húzás útján 0,01 mm átmérőjű volfrámszálat állított elő, és szabadalmaztatta is. Ezzel a technológiával a lámpák olcsóbbak és jobb minőségűek lettek. Hanaman az új eljárás tanulmányozására az Egyesült Államokba utazott 1909 elején. Később visszatérve Európába német izzólámpagyárak tanácsadója lett

Az Egyesült Izzó 1912-ben megvásárolta a Coolidge szabadalmat, és ezeket már Tungfram védjeggyel hozták forgalomba.

Időközben az Izzó viszonya a feltalálókkal, különösen Justtal, meglehetősen megromlott állítólagosan a licencdíj körüli viták miatt, és 1912-1914 között az Izzó megszerezte a Nemzetközi Wolfrámlámpa Rt. csaknem teljes tulajdonjogát. Az Egyesült Izzó, bár érzékenyen érintette a két feltaláló elvesztése, megvált tőlük, és nagy beruházásokkal folytatta a volfrámlámpagyártás bővítését [10].



22. ábra Az „Egyesült Izzólámpa és Villamossági r.t.” "Dr.Just" Wolfrámlámpa reklámja, mely az energiatakarékosságra hívja fel a figyelmet



23. ábra Dr. Just Sándor honosítási okirata

Dr. Just Hanamannal egyébként élete végéig igaz jó barátságban volt, szemben azzal az állítással, miszerint kapcsolatuk megszakadt, miután Hanaman Amerikába távozott [25]. Dr. Just Sándor egyik gyermekének, nagyapámnak, Just Bélának, aki 1914. március 31-én született Budapesten, ő lett a keresztapja.

Dr. Just Sándor 1919-ben nyerte el a magyar állampolgárságot. Öt gyermeknek volt apja, négy fia és egy lánya volt: Dorothea (Dorottya Zsófia), Maximilian (Miksa Sándor) Richárd, Adalbert (Béla Sándor), és Alexander (Sándor). Legidősebb fiúgyermeké követve apja példáját, és érdeklődési körét vegyész-mérnökként dolgozott Budapesten. Mindegyik gyermeke kettő, illetve három nyelvet beszélt. Az első világháború után tartalékos zászlósként szerelt le, a katonaságnál felcseri feladatokat is ellátott.



24. ábra Dr. Just Sándor
katona fotója



25. ábra Dr. Just Sándor
feleségével és két legidősebb
gyermekükkel



26. ábra A Just-féle volfrám lámpát reklámozó futott levelezőlap 1917-ből
A kép felirata szabad fordításban a következő: „Ezekben a drága időkben
különösen fontos az energiával takarékoskodni. Ezért most az égboltra a csillagok helyett
Just-Wolfram lámpákat helyezek. Ezek fele annyi energiával sokkal jobban ragyognak,
olcsóbbak és kétszer olyan tartósak!”

A 20-as években a szabadalmak lejártak, így dédapám nevével fémjelezve Újpesten 1921-ben megalapították a kartellen kívül álló Dr. Just-féle Izzólámpa és Villamossági Gyár Részvénytársaság-ot. Az alapítás körülményei is izgalmasak. Perczel Aladárnak az eddig még publikálatlan önéletrajzi visszaemlékezéséből kiderül [33], hogy az akkori gazdasági viszonyok kedveztek az ipari fejlődésnek. Ehhez társult Aschner rossz politikája a fizikai és a szellemi alkalmazottaival szemben, akik nem voltak megelégedve sem a bánásmóddal, sem a fizetéssel. Örültek, ha az Egyesült Izzóból elkerülhettek. Újpesten Dr. Back József ügyvéd és Révész A. mérnök elhatározták, hogy izzólámpagyárat létesítenek. Ehhez tőkét keresve találtak meg Egyedy szeszgyárost, Hofherr Albert gyárost és Dr. Weisz Gyula híres válóperes ügyvédet, valamint Schwarz Ármin ócskavas nagykereskedőt és egy győri olajgyárost. [33]

„Hofherr Albertnek azonban az a kikötése volt, hogy egy világviszonylatban ismert nevű egyénnek a bevonásával kell a vállalatot megindítani. Így merült fel dr. Just Sándor neve. Akkor a jelenlevők közül senki sem tudta dr. Just tartózkodási helyét. Ezért külföldön keresték, miközben Ő rózsadombi villájában élt. Egészen véletlenül találtak rá. Így megalapították a gyárat, és dr. Just lett a vezérigazgató.” [33]

„A Dr. Just-féle Izzólámpa és Villamossági Gyár Részvénytársaság majdnem minden alkalmazottja az Egyesült Izzólámpagyár alkalmazottaiból került ki. A megalakulástól kezdve az Egyesült Izzó perekkel támadta a Just-gyárat, ahol új gyártási eljárásokat dolgoztak ki. Hamarosan a fogyasztó közönség megkedvelte a lámpáikat. A Magyar Királyi Posta, a MÁV, továbbá a Székesfőváros is a Dr. Just-féle izzótól vette lámpáit. Főleg azokat a típusokat rendelték, melyek az Izzónál nem voltak kielégítőek.” [33]



27. ábra A Dr. Just-féle Izzólámpagyár részvénye



28. ábra Dr. Just-féle Izzólámpa és Villamossági Gyár részvényutalványa

A Just Gyár néhány évig állta a versenyt az Izzóval, de tőke hiányában, alulmaradt. Aschner, az Izzó vezérigazgatója könyörtelenül elbánt ellenfelével. A Just-gyár részvényeit a General Electric vásárolta fel, és azonnal továbbadta az Izzónak, amely a gyárat felszámolta. A gépeket elszállították az Izzóba, a helyiségeket pedig raktárnak használták. Dr. Just ezután az izzólámpa-kartell től havi, a General Electric-től pedig évi járandóságot kapott. A Nemzetgyűlés 338. ülése 1924. évi november hó 19-én, tárgyalta a Just-izzó felszámolásának ügyét, mely hatalmas port kavart, ugyanakkor részletes leírást kapunk a Just-gyár szervezettségéről [34]. Várnai Dániel felszólalását idézve:

„A t. Nemzetgyűlés bizonyára informálva van a sajtó közleményeiből is arról, hogy az izzólámpa-kartel magyarországi exponense, az Egyesült Izzólámpagyár Rt., illetőleg annak a vezérigazgatója, egy bizonyos Aschner Lipót nevű ur, különböző mesterkedésekkel és a kíméletlenségig menő konkurrencia minden eszközének felhasználásával hozzájutott a Just Izzólámpa és Villamossági Gyár Rt. részvény többségéhez, és amikor már birtokába vette ezt a jól berendezett, tekintélyes termelőképességű gyárat, első dolga az volt, hogy a gyár üzemét beszüntette, munkásait és hivatalnokait elbocsátotta s az izzólámpák árát 40%-kal drágította meg.” [34]

„Pedig ez a gyár, a Just-Izzó és Villamossági Gyár Részvénytársaság nem afféle szimpla kis műhely, amelynek a gazdasági életből, a termelésből való kizárását ne

lehetne megérezni. Röviden rá akarok mutatni arra, hogy a Just-gyár milyen üzemekből áll. Egy közgazdasági szaklap információja szerint naponként 25.000 normál és fél wattos izzólámpa termelésére berendezett izzólámpagyár tartozik az üzemhez, továbbá egy nagy üvegyár is, amely a lámpákhoz szükséges ballonokon kívül mindenféle fűvott üvegáru gyártásával is foglalkozik; huzalgyára is van az izzólámpa-gyártáshoz szükséges és egyéb finom fémhuzalok előállítására; végül a gyárhoz tartozik egy hidrogéngyár is. Ez a közgazdasági lap, amely felsorolja a gyár üzemait, hozzáfűzi ehhez azt, hogy ilyen teljes felszerelésű izzólámpagyár, amely minden alkatrészt és minden szükségletet önmaga gyárt, egész Európában nincs még egy.” [34]

„Rá kell mutatnom, arra is, hogy noha a gyár nehézségekkel küzdött, noha a gyárnak voltak fennakadásai, mégis a legutolsó időben is túlórázás folyt a gyárban, annyira el volt látva megrendelésekkel. Érdekes annak a figyelembevételére is — ami a termelés és munka rendszerére jellemző —, hogy a Just-Izzógyárnál óránként és személyenként hat lámpát készítettek, míg a részvény többség birtokába jutott Egyesült Izzónál egy személyre óránként csak 3 és 1/2 izzólámpa jutott a termelésből. Ugyancsak a Just - Izzó 1923. évi termelése mintegy 200 vagon volt, vagononként, 30.000 darab lámpával; ennek az értéke hozzávetőleges becslés szerint is 600.000 dollár volt. Azt is meg kell jegyeznem, hogy a Just-Izzógyár termelőképességét az államvasutak is annyira figyelembe vették, hogy egy legutóbbi versenytárgyaláson az államvasutak izzólámpa-szükségletének szállítását a Just-izzólámpagyárra bízták.” [34]

„Még egy megjegyzést üzemének teljesítőkéességére nézve. A Just-izzólámpagyárhoz tartozó üvegyár a ballonokon kívül gyártott petróleumlámpa-üvegeket és orvosságosüvegeket is, és feleslegessé tette a német műszerüveg-importot. Ennek a kiváló teljesítőkéességű gyárnak beszüntetésével felmondottak október 1-én körülbelül 70 tisztviselőnek. Itt is sérelmek történtek a tisztviselők rovására.” [34]

„Azután megjegyezni kívánom még azt is, hogy a gyár teljesítőkéessége és rentabilitása megengedte azt, hogy a legutóbbi közgyűlésen 50 milliót fordítottak a tisztviselői nyugdíjalapra. A felmondásban levő tisztviselők természetesen teljes joggal érdeklődnek a javukra létesített jóléti alapok sorsa iránt, mert nem lehet, hogy a részvény többség új tulajdonosai nemcsak a gyárat, hanem ezeket a nyugdíjalapokat is egyszerűen zsebrevágják. A felmondásban levő tisztviselők közül

azonnal elbocsátottak 45 szakmunkást, 40 üvegfűvőt, 450 nőmunkást és 37 segédmunkást; összesen tehát körülbelül 620-630 alkalmazottat bocsátottak el. [34]

...Ha ehhez hozzászámítjuk az elbocsátottak családtagjait, megállapíthatjuk, hogy az izzólámpakartel legalább 3-4 ezer lélekkel szaporította azok számát, akik ma a munkanélküliség miatt nyomort és inséget szenvednek.” [34]

„... Az Egyesült Izzólámpa gyárnak és az izzólámpa kartelnek csak arra van szüksége, hogy megszabaduljon a kartelen kívül álló konkurens gyártól és arra van szüksége, hogy a 40%-os árdrágítással a fogyasztó közönségen vasalja be azt az összeget, amellyel a Just izzó részvénytöbbségét megszerezte.” [34]

„De a legérdekesebb és legjellemzőbb ebben az ügyben az egész manőver vezérének, kigondolójának és végrehajtójának, Aschner vezérigazgatónak a szerepe. Ez az úr az ártatlanság pózával áll a ruinált Just gyár felett és ő, aki mint mondtam, spiritus rektora volt ennek az egész ügynek, azt akarja elhitetni a közvéleménnyel és — amint ma délután hallottam — a kereskedelemügyi minisztériumon keresztül a kormánnyal is, hogy neki semmi köze sincs a dologhoz. Most már, amikor kissé szorongatja a közvélemény felháborodása, menti magát az üzem beszüntetésének vádja alól és igen fölényesen mondja, hogy a kartel, illetőleg ő, Aschner vezérigazgató úr nem törődik többé a Just gyár sorsával. Az hihető is, hogy ezek az urak csak addig törődtek az új gyárral, amíg az összeomlott, amíg azt tudatosan összeomlasztották...” [34]

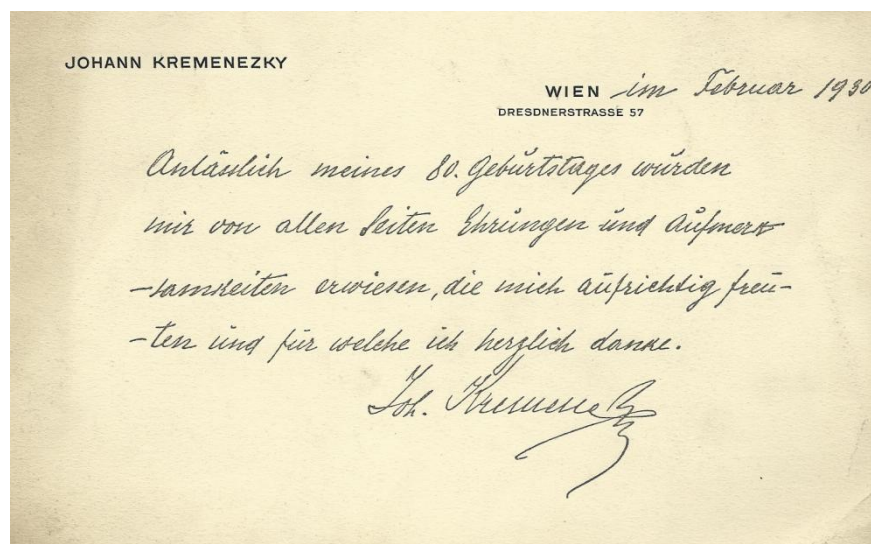
A valamikor vagyonos tudós és feltaláló Just Sándor, akinek vagyona nagy részét a hadikölcsön és az infláció vitte el, ezek után szűkös körülmények között élte le életét. Még számos találmányt dolgozott ki, de átütő sikert már nem tudott elérni, (ld. 4,3 fejezet). Perczel Aladár szerint

„dr. Just „szabadalmi nagyon kevés kivétellel nem kutatás és kísérletek alapján születtek meg, hanem felvillanó elgondolás alapján, melyeket utólag kellett kísérletekkel igazolni. ...Nagyon érdekes és kötelességem az igazság kedvéért leszögezmem, hogy gyakran szabadalmi jó kézbe kerülve gyakorlati célokat szolgáltak és nem várt eredményeket értek el....Kortársai és a vele dolgozók nagyon különbözőnek ítélték meg de jól túrték, valahogy szerették is....”[33]



29. ábra Német nyelvű Just-izzó reklám (a), illetve reklám célú bélyegek (b, c, d)

Dr. Just Sándort mindenki jó humorú, az életet szerető embernek ismerte. Beállítottsága, világnézete nem változott akkor sem, amikor jómódú lett, és bölcsességgel tette túl magát szegényebb sorsán is. Szakmai kapcsolatait sokáig ápolta, erre utal levelezésének néhány megmaradt darabja, így érdekességként Kremenezkytől kapott köszönőlevele is. Johann Kremenezky osztrák üzletember volt, aki már 1882-ben létrehozta Bécsben a saját izzólámpagyárát. Magyar Wolframlámpagyár néven pedig – az Orion Rádió és Villamossági Vállalat jogelődjét – 1913. június 1-én alapította [35].



30. ábra Kremenezky Dr. Justnak írt köszönőlevele 1930-ból.

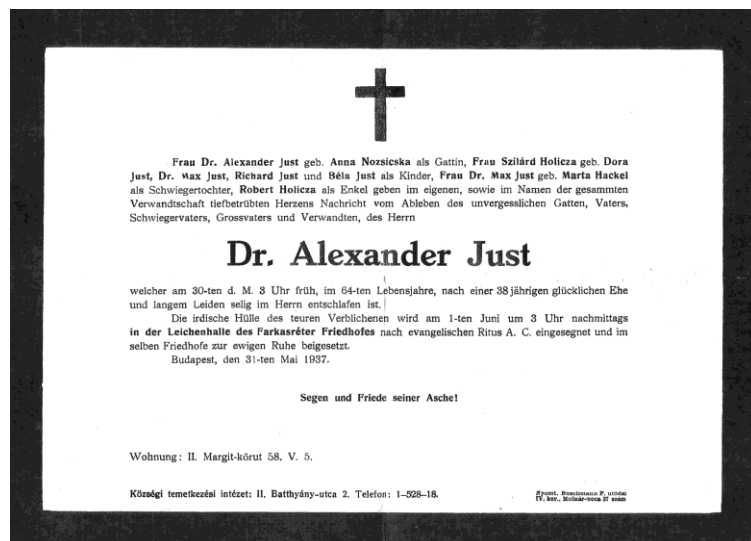


31. ábra Dr. Just Sándor saját aláírásával ellátott igazolványképe



32. ábra Egyike az utolsó fotóknak, mely dr. Just Sándorról készült

Dr. Just Sándor kedvenc elfoglaltsága a fényképezés, a sakk és a matematika volt. Az év minden napján késő délután ott lehetett látni az egykori budai Szeiffert-kávéház (Budapest II. kerület Margit körút 5.) sakkozói között, otthon meg nem egyszer hajnalig matematikai feladványok megfejtésén dolgozott. Súlyos betegsége (rák) 1937. május 30-án ragadta el az élettől. Sírja a Farkasréti temetőben található, Budapesten. Szegényen halt meg, temetési költségeit az Egyesült Izzó fedezte, amit Aschner rendkívül nehezményezett. Állítólag még holtában sem tudott megbocsátani ellenfelének.



33. ábra Dr. Just Sándor halotti értesítője, melyen utolsó lakcíme is szerepel



34. ábra Dr. Just Sándor sírja a Farkasréti temetőben

Dr. Just Sándor halála után özvegyét évenként látogatta a General Electric megbízottja, azzal a céllal, hogy ellenőrizze és dokumentálja, hogy az általuk utalt özvegyi kegydíj megfelelő helyre került-e. Ez különösen indokolt volt a háború utáni magyarországi politikai viszonyok ismeretében.



35. ábra Dr. Just Sándor özvegye (dédanyám) és a GE megbízottja a Margit körüti lakásban 1969 telén

4.2 Dr. Just Sándor munkássága az izzólámpa-fejlesztés területén

Alexander Just még Bécsben kezdett kísérletekbe az izzószálok élettartamának meghosszabítása, illetve új típusú izzók előállítása céljából. Első benyújtott szabadalma 1901-ben született „Eljárás elektromos izzófényű lámpákhoz való izzótestek előállítására” [36] címmel. Ebben így fogalmaz:

„az elsőrendű vezetőkől (szénből, borból, szilíciumból) bórnitridből vagy szilíciumnitridből és valamely kötőanyag keverékéből előállított és levegő elzárása mellett kiizzított izzótesteket vakuumban oly nagyfeszültségű áram hatásának vetjük alá, hogy a bórnitrid, illetve szilícium-nitrid elektrolitosan részben elbontassék és ily módon az elsőrendű vezetők és a bórnitrid vagy szilíciumnitrid mennyisége között pontosan oly viszonyt létesítünk, a milyent az adott esetben létesítenünk kell.”

1904-es szintén még Bécsben benyújtott szabadalma az „Eljárás elektromos izzólámpák számára való önmagukat regeneráló szénszálok előállítására” [28] címet viselte. Tartalmi lényege szerint cellulóz-, illetve nitrocellulóz-oldathoz, amelyből a szénszálat készítették, igen kis mennyiségben „bór-nitrogént, szilícium-nitrogént, vanádium-nitrogént, vagy titán-nitrogént” adtak. A szénszál az áram és a nagy hőmérséklet hatására a légüres körtében nitrogént és ciángázt tesz szabaddá. A ciángáz a bór, a szilícium, a vanádium, vagy a titán katalizátor hatására bomlik, majd újra képződik, miközben a grafit kiválásával a szénszál felülete folyamatosan megújul.

Perczel Aladár így ír visszaemlékezésében:

„Egy alkalommal megkértem dr. Just Sándort, mesélné el, hogy jött reá a Wolfram fémnek izzólámpagyártás céljaira való felhasználására. Dr. Just Sándor a következőket közölte: „Akkoriban Bécsben mindenki dr. Welsbachi Auer Károly nagy horderejű találmányairól beszélt. Így az osmium szállal készült izzólámpáról is. Felvetődött a kérdés, lehetne-e az osmiumnál alkalmasabb fémeket találni. Az Ő dr. Just Sándor asztalán feküdt Mendelejeff-féle periódikus rendszer táblázat, erre pillantva Ő felkiáltott.” Meg van a wolfram a legmegfelelőbb fém a rendszerben foglalt helye szerint.”” [33]

Maga Just így ír az izzólámpákról szóló összefoglaló, kiadatlan művében kutatásaik kezdetéről.

„Hanamannal mindketten a Bécsi műszaki Főiskola asszisztensei voltak. 1901-ben Just vegyészként egy kis laboratóriumot bérelt Bécsben, – megtartva asszisztensi állását az egyetemen– ahol csak szabadidejében, a tanítás előtt és után dolgozott...

Újfajta elektromos izzólámpát szerettek volna előállítani... Just különböző oxidok helyett a bór-nitridet javasolta abból a megfontolásból, hogy ez igen nehezen olvadó anyag, és ezért megfelelő lehet izzólámpákba... Egy ideig Bécs egyik gyógyszerárában használták is a bór-nitrid lámpát, melynek narancs színű fénye volt.” [1]

Just és Hanaman rájöttek, hogy mindenféleképpen fémekkel kellene kísérleteket folytatniuk. Akkoriban úgy tudták, hogy az ozmiumnak a legmagasabb az olvadáspontja a fémek között. De azt izzólámpa gyártás céljára már Auer von Welsbach javasolta, sőt akkor kerültek az első ozmiumlámpák forgalomba. Azt tudták, hogy az ozmium ára rendkívül magas, ezért tömegesen nem tudják majd előállítani. (Az, hogy Werner von Bolton tantállaal kísérletezett, akkor még nem volt ismert Just és Hanaman előtt.) El kellett döntsék, hogy milyen fém lenne megfelelő a további kísérleteikhez. Ekkor kezdtek a periódusos rendszer tanulmányozásába. Észrevették, hogy az izzólámpák gyártására felhasznált fémek, mint pl. a platina, az irídium, és az ozmium is mind a IX. vízszintes sorban helyezkednek el (az akkori periódusos rendszerben). Így jutottak arra a gondolatra, hogy volfrámot használjanak. Amikor végül tudomásukra jutott, hogy a tantált is felhasználják izzólámpákba, igazolva látszott, hogy a volfrám lesz a legmegfelelőbb a céljaikra. Ezután elkezdtek a volfrámmal kapcsolatos adatokat, valamint szabadalmakat keresni. Csak ezután kezdtek bele kísérleteikbe [1].

DAS PERIODISCHE SYSTEM DER ELEMENTE.

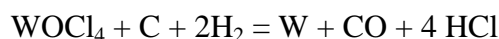
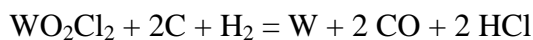
	0	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.		
I.		1. H 1'003										
II.		2. He 4'00	3. Li 6'94	4. Be 9'02	5. B 10'8	6. C 12'0	7. N 14'0	8. O 16.	9. F 19'0			
III.		10. Ne 20'2	11. Na 23'0	12. Mg 24'3	13. Al 27'0	14. Si 28'1	15. P 31'0	16. S 32'0	17. Cl 35'5			
IV.		18. Ar 39'9	19. K 39'1	20. Ca 40'1	21. Sc 45'1	22. Ti 48'1	23. V 51'0	24. Cr 52'0	25. Mn 54'9	26. Fe 55'8	27. Co 58'9	28. Ni 58'7
V.			29. Cu 63'6	30. Zn 65'4	31. Ga 69'7	32. Ge 72'6	33. As 75'0	34. Se 79'2	35. Br 79'9			
VI.		36. Kr 82'9	37. Rb 85'5	38. Sr 87'6	39. Y 89'0	40. Zr 91'2	41. Nb 93'5	42. Mo 96'0	43. —	44. Ru 101'4	45. Rh 102'9	46. Pd 106'4
VII.			47. Ag 107'8	48. Cd 112'4	49. In 114'8	50. Sn 118'7	51. Sb 121'8	52. Te 127'5	53. I 126'9			
VIII.		54. Xe 136'2	55. Cs 132'8	56. Ba 137'4	57. La 138'9	58. Ce 140'2	59. Pr 140'9	60. Nd 144'3	61. —	62. Sm 150'4		
IX.						63. Eu 152'0	64. Gd 147'3	65. Tb 158'9	66. Dy 162'5			
X.						67. Ho 164'9	68. Er 167'3	69. Tm 168'9	70. Yb 173'0	71. Lu 175'0		
XI.						72. Hf 178'5	73. Ta 182'0	74. W 186'2	75. —	76. Os 190'0	77. Ir 192'2	78. Pt 195'2
XII.		86. Rn 222'0	87. —	88. Ra 226'0	89. Ac ?	90. Th 232'1	91. Pa ?	92. U 238'2				

36. ábra Dr. Just által rajzolt periódusos rendszer a kiadatlan Just mű 34. oldalán

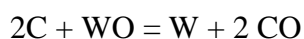
Ekkoriban az irodalomban nem volt semmilyen pontos adat a volfrám olvadáspontját tekintve. Így Just és Hanaman saját kutatásaik során jutottak arra a megállapításra, hogy a volfrám olvadáspontja rendkívül magas, 3000 °C körüli, továbbá a gőzteniója még magas hőmérsékleten is viszonylag alacsony, különleges tulajdonsága, hogy elektromos ellenállása a szobahőmérsékleten mérhetőnél jóval magasabb. Találtak olyan szabadalmi leírásokat, melyek megemlítették, hogy esetleg a volfrámot lehetne izzógyártásra használni, de az egyértelmű volt, hogy addig ez még senkinek sem sikerült. [1] Hammondot idézve: "A volfrám kezelhetetlen volt, ridegebb, mint a száraz csont, törékenyebb, mint egy tojáshej. Mégis 1904-ben karcsú, hajszerű szálakból formáltak izzólámpát. "A volfrám csak mint egy kemény finom részecskékből álló szürkés-fekete por létezett, vagy durva, félig olvasztott tömegként. Nem volt kereskedelmi értéke, kivéve, ha az acél ötvözésére használták a volfrámot. Önmagában addig még nem hasznosították [29].

Dr. Just Sándor és Hanaman Ferenc szabadalmának száma, amellyel első alkalommal állítottak elő a világon volfrámból izzószálat, D.R.P.154262, még Bécsben nyújtották be 1903. április 15-én. Ennek lényege az volt, hogy a szénszálás állványt tartalmazó burát a leszívás után nem zárták le, hanem a szívócsövön át volfrám-oxiklorid-gőzt vezettek a burába Ezt követően a szénszálat kevés hidrogéngáz jelenlétében elektromos árammal izzásba hozták.

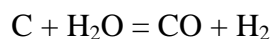
A lezajló reakciók a következők:



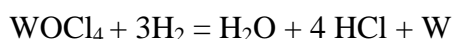
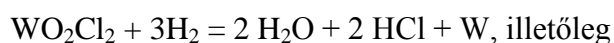
A folyamat közben rövid idő alatt a szénszál volfrámmal vonódik be, a még el nem reagált szén pedig a volfrámmal karbidot képez. A karbid a felszínre diffundál izzás közben, majd a szén oxidálódik és ezzel ekvivalens mennyiségű volfrám válik ki a szálról. A folyamat végén tiszta volfrámszál marad vissza. Ekkor oxiklorid fölöslegre és igen kevés szabad hidrogénre, valamint a szénszál magas hőfokára van szükség, különben a szén, mint mag megmarad a szálban. Nagyon fontos, hogy a szén teljesen el legyen távolítva a szálból, mivel a karbid olvadáspontja jóval alacsonyabb, mint a volfrámé és így izzólámpa-gyártási célokra nem megfelelő. Mivel gyakran előfordult, hogy nem teljesen távozott el a szén a szálból, ezért egy utókezelésre volt szükség, melyet a D.R.P. 184379 szabadalom már tartalmaz. Ez alapján a szálat egy volfrám-oxidot tartalmazó tégelybe helyezték és 1600 °C-ra izzították. Ekkor a következő reakció ment végbe:



Egy másik eljárást is kidolgoztak a maradék szén eltávolítására, melyben a szenet 1190 °C körüli hőmérsékleten vízgőz segítségével távolították el:



Ezeknek az eljárásoknak a Magyarországon bejelentett, továbbfejlesztett változata a 34541 számmal szereplő „Eljárás Wolframból vagy molybdénből elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására” c. szabadalom [12]. Amikor a szén már teljesen helyettesítődött a volfrámmal, még több hidrogént adagoltak, így a további volfrám lerakódás a szálát egyenletesebbé tette.



A folyamat előrehaladását az ellenállás változásának nyomon követésével lehetett ellenőrizni.

1906-ban új utat választottak. Függetlenítették a gyártást a szénszáltól. Kidolgozták az ún. „paszta eljárást”. Ebben a por alakú, kötőanyaggal (pl. cukor oldattal és gumiarábikummal) kevert alapanyagot péppé keverték, majd préssel közvetlenül izzószállá alakították. Ezután hidrogénatmoszférában a redukció befejeződéséig hevítették. Oxidokból, ill. finom volfrámporból kiindulva már vékony és mechanikailag kevésbé törékeny szálát, ezáltal nagyobb feszültségű lámpát lehetett előállítani. Az ezzel az eljárással készült, a korábbi lámpákhoz képest lényegesen fehérebb, és az ívlámpáéhoz hasonló fényű lámpák iránt rendkívül nagy volt az érdeklődés és a kereslet.

Az izzólámpa fejlesztésben Just még hosszú évekig részt vett. 1921-ben is nyújtott be szabadalmat. Ennek címe: „Eljárás elektromos izzólámpákba való izzótestek előállítására” [37]. Ez a szabadalom volfrámnak és 0,5%-nál kevesebb tórium-oxidnak elegyéből álló zsugorított rúd mechanikus vékonyítása révén előállított izzószálra vonatkozik, amelyből még a húzási művelet befejezése előtt teljesen eltávolítják a tóriumot. Ezt a folyamatot réz, vagy kadmium, vagy ezek oxidjainak hozzáadásával lehet gyorsítani.

1929-ben benyújtott két szabadalma „Katóda elektroncsövekhez és eljárás előállítására” [38] és „Katód elektroncsőhöz és eljárás annak előállítására” [39] pedig címen már a rádiótechnikai célokra történő elektroncső kutatást célozta. Az ilyen kutatások világszerte az első világháború alatt kezdődtek el az izzólámpa gyárakban, mert a technológia (üveg- és vákuumtechnika) igen hasonló volt. A kritikus pont az elektroncső katódja volt, kezdetben egyszerű, az izzólámpáéval megegyező volfrám szál, amelyet a szükséges elektron emisszió érdekében az izzólámpáéhoz közeli hőfokon izzítottak. Rádiólámpának is nevezték, mert az izzólámpához hasonlóan világított. Az emisszió növelését, és ezzel a katód fűtéséhez szükséges

teljesítmény csökkentését alkáli-oxidokkal vagy tórium-oxiddal bevont katód kifejlesztése tette lehetővé.

„A fent nevezett szabadalmakban a találmány tárgya katóda olyan elektroncsövekhez, amelyeket drótnélküli táviró, telefon és hasonló célra adó- vagy vevő-csőként használhattak. Az olyan katódák előállítására való törekvések, amelyek csekély fűtőárammal erős elektronemissziót adtak, az úgynevezett sötétsugárzású katóda készítésére vezettek”,

ilyen volt pl. a báriumkatóda. Ennek gyártásánál azonban különféle technikai nehézségek jelentkeztek. Mivel a bárium dróttá nem volt feldolgozható, ezért más fémdrótokra, pl. molibdénre való lecsapatását indítványozták, de a bárium, csak nehezen tapadt a hordozó fémen és így könnyen levált. A találmány ezért olyan fém katódát javasolt, melynél az elektronokat emittáló felület aktív fémekkel, (alkálifémmel, alkáli-földfémmel, vagy ritka-földfémmel) bevont, vagy ötvözött vas. Például vas-bárium ötvözetet, vagy kálium és bárium keverékével, illetve báriummal és céziummal való bevonást vagy ötvözést javasolt. Az eljárás a következő volt: molibdéndrótot először vasbevonattal láttak el, majd az így kezelt drótot semleges légkörben vagy vákuumban egy vagy több aktív fém gőzében hevítették. Utóbbi folyamat már kiszivattyúzott csőben is történhetett. A „Katód elektroncsőhöz és eljárás annak előállítására” [39] szabadalomban stoncium, kalcium, illetve lantán használatát is javasolja ötvözésre, *„az ilyen katód erős és tartós elektronemisszióra képes, az ilyen katóddal felruházott elektroncső egész élettartama alatt változatlan marad”*.

Dr. Just Sándornak az Amerikai Egyesült Államokban is vannak bejegyzett szabadalmi izzólámpákra, volfrámra, valamint termoionikus katódra vonatkozóan.

1. táblázat Dr. Just Sándornak az Amerikai Egyesült Államokban bejegyzett szabadalmi

Amerikai lajstromszám	A szabadalom címe angolul	Bejelentők/ feltalálók neve	Bejelentés napja
663,095	Incandescent Body for Electric Glow-Lamps	Dr. Just Sándor	1900.12.04.
855,060	Process for Manufacture of Incandescent Bodies for Electric Lamps	Dr. Just Sándor, Hanaman Ferenc	1907.05.28.
1,018,502	Incandescent Bodies for Electric Lamps	Dr. Just Sándor, Hanaman Ferenc	1912.02.27.
1,179,009	Method of Producing Malleable and Ductile Bodies of Tungsten or Tungsten Alloys	Dr. Just Sándor	1916.04.11.
1,794,298	Thermionic Cathode	Dr. Just Sándor	1931.02.24.

SZABADALMI LEIRÁS

34541. szám.

VII. OSZTÁLY.

Eljárás wolfram-ból vagy molybdánból elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására.

Dⁿ JUST ALEXANDER VEGYÉSZ ÉS HANAMAN FERENCZ MÉRNÖK
ELŐBB BÉCSI, JELENLEG BUDAPESTI LAKOSOK.

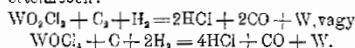
Bejelentésnek napja 1905 június hó 6-ika. Elsőbbsége 1904 október 7-től kezdődik.

Azon fémek közé, melyek ama tulajdonságuk folytán, hogy nehezen olvadnak és nehezen illannak, főleg izzótestek gyanánt való használatra alkalmasak, egyebek közt a wolfram és molybdán is tartozik. A wolframnak és molybdánnak izzótestek gyanánt való alkalmazásának gondolata egyáltalában nem új, ellenkezőleg a legkülönbözőbb eljárások ismeretesei már főleg platina- vagy szénszállakon az említett fémekből álló bevonatok előállítására. A jelen találmány ezekkel szemben tiszta wolfram- vagy molybdánfém-ből álló izzószálak előállítását célozza. E fémek oxyhalogénvegyületei pl. oxychloridjai, mint ismeretes, vörös izzánál, fém, halogénhidrogén és víz képződése közben a hidrogén által redukálhatók. Ha tehát izzó fém- vagy szénszálat wolfram-oxychlorid-gőz és főlösiagos mennyiségű hidrogén atmoszférájába hozunk, a redukált wolframfém alakjában lecsapódik a fém- vagy szénszátra és így olyan izzótest jön létre, mely fém- vagy szénmagból és wolfram-, illetőleg molybdánbevonatból áll.

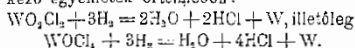
Gondos kísérletezések arra az eredményre vezettek, hogy a reakció bizonyos körülmények közt ettől teljesen eltérő módon

megy végbe. Ha ugyanis szénszálat wolfram-oxychloridok gőzében, csak igen kis mennyiségű hidrogén jelenlétében elektromos áram keresztül bocsátásával magas hőfoknak teszünk ki, rendkívül csodálatos változás megy a szénszállban végbe. A szénszál ugyanis lassan-lassan teljesen átalakul tiszta wolframszállá; e művelet analog módon felhasználhatott már oszmiumszálak előállítására, szénszállaknak oszmiumtetroxid-atmoszférában eszközölt izzítása útján.

A jelen esetben a szén az oxychlorid oxygénjével szénoxyddá vagy szénsavvá egyesül, a chlórt a hidrogén chlórhydrogéné redukálja és a wolfram a szén helyébe lecsapódik a következő egyenletek értelmében:



Ha a szén egyszer teljesen helyettesítve van wolframmal, a hidrogénáramot észszerűen erősítjük, mikor is a wolfram a képződött wolframszátra lecsapódik, ez által ezt erősíti és egyenletessé teszi a következő egyenletek értelmében:



— 2 —

Azon reakciófolyamatok elérésére, melyeknél a szén wolframmal helyettesítettik, feltétel az oxychlorid főlösiage, igen kevés szabad hidrogén jelenléte és a szénszál magas hőfoka.

Hydrogénfűlősleg és a szál igen csekély hőfoka esetén a másik, ismert reakció megy végbe, azaz melynél az oxychloridot csak magá a hidrogén redukálja, anélkül, hogy a szén reakcióba menjen. Molybdánnál a reakciók teljesen analog módon folynak le.

Hogy már most a találmány szerinti izzótesteket állítsunk elő, edényben (legcél-szerűbben üvegedényben), melybe a szénszálat tesszük, wolfram-oxychloridot gőzölögtetünk el, miközben igen lassú áramlásban hidrogént vezetünk keresztül az edényen. A szénszálat most elektromos áram keresztül bocsátásával világos vörös izzásba hozzuk, mikor is a föntemlített folyamat, azaz a wolframnak a szén helyébe lépése megy végbe. Ha szén teljesen fölemésztődött, ille-

tőleg wolframmal helyettesített, a wolfram; egyedül a hidrogén által redukálva, lecsapódik a szálra, amit az ellenállásnak hirtelen bekövetkező és folyamatos csökkenésén lehet föllismerni. Most van itt az idő, hogy a hidrogénáramot erősítsük és ezzel a fém egyenletes lecsapódását és ellenállásának kiegyenlítését érjük el. Az ellenállást tehát itt a szénszállak kezeléséhez hasonló módon tetszőlegesen szabályozni lehet.

SZABADALMI IGÉNY.

Eljárás wolfram-ból vagy molybdánból elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására, az által jellemezve, hogy szénszálat a wolfram, illetőleg molybdán oxyhalogénvegyületeinek gőzében, kevés szabad hidrogén jelenlétében, elektromos áram keresztül bocsátásával magas hőfokra hevítünk, mikor is a szén teljesen wolframmal, illetőleg molybdánnal helyettesítettik.

37. ábra A wolframszállas izzólámpák előállítására vonatkozó 34541. számú magyar szabadalmi bejelentés [12], amellyel dr. Just Sándor és Hanaman Ferenc 1904. okt. 7-től érvényes elsőbbséggel 1904. dec. 13-ával kaptak szabadalmi oltalmat az 1903. jún. 6-án bejelentett eljárásuk alapján

2. táblázat Dr. Just Sándor Magyarországon nyilvántartott szabadalmai

Bejelentés ügyszáma	Lajstrom- szám	A szabadalom címe	Bejelentők/ feltalálók neve	Bejelentés napja
	24338	Eljárás elektromos izzófényű lámpákhoz való izzótestek előállítására	Dr. Just Sándor Wien, AT	1901.12.27.
	34632	Eljárás elektromos izzólámpák számára való önmagukat regeneráló szénszálak előállítására	Dr. Just Sándor Wien, AT	1904.12.13.
	34541	Eljárás Wolframból vagy molybdénből elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására	Dr. Just Sándor, Hanaman Ferenc	1905.06.06. Elsőbbsége 1904.10.07.
	54240	Dezinfektor	Huber Aladár, Barics Milán, Dr. Just Sándor	1910.07.13.
	86851	Eljárás elektromos izzólámpákba való izzótestek előállítására	Dr. Just Sándor	1921.06.18.
J02819	100498	Katóda elektroncsövekhez és eljárás előállítására	Dr. Just Sándor	1929.03.22.
J02860	101129	Katód elektroncsőhöz és eljárás annak előállítására	Dr. Just Sándor	1929.07.25.
I02880	104814	Ellenállásanyag elektromos ellenállásokhoz	Dr. Just Sándor	1929.09.16.
J02950	106583	Berendezés repülőgépek és léghajók tájékozódására a légi forgalomban	Dr. Just Sándor	1930.04.22.
R06140	107196	Levehető fémkorona illetőleg híd és eljárás annak előállítására és felerősítésére	Dr. Raab Manó Dr. Just Sándor	1931.10.28.
R06306	109451	Fogmúdarab (protézis) és eljárás annak előállítására	Dr. Raab Manó Dr. Just Sándor	1932.11.17.
R06350	109954	Betétlemez fogmúdarabok tömítésére és eljárás annak előállítására	Dr. Raab Manó Dr. Just Sándor	1933.01.27.

4.3. Dr. Just Sándor egyéb szabadalmi

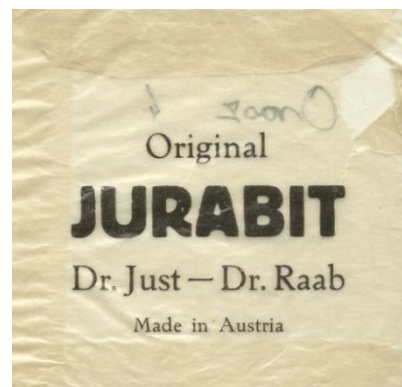
Dr. Just Sándor nem csak az izzólámpa-fejlesztés területén alkotott, hanem számos egyéb szabadalma is született, mely jól mutatja invenciózus karakterét. Továbbá azt a tanulságot is le lehet szűrni a sokféle szabadalom alapján egy feltaláló életútjából – és továbbadni diákjainknak – hogy a kémia alapos ismeretének milyen sokrétű a felhasználhatósága a mindennapi életben.

A „Dezinfektor” [40] – 1910-es – szabadalom tárgya olyan könnyű és kényelmesen hordozható fertőtlenítő „eszköz”, amely minden egyéb segédanyag nélkül könnyen használható. A leírás szerint különösen kéz, arc, ruhák stb. fertőtlenítésére alkalmas, amikor nem áll rendelkezésre víz és szappan, vagy más fertőtlenítőszer. Formalinnal, vagy annak polimerizálási termékeivel telített papírról van szó. Mai szóhasználattal élve a ma oly divatos „kézfertőtlenítő kendők” őse.

Az „Ellenállásanyag elektromos ellenállásokhoz” [41] (1929) szabadalomban az addig használatos fém ellenállásanyagok helyett, – amelyeket alacsony fajlagos ellenállásuk miatt nagy hosszban és igen kis keresztmetszetben kellett alkalmazni, ráadásul magasabb hőmérsékleten oxidálódtak is – magas fajlagos ellenállású anyagot ajánl, amelynek ellenállása a hőmérséklet emelkedésével alig változik. Az ellenállásanyag elsőrendű vezető (pl. szén, grafit, fémpor) és bór-nitrid keverékéből áll. Az ilyen ellenállás vörösizzásig változatlan marad.

A „Berendezés repülőgépek és léghajók tájékozódására a légi forgalomban” c. szabadalom [42] (1930) a földön meghatározott távolságokban elhelyezett *„egyenlő hullámokra lehangolt rádióadó-készülékekből áll, amelyek állandóan vagy bizonyos időközönként rádiójeleket adnak le, amelyek a repülőgép rádióvevőkészülékével felvehetők és ezzel lehetővé teszik a tájékozódást”* Gyakorlatilag rádió iránymérési eljárásra tett javaslat.

A „Levehető fémkorona, illetőleg híd és eljárás annak előállítására és felerősítésére” [43] (1931), a „Fogmúdarab (protézis) és eljárás annak előállítására” [44] (1932), a „Betétlemez fogmúdarabok tömítésére és eljárás annak előállítására” [45] (1933) szabadalmakban főként balatából – (más néven gutta balata, egy trópusi fa - Manilkara bidentata - tejnedvéből előállított kemény anyagból készült gumiszerű, hőre lágyuló anyag.) [46] – álló erősen adhezív anyagból készülő, termoplasztikus és antibakteriális adalékokkal (pl. ezüst, ezüst-halogenid-vegyületek, vagy vízben oldhatatlan bizmut) ellátott protézisek előállítását célozza. Ezeket a termékeket később főként a „Jurabit” márkanev alatt hozták forgalomba.



38. ábra Egy Jurabit-termék csomagolása

4.4. A leggyakrabban előforduló hibák, téves adatok az interneten és könyvekben dr. Just Sándor és Hanaman Ferenc munkásságával kapcsolatban

- Nagyon sajnálatos, hogy néhány üdítő kivételtől eltekintve (például a „Volt egyszer egy XX: század c.” cikkben a magyar feltalálók felsorolása [47]) egy ilyen jelentős feltalálópárosról, mint Just és Hanaman, akik ennyire jelentős találmányt adtak a világnak, kevés, és ugyanakkor főként hibás adat jelent meg eddig a különböző médiumokban. A leggyakoribb hiba, hogy nem is említik a Just-Hanaman szabadalmakat az izzólámpagyártás területén, pedig mint tudjuk alapvető és megkerülhetetlen szabadalmakról van szó.
- Ha említik őket, akkor a nevek gyakran hibásan szerepelnek, hiszen Dr. Just magyarosítva sem használta soha „Juszt”-ként a nevét, ugyanis az egy másik magyarországi család vezetékeve volt és ma is az „A technika krónikája” [48] és „A technikatörténeti kronológia” [49] c. műben több helyütt is helytelenül van írva a Just név, de még a 106583. sz. szabadalmi leírásban is elírták a nevét. Emellett említette a Népszabadság cikke is [50], de tévesen írva a nevet.
- Hanaman neve Henemanként szerepel a Magyarország technikatörténete c. műben is [51].
- Köteles Viktória „88 magyar találmány” című művében [52] „A kriptonlámpa fénye, avagy Bródy Imre és a Wolfram-izzó” fejezetében ezt írja: *”Edison 1879-es találmányát Hamala Sándorral és Juszt Ferencsel tökéletesítették, s abban a szénszálat volfrámra cserélve kb. 75%-os árammegtakarítást értek el, az izzó fényereje pedig nagyságrendekkel lett nagyobb.”* Vagyis a feltalálópáros mindkét tagjának neve tévesen szerepel, sőt a keresztnemek is össze vannak cserélve.
- Gyakran az évszámok körül hatalmas a kavarodás. Csak egy példa az internetről [53]: *”1913-ban előállítják a wolframszálat, ami tartóssá teszi az izzólámpát”* Helyesen így hangzana: Az első használható volfrámlámpa szabadalmak 1903-1905 között születtek. A sorozatgyártás 1906-ban kezdődött.
- Félrevezető a szöveg, mely szerint *”az 1896-ban alapított Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt. 1911-ben már wolframizzót gyárt.”*-pedig a gyártás már jóval korábban elindult [2]
- Emellett a korábban említett Jeszenszky Sándor által írt idézetre [6] hivatkozva, mely szerint még dr. Just származását sem tudták biztosan, példa A. Heerding műve, melyben egy

1870-ben Ausztriában, Bécsben született vegyésznek írja le őt [30]. A helyes adatok: 1874 Bréma, Németország. Majd a későbbiekben mint tudjuk magyar állampolgárságot kért és kapott.

- A „The Story of General Electric” [29] c. 1941-es műben a szerző is osztráknak titulálja a feltalálópárost, holott nem csak Justról ismert a származása, hanem Hanamanról is, aki horvát volt. [25]
- A szakirodalomban eddig egyetlen, az is hibásan szereplő fotó szerepelt Just Sándorról, amelyet a **11. ábrán** mutatok be, és helyette több képet is megadok, melyet a jövőben megjelenő munkákban lehetne használni [25].

5. Módszertani rész

5.1. A volfrám helye az oktatásban

A következőkben irodalmi források alapján rövid összeállítást nyújtok a téma oktatásához. [54, 55, 56, 57,58]

Elnevezése, története:

A szász érchegység bányászai már a késő középkorban megfigyelték, hogy a volfrámérczek zavarják az ónkő redukcióját és elősegítik a salakosodást:”elragadják az ónt és felfalják, mint farkas a bárányt”. 1758-ban Cronstedt svéd vegyész egy nehéz volfrámércet fedezett fel és írt le, amelynek a tungsten (nehéz kő) svéd nevet adta. [54] C. Scheele 1781-ben volfrámsavat állított elő a tungsten nevű ásványból. A spanyol D'Elhuyar testvérek wolframitból állították elő a fémet.



39. ábra Volfrám fém

Fizikai tulajdonságok:

Kissé szürkés, erősen fémfényű kemény fém.

Rácsa köbös tércentrált. Jó elektromos vezető.

Nagy a sűrűsége: $19,25 \text{ g/cm}^3$

A volfrám a legnagyobb olvadáspontú fém ($3422 \text{ }^\circ\text{C}$), forráspontja $5930 \text{ }^\circ\text{C}$

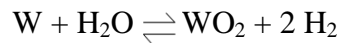
Relatív atomtömege: 183,85

5 stabil és 21 instabil izotópja található a természetben

Kémiai tulajdonságok:

74-es rendszámú d-mező elem. Vegyjele W. A krómcsoport harmadik eleme. Elektronkonfigurációja: $[\text{Xe}](4f)14(5d)4(6s)2$

Halogének megtámadják. Levegőn közönséges hőmérsékleten nem változik, hevítve sárga trioxiddá oxidálódik. A nitrogén még 1500 °C-on sem reagál vele. Szénnel, szilíciummal, bórral magas hőmérsékleten vegyületeket alkot. Közönséges hőmérsékleten jól ellenáll savakkal szemben. Tömény kénsav és foszforsav azonban 110 °C felett megtámadja. Salétromsav és hidrogén-fluorid elegyében oldódik. Alkálilúgok nem hatnak rá, de olvadékuk oxidáló anyag jelenlétében feloldja. Vízgőzzel magas hőmérsékleten megfordíthatóan reagál:



Előfordulása:

Ásványai közül a legfontosabb a scheelit, CaWO_4 (kalcium-volframát, farkastajtékja-kő, farkasnyálkő) és a volframit $[(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4]$. A scheelit a nevét Scheele svéd kémikus tiszteletére kapta.



40. ábra Scheelit



41. ábra Volframit

Előállítás:

Az ércet először úsztatással dúsítják és első lépésben nyers volfrám-trioxidot állítanak elő, majd tisztítás után tiszta hidrogénnel redukálják volfrámporrá. Ebből sajtolnak rudacskákat amiből meleg kovácsolással, izzó állapotban alakítják ki a huzallá húzható fémet (szinterezés). Az izzólámpákban használt spirált egy-két század milliméter vastagságú szálból készítik. Megfelelő adalékok biztosítják, hogy izzás közben ne veszítse el kristályos jellegét (átkristályosodhat).

Felhasználása:

Magas olvadáspontja miatt a világítástechnikában alkalmazzák. Használják továbbá a volfrámot röntgensövek antikatódjaként, termoelemekben, fűtővezetéknek nagy hőmérsékletű kemencékben, elektromos érintkezőkhöz, rakétafűvókákhoz és védőpajzsokhoz az űrrepülésben. A volfrám vassal, kobalttal, nikkellel és molibdénnel nagyon

jól, ólommal bizmutteral, ónnal és antimonnal részben ötvözhető, keménységét és savállóságát átviszi ötvözeteire is. Pl. a ferrovolfam és a kalcium-volfamát acélok nemesítésére használható, így az ún. volframacélokot nyerik. [43] A 80% volfrámot tartalmazó W ötvözetekből igen szilárd rugalmas acélok készíthetők. A 15-18% volfrámot tartalmazó ún. gyorsacél még kb. 1000 °C-on sem lágyul meg. [55]

A W két karbidját a WC-ot és a W₂C-ot a gyorsforgácsoló esztergakések készítésére használják, mert olyan kemény, mint a gyémánt. Németül „wie Diamant”. Ebből származik a vídia elnevezés.

Az acél, öntöttvas, színesfém, alumínium, titán, vagy a műanyagok megmunkálásánál fontos szerepet játszik: esztergálás, marás, gyalulás, húzás stb. folyamatok során a megmunkáló eszközökben. Fogorvosi fúrókban, út- és alagút építésekben sziklafúrókban, kőműves fúrófejként is használják ötvözeteit. A sportban darts nyilak hegyeiben, golfütők összetevőjeként fordul elő. Golyóstollak hegyeként, csempevágókban, katalizátorokban volfrám(VI)-oxid adalékként, Röntgenfelvételeknél kalcium-volfamát, ill. cink-volfamátként, a hadiiparban vassal és nikkellel ötvözve mint páncéltörő lövedék használják [54, 55, 56, 57, 58, 59].

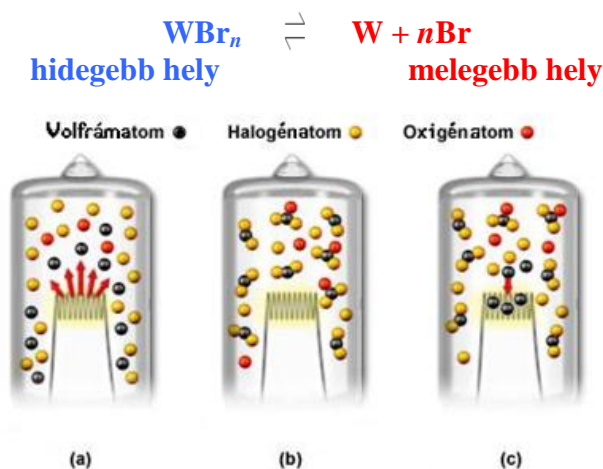
A petrolkémiaiában katalizátorokban, valamint az ún. DENOX katalizátor (nitrogén-oxidok kibocsátását csökkentő eljárásokban használt katalizátor) összetevőjeként alkalmazzák. [57].

A világkereslet volfrámból napjainkban kb. 60 000 tonna/év. A világítástechnikai ipar kb. csak 4%-át használja fel ennek.

5.2. A volfrám-halogén körfolyamat

Az általános és középiskolai kémia oktatásban leggyakrabban az ammóniaszintézis, vagy pl a HI képződésének és bomlásának példáján keresztül szokás a megfordítható kémiai folyamatokat tanítani. Ezeknél talán mindennapibb, életközeli példa lenne a halogénizzók működési elvének példája. Ezért javasolnám a példa használatát a kémia oktatásában. Megjegyzendő, hogy a „megfordíthatóság” nem azonos az „egyensúlyra vezető” fogalommal. Mind a kettőt nem pontos kifejezéssel „egyensúlyi folyamatoknak” szokták nevezni. A fogalmak pontosítását ld [60] Elvileg bizonyos jól meghatározott körülmények között minden kémiai reakció megfordítható.

A halogén izzólámpákban lezajló volfrám-halogén körfolyamat lényege az, hogy az izzószárlól elpárolgott volfrámatomok a lámpabura belső terének kevésbé meleg részében (a bura közelében) egyesülnek a töltőgázhoz adagolt halogének (jód és, vagy bróm) atomjaival és volfrám-halogenidet (vagy volfrám-oxihalogenidet) alkotnak. A keletkezett volfrám-halogenidek megakadályozzák, hogy a volfrám kiváljon a burafalra, és – ha a burahőmérséklet megfelelően nagy, - ők maguk sem képesek azon kondenzálódni. A volfrám-halogenid koncentrációja így a hidegebb részekben viszonylag nagy, ennek megfelelően diffúzióval a melegebb spirál felé mozog, a nagy hőmérséklet viszont a vegyület bomlásának kedvez, vagyis szétesik volfrám- és halogén atomokra. Így a halogén „visszaszállítja” a volfrámot, amely gőzének parciális nyomása megnehezíti a párolgást. Mivel az izzószál a legvékonyabb helyen a legforróbb, ezért automatikus önjavító folyamat indul be. Ez a körfolyamat lehetővé teszi az izzószál hőmérsékletének emelését, ami kedvez a fényhasznosításnak, de kis mértékben növeli a kibocsátott UV-sugárzást is. A folyamat csak meghatározott hőmérsékleti viszonyok között mehet végbe, ezek kialakítása elsősorban lámpakonstrukciós feladat. [60, 61, 62]



42. ábra A volfrám-halogén-ciklus (a) a volfrámszál párolgása, (b) volfrám-oxihalid képződése, (c) a volfrám újra kiválik a szálra

5.3. Kísérletek volfrámszálás izzókkal, volfrámmal, fényforrásokkal

A nemzetközi irodalom és saját ötletek alapján javasolok kísérleteket megvalósításra. [57, 58, 59]

5.3.1. Az izzólámpa kilyukasztása működés közben: A volfrám re-oxidációja

Anyagok, eszközök:

Néhány 40 W-os, vagy 60 W-os, vagy 100 W-os izzólámpa, aljzat, 230 V feszültségű hálózat, feszültségszabályozó (nem feltétlenül szükséges), mikroláng égő, védőszemüveg vagy álarc, esetleg biztonsági üveglap vagy fülke



43. ábra A lámpalyukasztásos kísérlethez szükséges eszközök

A kísérlet végrehajtása:

A kísérletet többféleképpen is elvégezhetjük:

- 1) Az izzólámpát a foglalatba helyezzük, bekapcsoljuk és hagyjuk, hogy a volfrámszál felizzon, majd óvatosan az üvegburába egy lyukat égetünk a kézi gázégővel.
- 2) A feszültségszabályozó közbeiktatásával elérhető, hogy a szál alacsonyabb hőmérsékleten izzon, – a vörösizzás kb. 60 V-os feszültségnél lép fel – így kicsit tovább izzik a szál, lassabb a reakció. Az izzólámpát a foglalatba helyezzük, bekapcsoljuk és hagyjuk, hogy az izzószál vörösizzásig hevüljön, majd óvatosan az üvegburába egy lyukat égetünk a kézi gázégővel.



44. ábra A kísérlet képei a) a bekapcsolt izzó, b) az izzó kilyukasztása, c) a burára lecsapódó volfrám-oxid fehéres, halványsárga színűre színezi az üvegburát



45. ábra A megismételt kísérletek eredményeként hasonló mintázatú volfrám-oxid lerakódás alakult ki az üvegburákon, az izzószál alakja okozhatja ezt a jelenséget

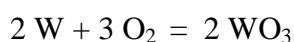
Megfigyelések:

Az üvegbura kilyukadásakor pukkanó hangot hallunk, ugyanakkor a gázlángot a kiáramló gáz eloltja – a gázégőt ezután ki kell kapcsolni.

Röviddel ezután az izzólámpában fehéres, nagyon enyhén sárgás köd képződik, ami az üvegre érdekes rajzolatot alkotva lecsapódik. Ezután nagyon világosan felizzik a volfrámszál, majd kiég és a fény kialszik, az áramkör megszakad. 1) esetben ez kb. 30 másodperc, 2) esetben kb. 40 másodperc.

Magyarázat:

Az izzólámpák légtere az oxidáció elkerülésére nem tartalmaz oxigént. A bura kilyukasztásával azonban lassan levegő jut be, és a felhevült izzószál könnyen oxidálódik.



A WO_3 sárgás-fehér színű, emellett minimális mennyiségben kék színű volfrám-oxid (WO_{3-x}) is képződik.

Didaktikai megközelítés:

- Ezzel a kísérlettel látványosan magyarázhatjuk el az oxidáció folyamatát.
- Megmutathatjuk, hogy mi a különbség a fém és oxidjának tulajdonságai között.
- Elmagyarázhatjuk, hogy magas hőmérsékleten megnő a reakciókészség, és miért volt fontos a vákuum, illetve a gáztöltés használatának bevezetése az izzólámpák gyártása során.
- Továbbá kitérhetünk a gazdaságosság témakörére is az újrahasznosíthatóság szempontjából. Egy izzóban a volfrámspirál tömege kb. 0,3 mg. Felvethetjük a kérdést, hogy vajon megéri-e visszagyűjteni a kiégett izzószálakat, ha tudjuk, hogy a begyűjtésnek, szállításnak stb. is vannak költségei.
- Persze illik megemlíteni, hogy ennek ellenére külön gyűjtőkbe elvihetjük a használt fényforrásainkat, hiszen egyéb fontos fémek, sőt éppen mérgező anyagok is vannak a különböző típusokban (pl. kompakt fénycső).

Megjegyzés:

A jelenleg még kapható 40, illetve 60 W-os izzókat fokozatosan kivonják a forgalomból az EU irányelveknek megfelelően. Ezért a kísérletekhez a későbbiekben más izzólámpákkal lehet majd végrehajtani. Fontos, hogy az izzó burája ne öntött üvegből készüljön.

Biztonsági előírások:

A kísérlet során fontos a biztonsági előírások betartása. Egyrészt mivel hálózati feszültséggel dolgozunk, másrészt mivel az izzólámpa burája esetleg elrepedhet és szilánkok képződhetnek, harmadrészt pedig gázlánggal is dolgozunk. Ezért javasolt maszk használata, vagy biztonsági üveg mögött végezni a kísérletet. A diákok figyelmét fel kell hívni arra, hogy ezt a kísérletet mindig csak tanári felügyelet mellett hajtsák végre és otthon például ne ismételjék meg a kísérletet.

5.3.2. A volfrámszál izzása oxigénmentesített gáztérben

A kísérlet a következő irodalmak módosított változata: [58, 63]

Anyakok, eszközök:

Tirisztoros feszültség szabályozó, befőttesüveg, jól záró befőttesüveg fedő, hagyományos volfrámszál karácsonyfaégők és levágott (pl. Tungsram 14 V névleges feszültségű, 3 W-os izzók), vezetékek, foglalat az égőnek, mécsesek, gyertyák, CO₂, gyufa, csipesz

A kísérlet előkészítése:

A befőttesüveg fedőn két apró lukat kell fűrni, éppen akkorát, hogy a szigetelt vezetékek átférjenek rajta. Miután a vezetéket átfűztük, hozzá kell forrasztani a foglalatot. A vezetékeket olyan hosszúra válasszuk, és úgy állítsuk be, hogy a befőttesüveg aljához közel essen majd a foglalatba helyezett égő.

Óvatosan néhány karácsonyfaégő burájának vágjuk, vagy vágassuk le az izzószáltól távol eső végét, úgy, hogy a volfrámszál ép maradjon.

A kísérlet leírása:

1. Dugjuk be a vezetékek csatlakozóit a kikapcsolt feszültség szabályozóba, helyezzük az izzót a foglalatba, majd kezdjük el növelni a feszültséget. Jegyezzük fel milyen feszültségértéknél kezd izzani a szál, és hol ad szép fényt az égő. (kb. 2 V, illetve 6 V)
2. Kapcsoljuk ki a feszültség szabályozót, cseréljük ki az égőt egy levágott végű izzóra.
3. Gyűjtsünk meg egy mécsest, majd óvatosan csipesz segítségével helyezzük a befőttesüveg aljára. Helyezzük a befőttesüvegre a fedőt úgy, hogy az arról lógó lámpatest a mécses közelébe kerüljön, de a vezetékek szigetelését ne olvassa meg a láng. A fedőt erősen húzzuk rá az üvegre. Kis idő múltán a láng elalszik, vagyis elfogyott az oxigén az üvegből. Ekkor kapcsoljuk be a feszültség szabályozót, állítsuk be a kívánt feszültségre (az 1. pontban ezt állapítottuk meg). Majd mérjük az szál kiégésének idejét és jegyezzük felé tapasztalatainkat.
4. A 3. pontban leírtakat ismételjük meg újabb égőkkel, de más feszültségértékeknél.

Megfigyelések, tapasztalatok:

A bezárt üvegbe helyezett mécses rövid idő elteltével kialszik.

Alacsonyabb feszültségen tovább izzítható a szál. Saját méréseimkor 6 V feszültség mellett 25 másodpercig izzott a szál, míg 8 V feszültségnél 3 másodpercig.

Minél nagyobb a feszültség, annál erősebb a kibocsátott fény.

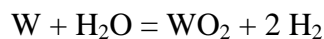
A szál közvetlenül a kiégése előtt még fényesebben felizzik, ezután elszakad.

Magyarázat:

A mécses égésekor CO₂ és víz keletkezik, az oxigén – ha jól lezártuk az üveget – elreagál.

A befőttesüvegben természetesen a levegő többi komponense megtalálható. A CO₂ sűrűsége nagyobb a levegőnél, az üveg alján kezd el felgyűlni, az égést nem táplálja.

Mivel a szálát nem levegőn izzítjuk, így nem ég el azonnal, de a képződött víz jelenléte így is megrövidíti a szál élettartamát. Ugyanis a volfrám vízgőzzel magas hőmérsékleten reagál:



ezért, ha az izzólámpában vízgőz marad, a volfrám szál oxidálódik, elvékonyodik és kiég. (Langmuir-ciklus, ld. 3.7.fejezet)

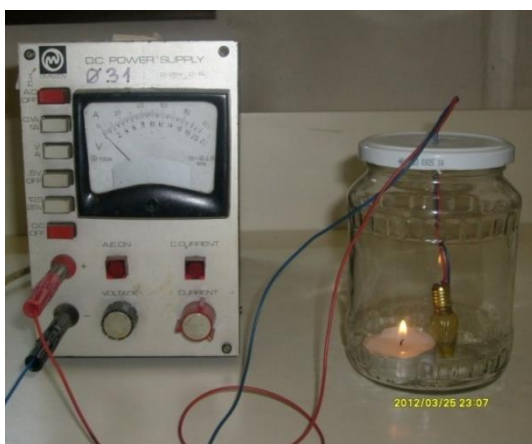
A kisugárzott fény erőssége függ az izzó test hőmérsékletétől. Ezt befolyásolja a szálon átbocsátott áram feszültsége.



46. ábra A kísérleti berendezés az oxigénmentes térben való izzításhoz



47. ábra Levágott végű karácsonyfaizzók



48. ábra A kísérleti elrendezésben égő gyertya mellett a nem bekapcsolt levágott végű izzó látható



49. ábra Igen gyengén világító karácsonyfaizzó, mely pár másodperccel később kiégett a CO₂-ot és vizet is tartalmazó gáztérben

5.3.3. A volfrám sűrűségének meghatározása

A következő kísérletet W. Schalko leírása alapján módosítva adom közre. [58, 63]

A volfrám esetében rendkívül érdekes a volfrám magas olvadáspontja mellett a volfrám nagy sűrűsége is. A periódusos rendszer használatának oktatásakor felvethetjük azt a „problémát”, hogy hogyan lehet a volfrám sűrűsége nagyobb az ólomnál, hogyha az ólom moláris atomtömege nagyobb, mint a volfrámé. Így kitérhetünk az atomsugarakra, melyeknek értékei szerepelnek ugyan a periódusos rendszerben, de általában csak a szerves kémia témakörében szokásos említeni, akkor viszont szinte teljesen előzmények nélkül teszik azt a középiskolai oktatás keretein belül. Ez sajnos egy újabb olyan pont, amivel a diákok nem igazán tudnak mit kezdeni, csak egy újabb bemagolandó adatnak tekintik, és nem tudják értelmezni annak jelentőségét. Ezért még a kémiai alapismeretek általános vagy szervetlen kémia témakörein belül is kitérhetünk erre.

Sőt viszonylag könnyen megvalósítható tanuló kísérletet is építhetünk a sűrűség témakörére, melynek során megismerkedhetnek a diákok néhány fontos eszközzel, mérőműszerrel, azok kezelésével, a körültekintő és tiszta munkavégzéssel és a jegyzőkönyvvezetés alapjaival.

A kísérletet és kivitelezését az itt közölt munkalap segítségével végezhetjük, végeztethetjük el.

Megjegyzések:

A kísérletnél érdemes odafigyelni arra, hogy a volfrámpor szemcsemérete ne legyen túl apró, mert ekkor az adszorbeált levegő módosíthatja a sűrűségmérés eredményét. Mindenféleképpen érdemes a lombikot rázogatni, valamennyi víz hozzátöltése után – még a jelretöltés előtt – hogy a lehető legtöbb levegőbuborék távozzon. A számított sűrűségérték valószínűleg még körültekintő eljárás esetén is kisebb lesz, mint az a szakirodalom alapján várható. Saját méréseim eredményei alapján $18,3 \text{ g/cm}^3$ értéket kaptam, míg az irodalmi adat $19,3 \text{ g/cm}^3$. Minden esetre a diákok saját számítási eredményeiken is láthatják, hogy a kapott érték így is jóval nagyobb, mint a legtöbb elemé.

Érdemes továbbá hangsúlyozni, hogy a kiszorított víz térfogatát számítással határozzuk meg, ugyanis a víz sűrűségének értéke hőmérsékletfüggő.

Ha pontosabb eredményeket szeretnénk, a vizsgálatot végezhetjük termosztátban, valamint a mérőlombik feltöltéséhez használt vizet is érdemes termosztálni. A vizsgálat enélkül is elvégezhető, ekkor azonban hőmérővel kell megmérjük a víz hőmérsékletét. Mindkét esetben a táblázat adatainak felhasználásával számoljunk.

A VOLFRÁM SŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

ANYAGOK ÉS ESZKÖZÖK :

Mérőlombik, analitikai mérleg, hőmérő, vagy termosztát, desztillált víz, volfrámpor

A MUNKA MENETE A SZÁMÍTÁSOKKAL

1. Először az üres mérőlombikot kell lemérni

$$m_{(\text{mérőlombik})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

2. A fémport a mérőlombikba töltve megmérjük annak tömegét:

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{fém})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

3. A mérőlombikot lassan töltjük fel desztillált vízzel a jelig, miközben arra ügyelünk, hogy ne maradjanak levegőbuborékok az üvegfalhoz, vagy a fémporhoz tapadva. A jel fölött kis szűrőpapírcsikkal leitatjuk a vízcseppeket, ha vannak, majd ledugózzuk az üveget. A mérőlombikot kívülről szárazra töröljük és megmérjük a tömegét.

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{fém} + \text{víz})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

4. A mérőlombikot kiürítjük, kitisztítjuk, majd újra feltöltjük desztillált vízzel. A mérőlombikot ismét megtöröljük kívülről, majd lemérjük.

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{víz})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

5. Mivel a sűrűség értéke hőmérsékletfüggő, ezért megmérjük a víz hőmérsékletét, és a sűrűségértéket kiolvassuk a táblázatból,* majd ennek segítségével számolunk a továbbiakban.

Hőmérséklet [°C]	Sűrűség [g/cm ³]
18	0,99859
19	0,99840
20	0,99820
21	0,99799
22	0,99777
23	0,99754
24	0,99729
25	0,99705
26	0,99679
27	0,99652
28	0,99624

*A táblázat adatai a Handbook of Chemistry and Physics-ből származnak. [63]

6. A sűrűség kiszámításának menete

$$t = \dots\dots\dots \text{ °C}$$

$$\rho_{\text{víz}} = \dots\dots\dots \text{ g/cm}^3$$

I. A víz tömegét az üres mérőlombik tömegének levonásával kapjuk.

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{víz})} - m_{(\text{mérőlombik})} = m_1$$

$$m_1 = \dots\dots\dots \text{ g}$$

II. A víz tömege abban a mérőlombikban, amibe a volfrámpor is bele volt töltve:

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{fém} + \text{víz})} - m_{(\text{mérőlombik} + \text{fém})} = m_2$$

$$m_2 = \dots\dots\dots \text{ g}$$

III. A fémpor által kiszorított víz tömege így már meghatározható.

$$m_1 - m_2 = m_{(\text{víz})}$$

$$m_{(\text{víz})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

IV. A kiszorított víz térfogata meghatározható, ha a víz tömegét a sűrűségével elosztjuk.

$$V_{(\text{víz})} = m_{(\text{víz})} : \rho_{(\text{víz})}$$

$$V_{(\text{víz})} = \dots\dots\dots \text{ cm}^3$$

V. A fémpor tömegét kiszámíthatjuk a következő módon:

$$m_{(\text{mérőlombik} + \text{fém})} - m_{(\text{mérőlombik})} = m_{(\text{fém})}$$

$$m_{(\text{fém})} = \dots\dots\dots \text{ g}$$

VI. Mivel a kiszorított víz térfogata megegyezik a volfrámpor ($V_{(\text{víz})} = V_{(\text{fém})}$) térfogatával, ezért a fémpor sűrűségét megkapjuk, ha a fémpor tömegét elosztjuk a fémpor sűrűségével.

$$\rho_{(\text{fém})} = m_{(\text{fém})} : V_{(\text{fém})} = \dots\dots\dots \text{ g/cm}^3$$

5.3.4. Izzólámpa, hagyományos és kompakt fénycső, valamint kadmiumlámpa spektrumának vizsgálata CD-lemez segítségével

A fehér fényt többféle módszerrel bonthatjuk összetevőire. Vagy prizrát, vagy úgynevezett optikai rácsot kell használnunk. Ez utóbbi esetben egy felületen elhelyezkedő igen sok egymással párhuzamos barázda alkotta felületre van szükségünk. Mindenki számára ismert, ma már viszonylag olcsón és könnyen beszerezhető eszköz, a CD lemez formájában jó minőségű optikai rácsot kaphatunk. Ennek barázdái egymástól kb. $1,6 \mu\text{m}$ (1600 nm) távolságra vannak, így optikai rácsként működhet. Összehasonlításként a látható fény a kb. a 400-750 nm tartományba esik.

Egy házilagosan összeállított spektroszkóppal megvizsgálhatjuk a különböző fényforrások által kibocsátott fényt. Megmutathatjuk a világítástechnikai szempontból lényeges különbséget az izzólámpa folyamatos, és pl. a kompakt fénycső vonalas színe közötti különbséget, valamint a színvisszaadásban³ észlelhető eltérésekre is magyarázatot adhatunk a diákoknak, pl. [61]. Egy ilyen házilagosan elkészíthető, tanulókísérleti célokra is alkalmas eszköz kétféle megvalósítási formájának leírását adom meg a következőkben. Ilyen eszközök lírása az interneten is megtalálható, pl. [64, 65].

Anyakok és eszközök:

A) oldalsó betekintőnyílással rendelkező spektroszkóphoz:

kartondoboz, papírguriga, hagyományos borotvapenge 2 darab, CD lemez, ragasztószalag, olló, tapétavágó kés

B) dönthető optikai ráccsal rendelkező spektroszkóphoz:

kartondoboz, hagyományos borotvapenge 2 darab CD-lemez, ragasztószalag, tapétavágó kés

³ A fényforrás fényének az a képessége, hogy visszaadja adott tárgy színeit. A fényforrás spektrumával definiálják és az Ra színvisszaadási indexszel mérik. Minél magasabb ez a szám, annál jobb. Ra max. 100 lehet.

A házi spektroszkóp elkészítésének menete:

A) Oldalsó betekintőnyílással rendelkező spektroszkóp:

1. Vegyük a dobozt magunk elé. Jelöljük be a rövidebbik oldalán, hogy hol legyen az optikai rés helye. Vágjunk ki egy kis darabot a dobozból. Majd a pengékre ragasszunk egy-egy ragasztócsíkot és ennek segítségével rögzítsük a rés fölött élükkel egymáshoz közelítve őket. Így kialakítottuk az optikai rést. (Pengék nélkül is elkészíthetjük az optikai rést, mégpedig úgy, hogy a kivágott rész fölé ragasztócsíkot helyezünk és erre vágunk függőlegesen tapétavágó kés segítségével nyílást.) Minél kisebb a rés, annál jobb a felbontás, viszont annál kisebb a fényerősség is.

2. Bejelöljük a CD segítségével a doboz hosszabbik oldalán, hogy milyen magasságba fog kerülni a lemez, ezáltal a betekintő nyílást is ebbe a magasságba kell állítani. Most a papírgurigát rajzoljuk körbe úgy, mintha egy ovális formát szeretnénk készíteni a doboz oldalán. Ragasszuk le a rést, majd ejtsünk ezen a ragasztócsíkon csillagszerűen két metszést, a ragasztócsík segítségével a guriga nagyjából helyben marad.

3. A doboz belső oldalára – az optikai réssel szemközti oldalra ragasszuk fel a CD-lemezt úgy, hogy az fényes részével az optikai rés felé nézzen.

4. Végül a dobozt zárjuk le. Minden rést (az optikai és a betekintő nyílás kivételével) pl. a doboz éleinél, sarkainál ragasszuk le sötét színű szigetelőszalaggal.

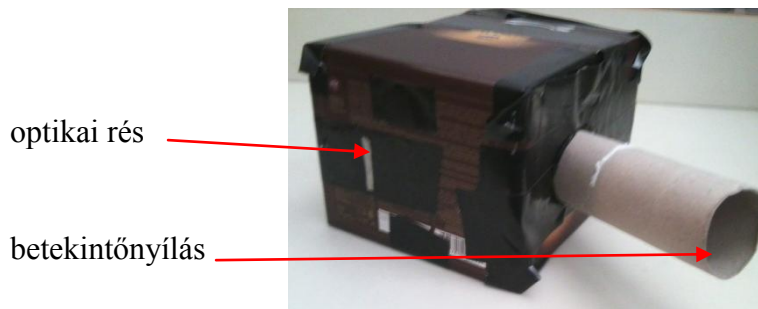
B) Dönthető optikai ráccsal rendelkező spektroszkóp:

1. Vegyük a dobozt magunk elé. A rövidebbik oldalán vágjunk ki egy kis darabot a dobozból, majd ragasszuk le sötét színű ragasztócsíkkal. Erre tapétavágó kés, vagy penge segítségével vágjunk egy egyenes rést. Így kialakítottuk az optikai rést.

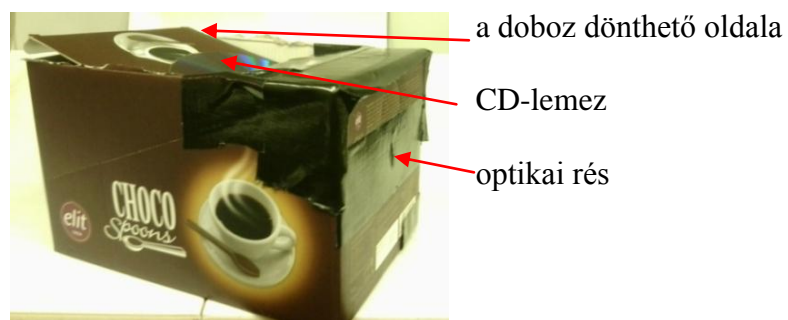
2. A doboz felső oldalára vágjunk egy ívelt rést, amelybe a CD-lemez éppen belefér, majd ragasszuk a CD-lemezt az immár dönthető oldalra. Ügyeljünk arra, hogy a CD az fényes részével az optikai rés felé nézzen.

3. A dobozon minden rést pl. a doboz éleinél, sarkainál ragasszuk le sötét színű szigetelőszalaggal.

4. Világítsunk be valamilyen fényforrással az optikai résen keresztül, és a betekintő nyíláson át próbáljuk megsejteni, vagy lefotózni a kapott spektrumot.



50. ábra Oldalsó betekintő-nyílással rendelkező házi készítésű spektroszkóp



51. ábra Dönthető optikai ráccsal rendelkező házi készítésű spektroszkóp

Megjegyzések:

Használhatjuk az optikai rész kialakításához a penge nélküli verziót, ugyanis számottevő különbség nem volt tapasztalható a pengével, illetve a penge nélkül kialakított optikai résekkel ellátott eszközök között. Sőt így nem kell pengét beszerezni, továbbá kevésbé balesetveszélyes a spektroszkóp elkészítése, ami fontos szempont lehet, ha maguk a diákok készítik el az eszközt.

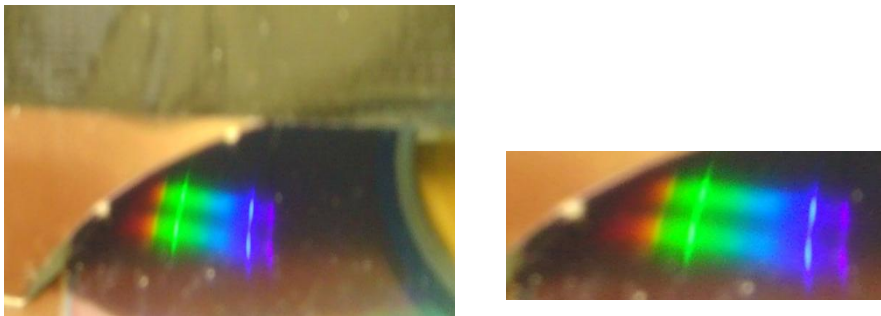
A spektrumok közötti különbségek megörökítéséhez, fotózáshoz a B) verzió, vagyis a dönthető optikai ráccsal rendelkező spektroszkóp alkalmasabbnak bizonyult. Ebbe a dönthető oldal felől, felülről tudunk betekinteni, innen tudunk fotózni is. Nehézséget okozhat a fényképezéshez használt eszköz kiválasztása. Érdekességképpen jegyzem meg, hogy a modernebb mobiltelefonba beépített optikával és beállításokkal könnyebben és jobb minőségben lehetett fotózni, mint digitális fényképezőgéppel.

A spektrumok közötti különbségek összehasonlításához felvettem néhány – napjainkra már különlegesebbnek számító – fényforrás spektrumát is üvegszáloptikás Avaspec spektrométer segítségével [66, 67]. Mivel a középiskolák általában nem rendelkeznek ilyen speciális eszközzel, sem speciális fényforrásokkal, ezért ezeket akár egy prezentációban be lehet mutatni a diákoknak, akik a saját maguk által megörökített képekkel összevethetik ezeket a felvételeket.

Ezeket a házilagosan spektroszkópokat elkészíthetik a gyerekek akár technika órán – tantárgyközi kapcsolatot erősítve – akár otthon házi feladatként. Projekt munkának is kiadhatjuk. Ebben az esetben például valamely nagyvárosban sétálva megvizsgálhatjuk az éjszakai fényeket, vagy a lakásukban, iskolában található különböző fényforrások spektrumát is felvetethetjük.



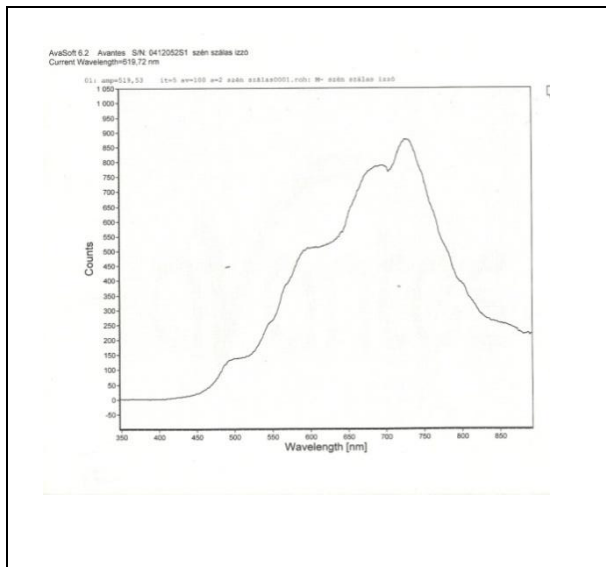
52. ábra Hagyományos fénycső színeke CD-lemezen



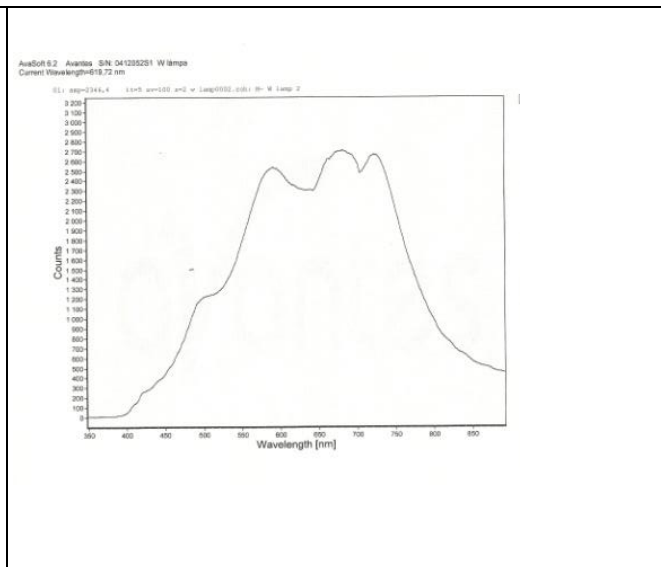
53. ábra Nagy nyomású Hg-lámpa, (Tungstram 50 W) vonalas színeke a CD-lemezen



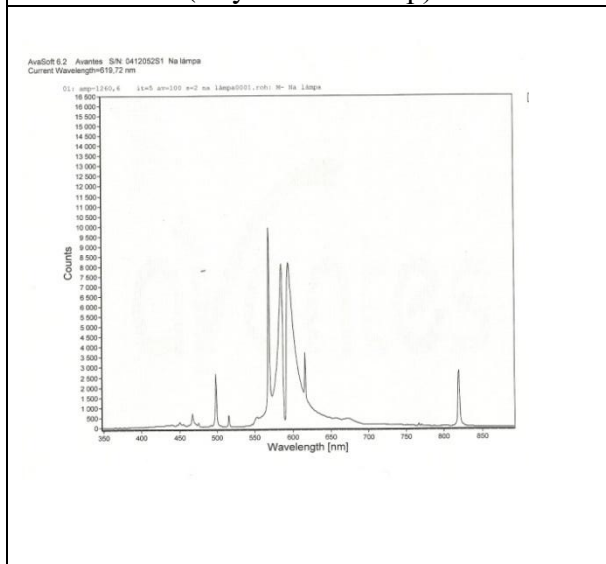
54. ábra Kadmiumlámpa vonalas színeke



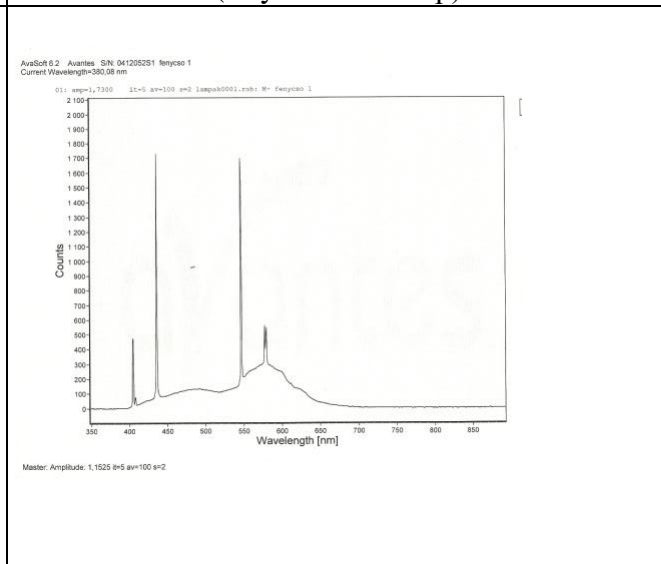
Szénszálazó izzó spektruma
(folytonos színekép)



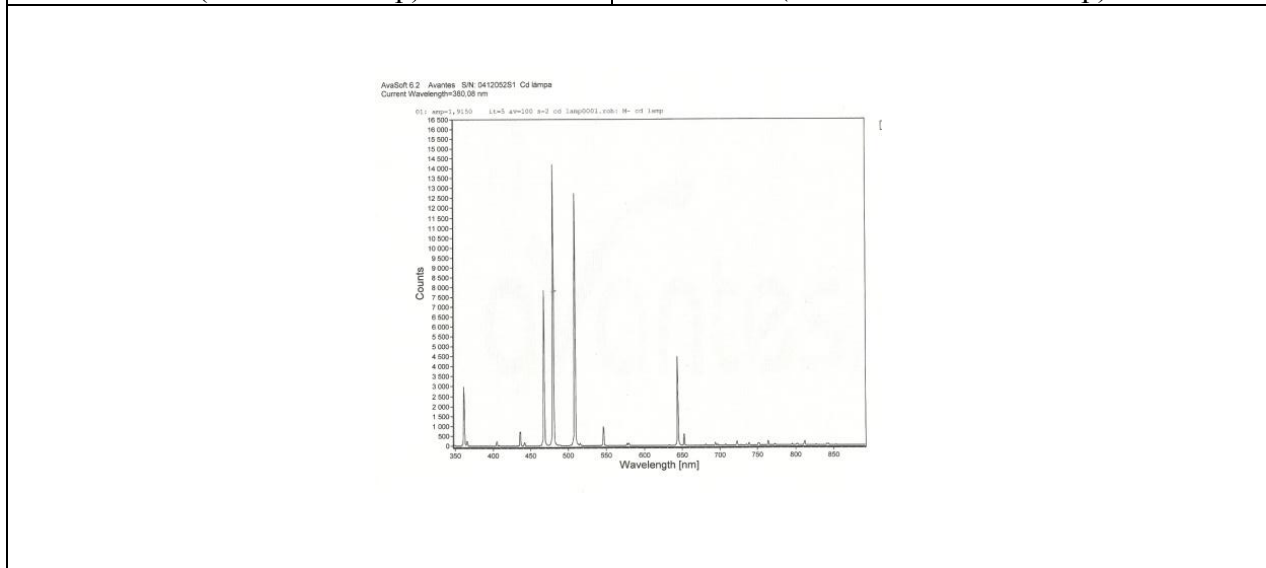
Volfrámszálazó izzó spektruma
(folytonos színekép)



Nátrium lámpa spektruma
(vonalas színekép)



Fénycső spektruma
(részben vonalas színekép)



Kadmiumlámpa spektruma (vonalas színekép)

55. ábra: Különböző fényforrások spektruma AvaSpec üvegszálazó spektrométerrel felvéve

5.3.5. Volfrám-oxid redukciója különböző fémekkel

Anyakok és eszközök:

Bunsen-égő, kémcsövek, kémcsőállvány, kémcsőfogó, mérleg, dörzsmozsár, vegyszerkanál, Zn por, és Mg por

Előkészítés, végrehajtás:

A volfrám(VI)-oxidot és a reakciópartner fémét sztöchiometriai mennyiségben mérleg segítségével mérjük ki, majd egy dörzsmozsárban keverjük alaposan össze. Ebből a keverékből mérjük ki kémcsőbe még a tanóra megkezdése előtt a következő mennyiségeket:

2,31 g volfrám(VI)-oxid + 1,96 g cink

2,31 g volfrám(VI)-oxid + 0,73 g magnézium

A kémcsövet tartjuk rövid ideig a Bunsen-égő lángjába.

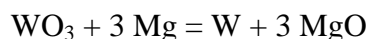
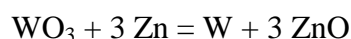
Megfigyelések:

	Cink	Magnézium
A reakció hevessége		
A végtermék színe és állaga		

Magyarázat, kiértékelés:

A diákok miután rögzítették megfigyeléseiket, – ezt táblázat formájában is számon kérhetjük – értékeljük ki a kísérletet velük közösen. Térjünk ki a reakció hevességének különbségeire és a reakció végtermékeinek színére illetve állagára.

A reakció magnéziummal sokkal hevesebb, mint cinkkel.



Werner Schalko cikke [58, 59] alapján készült kísérlet elvégezhető, ha valakinek lehetősége van WO_3 -ot beszerezni.

A termitreakció ismert reakció [68]. Ez a két kísérlet is ennek tekinthető. A fémek ércekből redukcióval való előállításának folyamatát magyarázhatjuk ezzel a kísérlettel. A reakció hajtóereje a reakció szabadentalpiaváltozása.

Biztonsági előírások:

A nyílt láng használatával kapcsolatos előírások betartása kötelező.

Mivel magnéziummal igen heves a reakció, ezért csak kis mennyiségeket szabad felhasználni.

5.4. Világítási célú lámpatípusok anno és napjainkban

Összefoglaló áttekintés a fényforrások iskolai tananyagba való integrálásához -
oktatási segédanyag

Ez az összeállítás a következő irodalmak alapján történt: [18, 61, 62, 69,70, 71, 72]

Nernst-izzó

A Nernst-izzókban található pálcika vagy cső 85% cirkónium-dioxidból (ZrO_2) és 15% ittrium-oxidból (Y_2O_3) áll (ld. 3.4. fejezet)

Auer-égő

Carl Auer von Welsbach által 1885-ben szabadalmaztatta izzóharisnyás gázégőjét, amelyben speciális szövédék, az Auer-harisnya övezi a gázlángot. Az izzóharisnya hengeres, kesztyűujj- vagy méhkasszerű textilhuzat, melyet 1% cérium-oxid tartalmú tórium-nitráttal itatnak át. Ha a harisnyát alulról Bunsen-lánggal hevítik, a tórium-nitrát oxiddá alakul, és a magas hő hatására erős sárgásfehér fényt bocsát ki. Ez az új találmány szinte azonnal kiszorította a nyílt lángú lámpákat a lakásvilágításból, és az akkoriban már terjedő villanyvilágítással szemben egy ideig még biztosította a gázvilágítás versenyképességét. Az Auer-lámpa gyors elterjedését elősegítette a nyíltlángú lámpákhoz képest alacsonyabb gázfogyasztása és az izzóharisnya jelentős, már az elektromos lámpákéhoz mérhető fényereje. Az Auer-lámpák modernebb változata az invertált vagy fordított égő, amelyben a gázcső nem fel, hanem lefelé mutat és a végén égő Bunsen-láng félgömb alakú harisnyát hevít. Ez alkalmas volt csillárok vagy falikarok égőinek, ugyanis lefelé nem vetett árnyékot. Ekkor hatásfoka is jobb volt, mert a fölfelé áramló égéstermékek is melegítették az izzótestet. A ma még használatos utcai gázlámpák ugyanilyen invertált harisnyákkal világítanak. Budapesten a Hunyadi János úton, vagy a Műegyetem előtt láthatunk ilyen hangulatos gázlámpákat. [69]

Izzólámpák

Olyan fényforrások, amelyben a fényt villamos árammal hevített izzószál bocsátja ki. Fejlesztése során az izzószál anyaga rendkívül változatos volt (pl. szén, platina, ozmium, tantál stb.) míg eljutottak a volfrám alkalmazásáig. Működésének fizikai alapelvei a hőmérsékleti sugárzás és a villamos áram hőhatása. Minden test hőmérsékletétől függően elektromágneses sugárzást bocsát ki. A kisugárzott energia döntő része az infravörös tartományba esik (hősugárzás). A kibocsátott sugárzás kisebbik része a szem által is észlelhető, látható sugárzásként, fényként jelentkezik. A hősugárzás mértéke azonban aránytalanul nagy; az izzólámpában használatos volfrámszál

2500 K feletti hőmérsékletű, és a befektetett elektromos energiának alig 5-6 %-át kapjuk fény formájában. A hagyományos normál izzólámpák átlagos élettartama 1000 óra (az ezredik üzemóránban a vizsgált lámpák 50 %-a még üzemképes).

Hagyományos volfrám izzók: Ezekben volfrám szál – ma már dupla spirál formájában – izzása adja a fényt, spektruma folytonos. Kiváló színvisszaadása és alacsony ára miatt a legelterjedtebb elektromos fényforrás. Tipikus fényhasznosítás: 9-15 lm/W

Vákuumlámpák: melyekben gyakorlatilag vákuum van, (kb. 10^{-3} Pa).

Argon, nitrogén, kripton töltésű lámpák: melyeket a levegő kiszivattyúzása után inert (kémiaileg közömbös) gázzal töltenek. A kripton előnye az általánosan alkalmazott argonnal szemben az, hogy nagyobb atomtömegénél fogva jobban visszaszorítja a volfrámpárologást, valamint rosszabb hővezető, tehát kisebb az ebből adódó veszteség, valamint a fényhasznosítása is jobb, mint az argonlámpáé. Mára szerepe már visszaszorult. Kivonják a forgalomból 2014-ig, csak a speciális lámpák maradhatnak használatban.

Halogén izzók: Az izzólámpa élettartamának meghosszabbítására született megoldás. Tipikus fényhasznosítás: 15-30 lm/W. Volfrámszál izzólámpa, amelynek terébe a gyártás során halogénelemeket, ill. vegyületeket adagoltak. A halogének jelenlétének célja az ún. volfrám-halogén körfolyamat létrehozása, amelynek eredményeképpen az izzószál párologása és leépülésének mértéke lecsökken, így lehetővé válik a nagyobb hőmérsékletre történő izzítás és az ebből következő nagyobb fényáram, vagy hosszabb élettartamú lámpa előállítása is. Mivel a spirál izzási hőmérséklete nagyobb, mint a hagyományos izzólámpákban, a halogénlámpa színhőmérséklete is nagyobb (elérheti a 3200 K-t), a fényszíne fehérebb (színképében erősebb a kék komponens). A magas hőmérséklet miatt kvarc burája van ezeknek a lámpáknak. A spektrális eloszlási görbe eltolódása miatt megjelenhet az ultraibolya sugárzás is, ez egyes esetekben (pl. festmények világítása) UV-szűrő elötét alkalmazását teszi szükségessé. Alkalmazási területük: gépkocsi-fényszórólámpák, vetítőlámpák, stúdióvilágítás, fénycsővilágítás, de ugyanakkor beltéri használatban is egyre népszerűbbek. A halogénlámpák élettartama típustól függően igen széles határok között változik; van 5000 órás, de van 10 órás halogénlámpa is, például fényképezetben használt speciális lámpák.

Kisülőlámpák

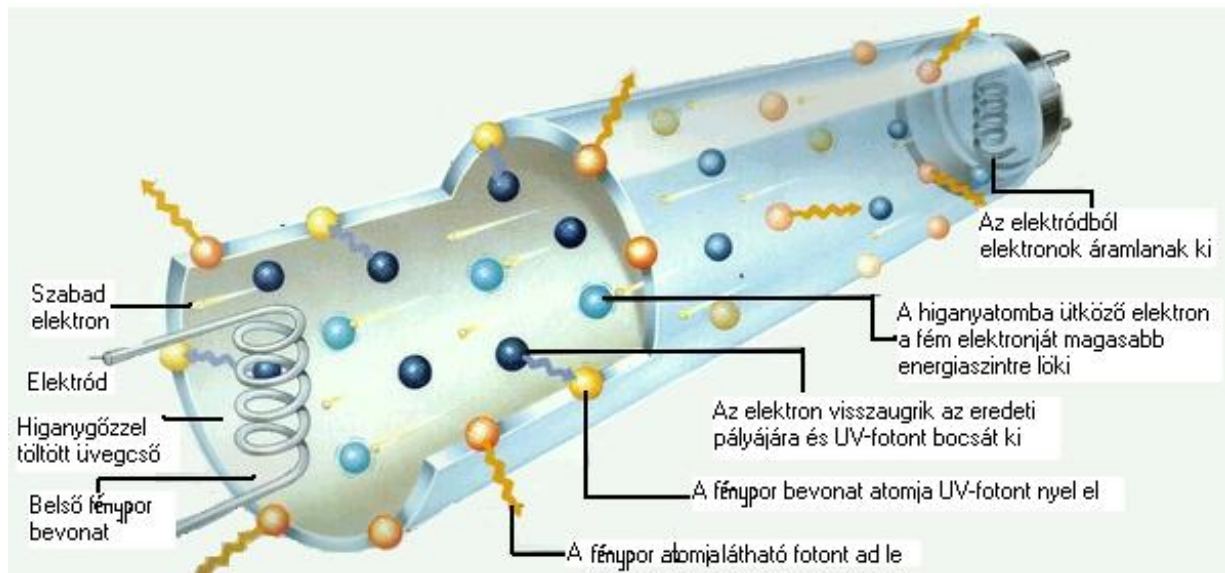
Olyan fényforrások, amelyekben a fény elektromos kisülés következményeként, közvetlenül, vagy lumineszkálás közbeiktatásával jön létre. A kisülés lejátszódhat gázokban (pl. xenonlámpa), valamint fémgőzök és gáz keverékében (higanylámpa, nátriumlámpa). Mivel a gáz- és gőznyomás nagymértékben befolyásolja a kisülési folyamatot és a gerjesztett optikai sugárzást, megkülönböztetünk kisnyomású (pl. fénycső) és nagynyomású (pl. higanylámpa, nátriumlámpa) kisülőlámpákat. A gázkisülő lámpák fontos alkatrésze a kisülőcső, szorosan véve az ívet körülvevő burkolat. Tartalmazza az elektródokat és azt az anyagot, amelyben működéskor a kisülés végbemegy.

Ívlámpa

Az ívkisülésen alapuló fényforrásoknak az elsőként kiterjedten alkalmazott fajtája. Működésének alapja az 1800-as évek elején felfedezett ívfény; két összeérintett szénrúd közé kb. 40 V feszültséget kapcsoltak, majd széthúzták őket. A két szénelektrod között fellépő fényjelenségnek elsősorban az az oka, hogy az az egyenáramú ívlámpa pozitív elektródja kb. 4000 Celsius-fokra hevül, és mint hőmérsékleti sugárzó, vakító fehér fényt ad. A váltakozóáramú ívlámpának mindkét elektródja erősen sugároz. A fény 95 %-át az izzó elektródok keltik, csupán 5 %-ot az ívkisülés, ezért az egyszerű ívlámpa inkább tekinthető izzó- mint kisülő lámpának. Spektruma közel folyamatos. A nagy hőmérséklet következtében hatásfoka jó, 0,5 körül W/HK volt. Az ívképződésnek az az oka, hogy az elektromosan felizzított szénvégekről kibocsátott elektronok ionizálják és gerjesztik a levegő (vagy bármely gáz) részecskéit. Az oxigénszegény közegben égő, hosszú ívű lánghiámlámpákhoz a szénrudakat fémsókkal kezelték (pl. magnézium-, kalcium-, stronciumsóval), ez vakító sárgás vagy vöröses fényt eredményezett, színvisszaadása nem volt tökéletes, de közvilágítási célokra megfelelt. Ezekben a lámpákban döntő részben az ív világított, tehát ezek már tényleg kisülő lámpák voltak. Hatásfokuk 2-4-szerese volt a közönséges ívlámpáénak. Az üvegburába helyezett szénelektrodok helyzetét az ívárammal és ívfeszültséggel vezérelt szerkezet szabályozta, mert a folyamatos elhasználódás miatt a végek távolabb kerültek volna egymástól. Használata a XIX. században a közvilágításban igen elterjedt volt. Korszerűsített változatukat olykor ma is alkalmazzák filmstúdiókban és vetítőberendezésekben, tekintettel az igen nagy fénysűrűségű ív jó optikai kezelhetőségére és folyamatos színképére.

Kisnyomású gázkisülő lámpák

Működésük alapja, hogy a kisnyomású (1 Pa alatti) higanygőzben létesített ívkisülés túlnyomórészt ultraibolya sugárzást gerjeszt, melyet a bura belső oldalára vitt fényporréteg látható fénné alakít. Az UV-sugárzást a higanyatomok bocsátják ki, de a folyamat kedvezővé tételéhez nemesgáz töltésre is szükség van, mely argon, vagy kripton gáz lehet. Jellegzetességük, hogy a kibocsátott fény spektruma nem folytonos, hanem vonalakból áll.



56. ábra A fénycső működésének alapelve

Fénycsövek.

Hagyományos fénycsövek:

Higanygőz-argongáz keverékével töltött, fényporbevonattal ellátott, két végén elektródokat tartalmazó kisülőcsövek, amelyekben az elektromos kisülést használják fel fénykeltésre. Az elektródok (melyek emittáló bevonattal ellátott volfrámspirálok) közötti kisülőtérben az elektronok mozgásuk közben a higanyatomoknak ütköznek és gerjesztik őket. A higanyatomok az ütközés során felvett energia zömét ultraibolya-sugárzás formájában adják le. Ezt az ultraibolya-sugárzást a fénycső belső falára felvitt fényporréteg alakítja át látható fénné. Az elektromos kisülés megindításához az elektródokat elő kell fűteni ahhoz, hogy elektronokat bocsássonak ki. A működő fénycső esetén a kisülés már nem engedi kihűlni az elektródokat, így a működés folyamatosá válik. A fénycső működéséhez általában előtét és gyújtó szükséges. Gyakran tévesen neoncsőnek nevezik. Tipikus fényhasznosítás: 60-95 lm/W. (Megjegyezném, hogy a világítástechnikában a fényporokat szokás „foszfornak” nevezni, de ez nem azonos a foszforral, mint kémiai elemmel. Így ha ilyen szöveget találunk, a diákok figyelmét is fel kell hívni erre a tényre.)

Kompakt fénycsövek:

Az egyenes cső helyett, hajlított, vagy több kisebb csőből összeállított egy végén fejelt (egyfejtű) fénycső, – ezért helytelen, ha "energiatakarékos izzónak" nevezik őket, hiszen nem izzólámpák, hanem gázkisülési csövek. Az 1970-es évek végén kifejlesztett fényforrástípus. Gyakran használnak beépített elektronikus előtétellátott változatokat. Az elektronikus előtét a hálózati 50 Hz-es feszültséget 30 kHz frekvenciájúra alakítja át, amivel megszünteti a kellemetlen, szemet fárasztó villogást és a stroboszkópikus hatásokat. Tipikus fényhasznosítás: 50-80 lm/W. Az egyvégű fejkialakítás mellett a fénycsőnél kisebb lámpatérfogatot, és az izzólámpával összehasonlítva nagyjából azonos fényárammal párosuló jóval kisebb teljesítményfelvétel jellemzi, ebből következően az izzólámpával szemben a korszerű és energiatakarékos fényforrástípust képviseli. A „kompakt” szó elsősorban méretbeli és konstrukciós jellemzést takar. Színvisszaadásuk az alkalmazott fényportól függ. Az utóbbi időben az egyik legelterjedtebb fényforrás lett, mivel az izzólámpáknál nagyobb fényhasznosításúak, energiatakarékosabb az izzólámpáknál, azonban színvisszaadása tökéletlen, (gondot a higany spektruma okoz ld. **55. ábra**) bár az egyre korszerűbb fényporokkal már lakóterekben is elfogadható, melegebb színhőmérsékletű.

Kisnyomású nátrium lámpa:

Olyan kisülőlámpa, amelyben a fény kb. 1 Pa nyomású nátriumgőz gerjesztése és sugárzása következtében jön létre. Fénye monokromatikus, ilyen kis nyomáson a nátrium jellegzetes sárga rezonanciavonalai gerjednek (589 és 589,6 nm), amelyek nagy intenzitásúak, és közel vannak a szemérzékenységi görbe maximumához (555 nm). Ezért nem teszi lehetővé a különböző színek megkülönböztetését, igen gyenge a színvisszaadása, ez a fő akadálya elterjedésének. A legmagasabb fényhasznosítású, útvilágításban elterjedt fényforrás (200 lm/W).

Nagynyomású gázkisülő lámpák

Igen nagy felületi fényességű nagy fényhasznosítású fényforrások. Kisülőcsövük (az ívkisülés itt megy végbe) a nagy falhőmérséklet miatt kvarcból, vagy alumínium-oxid kerámiából készül, és egy külső burában helyezik el az árambevezetőkkel együtt. Nagy teljesítményűek: a higanylámpák 50 - 400 W, a fémhalogénlámpák 35 - 3500 W, a nátriumlámpák 50 - 1000 W teljesítménnyel rendelkeznek. Az ebből következő nagy fényáram-értékek miatt elsősorban külső terek és nagy kiterjedésű belső terek világítására alkalmasak. Lassú bemelegedésűek. Az élettartamuk vége felé egyrészt fokozatosan csökken a fényáramuk, és típusonként változó mértékben növekszik a működési feszültségük.

Higanylámpa:

Az egyik legrégebbi nagy nyomású lámpa. Közvilágításban még alkalmazzák, de visszaszorulóban van. Színe jellegzetesen sápadt kékes - fehér. Tipikus fényhasznosítás: 50 lm/W

Nagynyomású nátriumlámpa:

Közvilágítási célra a legelterjedtebben használt fényforrás, elsősorban gazdaságossága, és magas élettartama miatt. Színe narancssárga, színvisszaadása gyenge. Benne a fény túlnyomórészt a 10 kPa nagyságrendű nyomású nátriumgőz gerjesztése és sugárzása következtében jön létre. Töltőgázként xenont, az elektromos tulajdonságok optimalizálása céljából higanyt is tartalmaz, ez utóbbit a nátriummal együtt amalgám formájában juttatják a kisülőcsőbe. Az utóbbi években a többirányú fejlesztésnek köszönhetően megjelentek a javított színvisszaadású, fehérebb színű, és a beépített gyújtót is tartalmazó típusok is. Tipikus fényhasznosítás: 90-140 lm/W.

Fémhalogénlámpa:

Különböző fémek (ritkaföld-fémek) jodidjaival, néha bromidjaival adalékolt lámpa. Az elnevezése megtévesztő, ugyanis benne a halogéneknek nincs köze a halogénciklushoz. Különböző fémek kombinációjával egyedi színeket vagy kiváló színvisszaadást tesz lehetővé. Bár színe vonalas, a sokféle fém olyan sok spektrumvonalat (színt) eredményez, hogy az közel áll a folyamatos színekhez. Filmes, videós lámpák. Tipikus fényhasznosítás: 90-110 lm/W.

Xenonlámpa:

Régebben a gépjárműtechnikában alkalmazott, gyors gyújtású lámpa volt. Erősen pontszerű fénye és jó színvisszaadása miatt a vetítéstechnikában is alkalmazzák. Felvételtechnikában vakuként a fotósok és filmesek használják, mert a napfény színét jól közelíti (5000 K színhőmérsékletű).

Félvezető lámpák, LED-ek

A Light Emitting Diode rövidítéséből eredő betűszó, magyarul világító dióda. Félvezető alapú fényforrás. A kibocsátott monokromatikus sugárzás hullámhossza a dióda anyagi minőségétől függ; többségüket III. és V. vegyértékű elemekből előállított vegyület-félvezetők alkotják, amelyekhez a rekombinációs centrumok kialakítása céljából adalékelemet adnak. Ilyen pl. a nitrogénnel adalékolt gallium-foszfid, mely zöld fényt sugároz. Elsősorban, mint kijelzők fényforrásai ismeretesek, de terjed világítástechnikai alkalmazásuk. A rövid hullámhosszú LED kék fénye fényporokkal egyéb színekké transzformálható, így színeiben elég gazdag, fehér LED is készíthető. Tipikus fényhasznosítás: 30-60 lm/W, azonban van olyan fehér LED amelynek a fényhasznosítása eléri a 150 lm/W értéket is. [18]

5.5. Az izzólámpák és azokkal rokonítható fényforrások fejlődésének áttekintése táblázatosan

Évszám	Tárgy	Feltaláló/k neve
1802	Platinadrót izzítása	Davy
1810	Elektromos ívfény	Davy
1844	Szénrúd izzítása	De Changy (Jobart ötlete alapján)
1845	Platinadrót izzítása oxigénszegény, nitrogén és szén-dioxid tartalmú gázkeverékben	Grove
1845	Szénrúd izzítása vákuumban	Starr
1847	Óraműves ívlámpa szabályozó	Staite
1848	Faszénporral és agyaggal bevont csavar alakú papírszalag izzítása	Swan
1872-73	Grafit izzítása légritkított üvegburában	Lodigin
1878	Platinadrót izzítása levegőben	Edison
1877-1880	Szénszál izzítása vákuumban	Sawyer és Man, Lane Fox, Edison, Swan
1885	Auer gázégője	Auer
1893	Cellulóz szénszál készítése	Wynne és Powell
1893	Grafitozott szénszál	Sawyer
1893-1894	Getterezés	Malignani
1898-1902	Ozmiumszál	Auer von Welsbach
1900	Nernst-lámpa	Nernst
1905	Metallizált szénfonal	Whitney
1905-19066	Tantálla	Bolton
1901-1906	Első volfrámszálal lámpák	Just és Hanaman
1908-1911	Húzott volfrám szál	Coolidge
1913	Gáztöltésű lámpa	Langmuir
1918	C218-as jelű alaktartó (non-sag) volfrám	Pác Aladár
1924	UC volfrám (adalékok: Na, K, Si)	Tarján Imre és Tury Pál
1928-1931	Nagykristályos GK-volfrám (adalékok: Na, K, Si, Al)	Tury Pál és Millner Tivadar
1927-28	Kettős spirál	Tury Pál és Millner Tivadar
1930-37	Kripton töltés	Bródy
1959	Halogénlámpa	Elmer Fridrich, Emmett Wiley

3. táblázat A fényforrások fejlődésének áttekintő táblázata 1802-1959-ig [73]

5.6. A világítástechnika terén felhasznált kémiai elemek

A szerves kémia tanítása során a következő elemek oktatásánál motivációként, illetve a mindennapi élettel való kapcsolatuként megemlíthetjük a fényforrásokban való felhasználásukat is. Ehhez készítettem egy összefoglaló táblázatot, mely tartalmazza a világítástechnikában felhasznált elemeket. Ennek összeállításához az eddig megjelölt irodalmakat és Inzelt György cikkét [74] vettem alapul.

Rendszám	Név, vegyjel	Alkalmazása a fényforrástechnikában
1	Hidrogén, H	A volfrám gyártási folyamat jelentős segédanyaga
2	Hélium, He	Rózsaszínű gázkisülési csövek töltőgáza
6	Szén, C	Izzószál anyaga volt Ívlámpák anyaga
7	Nitrogén, N	Argon-nitrogén elegyként izzólámpák töltőgáza Sárgás rózsaszínű gázkisülési csövekben
10	Neon, Ne	Neon gázkisülési-csővek ("neoncsövek"), fényreklámok: skarlátvörös színét adja. A kisnyomású nátriumlámpa töltőgázként alkalmazzák (A köznyelvben sokszor helytelenül a fénycsövet mondják neoncsőnek)
11	Nátrium, Na	Gőze gerjesztve intenzív, sárga fényt bocsát ki, a színtelen gázlángot sárgára festi. A kisnyomású és a nagynyomású nátriumlámpákban használják
12	Magnézium, Mg	Magnéziumsóval kezelték az ívlámpáknál a szénrudakat Kék (TV-készülék) $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$
13	Alumínium, Al	Volfrámadalék, GK drót Kék (TV-készülék) $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$
14	Szilícium, Si	Volfrám adalék
15	Foszfor, P	A normál fénycsőnél alkalmazott halofoszfát alapkristályban. Izzólámpákban getterként használják
18	Argon, Ar	A töltőgáz izzólámpák esetében argon-nitrogén elegy Kék színnel világító gázkisülési csövekben
19	Kálium, K	Volfrámadalék
20	Kalcium, Ca	Katódmasszában, a gázkisülőlámpák elektródjainak bevonatában -az elektronemisszió megkönnyítésére. Összetételét tekintve

		általában alkáliföldfém-karbonátok keverékéből készített szuszpenzió (kalcium-, stroncium-, báriumkarbonát), mely a gyártás során hevítés hatására szén-dioxid-vesztéssel oxidkeverékké alakul.
21	Szkandium, Sc	Jodidja a higanylámpák fénynövelő adaléka, a természetes napfényhez hasonló fényt eredményez, használják a belső terekben történő színes TV – felvételeknél. Sc_2O_3 formában rendkívül intenzív fényt produkál.
25	Mangán	A normál fénycsőnél alkalmazott halofoszfát alapkristályhoz adalékolt mangán-vegyület a színek vörös tartományát erősíti.
26	Vas, Fe	Szerkezeti részek anyaga a fényforrásokban
30	Cink, Zn	A cink-szulfidot (ZnS) lumineszkáló (kép)ernyőkön alkalmazzák.
31	Gallium, Ga	LED-ek színeiért felelős: alumínium-gallium-arszenid (AlGaAs) - vörös alumínium-gallium-foszfid (AlGaP) - zöld alumínium-gallium-indium-foszfid (AlGaInP) - narancs-vörös, narancs, sárga és zöld gallium-arszenid foszfid (GaAsP) - vörös, narancs-vörös, narancs és sárga gallium-foszfid (GaP) - vörös, sárga és zöld gallium-nitrid (GaN) - zöld és kék indium-gallium-nitrid (InGaN) - közeli ultraibolya, kékes-zöld és kék
33	Arzén, As	Vörös színű LED-ekben alumínium-gallium-arszenid (AlGaAs) formájában
35	Bróm, Br	Fémhalogén lámpákban, halogénlámpákban
36	Kripton, Kr	Fényforrások töltőgázaként alkalmazzák, elsősorban izzólámpákban és fénycsövekben, (fehér gázkisülési cső)
38	Stroncium, Sr	Katódmasszában, a gázkisülőlámpák elektródjainak bevonatában az elektronemisszió megkönnyítésére. Összetételét tekintve általában alkáliföldfém-karbonátok keverékéből készített szuszpenzió (kalcium-, stroncium-, bárium-karbonát), amely a gyártás során hevítés hatására szén-dioxid-vesztéssel oxid-

		keverékké alakul.
39	Ittrium, Y	A Nernst-izzókban található pálcika vagy cső 85% cirkónium-dioxidból (ZrO_2) és 15% ittrium-oxidból (Y_2O_3) áll. Fénycsövek vörösen világító fényporában ($Y_2O_3:Eu^{3+}$)
40	Cirkonium, Zr	A Nernst-izzókban található pálcika vagy cső 85% cirkónium-dioxidból (ZrO_2) és 15% ittrium-oxidból (Y_2O_3) áll. Izzólámpákban getterként, Villanólámpák elektródjaként
42	Molibdén, Mo	Izzólámpákban a volfrámszál tartói készülnek belőle
48	Kadmium, Cd	A kadmiumvegyületeket a fekete-fehér és a színes TV-képcsövekben fényporként (kék és zöld színhez) használják
49	Indium, In	Az indium-oxid a külső bura belső falára felvitt hőreflektáló réteg a kisnyomású nátriumlámpákban, indium-gallium-nitrid (InGaN) - kékes-zöld és kék LED-ekben
51	Antimon, Sb	A normál fénycsőnél alkalmazott halofoszfát alapkristályhoz adalékolt az antimon-vegyület a kék tartományt erősíti
53	Jód, I	Halogénizzók töltése
54	Xenon, Xe	Izzólámpákban, egyes mozgófilm vetítő lámpákban (xenonlámpa), a nagynyomású nátriumlámpák töltőgázaként, újabban autófényszóró-lámpákban
56	Bárium, Ba	Katódmasszában, a gázkisülőlámpák elektródjainak bevonatában az elektronemisszió megkönnyítésére. Összetételét tekintve általában alkáliföldfém-karbonátok keverékéből készített szuszpenzió (kalcium-, stroncium-, bárium-karbonát), amely a gyártás során hevítés hatására széndioxid-vesztéssel oxid-keverékké alakul. Kék (TV-készülék) $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$
57	Lantán, La	Az Auer-féle első gázharisnyák lantán-oxidból készültek Lézerek készítésére használnak lantán-neodímium-fluorid kristályokat
58	Cérium, Ce	A gázizzókban meghatározó eleme a fénykibocsátásnak (a tórium cérium szennyezés nélkül csak gyenge, zöldes fényt ad) Mozi-vetítőgépekben használt ívlámpák szenét impregnálják cériummal, $CeMgAl_{11}O_{19}:Tb^{3+}$ zölden világító fényporban

		(fénycsövek)
63	Európium, Eu	Y ₂ O ₃ :Eu ³⁺ vörösen világító fényporokban BaMg ₂ Al ₁₆ O ₂₇ :Eu ²⁺ kék színben világító fényporban (fénycsövek) Oxidját széles körben használják vörös fényporként képcsövekben, kompakt fénycsövekben.
64	Gadolónium, Gd	Vegyületeit használják zöld fényporként képcsövekben és kompakt fénycsövekben.
65	Terbium, Tb	CeMgAl ₁₁ O ₁₉ :Tb ³⁺ zölden világító fénycsövekben, illetve oxidja citromsárga fényporként kompakt fénycsövekben található.
66	Diszprózium, Dy	Jodidjának és bromidjának gőzét fémhalogénlámpákban fényforrásokban.
67	Holmium, Ho	Lézerekben
73	Tantál, Ta	A tantállámpa izzószála volt
74	Volfrám, W	Izzószálak, valamint katódsugárcsővek anyaga, a fényforrás alkatrészek pl. a halogén „ceruzalámpák” spiráltartó gyűrűi, a kisülőlámpák elektródjai, valamint a nagynyomású kisülőlámpák árambevezetői készülnek belőle
76	Ozmium, Os	Az ozmiumlámpák szála volt
78	Platina, Pt	Platinaszálas izzólámpák anyaga volt Szerkezeti anyagként kb. 30 évig használták az izzólámpa sorozatgyártásban
80	Higany, Hg	Kisülőlámpák egy részénél a higanygőz gerjesztésével nyerjük közvetlenül vagy közvetve a fényt. Kis nyomáson (fénycsövekben) főleg az UV-tartományban levő rezonancia-vonalai gerjednek (185 és 253,7 nm), nagy nyomáson (higanylámpa) főleg a 365 nm-es UV, valamint megjelennek a látható tartomány vonalai (404,7; 435,8; 546,1; 579,1 nm). Spektrumából hiányzik a vörös és a narancs, így a közvetlen emittált sugárzás spektrális eloszlását fényporral teszik kedvezőbbé. A fémhalogén- és a nátriumlámpa is tartalmaz általában higanyt, de itt a higany az elektromos paraméterek beállítására szolgál. A kibocsátott fényben a nála kisebb gerjesztési energiájú

		adalékok vonalai jelennek meg. Egyes fényforrás típusoknál nem elemi állapotban, hanem valamely egyéb fémmel alkotott elegy, ún. amalgám formájában alkalmazzák. (pl. a kompakt fénycsövek egyik csoportja).
81	Tallium, Tl	Monokromatikus zöld fényt adó elektromos kisüléssel töltésére használják
90	Tórium, Th	gázizzók "harisnyáját" tórium-oxidból készítik (világítási hatásfok emelése végett)

4. táblázat A világítástechnika terén felhasznált kémiai elemek

5.7. A világítástechnikának a kémia oktatásába való beilleszthetősége - oktatási/ pedagógiai hasznok

A következőkben néhány jelentősebb tankönyvkiadó kémia könyvének összehasonlítását végeztem el a világítástechnika terén a kémia oktatásában eddig megjelenő fogalmak, témakörök, magyar találmányok viszonylatában.

Tan- könyv	Említi-e a volfrámot?	Említi –e a volfrám egyéb felhasználás i területét?	Említi-e a volfrám- halogén ciklust?	Nemesgázoknál említi-e az izzókat, reklám – és fénycsöveket?	Említi-e a volfrámszál as izzót, mint magyar találmányt?	Említi-e Bródy Imrét?	Említi-e Justot és Hanamant?
[75]	+	+	+	+	Csak a kriptonnal töltöttet	+	-
[76]	+	+	- (Bár a halogén- izzókat igen)	+	Csak a kriptonnal töltöttet	+	-
[77]	-	-	-	+	Csak a kriptonnal töltöttet	+	-
[78]	-	-	-	-	-	-	-
[79]	-	-	-	-	-	-	-
[80]	+	-	-	+	-	-	-

5. táblázat Tankönyvek összehasonlító táblázata a világítástechnika vonatkozásban

A táblázat alapján jól kirajzolódik, hogy egy ilyen igencsak mindennapi területről, mint a világítás, igen keveset tanítunk kémiai szempontból.

Emellett a nemzeti öntudatra nevelés is igencsak háttérbe szorult. A vizsgált könyveknek csak a fele említi Bródy nevét és a kriptonnal töltött izzólámpát, mint magyar találmányt, holott kriptonlámpát már rég nem is forgalmaznak. De a volfrámszálas izzólámpákat, mint jóval nagyobb csoportot, és ráadásul korábbi találmányt, – valamint világelső gyártását – nem. Ebből adódóan Just és Hanaman, valamint Millner és Tury neve sem szerepel. Ezt nagy hibának tartom.

A kémia tantárgy oktatásának életközeli tételé mindig nagy feladatnak tűnik. Ehhez segítség lehet a világítás, mint téma és a volfrám, mint elem megismerése.

Szerencsére napjainkban Magyarországon alig van olyan lakás, utca, intézmény stb. ahol ne lenne valamilyen típusú elektromos világítás, vagy ne lenne elektronikai eszköz, mely tartalmazza a volfrámot, vagy olyan használati tárgy, melynek előállításához ne használták volna fől e fémet. Nem is beszélve arról, hogy mint az az előző fejezetekből kiderült fontos magyar

találmányok sora született a világítástechnika témakörében. Ennek ellenére igen meglepő, hogy a magyar oktatásban szinte szóba sem kerül.

Pedig ez a témakör kiválóan alkalmas arra, hogy

- bemutassuk a technikai fejlődés lépcsőfokait, vagyis hogy hogyan válik innovációvá egy találmány, hogyan segítik életünket a tudományos megfigyelésekből gyűjtött tapasztalatok. Így a diákoknak is elmagyarázható, hogy miért van értelme a tudományba mind szellemi, mind fizikai energiát fektetni.
- bemutassuk, hogy több ember együttműködésével lehet igazán nagy eredményeket elérni.
- a periódusos rendszer felépítését magyarázzuk, használatának készségét elmélyítsük, pl. az elemek különböző fizikai tulajdonságainak kiolvasása (olvadáspont, forráspont), tendenciák felismerésére rávezessük diákjainkat
- például a reklámcsövekkel a nemesgázok felhasználását bemutassuk
- a halogének témakörénél a halogénizzók működését elmagyarázzuk
- a d- és f-mező elemeinek oktatásánál azok felhasználására példákat hozunk fel
- a fémek tulajdonságai, felhasználása témakörnél használjuk
- a színképelemzést, mint analitikai eljárást és annak hasznát középiskolai szinten bemutassuk, és magyarázzuk
- alapvető reakciókat magyarázzunk el (pl. oxidáció, redukció), miközben látványos kísérletekkel tehetjük szemléletessé azokat
- elmagyarázzuk a megfordítható reakciókat, pl. a volfrám-halogén-ciklussal, ne csak ipari példát hozunk föl pl. ammóniaszintézis, hiszen annak a gyerekek nem látják azonnal megvalósuló „hasznát”
- magyar szabadalmak, tudósok életművét megismertessük pl.: Just, Hanamann, Bródy, Tury, Millner
- az elektronburok szerkezete, a gerjesztés, az energianívók stb. jól érzékeltethető a fénycsövek (pl. kompakt fénycsövek) vonalas spektrumával

6. Összefoglalás

Komplex diplomamunkámban az izzólámpagyártás kezdeti időszakának feltárásával foglalkoztam, valamint a kémia tantárgy oktatásába való integrálhatóságára tettem javaslatokat.

- Ehhez főként korabeli, avagy az adott tudományos eredményt elérő kutatók kortársainak, munkatársainak elérhető levelezését, publikálatlan kéziratát, visszaemlékezését, szabadalmi leírásokat, családi hagyatékot használtam föl. Emellett a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalából (régebbi nevén a Szabadalmi Hivatalból) szabadalmi leírásokat, és a Magyar Elektrotechnikai Múzeumban fellelhető forrásmunkákat is felhasználtam.
- Dr. Just Sándorról, akiről a szakirodalom ugyan elvétve megemlékezik, életrajzi adatok ezidáig gyakorlatilag nem álltak a nyilvánosság rendelkezésére. A családom birtokában levő megőrzött iratok, fotók, születési anyakönyvi kivonat, házasságlevél, doktori oklevél, Dr. Just Sándor által gépelt, kézzel sorszámozott és javított tanulmány az izzólámpa történetéről német nyelven, névjegykártyák, halotti anyakönyvi kivonat, levelezés alapján, mint tárgyi bizonyítékok alapján tárom fel a tényeket.
- A különböző kiadványokban és médiumokban (könyvek, hírlapok, internet) hibásan szereplő adatok korrekcióját elvégeztem.
- Megvizsgáltam jelenleg is használatban lévő kémia tankönyveket, abból a szempontból, hogy tartalmazznak-e valamilyen utalást a volfrámmal, illetve a fényforrásokkal kapcsolatban, illetve említik-e azok magyar vonatkozásait, és ezen belül a Just- Hanaman feltalálópárost.
- Könnyen kivitelezhető kísérleteket állítottam össze a nemzetközi irodalom figyelembe vételével, a kísérletekkel kapcsolatos megfigyeléseimet is rögzítve. Sokszorosítható feladatlapot készítettem tanórai kísérlethez.
- A régi és a ma is használatos fényforrásokról egy rövid összefoglalást készítettem, amely a tanároknak nyújthat segítséget egy-egy ilyen témájú órára való felkészüléshez, vagy a téma iránti érdeklődés felkeltéséhez.
- Felállítottam egy olyan táblázatot, amely a periódusos rendszer elemeinek fényforrásokban való előfordulását mutatja be.
- Mindezek kapcsán azt a javaslatot teszem, hogy a kémia tantárgy oktatásában használjuk gyakrabban a fényforrásokat akár az elméleti magyarázat, akár a szemléletes kísérletek terén.

7. Ábrajegyzék

1. ábra Grove lámpája így nézhetett ki 1840-ben

<http://home.frognet.net/~ejcov/grove.html>, 2012.05.05.

2. ábra Edison szénszálas izzólámpája 1879-ből

[4]

3. ábra Nernst-lámpa lecsavart üvegburával

[4]

4. ábra Egy szétszerelt Nernst-égő.

<http://www.nernst.de/lamp/nernstlamp.htm>, 2012.05.05.

5. ábra Ozmium-lámpa

http://www.althofen.at/AvW-Museum/Englisch/menue_e.htm, 2012.05.05.

6. ábra A tantállámpa reklámja 1905-ből

https://www.siemens.com/press/de/pressebilder/?press=/de/pp_cc/2007/10_oct/sosep200729_17_1465302.htm, 2012.05.05.

7. ábra Tantál-lámpa

www.europeana.eu/portal/record/08536/E999187540E6C53B8725985251B8DEC05C035B66.html, 2012.05.05.

8. ábra Dr. Just-féle volfrám lámpa, készült 1906-ben a Wolfram-lampen AG Augsburgi gyárában 1906-ban

www.europeana.eu/portal/record/08536/98F3A4F7ED433578D2EE338396EFC8C4B4C94E7C.html, 2012.05.05.

9. ábra Az Egyesült Izzó műszaki-tudományos folyóiratának az izzólámpa születésének 100-éves évfordulójára megjelent száma, borítóján a jellegzetes formájú Just-féle volfrámszálas izzólámpával

HOLUX Hírek No44 p.7, www.lampamuseum.clanbазis.com/Tungstam_Surguta.pdf, 2012.05.05.

10. ábra Dr. Just-féle izzólámpa és kriptontöltésű izzólámpa

http://emuseum.elektromuseum.hu/galeria/allando_vilagitas/, 2012.05.05.

11. ábra A szakirodalomban eddig hibásan szereplő fotó. Jobb oldalon egyértelműen Hanamann Ferenc áll, de a balján álló személy nem dr. Just Sándor

Sitkei Gyula: „A magyar elektrotechnika nagy alakjai” 169. oldal, Energetikai Kiadó Kht., Budapest

12. ábra Just Sándor és Hanaman Ferenc közös fényképe. Baloldalon Hanaman, jobboldalt áll Just. Uher Ödön cs. és kir. udvari fényképész felvétele, Budapest, 1905
Just Krisztina tulajdonában

13. ábra Friedrich Alexander Just születési anyakönyvi kivonata.
Just Krisztina tulajdonában

14. ábra Just Sándor ifjúkori fotója.
Just Krisztina tulajdonában

15. ábra Alexander Just doktori értekezése benyújtásakor saját kézzel írt önéletrajza.
Bécsi Egyetem archívuma

16. ábra Alexander Just doktori oklevele.
Just Krisztina tulajdonában

17. ábra Dr. Just Sándor (középen áll), Hanaman Ferenc (az asztaltól jobbra ül) és bécsi kollégáik.
Just Krisztina tulajdonában

18. ábra Dr. Just-féle izzólámpa
<http://home.frognet.net/~ejcov/just.html>, 2012.05.05.

19. ábra A Füge utcai ház "Villa Belair" Dr Just Sándor egyik fiának, dr. Just Miksának grafikája.
Just Krisztina tulajdonában

20. ábra A Füge utcai ház napjainkban

21. ábra Dr. Just Sándor névjegykártyái a Füge utca 1. lakcímmel. Dr. Just a jobb oldali kártya tanúsága szerint a „General Electric Company Newyork” tanácsadója volt.
Just Krisztina tulajdonában

22. ábra Az Egyesült Izzólámpa és Villamossági R.t. "Dr.Just Wolframlámpa" reklámja, mely az energiatakarékosságra hívja fel a figyelmet
Magyar Elektrotechnikai Múzeum Kiállítása

23. ábra Dr. Just Sándor honosítási okirata.
Just Krisztina tulajdonában

24. ábra Dr. Just Sándor katona fotója.
Just Krisztina tulajdonában

25. ábra Dr. Just Sándor feleségével és két legidősebb gyermekükkel.
Just Krisztina tulajdonában

26. ábra Just-féle volfrámlámpát reklámozó futott levelezőlap 1917-ből
<http://www.akpool.de/ansichtskarten/250021-kuentler-ak-just-wolfram-lampe-stromersparnis>,
2012.05.05.

27. ábra A Dr. Just-féle Izzólámpagyár részvénye
http://www.reszvenykotveny.hu/villamossagi_reszvenytarsasagok/index.php, 2012.05.05.

28. ábra Dr. Just-féle Izzólámpa és Villamossági Gyár részvényutalvánnya
http://www.reszvenykotveny.hu/villamossagi_reszvenytarsasagok/index.php, 2012.05.05.

29. ábra Német nyelvű Just-izzó reklám
(a), www.veikkos.com 2012.05.05.
reklám célú bélyeg b) de.wikipedia.org/wiki/Franjo_Hanaman, 2012.05.05.
reklám célú bélyeg c) www.veikkos.com, 2012.05.05.
reklám célú bélyeg d) www.veikkos.com, 2012.05.05.

30. ábra Kremenezky Dr. Justnak írt köszönőlevele 1930-ból,
Just Krisztina tulajdonában

31. ábra Dr. Just Sándor igazolványképe saját aláírásával.
Just Krisztina tulajdonában

32. ábra Egyike az utolsó fotóknak, amely dr. Just Sándorról készült
Just Krisztina tulajdonában

33. ábra Halotti értesítő, melyen Dr. Just utolsó lakcíme is szerepel.
Just Krisztina tulajdonában

34. ábra Dr. Just Sándor sírja a Farkasréti temetőben

35. ábra Dr. Just Sándor özvegye (dédanyám) és a GE megbízottja már a Margit körüti lakásban
1969 telén.
Just Krisztina tulajdonában

36. ábra Dr. Just által rajzolt periódusos rendszer a kiadatlan Just mű [1] 34. oldala.
Just Krisztina tulajdonában

37. ábra A volfrámszálas izzólámpák előállítására vonatkozó 34541. számú magyar szabadalmi
bejelentés,
Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala (Magyar Szabadalmi Hivatal)

38. ábra Egy Jurabit-termék csomagolása,
Just Krisztina tulajdonában

39. ábra Volfrám fém
www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Volfram.htm, 2012.05.05.

40. ábra Scheelit

www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Scheelit.htm, 2012.05.05.

41. ábra Volframit

www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Volframi.htm, 2012.05.05.

42. ábra A volfrám-halogén- ciklus

(a) a volfrám szál párolgása, (b) volfrám-oxihalid képződése, (c) a volfrám újra kiválik a szálra, zeiss-campus.magnet.fsu.edu/tutorials/halogencycle/halogencyclefigure1.jpg alapján, 2012.05.05.

43. ábra A lámpalyukasztásos kísérlethez szükséges eszközök saját felvétel

44. ábra A kísérlet képei a) a bekapcsolt izzó b) az izzó kilyukasztása c) a burára lecsapódó volfrám-oxid fehéres, halványsárga színűre színezi az üvegburát saját felvétel

45. ábra A megismételt kísérletek eredményeként hasonló mintázatú volfrám-oxid lerakódás alakult ki az üvegburákon, az izzószál alakja okozhatja ezt a jelenséget saját felvétel

46. ábra A kísérleti berendezés az oxigénmentes térben való izzításhoz saját felvétel

47. ábra Levágott végű karácsonyfaizzók saját felvétel

48. ábra Az kísérleti elrendezésben égő gyertya mellett a nem bekapcsolt levágott végű izzó saját felvétel

49. ábra Az igen gyengén világító karácsonyfaizzó, mely pár másodperccel később kiégett a szén-dioxidot és vizet is tartalmazó gáztérben. saját felvétel

50. ábra Oldalsó betekintő-nyílással rendelkező házi készítésű spektroszkóp, saját felvétel

51. ábra Dönthető optikai ráccsal rendelkező házi készítésű spektroszkóp, saját felvétel

52. ábra Hagyományos fénycső színeke CD-lemezen, saját felvétel

53. ábra Nagy nyomású Hg-lámpa, (Tungsram 50 W) vonalas színeke a CD lemezen saját felvétel

54. ábra Kadmium lámpa vonalas színeke saját felvétel

55. ábra Különböző fényforrások spektruma AvaSpec üvegszálás spektrométerrel felvéve saját felvétel

56. ábra A fénycső működésének alapelve

www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Feny cso.htm, 2012.05.05.

Táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: Dr. Just Sándornak az Amerikai Egyesült Államokban bejegyzett szabadalma
<http://home.frognet.net/~ejcov/just10.html>, (2012. 05.10.)
2. táblázat: Dr. Just Sándor Magyarországon nyilvántartott szabadalmi
3. táblázat: A fényforrások fejlődésének áttekintő táblázata 1802-1959-ig [73] alapján,
módosított és kiegészített táblázat
4. táblázat: A világítástechnika terén felhasznált kémiai elemek
5. táblázat: Tankönyvek összehasonlító táblázata a világítástechnika vonatkozásban

8. Irodalomjegyzék:

Az internetes oldalak utolsó látogatásának időpontját zárójelben adom meg.

[1] Dr. Just Sándor kiadatlan összefoglaló munkája az izzólámpagyártásról: „Die moderne elektrische Glühlampe – eine Übersicht über die Erfindung und Entwicklung der electrischen Glüh” címmel, keletkezésének pontos dátuma ismeretlen, a 1923 -1937 intervallumban

[2] Frisnyák Zsuzsa: [2a] „Az ívlámpa”, és [2b] „TUNGSRAM” bekezdések
História 1992/2, XIV. évfolyam 22-24. oldal
www.tankonyvtar.hu/historia-1992-02/historia-1992-02-081013-3, (2012.05.08.)

[3] Sipos András: „Villany a köztereken és a lakásban 1884–1914 ”
História 1992/2, XIV. évfolyam 22-24. oldal
www.tankonyvtar.hu/historia-1992-02/historia-1992-02-villany, (2012.05.08.)

[4] Millner Tivadar: „Az elektromos világítás kémiai problémái.”
A kémia és vívmányai II. rész. Kir. Magy. Természettudományi Társulat, Budapest, 1940;
www.kfki.hu/chemonet/hun/eloado/kemia/izzo.html (2012.05.08.)

[5] F. Sedlacek: „Blätter für Geschichte der Technik”
Verlag von Julius Springer, Wien, 1934

[6] Jeszenszky Sándor: „Találmányok és innovációk az elektrotechnika aranykorában”
„Tanulmányok a Természettudományok, a Technika és az Orvoslás Történetéből”
Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége, Budapest, 2011.

[7] Pollich János: „A fény forrása”,
Elektrotechnika, 1999. 12. sz. 472-475. old.

[8] D. Bender, E. E. Pippig: „Einheiten Maßsysteme SI”,
Akademie Verlag, Berlin, 1986

[9] Riedel Miklós: „A fizikai-kémiai definíciók és jelölések”,
Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, 1990

- [10] Bencze Géza, Bikki István, Haraszti Viktor, Koroknai Ákos, Sipos Antalné:
„A TUNGSRAM Rt. története 1896-1996”,
Aschner Lipót Alapítvány, Budapest, 2004
- [11] Surguta László: A TUNGSRAM-márka története
www.lampamuzeum.clanbasis.com/TungsrAm_Surguta.pdf, (2012. 05.10.)
- [12] 34541 lajstromszámú magyar szabadalmi leírás: dr. Just és Hanaman "Eljárás wolfram-ból
vagy molibdénből elektromos izzólámpákhoz való izzótestek előállítására”
Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala
- [13] Jeszenszky Sándor: „Az elektrotechnika magyar úttörői”
www.scitech.mtesz.hu/06jeszenszky/jesz4.htm, (2012. 05.10.)
- [14] dr. Radnóczy Györgyné „1905. Indul a vákuumlámpák gyártása”
www.sztnh.gov.hu/anim/a1_bovebb2.html, (2012. 05.10.)
- [15] Mészáros István: „Volfram-kutatás Magyarországon”
Az Eötvös Társulat Bródy-centenáriumán tartott előadás, Fizikai Szemle 1992/5. 188.o.,
www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9205/mi9205.html, (2012. 05.10.)
- [16] Pillitz Dezső: „A villamos izzólámpa fejlődése”,
Elektrotechnika, 1942. (35. évf.) 1. szám 12-13p.
- [17] Radnóczy Györgyné: „1913. Volfrámszálas izzólámpa”
www.sztnh.gov.hu/anim/a1_bovebb3.html, (2012. 05.10.)
- [18] <http://oldradio.tesla.hu/szetszedtem/105genura/fenyforrasok.doc>, (2012. 05.10.)
- [19] O. Kaposi, M. Riedel: „Experimental Study of Positive Ion Emission from Tungsten”,
II. Acta Chim. Acad. Sci. Hung. 69 (1971) 19
- [20] M. Riedel, O. Kaposi, R. Karácsonyi: „On Determination of the Diffusion Coefficient by
Means of Spontaneous Thermal Ion Emission”, Annales Univ. Sci. Budapest. XII (1971) 207

- [21] L. Kozma, M. Riedel, L. Bartha: „Study of the Grain Boundary Diffusion of Iron in Tungsten by Means of Autoradiographic and Secondary Ion Mass Spectrometric Methods”, Phys. Stat. Sol. (a) 26 (1974) 711
- [22] M. Riedel, K. Balthazár-Vass, L. Lelik: „Massenspektrometrische Analyse der Gasentwicklung aus Wolfram bei Sinterung in Vakuum” Tungstam Techn. Mitt. N^o 38 (1978) 1591
- [23] M. Riedel, H. Düsterhöft, F. Nagel: „Investigation of tungsten cathodes activated with Ba₂CaWO₆ in Vacuum”, 61 (2001) 169
- [24] Jeszenszky Sándor: „Ismét dr. Just Sándorról”, Budai Polgár, XIII. évfolyam 2.szám 2004. január 22,
- [25] Sitkei Gyula: „A magyar elektrotechnika nagy alakjai Energetikai Kiadó” Kht., Budapest, 2005, 169-178.
- [26] Dr. Just Sándor önéletrajza, 1893, Bécsi Egyetemi Könyvtár
- [27] www.hwph.de/historische-wertpapiere/losnr-auktnr-pa22-76.html, (2012. 05.10.)
- [28] 34632 lajstromszámú „Eljárás elektromos izzólámpák számára való önmagukat regeneráló szénszálak előállítására” Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala
- [29] J. W. Hammond: „Men and Volts - The Story of General Electric”, J. B. Lipincott Co., New York, 1941. <http://home.frognet.net/~ejcov/just10.html>, (2012. 05.10.)
- [30] A. Heerding, „The History of N.V. Philips” Cambridge University Press, Cambridge, 1988,
- [31] Rojkó Annamária: „Aki a korát megelőzte –Aschner Lipót élet”, Kossuth Kiadó ZRt., Budapest, 2011

[32] gechistory.org./index.php/people/hugo-hirst?showall=1 (2010.05.23.)

Az oldal ebben a formában már nem elérhető

[33] Perczel Aladár visszaemlékezése eddig publikálatlan gépelt irat másolat

Jeszenszky Sándor tulajdonában

[34] „A nemzetgyűlés 338. ülése 1924. évi november hó19-én”

www3.arcanum.hu/onap/pics/a.pdf?v=pdf&a=pdf&p=PDF&id=KN-1922_27/KN-1922_27%20311&no=0, (2012.05.10.)

[35] www.radiomuseum.hu/index_orion.html, (2012.05.10.)

[36] 24338 lajstromszámú „Eljárás elektromos izzófényű lámpákhoz való izzótestek előállítására”,

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[37] 86851 lajstromszámú ”Eljárás elektromos izzólámpákba való izzótestek előállítására”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[38] 100498 lajstromszámú szabadalmi leírás „Katóda elektroncsövekhez és eljárás előállítására”,

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[39] 101129 lajstromszámú szabadalmi leírás „Katód elektroncsőhöz és eljárás annak előállítására”,

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[40] 54240 lajstromszámú szabadalmi leírás „Dezinfektor”,

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[41] 104814 lajstromszámú szabadalmi leírás „Ellenállásanyag elektromos ellenállásokhoz”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[42] 106583 lajstromszámú szabadalmi leírás „Berendezés repülőgépek és léghajók tájékozódására a légi forgalomban”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[43] 107196 lajstromszámú szabadalmi leírás „Levehető fémkorona illetőleg híd és eljárás annak előállítására és felerősítésére”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[44] 109451 lajstromszámú szabadalmi leírás „Fogmúdarab (protézis) és eljárás annak előállítására”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[45] 109954 lajstromszámú szabadalmi leírás „Betétlemez fogmúdarabok tömítésére és eljárás annak előállítására”

Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala

[46] www.britannica.com/EBchecked/topic/49876/balata, (2012. 05.10.)

[47] Marx György: „Volt egyszer egy XX: század”

Népszabadság Hétfvége, 1996. január 6., 54. évfolyam 5. szám

[48] F. R. Paturi: „A technika krónikája”

Officina Nova , 1991, 368.o.

[49] Csetri Elek, Jenei Dezső: „Technikatörténeti kronológia”

Studium Kiadó, Kolozsvár, 1998, 380-388

[50] Ötvös Zoltán: „Izzó történet”

Népszabadság Magazin, Budapest, XI. évf. 11. sz. , 2001. márc.15., 8-9.o.

[51] Dr. Rosta István: „Magyarország technikatörténete”,

Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 1999

[52] Köteles Viktória: „88 magyar találmány”

Sanoma Budapest Zrt., 2010

[53] <http://www.interkert.hu/kerti-kellekek/kerti-vilagitas/vilagitas-tortenete>, (2012.05.10.)

[54] O. A. Neumüller : „Römpp vegyészeti lexikon”, Negyedik kötet Q- Zs
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984

[55] Bodonyi Ferenc, Pitter György: „Kémiai összefoglaló”
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2000, 354-355. oldal

[56] „Természettudományi lexikon”
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968, 794-795

[57] W. Schalko, K. Gössinger, W. D. Schubert, B. Zeiler: „Wolfram-Ein besonderes Metall für
den Chemieunterricht” (Teil 1)
Chem. Sch. (Salzburg) 20 (2005), Nr. 2 20-28

[58] W. Schalko, K. Gössinger, W. D. Schubert, B. Zeiler: „Wolfram-Ein besonderes Metall für
den Chemieunterricht” (Teil 2)
Chem. Sch. (Salzburg) 20 (2005), Nr. 3., 14-20

[59] W. Schalko: „Wolfram experimente im Anfangsunterricht”
Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Heft 93., 05.2006.

[60] Riedel Miklós: „Fogalmak és pontosítások a kémia oktatásban”
Kézirat, ELTE, 2011

[61] Riedel Miklós előadása, Fényforrások, a petróleumlámpától a kompakt fénycsővekig”
http://nepszerukemia.elte.hu/alkimia_Riedel_11.pdf, (2012.05.08.)

[62] Arató András: „Világítástechnikai kislexikon”,
www.efficientlighting.net/formerdoc/pubdoc/ELI255.pdf, (2012.05.10.)

[63] CRC Handbook of Physical Chemistry,
74th. ed., CRC Press, Boca Raton etc. 1993-1994

[64] http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/light/cd_spectroscope/spectroscope.html, (2012.05.08.)

[65] Adorjárné F. Magdolna (ford.): „Vess egy új pillantást a fényre: készítsd el a saját spektroszkópod”

www.scienceinschool.org/2007/issue4/spectrometer/hungarian, (2012.05.08.)

[66] AvaSpec-2048 Standard Fiber Optic Spectrometer leírása:

www.avantes.com/UV-/VIS-Spectrometers/AvaSpec-2048-Fiber-Optic-Spectrometer/Detailed-product-flyer.html, (2012.05.06.)

[67] Riedel Miklós összeállítása:

http://foundation01.chem.elte.hu/Vegyesz_MSC/7_meres/Avaspec%20keszulekkeiras%2007.pdf
(2012.05.06.)

[68] Rózsahegyi Márta, Wajand Judit: „575 kísérlet a kémia tanításához”

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1991, 433. o.

[69] <http://hu.wikipedia.org/wiki/Auer-%C3%A9g%C5%91>, (2012.05.10.)

[70] www.gesholding.com/tudastar/fenyforrasok, (2012.05.10.)

[71] <http://tripontlightacademy.hu/profiles/blogs/fenyforras-tipusok>, (2012.05.10.)

[72] hu.wikipedia.org/wiki/Izz%C3%B3l%C3%A1mpa, (2012.05.10.)

[73] Pillitz Dezső: „A korszerű világításgazdaság, a villamos izzólámpák és szerelvények fejlődése”, Elektrotechnika, XXI. évfolyam, 15-16. szám, Budapest, 1928.

[74] Inzelt György: A periódusos rendszer aljáról az érdeklődés középpontjába
A ritkaföldfémek , Természet Világa, 142. évfolyam, 11. szám, 2011. november

[75] Siposné Kedves Éva, Horváth Balázs, Péntek Lászlóné: „Kémia - 8. osztály Szervetlen kémia”

Mozaik Kiadó, Szeged, 2005

[76] Boksay Zoltán: „Kémia 9. a gimnáziumok számára”

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1. kiadás, 2001

[77] Balázs Lórántné, Tóth Zsuzsa: „Kémia Nemfémek és vegyületeik”,

Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 2001

[78] Tóth Zsuzsa: „Kémia Fémek”

Calibra Kiadó, Budapest, 1994

[79] Z. Orbán Erzsébet: „Kémia III. a 9. évfolyam számára”

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 4. kiadás 2001.

[80] Kónya Józsefné, Kocsisné Zalán Judit: „Kémia 9.”

Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2005

9. Köszönetnyilvánítás

A szakdolgozati téma felvetéséért, annak kidolgozási lehetőségéért, a kísérletezésben, valamint az irodalmazásban nyújtott segítségéért köszönetet mondok témavezetőmnek, Dr. Riedel Miklósnak.

Köszönetet mondok Dr. Jeszenszky Sándornak az eddig publikálatlan iratok, valamint könyvritkaságok rendelkezésemre bocsátásáért, valamint elévülhetetlen tevékenységéért, mellyel felélesztette újra dr. Just Sándor emlékét.

Köszönetemet fejezem ki Gács Jánosnak, a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala munkatársának a szabadalmak felkutatásában nyújtott segítségéért.

Hálás vagyok elhunyt nagyapámnak Just Bélának és feleségének Just Béláné Sedlák Margitnak, hogy a múlt század viharos évtizedeiben is megőrizték dédapám tudományos hagyatékát. Köszönet illeti meg Édesanyámat, Just Krisztinát aki a Just család iratait összerendezte, és tanulmányozásra, valamint feldolgozásra átadta nekem.

Köszönetet mondok Himics Friderikának a kísérletek előkészítésénél nyújtott segítségéért.

NYILATKOZAT

Név: Babay-Bognár Krisztina

ELTE Természettudományi Kar, szak: Kémia tanár

ETR azonosító: BAKEABT.ELTE

Szakdolgozat címe: **Az izzólámpagyártás kezdetei**

A szakdolgozat szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások standard szabályait következetesen alkalmaztam.

Budapest, 2012. május 10.

a hallgató aláírása