Világítástechnikai Szakreferens képzés

2. Fényforrások

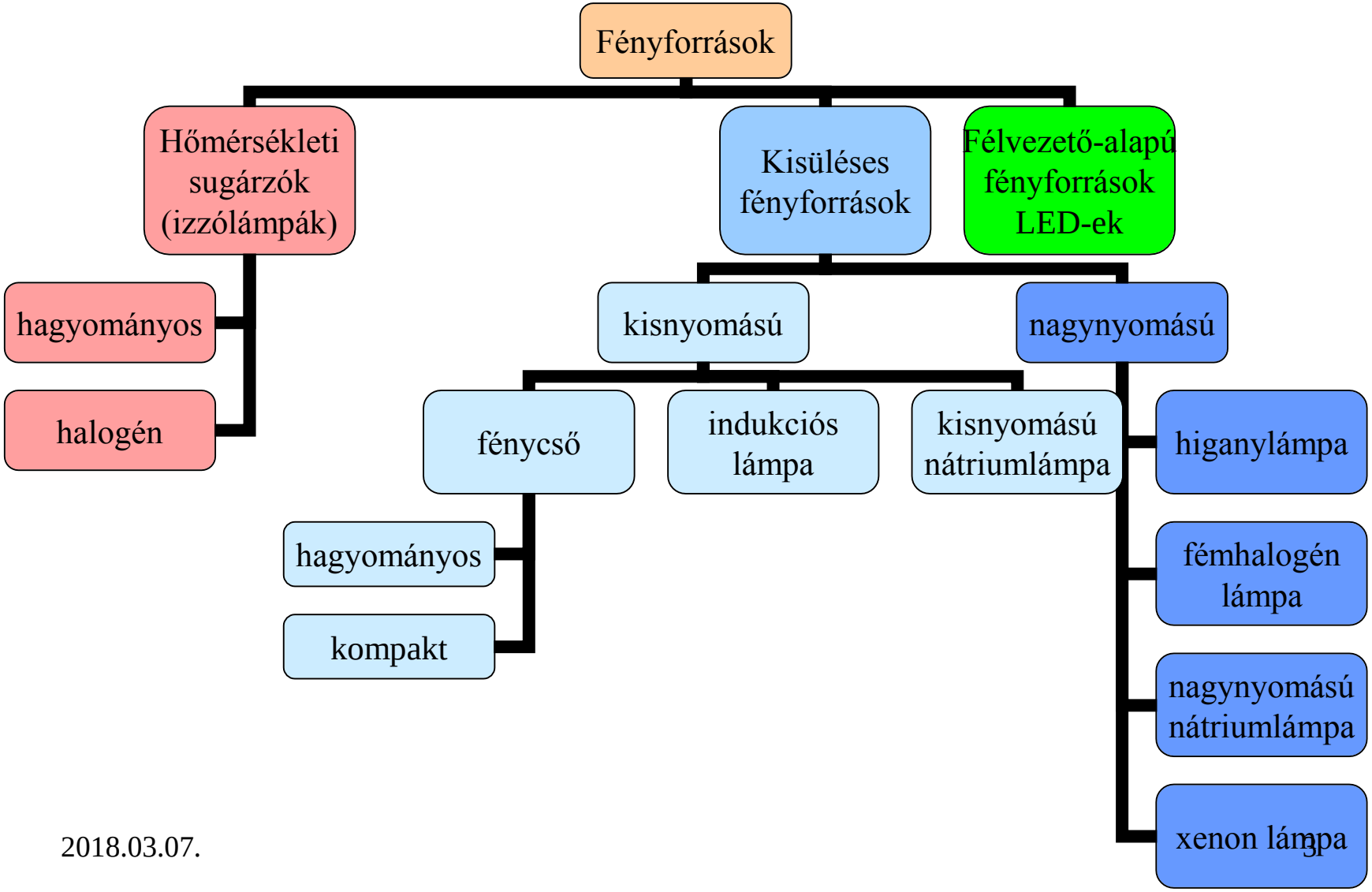
Molnár Károly Zsolt
molnar.karoly@kvk.uni-obuda.hu

Hőmérsékleti sugárzók

Kisüléses fényforrások

Lehet
Egyéb
Dolog

FÉNYFORRÁSOK CSOPORTOSÍTÁSA



FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

GAZDASÁGOSSÁG

- Fényhasznosítás

- Élettartam
  - átlagos
  - névleges
  - garantált
  - prognosztizált

FÉNYMINŐSÉG

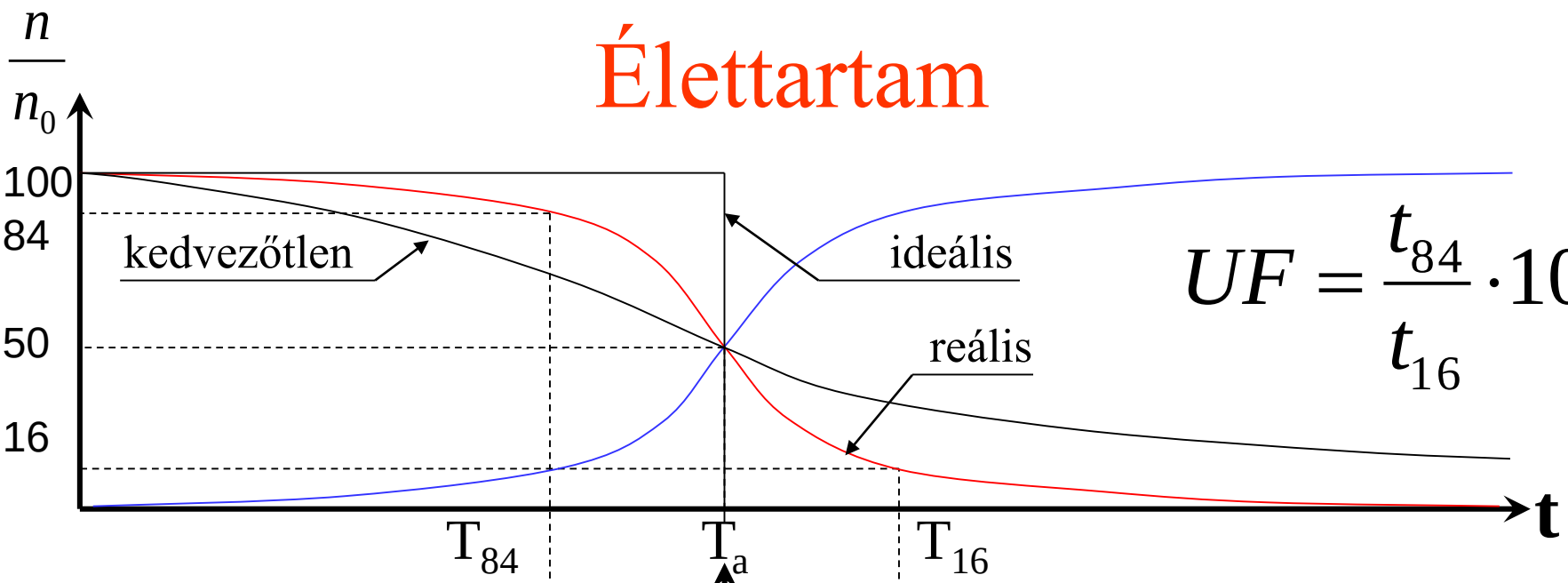
- Színhőmérséklet (CCT)

- Színvisszaadás (CRI)

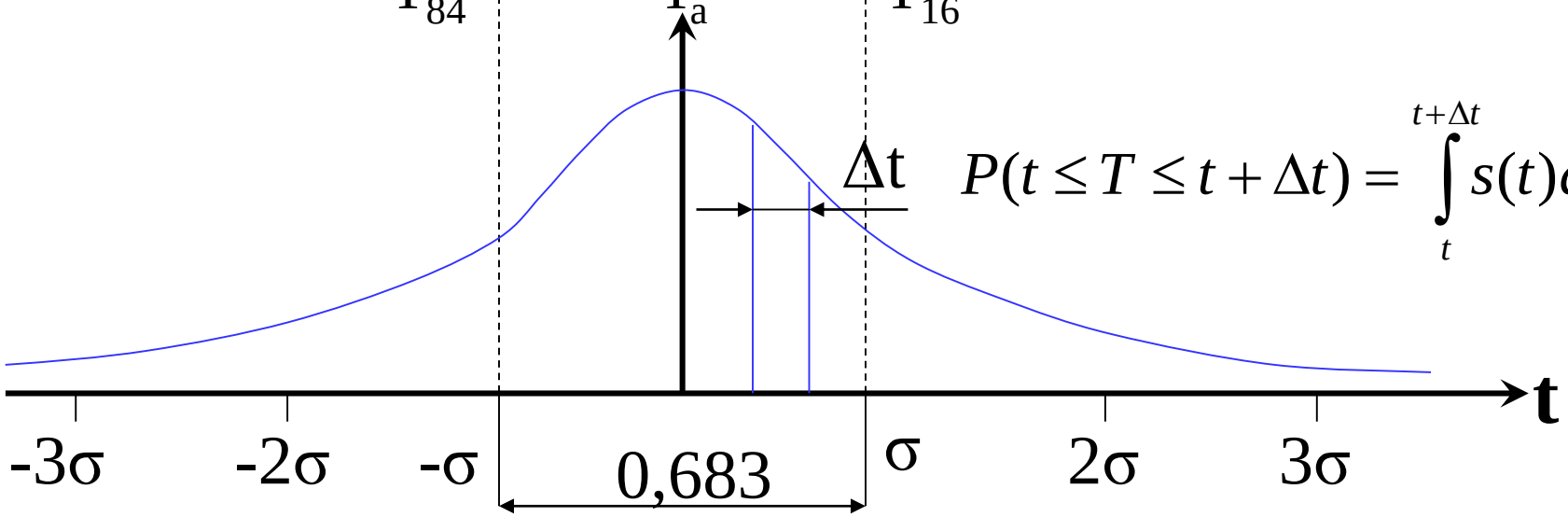
Color rendering image used for illustrative purposes only.

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

Élettartam



$$UF = \frac{t_{84}}{t_{16}} \cdot 100$$



$$P(t \le T \le t + \Delta t) = \int_t^{t+\Delta t} s(t)dt$$

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

- **<u>Színhőmérséklet</u>** (CT) [K]

A fekete test azon hőmérséklete, amelyen színe megegyezik a vizsgált fényforrás színével (mértékegysége: K)

(Valójában nem létezik.)

<u>Korrelált színhőmérséklet</u> (CCT) [K]

A fekete test azon hőmérséklete, amelyen színe <u>legkevésbé tér el</u> a vizsgált fényforrás színétől (mértékegysége: K)

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

Fényforrások csoportosítása színhőmérséklet szerint

Színhőmérsékleti csoport	Jelölés	Színhőmérsékleti tartomány
Melegfehér	WW	$T_{CCT} \leq 3300$ K
Semlegesfehér	NW	$3300 \text{ K} < T_{CCT} \leq 5300$ K
Hidegfehér	CW	$T_{CCT} > 5300$ K

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

- Színvisszaadási index (CRI ; Ra)

Color rendering image used for illustrative purposes only.

Annak hatása, hogy egy tárgy színe hogyan jelenik meg a vizsgált fényforrás fényénél, összehasonlítva egy referencia fényforrás esetén tapasztalt színnel.

Megjegyzés: *Ra* származtatása 8 db egyedi színminta színvisszaadási indexének átlagából történik. *Ra* egy mértékegység nélküli, 0-100 közé eső mérőszám.

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

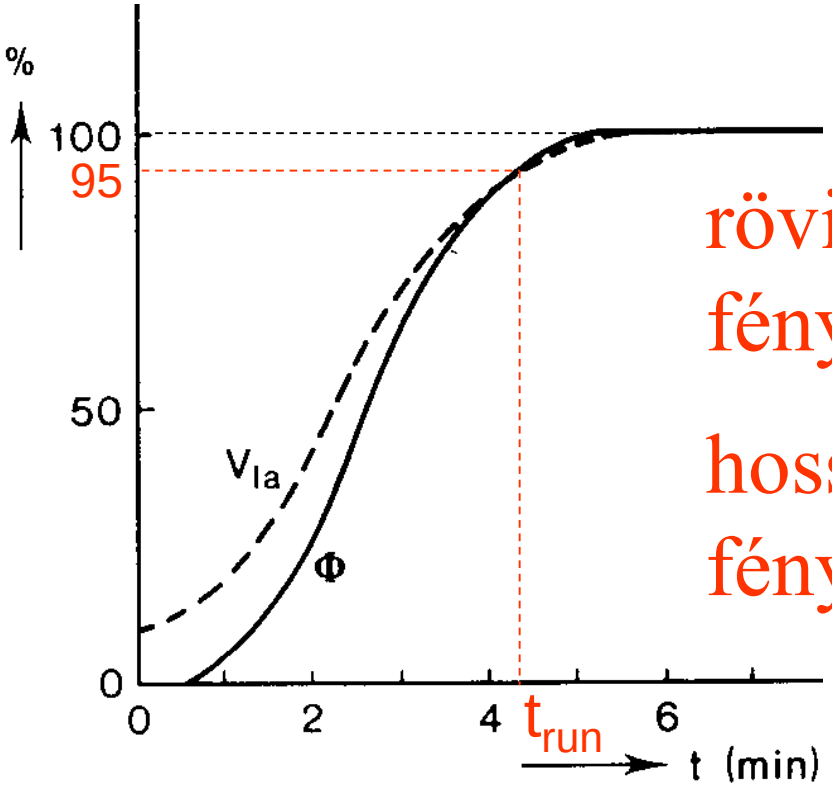
Fényforrások csoportosítása színhőmérséklet szerint

Színvisszaadási index	Minősítés	CRI csoport	Csoportba tartozó fényforrások
90÷100	kiváló	1A	izzólámpák, speciális LED-ek
80÷90	kiváló	1B	fénycsövek, CFL, fémhalogén-lámpák, normál LED-ek
70÷80	jó	2A	régi fénycsövek, régi fémhalogén-lámpák, régi LED-ek
60÷70	jó	2B	nagynyomású higanylámpa
40÷60	közepes	3	nagynyomású nátriumlámpa
0÷40	rossz	4	kisnyomású nátriumlámpa

FÉNYFORRÁSOK JELLEMZŐI

- Felfutási idő (t_{run})

Az az időtartam, ami alatt a fényforrás fényárama eléri az állandosult fényáramának 95%-át.



rövid felfutási idejű fényforrások: $t_{run} \leq 6$ sec

hosszú felfutási idejű fényforrások: $t_{run} > 6$ sec

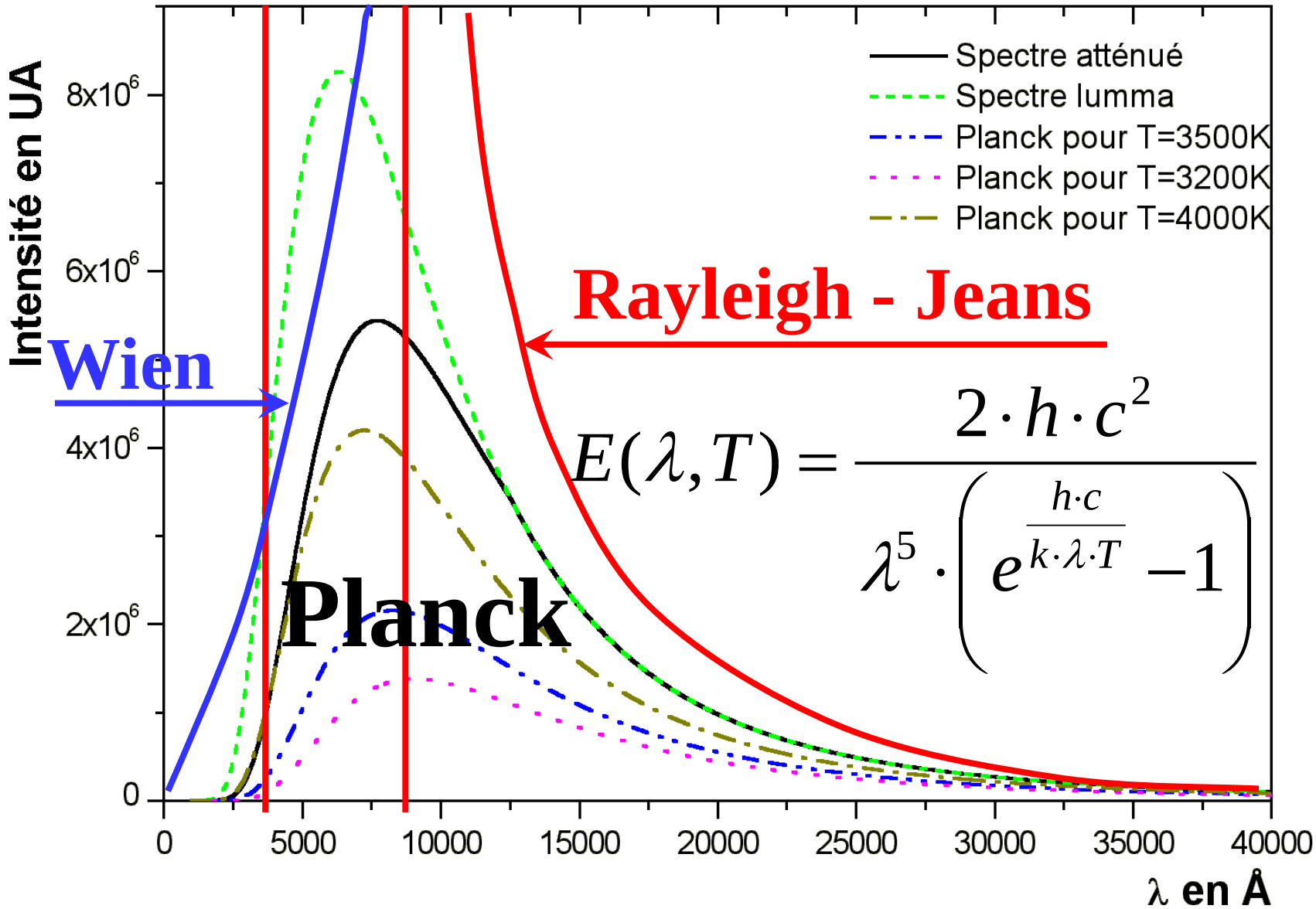
FÉNYFORRÁSOK PARAMÉTEREI

Fényforrás	Élettartam [óra]	Fényhasz-nosítás [lm/W]	CCT [K]	CRI	Felfutási idő
Hagyományos izzók	1000	8 – 15	2500 – 2700	100	rövid
Halogénizzók	500 – 2000	15 – 25	2700 – 3000	100	rövid
Fénycsövek	12 – 24 ezer	80 – 100	2700 – 6500	> 80	rövid
Kompakt fénycsövek (CFL)	6 – 12 ezer	40 – 60	2700 – 6500	> 80	hosszú
Kisnyomású nátriumlámpa	12 – 14 ezer	~200	~2000	< 0	hosszú
Nagynyomású higanylámpa	12 – 16 ezer	40 – 50	~4500	40 – 60	hosszú
Nagynyomású nátriumlámpa	18 – 24 ezer	80 – 120	~2200	20 – 40	hosszú
Fémhalogén-lámpa	4 – 12 ezer	60 – 100	3000 – 6500	60 – 90	hosszú
LED	> 30.000	> 100	2700 – 6500	> 70	rövid

Izzólámpák

A hőmérsékleti sugárzásra vonatkozó tapasztalati törvényszerűségek:

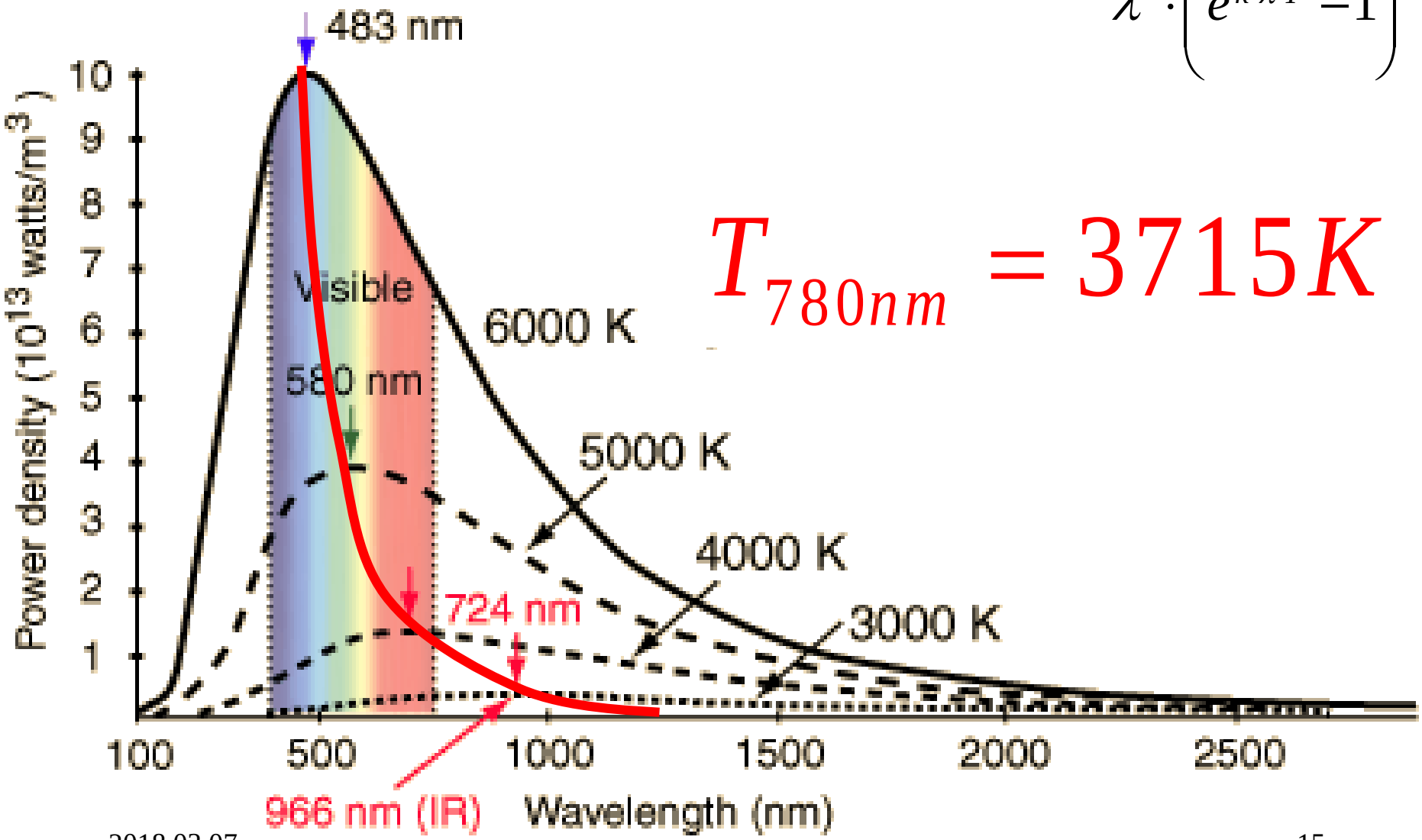
1. A kellően nagy hőmérsékletű test az energia egy részét fény formájában is sugározza.
2. A kisugárzott fényenergia a test hőmérsékletének növelésével növekszik.
3. Azonos hőmérsékletű testek közül az sugároz legjobban, amelyik a sugárzást legjobban elnyeli.



$$E(\lambda,T)=\frac{2\cdot h\cdot c^2}{\lambda^5\cdot\left(e^{\frac{h\cdot c}{k\cdot\lambda\cdot T}}-1\right)}$$

Planck

$$E(\lambda,T)=\frac{2\cdot h\cdot c^2}{\lambda^5\cdot\left(e^{\frac{h\cdot c}{k\cdot\lambda\cdot T}}-1\right)}$$



$$T_{780nm}=3715K$$

Halogénlámpák

(halogénizzók)

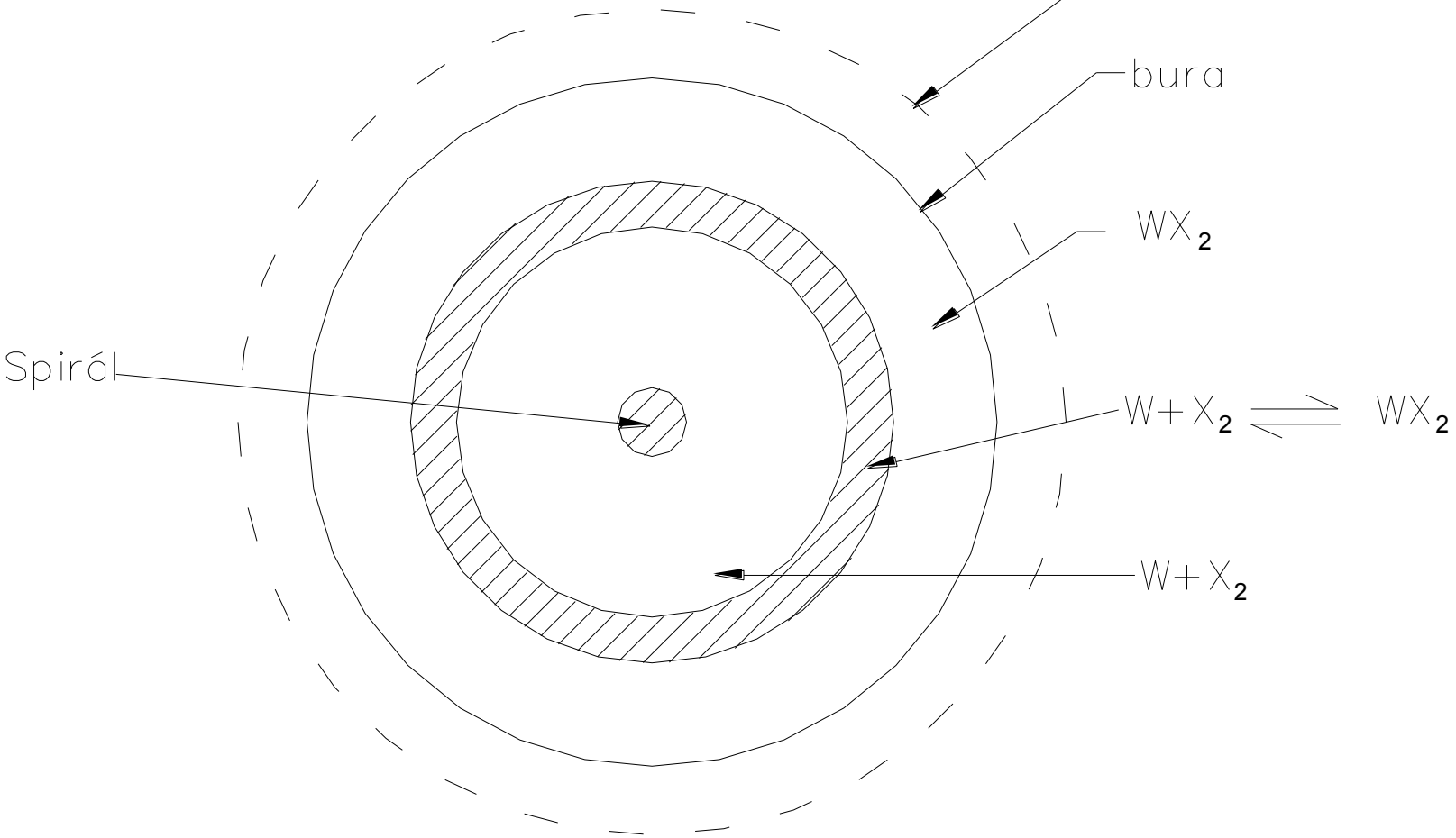
Volfrám-halogén regeneratív körfolyamat

$$W + 2X \xrightarrow{hidegebb_helyen} WX_2$$

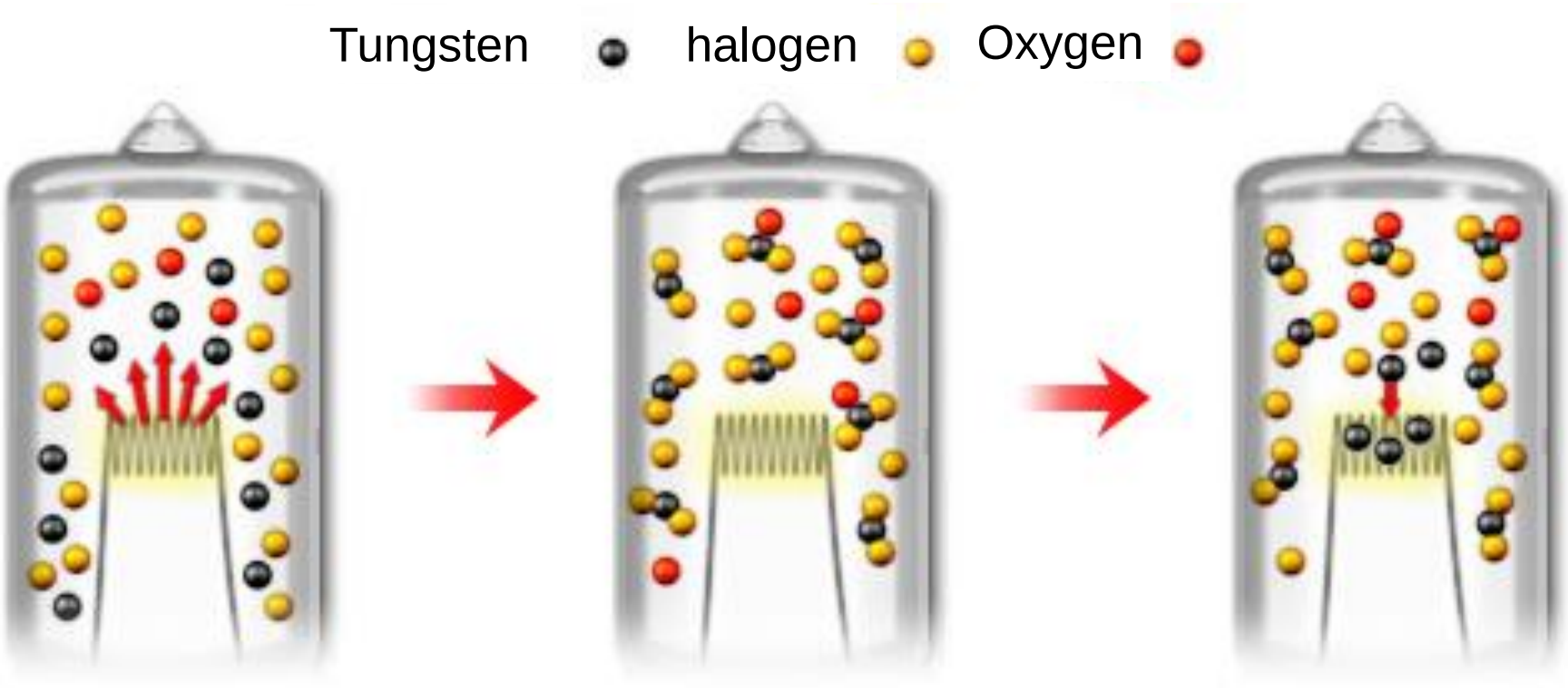
$$W + 2X \xleftarrow{melegebb_helyen} WX_2$$

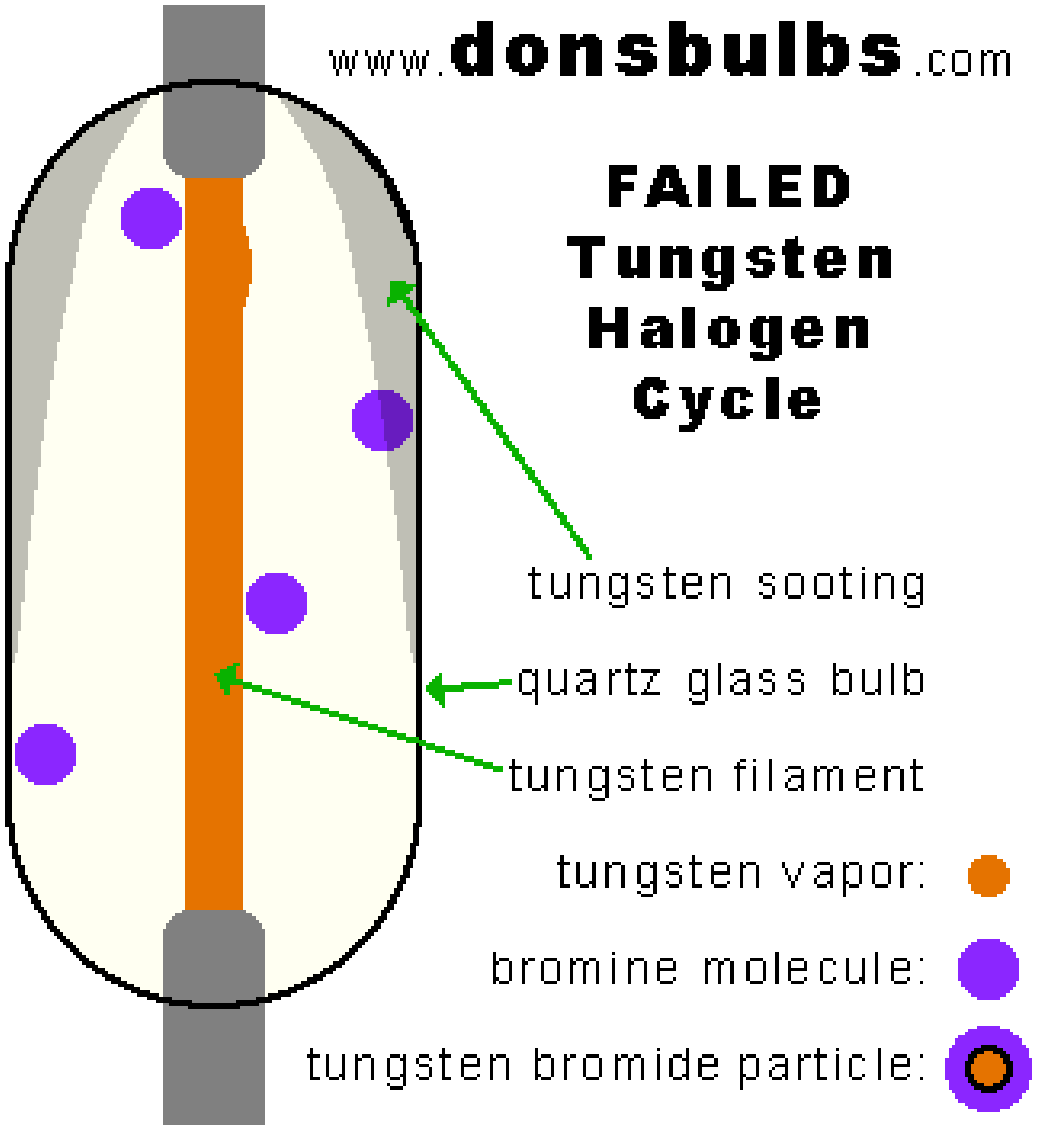
$$W + 2X \xleftrightarrow{regeneratív} WX_2$$

Volfrám-halogén regeneratív körfolyamat

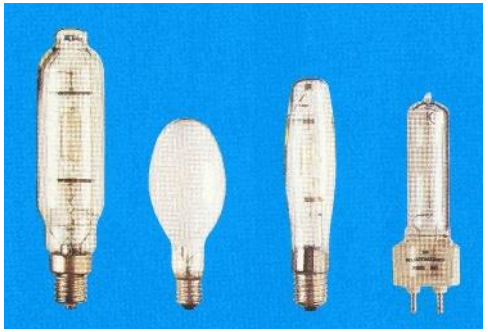


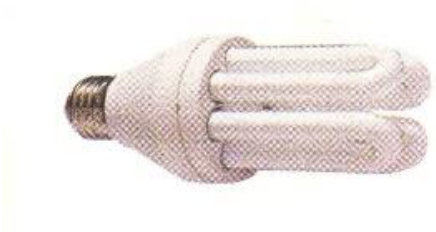
Tungsten-Halogen regenerative **cycle**

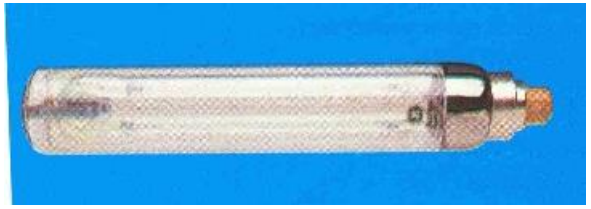


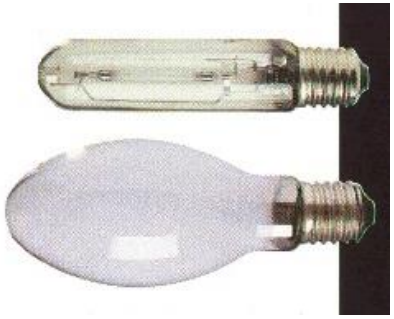

www.donsbulbs.com
FAILED
Tungsten
Halogen
Cycle
tungsten sooting
quartz glass bulb
tungsten filament
tungsten vapor:
bromine molecule:
tungsten bromide particle:

Kisülőlámpák

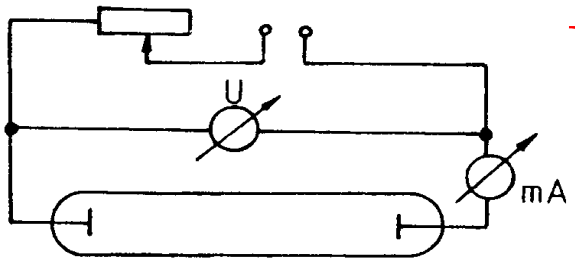








Kisülőlámpák



ÜTKÖZÉS e^- → atom

RUGALMATLAN

Ionizáció

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \geq E_{ion}$$

áramsűrűség növekedés

ÖNFENNTARTÓ KISÜLÉS

Gerjesztés

$$\Delta E = h\,f$$

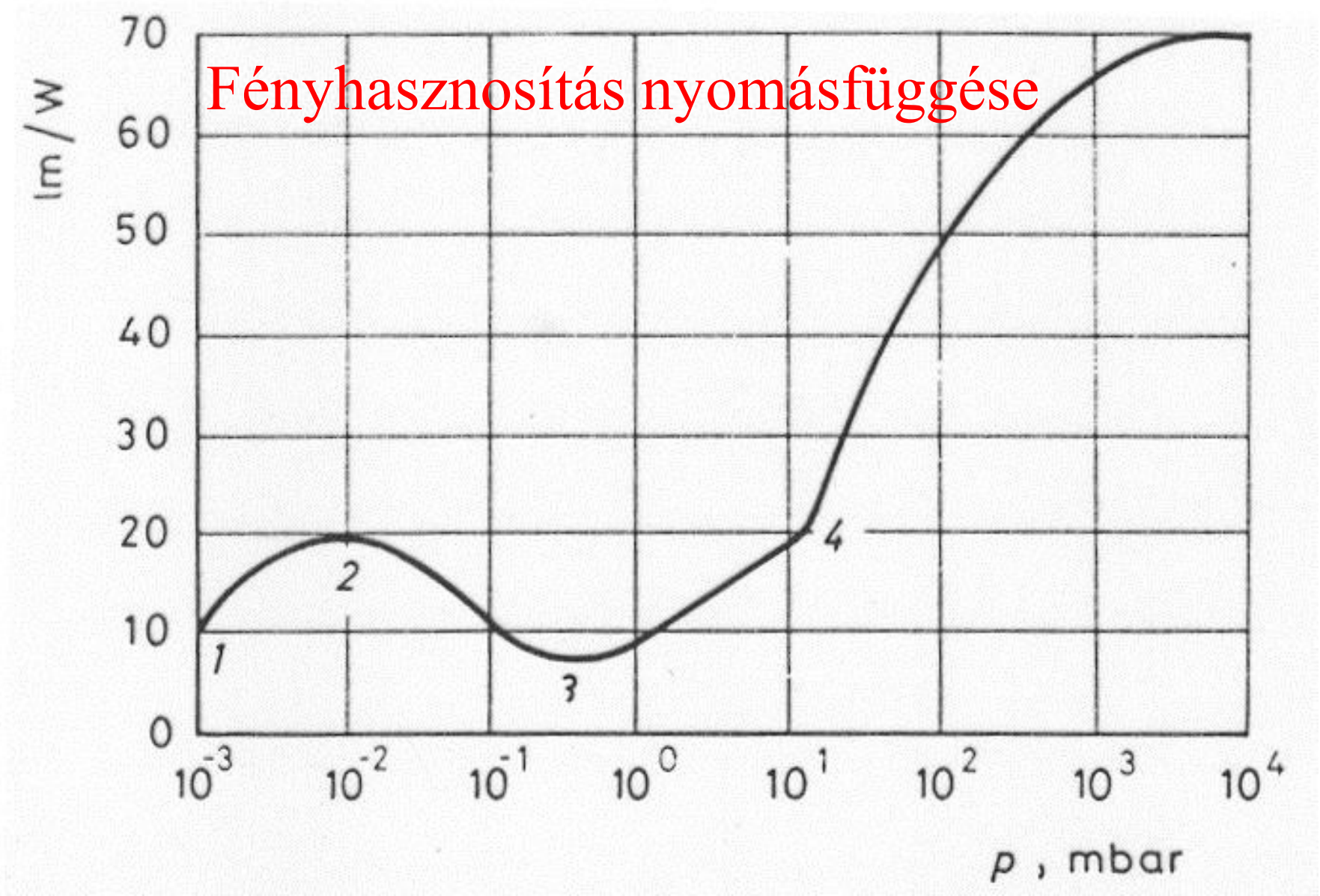
FÉNY

RUGALMAS

hőfejlődés

(világítástechnikailag kedvezőtlen)

Kisülőlámpák



Kisülőlámpák

A gőznyomás növelésével:

→ rezonanciavonalak elnyelődnek

→ ütközések száma növekszik

→ csökken a szabad úthossz

→ csökken az elektronok kinetikus energiája

→ nő a sugárzás hullámhossza

→ atomok perturbációja miatt vonalkiszélesedés

Kisülőlámpák

A gőznyomás növelésével:

→ növekszik a rekombinációk száma

→ hőtermelődés

→ folytonos színkép megjelenése

→ a plazma lokális termodinamikai egyensúlya

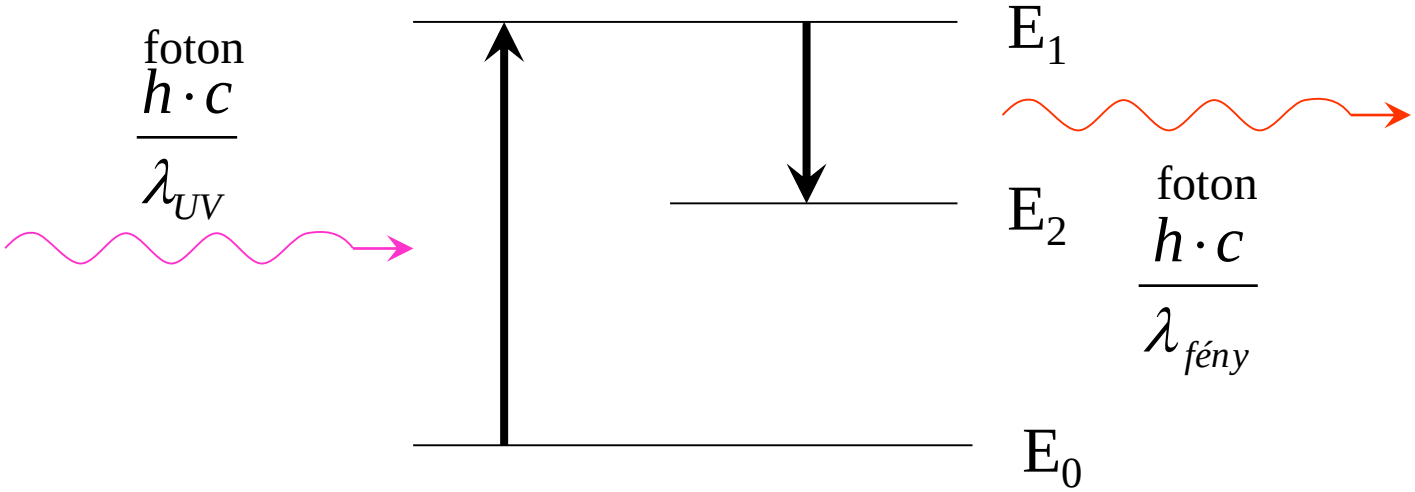
→ a kisülés a kisülőcső tengelyére korlátozódik

Kisülőlámpák

FÉNYPOROK

Feladatai:
1. UV → fény
2. megfelelő színképi összetétel elérése

Működési elve: lumineszcencia



FÉNYPOROK

Alkalmazás szerinti felosztásuk:

FÉNYCSÖVEKBEN

NAGYNYOMÁSÚ
Hg-lámpákban

LEDEKBEN

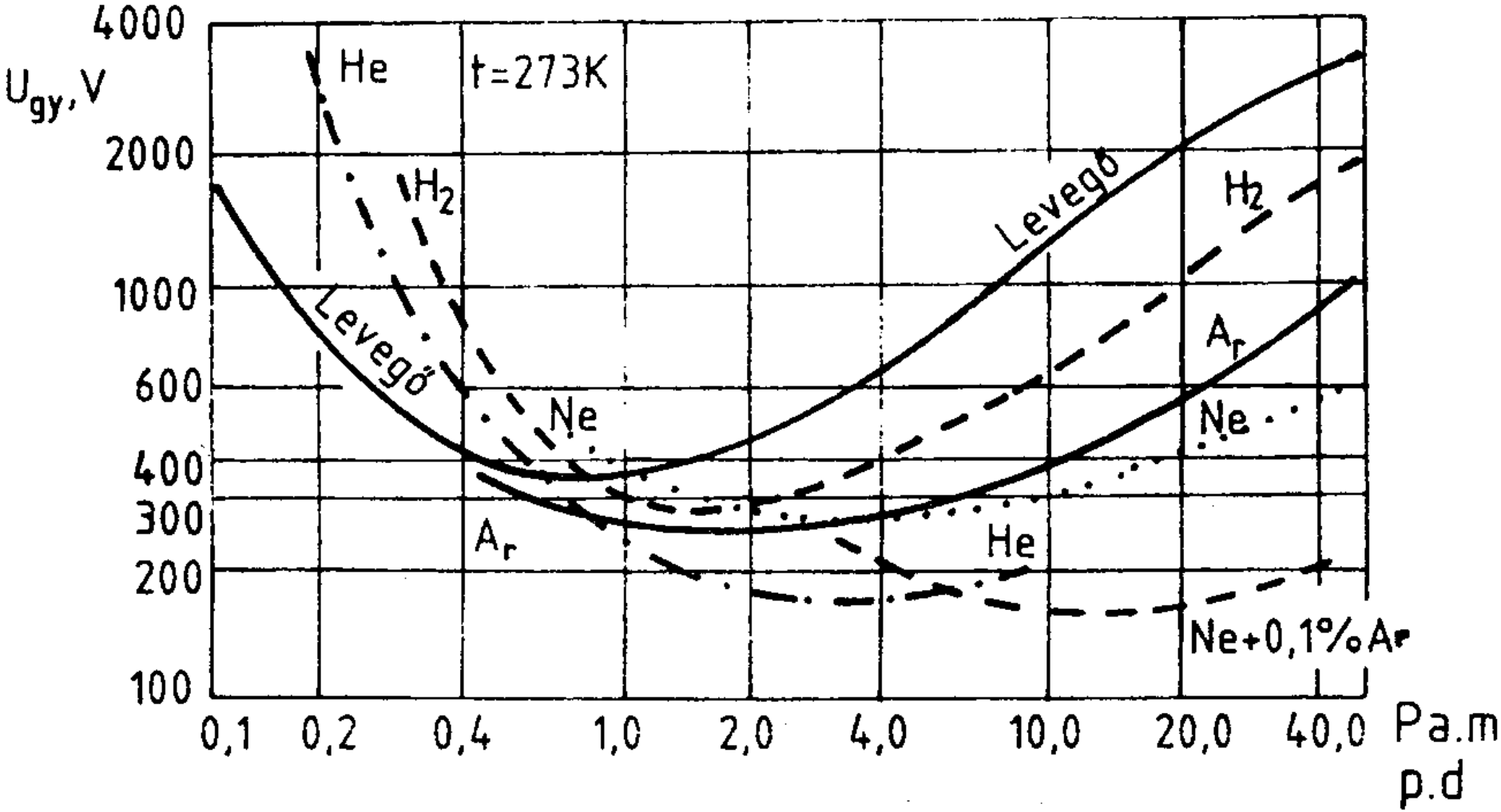
Kisnyomású kisülőlámpák

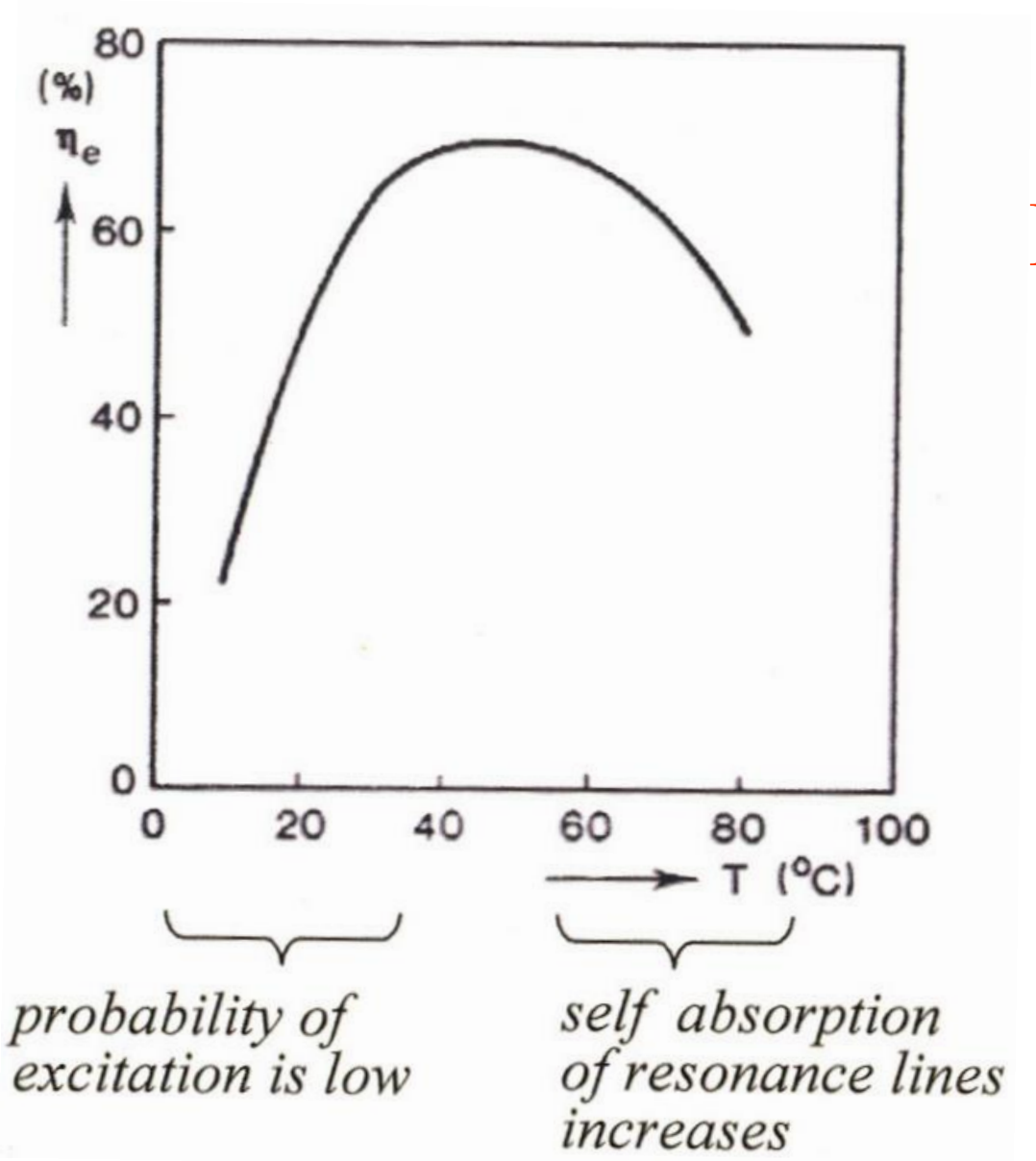
(FÉNYCSŐ)

FÉNYCSŐ

Az egyes átmenetekhez tartozó gerjesztési potenciál, V	Hullámhossz, nm	
0... 6,7	185,0	ultra-
0... 4,9	253,7	ibo-
5,5.. 8,8.	365,5	lya
4,7... 7,7	404,7	
4,9... 7,7	435,8	
5,5... 7,7	546,1	látható
6,7... 8,8	579,1	

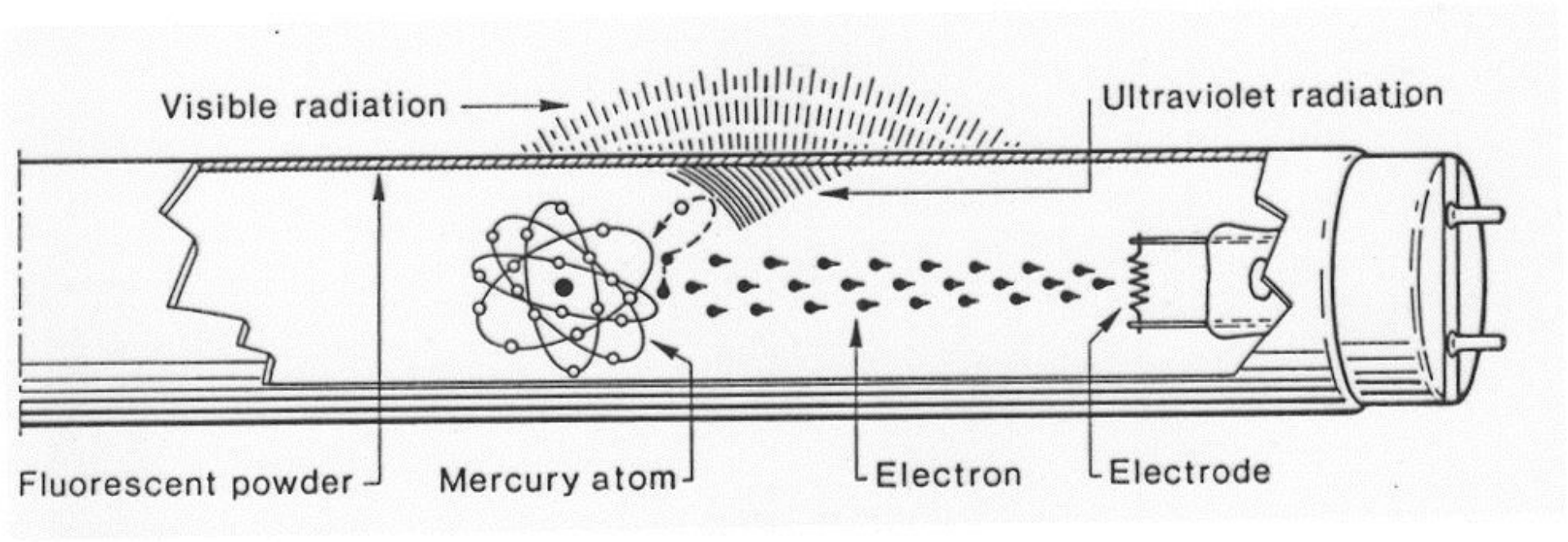
FÉNYCSŐ starter gáz: Ar vagy Kr



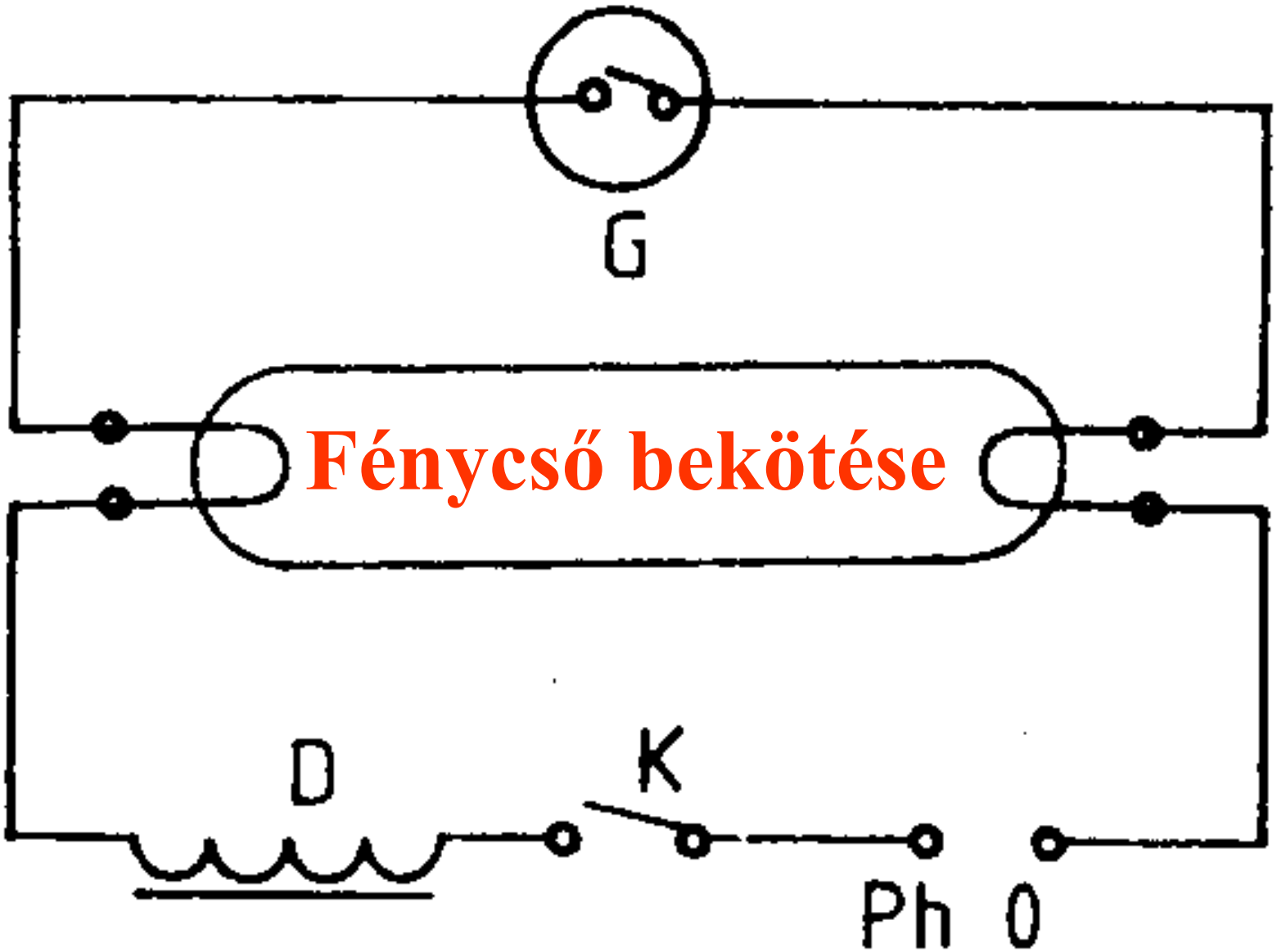


Fényhasznosítás hőmérséklet-függése

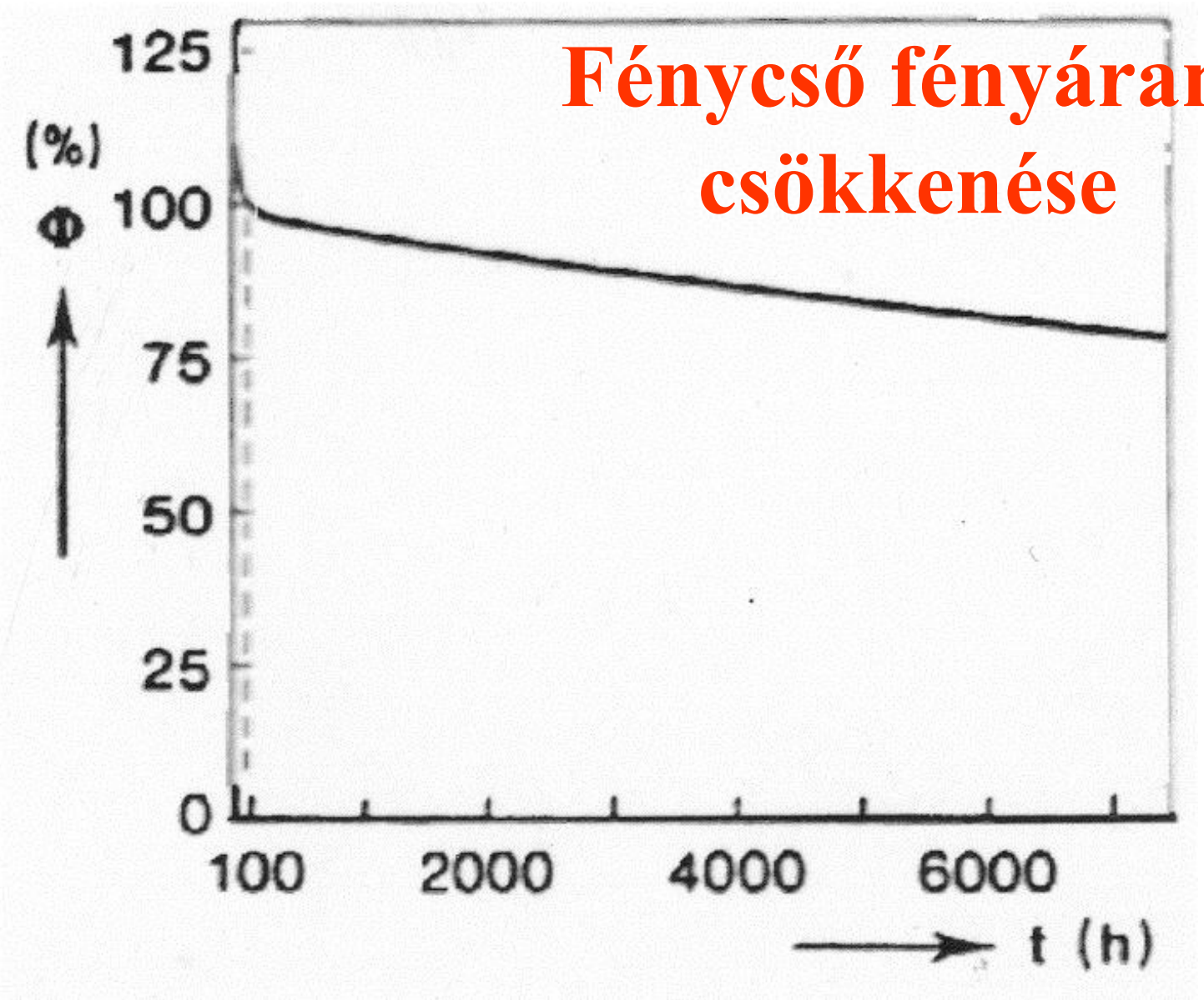
Fénycső működési elve



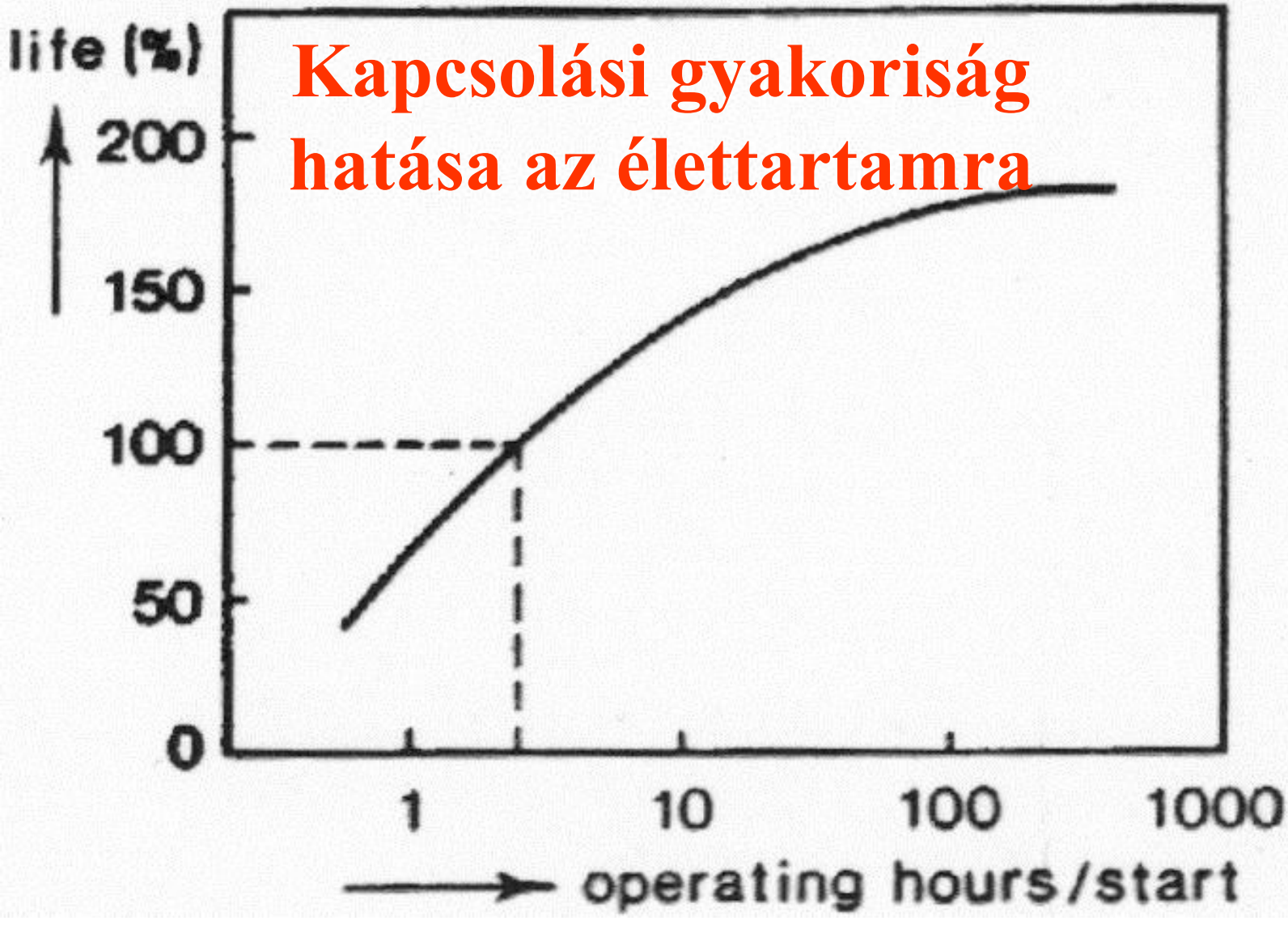
Fénycső bekötése



Fénycső fényáram csökkenése

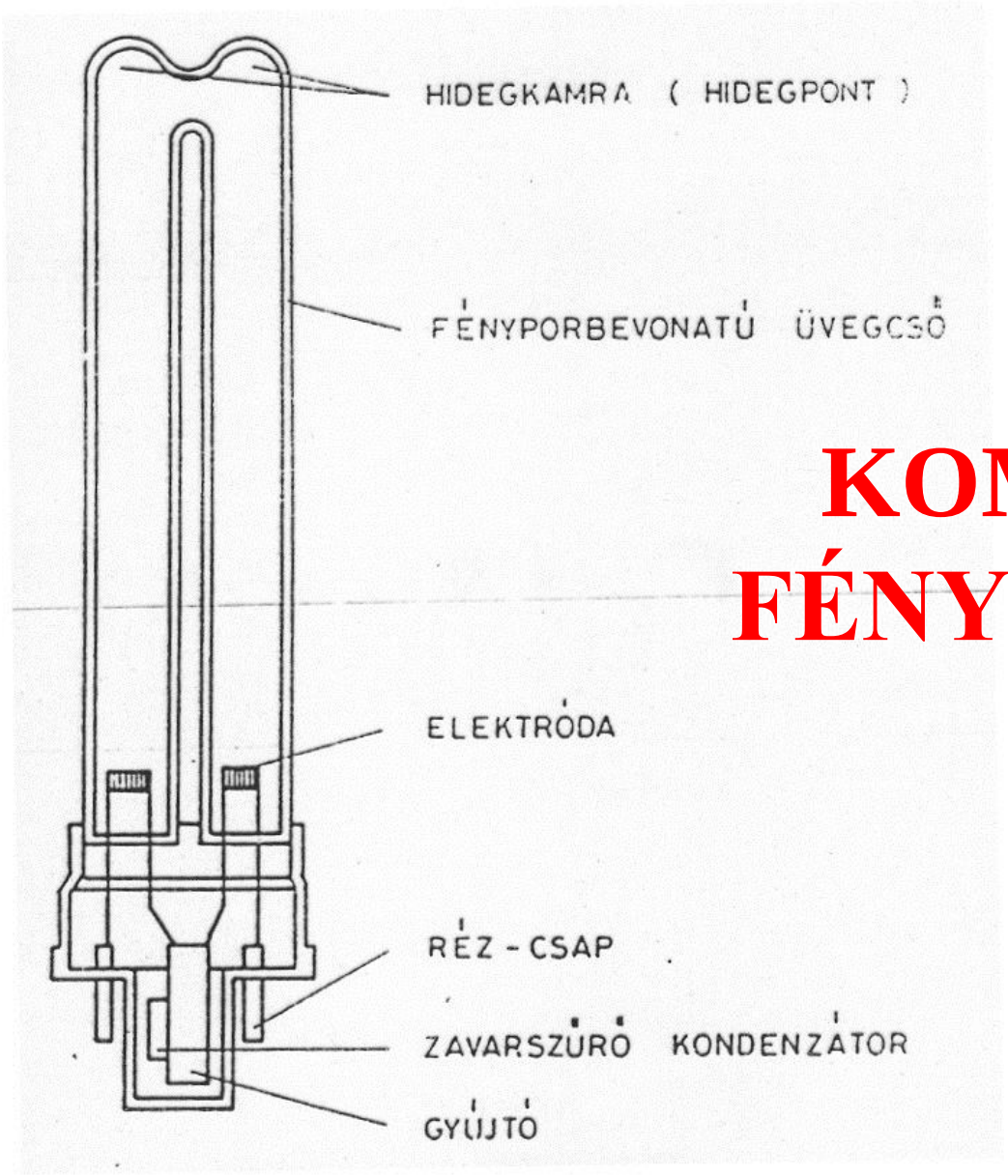


Kapcsolási gyakoriság hatása az élettartamra

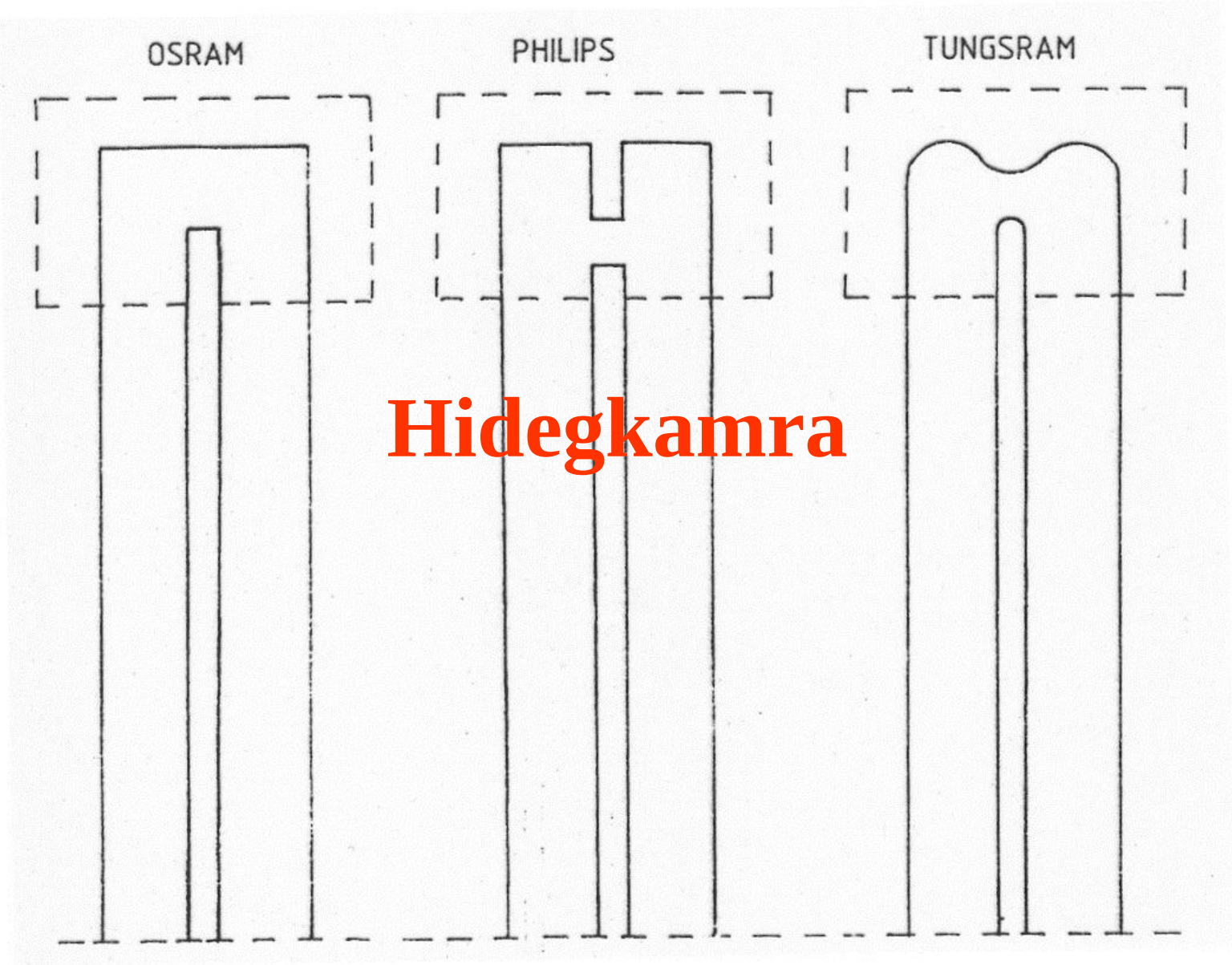


Kisnyomású kisülőlámpák

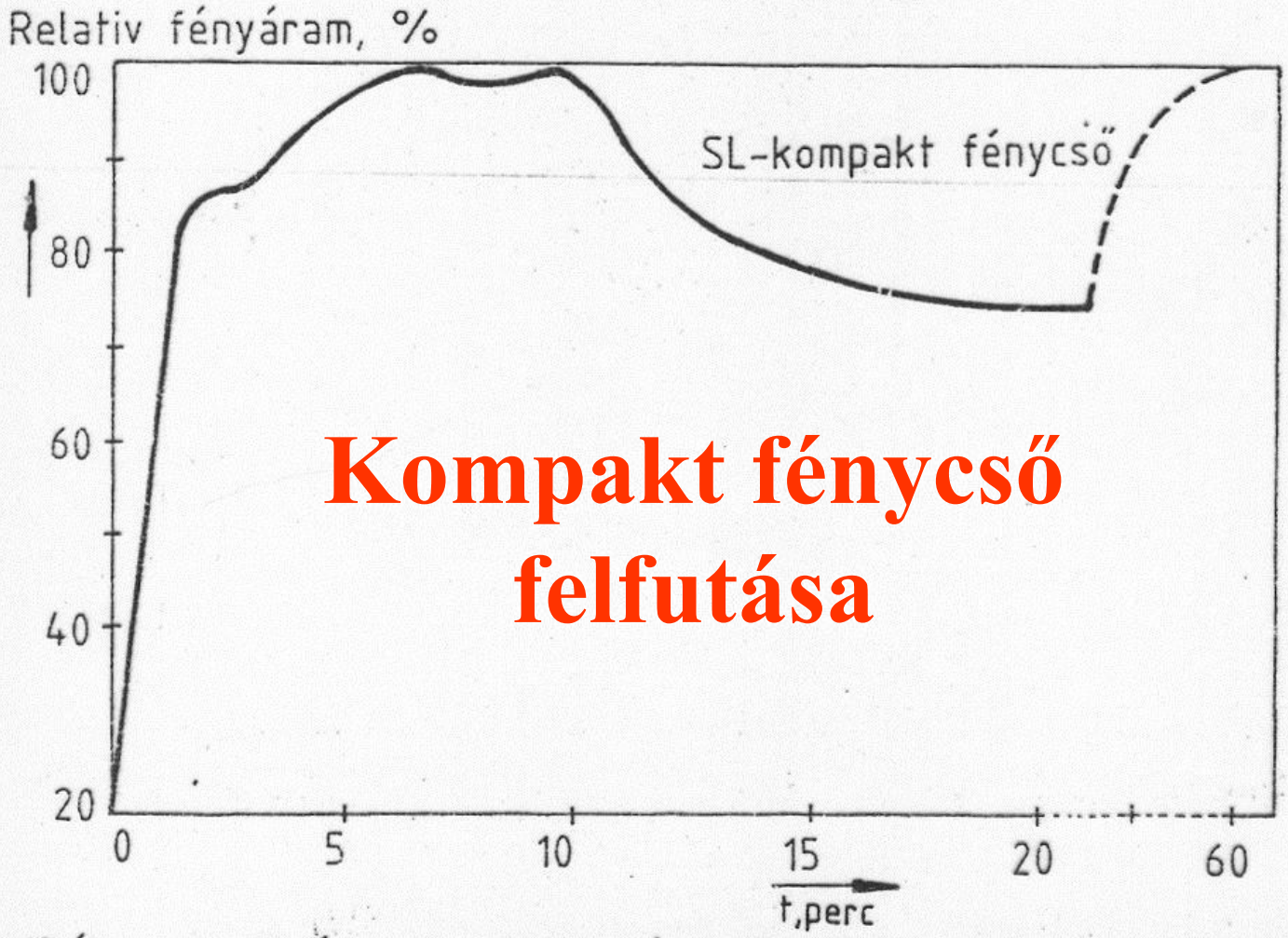
(KOMPAKT FÉNYCSŐ)



KOMPAKT FÉNYCSÖVEK



Hidegkamra



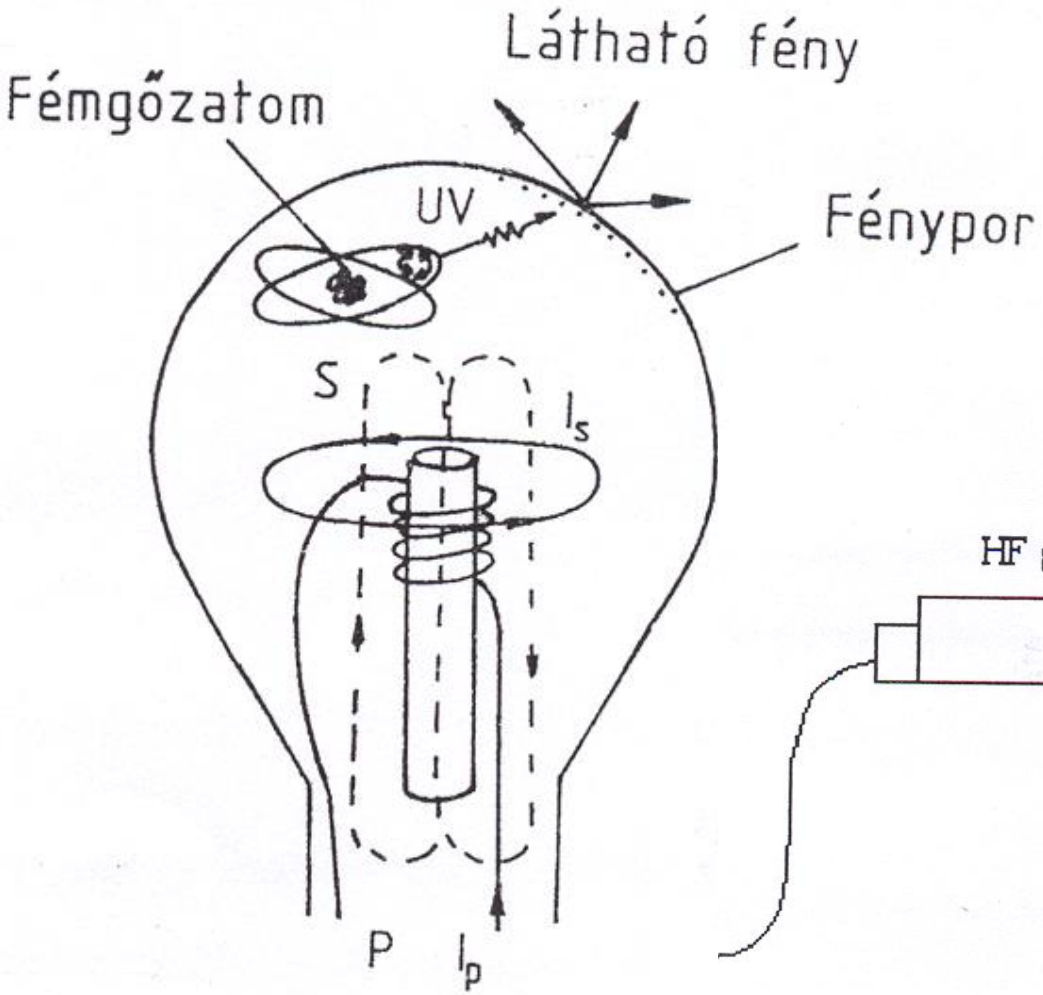
Kompakt fénycső felfutása

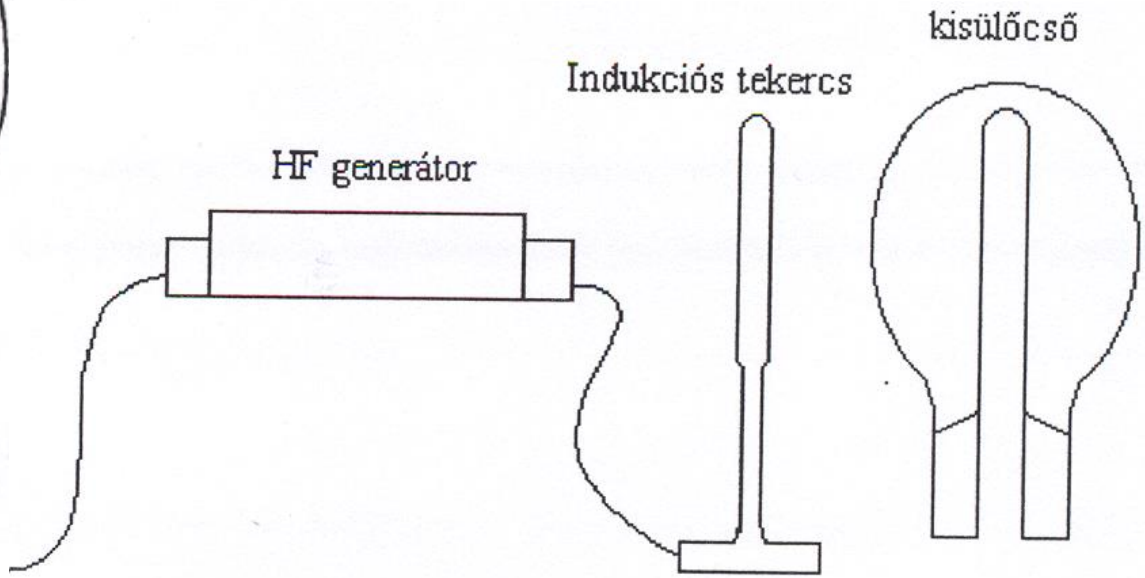
4.18.ábra. Amalgámos kompakt fénycső relativ fényárama az égetési idő függvényében

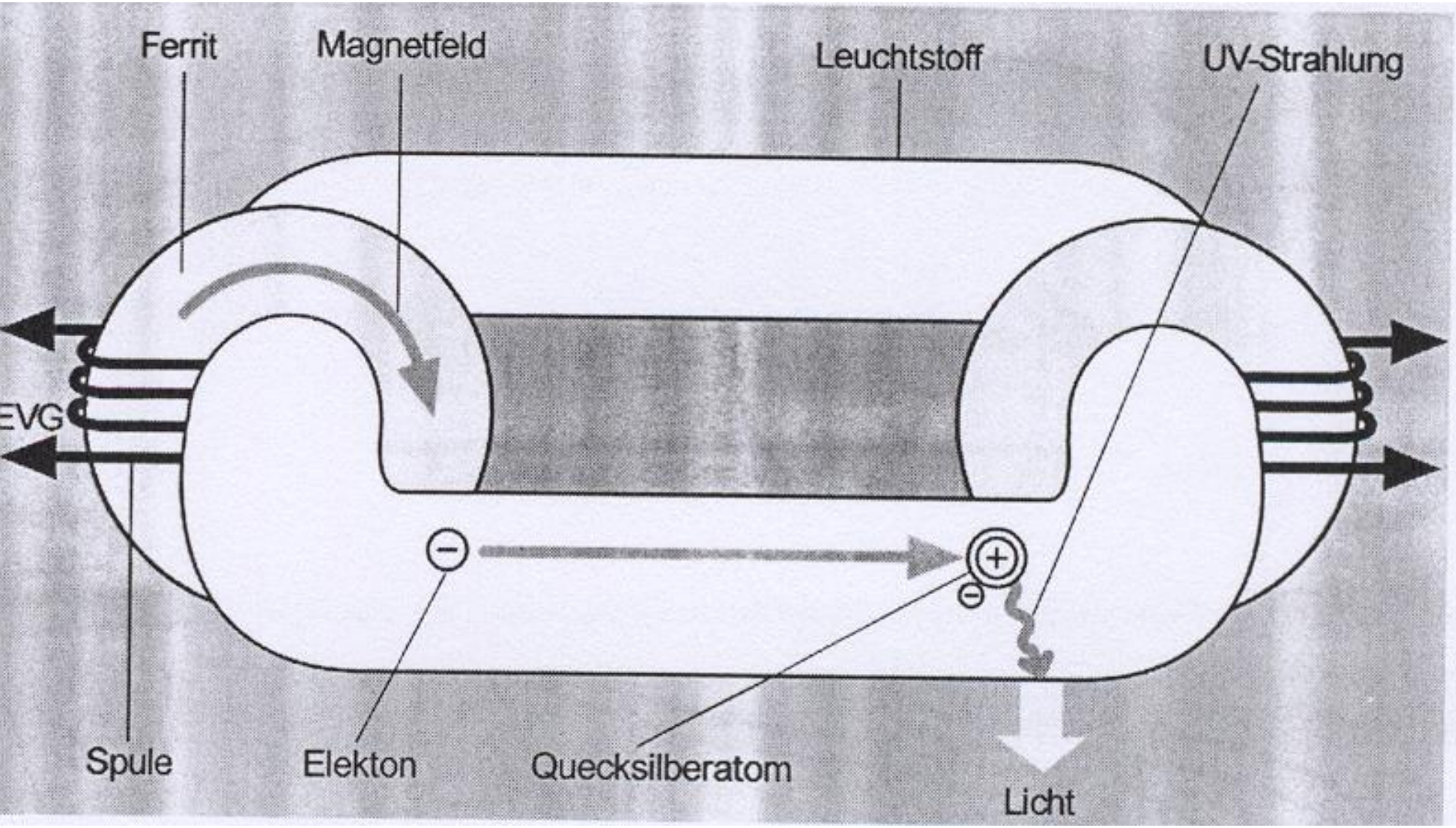
Kisnyomású kisülőlámpák

(EGYÉB KISNYOMÁSÚ LÁMPÁK)

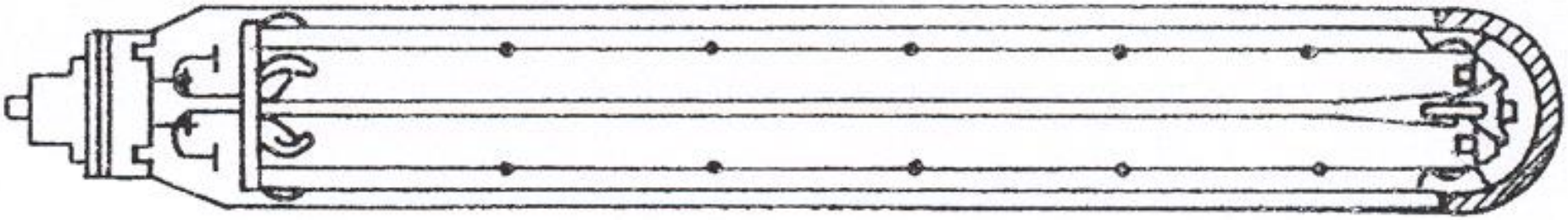
Elektród nélküli (indukciós) lámpák






Ferrit
Magnetfeld
Leuchtstoff
UV-Strahlung
EVG
Spule
Elekton
Quecksilberatom
Licht

Kisnyomású nátriumlámpa

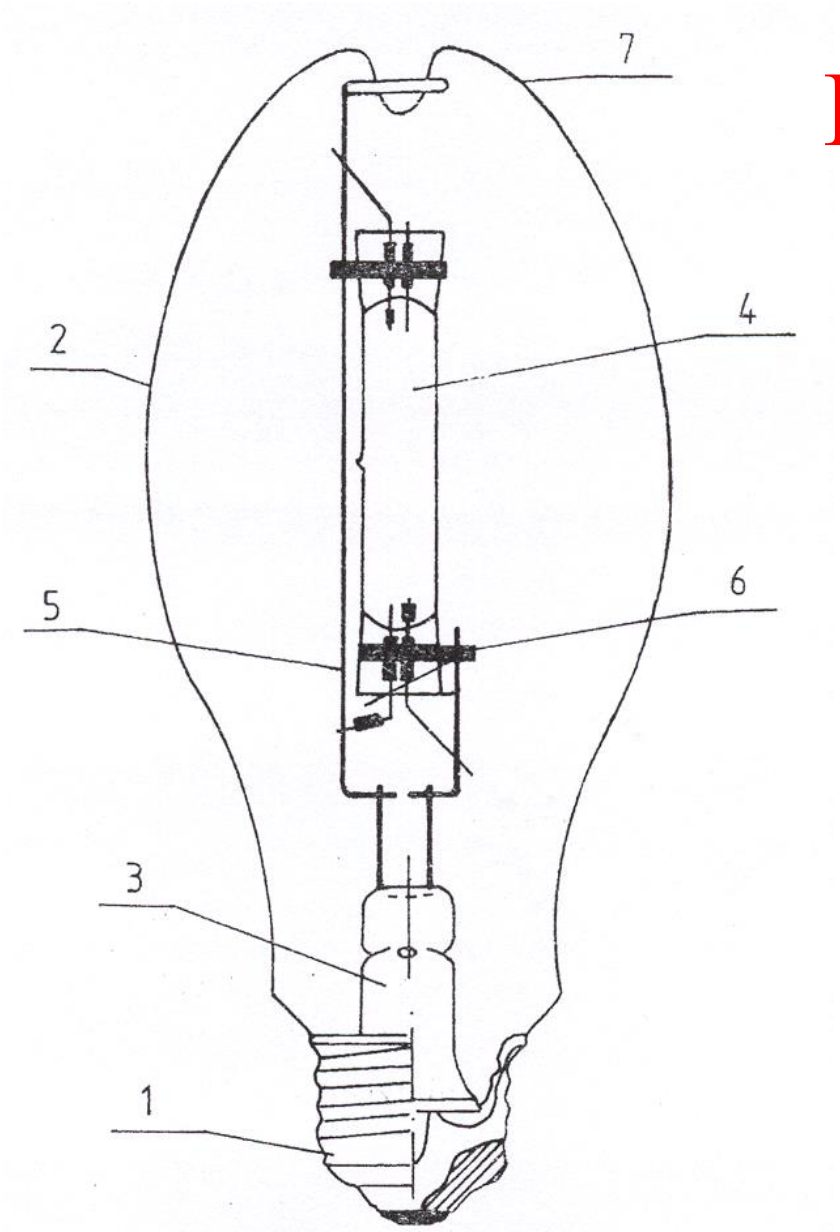


Nagynyomású kisülőlámpák

(NAGYNYOMÁSÚ HIGANYLÁMPA)

HIGANYLÁMPA

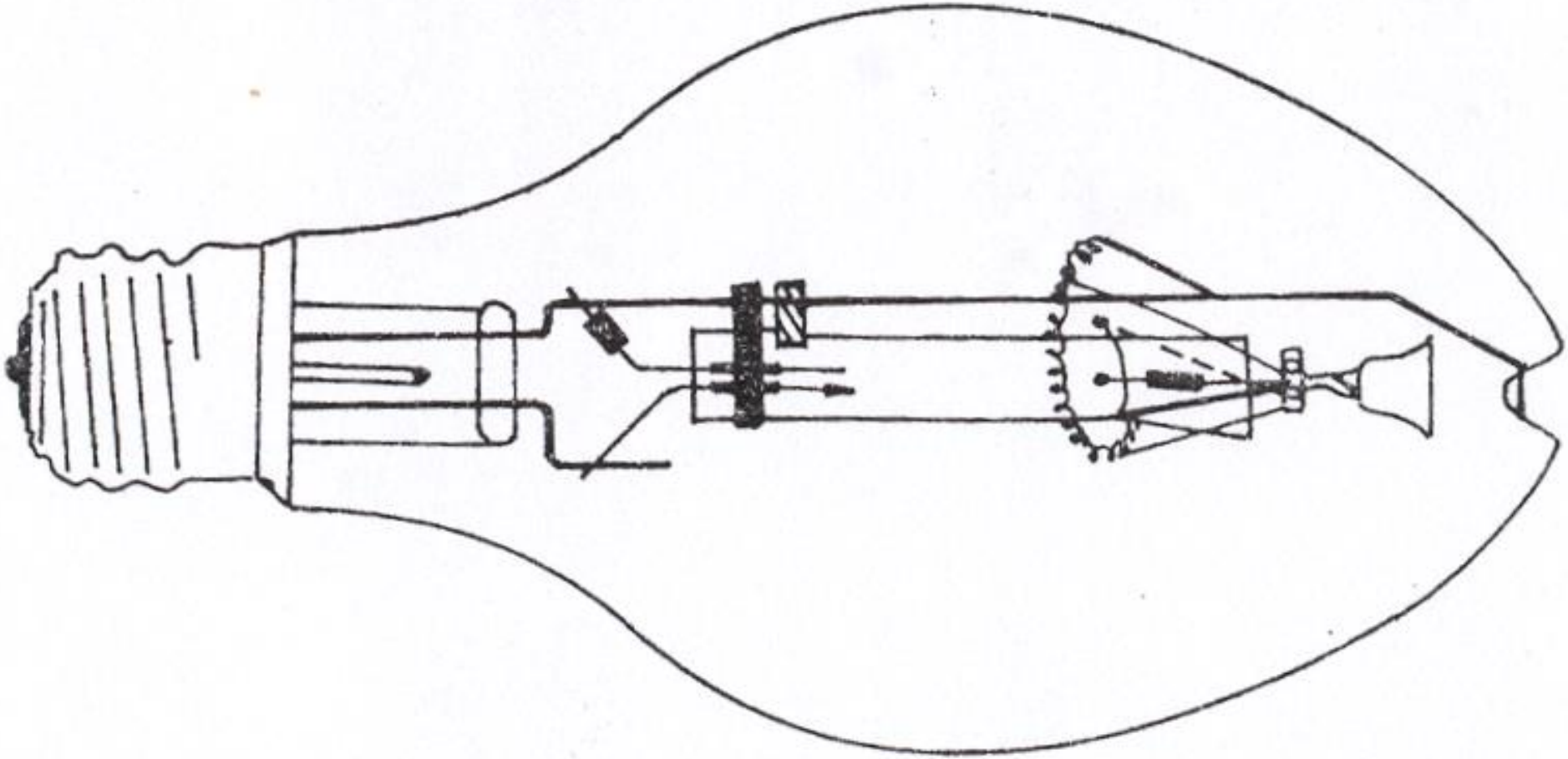
Az egyes átmenetekhez tartozó gerjesztési potenciál, V	Hullámhossz, nm	
0... 6,7	185,0	ultra-
0... 4,9	253,7	ibo-
5,5.. 8,8.	365,5	lya
4,7... 7,7	404,7	
4,9... 7,7	435,8	
5,5... 7,7	546,1	látható
6,7... 8,8	579,1	



HIGANYLÁMPA FELÉPÍTÉSE

1. fej
2. külső bura
3. állvány
4. kisülőcső
5. árambevezető
6. gyújtóellenállás
7. fénypor

KEVERT FÉNYŰ LÁMPA



Nagynyomású kisülőlámpák

(FÉMHALOGÉNLÁMPA)

FÉMHALOGÉNLÁMPA

(fém-halogenid adalékos kisülőlámpa)

Elvárások:

1. Kedvező színképi eloszlás
2. Nagy „fémgőz” nyomás
3. Fémgőzök ne támadják meg a kisülőcsövet és az elektródokat

Megoldások:

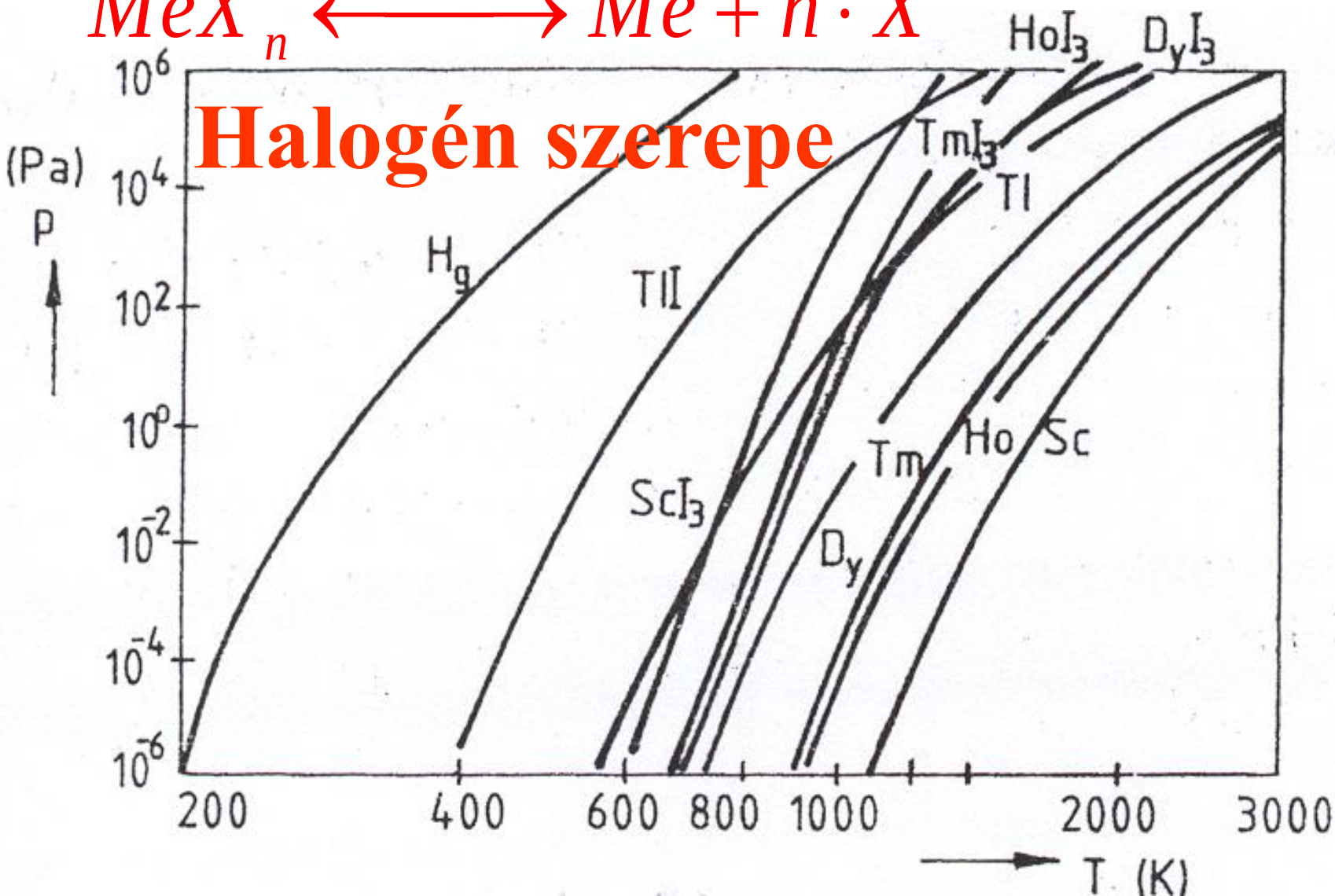
1. Nem elemi fém, hanem vegyület (pl. só)
2. Kémiailag ellenálló kisülőcső

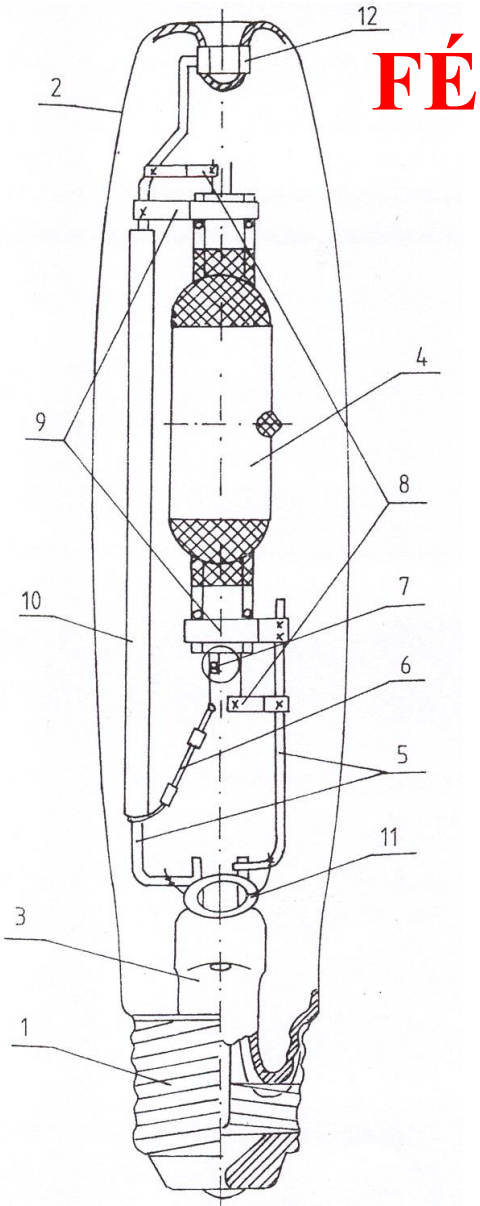
Alkalmazott „fémek”

Fém		Jellemző és intenzív spektrumvonalak hullámhossza, [nm]	
Nátrium	Na	589,0	589,6
Tallium	Tl	535	
Indium	In	410,1	451,1
Diszprózium	Dy	400	421,1
Holmium	Ho	389,1	
Szkandium	Sc	391,1	402,3
Ón	Sn	452,4	

$$MeX_n \xleftrightarrow{T=?} Me + n \cdot X$$

Halogén szerepe





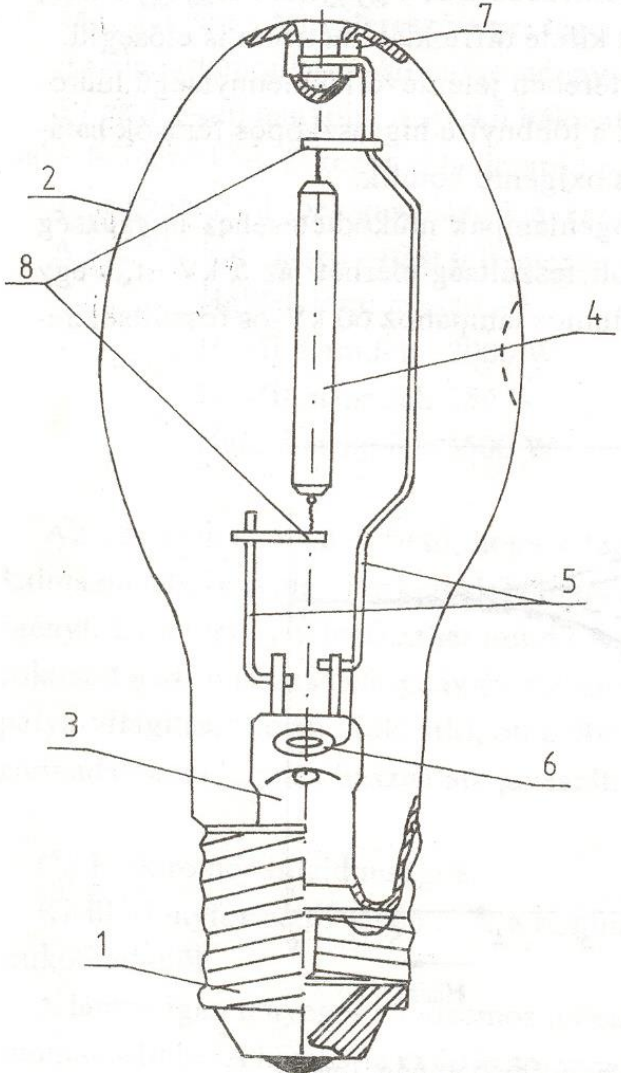
FÉMHALOGÉNLÁMPA FELÉPÍTÉSE

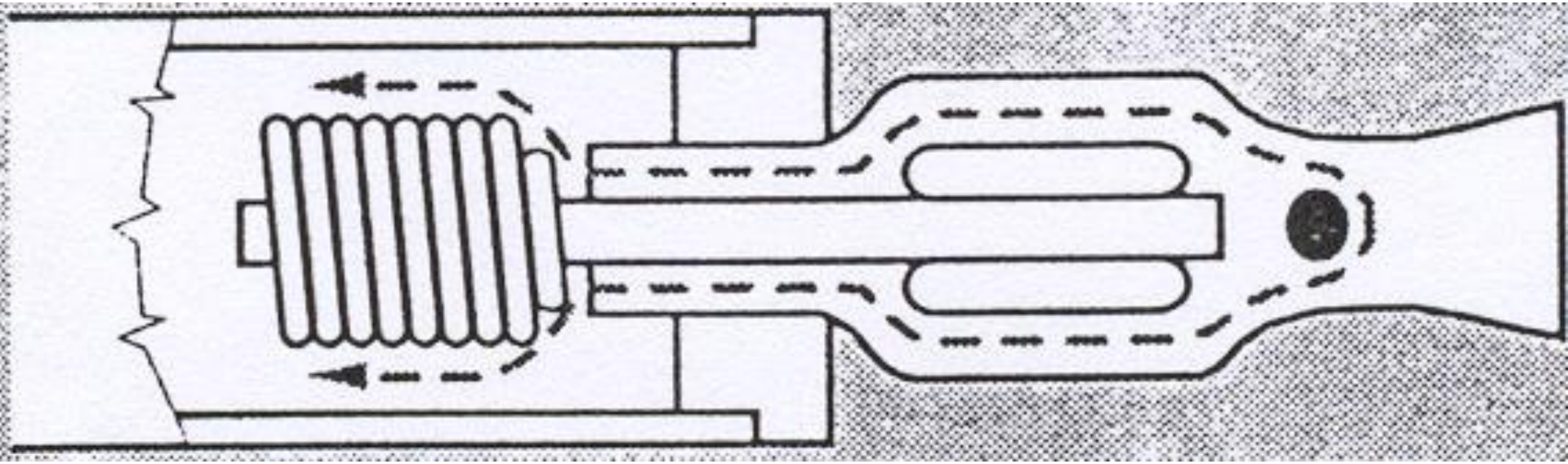
1. fej
2. külső bura
3. állvány
4. kisülőcső
5. árambevezető
6. gyújtóellenállás
7. bimetál
8. áramvezetők
9. tartóbilincsek
10. árnyékoló üvegcső
11. bárium getter
12. kitámasztó gyűrű

Nagynyomású kisülőlámpák

(NAGYNYOMÁSÚ NÁTRIUMLÁMPA)

NAGYNYOMÁSÚ NÁTRIUMLÁMPA FELÉPÍTÉSE



1. fej
2. külső bura
3. állvány
4. kisülőcső
5. árambevezető
6. bárium getter karikák
7. kitámasztó gyűrű
8. áramvezetők

KÜLSŐ AMALGÁMTARTÁLYOS NIÓBIUMCSŐ KERÁMIA KISÜLŐCSÖVEKHEZ