



Szalay Péter (ELTE, Kémia Intézet)

**Szentjánosbogár, trópusi halak,
sarki fény**

**Mi a közös a természet
fénytűneményeiben?**

Boronkay György Műszaki Középiskola és
Gimnázium

Budapest, 2011. október 27.

www.meetthescientist.hu



MAGAMRÓL

Diploma (MSc): ELTE, 1986.

PhD: Bécsi Egyetem 1989-ben

MTA Doktori cím: 1999-ben

Egyetemi tanári kinevezés: 2003. (ELTE)

Jelenlegi munkahely: ELTE Kémiai Intézet

Kutatási terület: elméleti kémia, spektroszkópia

USA-beli ösztöndíjak:

- Fulbright ösztöndíj: 2003-2004, University of Texas
- HAESF ösztöndíj: 2010-2011, University of Florida

Van közös bennük?





Egy kis történelem

Ókor:

- Arisztotelész: világító gombákat írt le (hideg fény)
- idősebb Plinius: olívaültetvényen világító fa

Egy kis történelem

Boyle 1667-ben
kísérleteket végez:

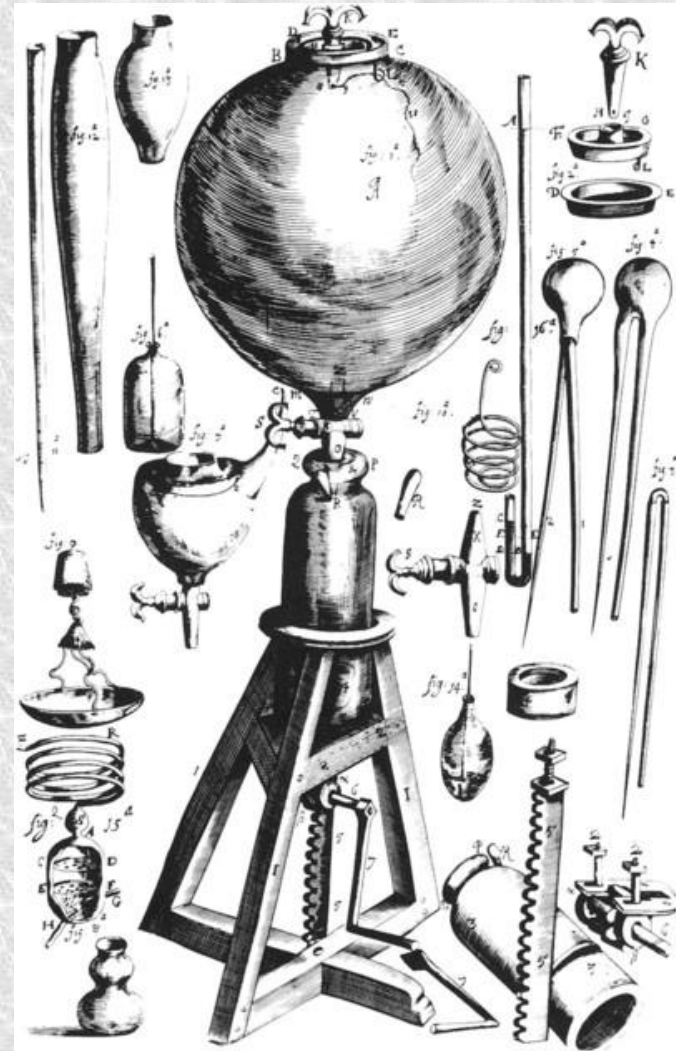
- lumineszkáló fával
- rothadó halakkal



Boyle kísérletei

Részletesen leírja:

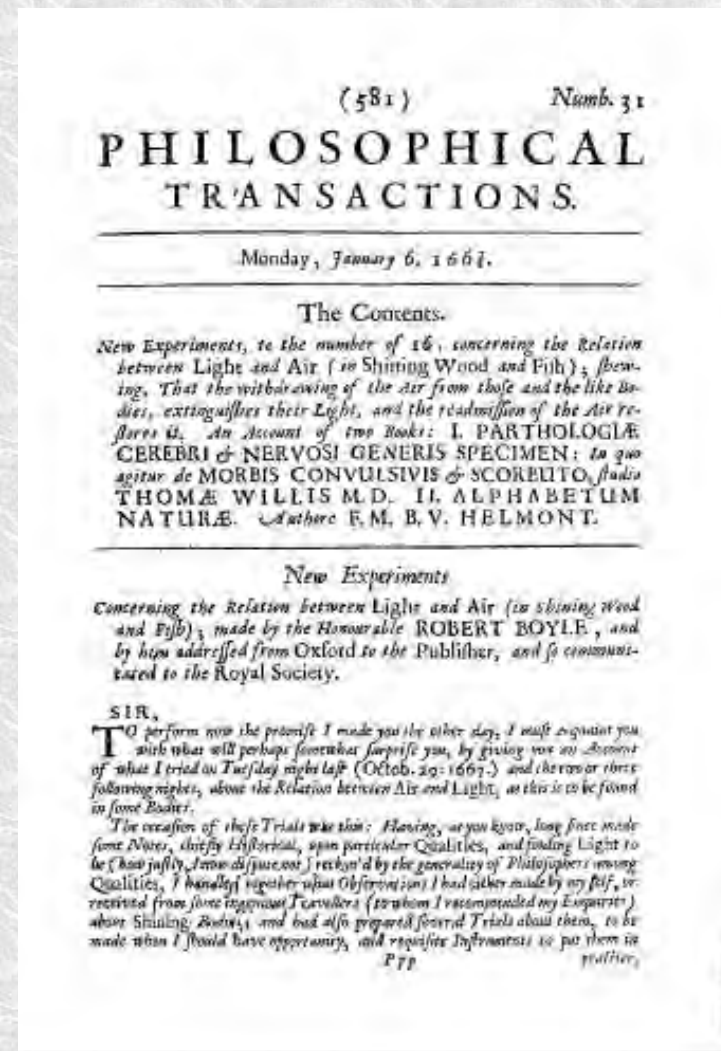
- Elsötétítés menetét
- A levegő kiszívását
- Megfigyeléseket



Boyle kísérletei

Megfigyelések:

- A levegő szükséges
- A levegő nem a fény közvetítéséhez kell, mert az izzó vas a vákuumban is tovább izzik!



Egy kis történelem

A XIX. század:

- A fa lumineszkálását gomba okozza

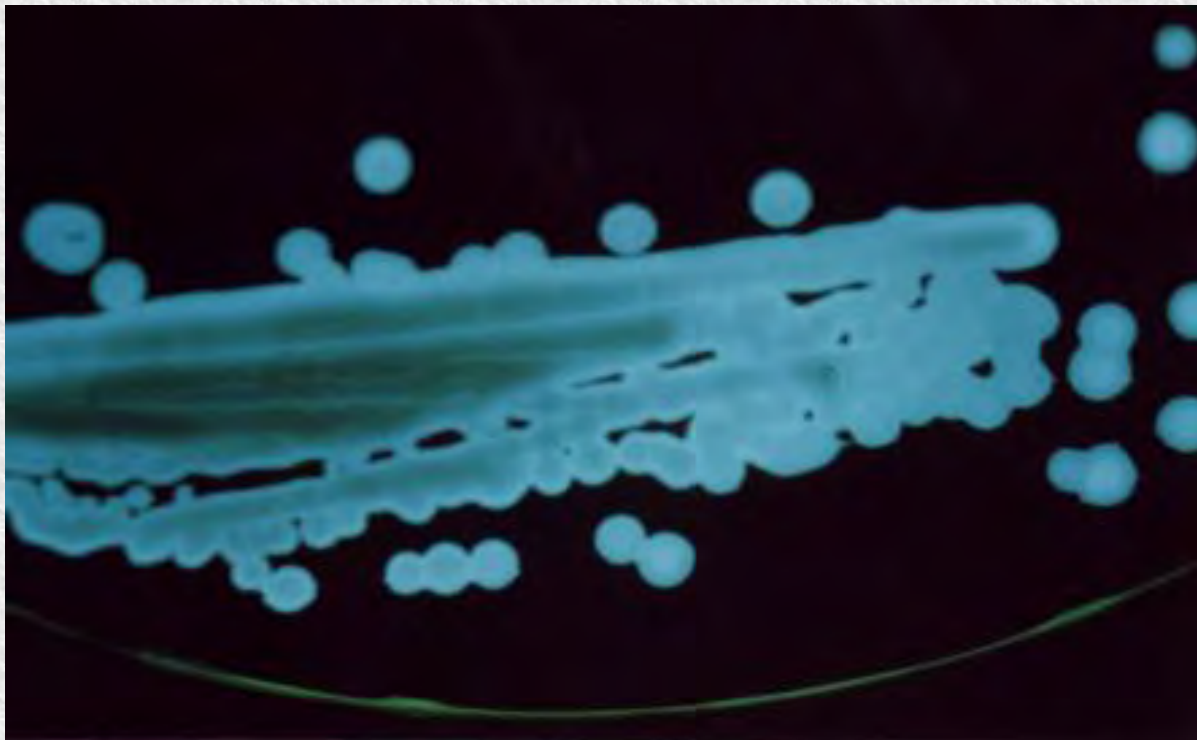


Világító tölcsérgomba

Egy kis történelem

A XX. század:

- A rothadó hal lumineszkálását baktériumok okozzák

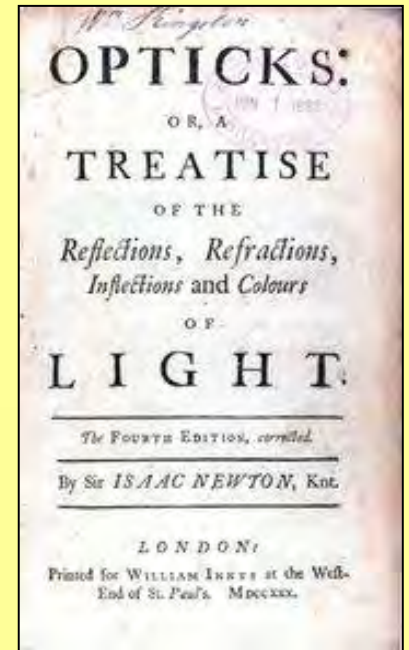
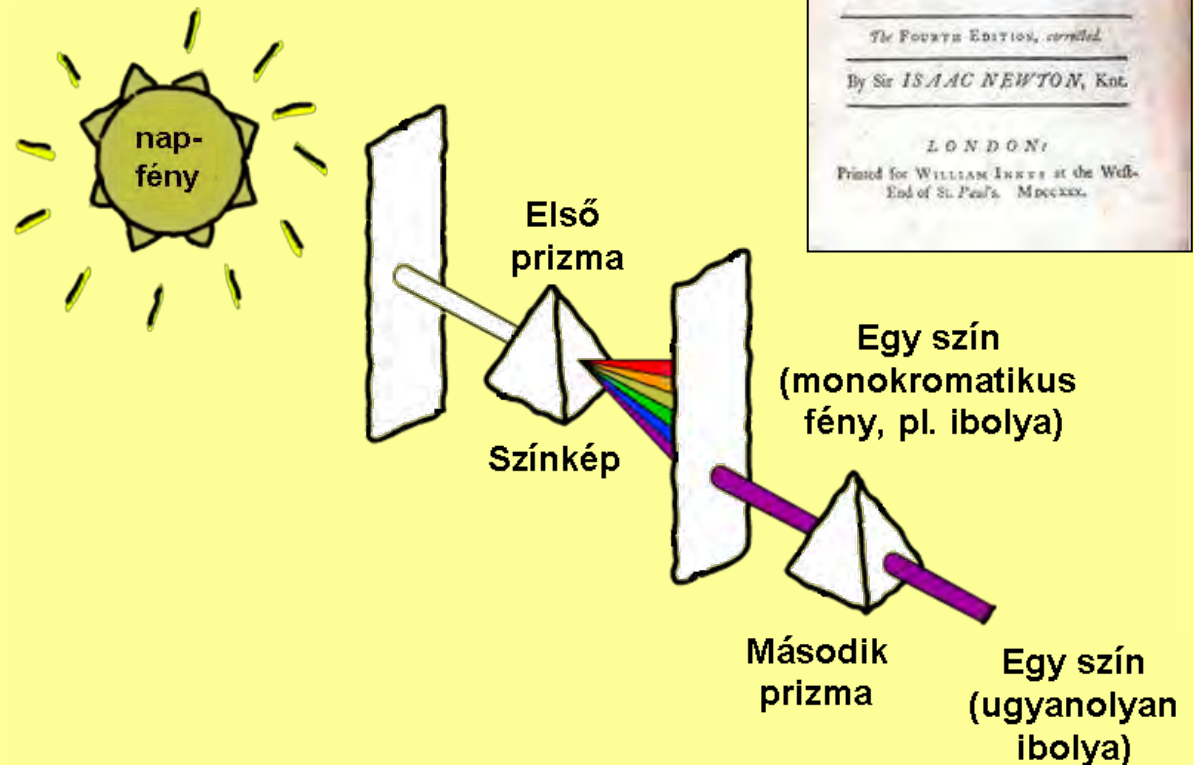


ELMÉLETI HÁTTÉR

Newton kísérletei a napfénnel:

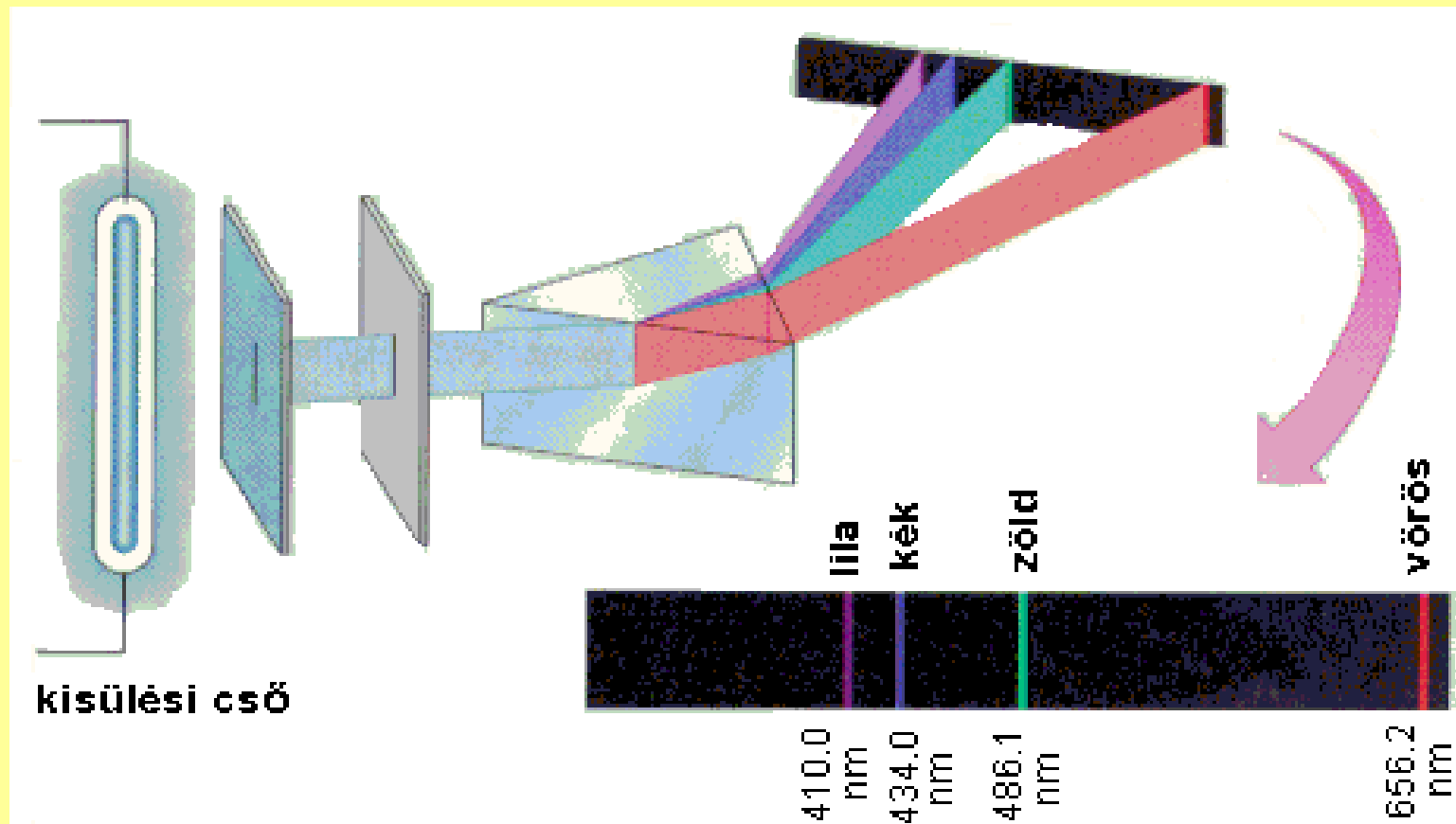


Sir Isaac Newton
(1642 – 1727)



A hidrogénatom spektruma

Ångström (1871)



XX. század eleje: A hidrogénatom energiája nem lehet akármekkora

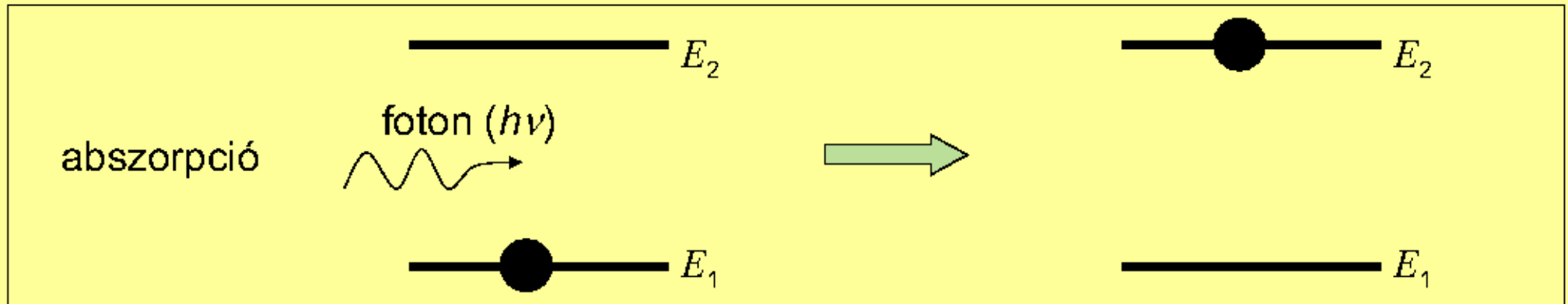
- Bohr-féle atommodell
- Kvantummechanika

A fény és az anyag kölcsönhatása

Az előző kísérlet is jól mutatja a kvantummechanika egyik legfontosabb elvét:

- A kvantummechanika szerint mikrorendszerek, így atomok és molekulák energiája nem lehet bármekkora
- Az energiaszintek között átmenetet lehet létrehozni a megfelelő hullámhosszú fénnel:
„**Bohr-feltétel**”: $\hbar E = E_2 - E_1 = h\nu$

Ha a rendszer fényt nyel el, magasabb energiaszintre kerül:

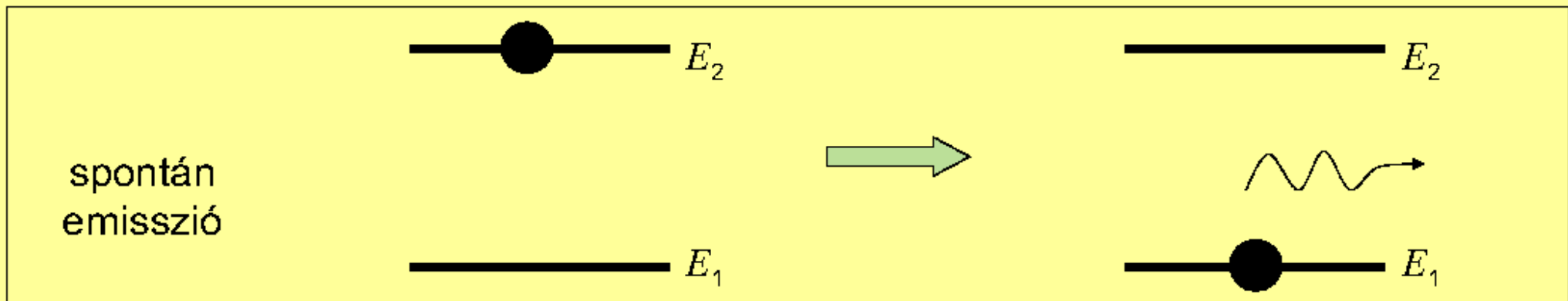


A fény és az anyag kölcsönhatása

Az előző kísérlet is jól mutatja a kvantummechanika egyik legfontosabb elvét:

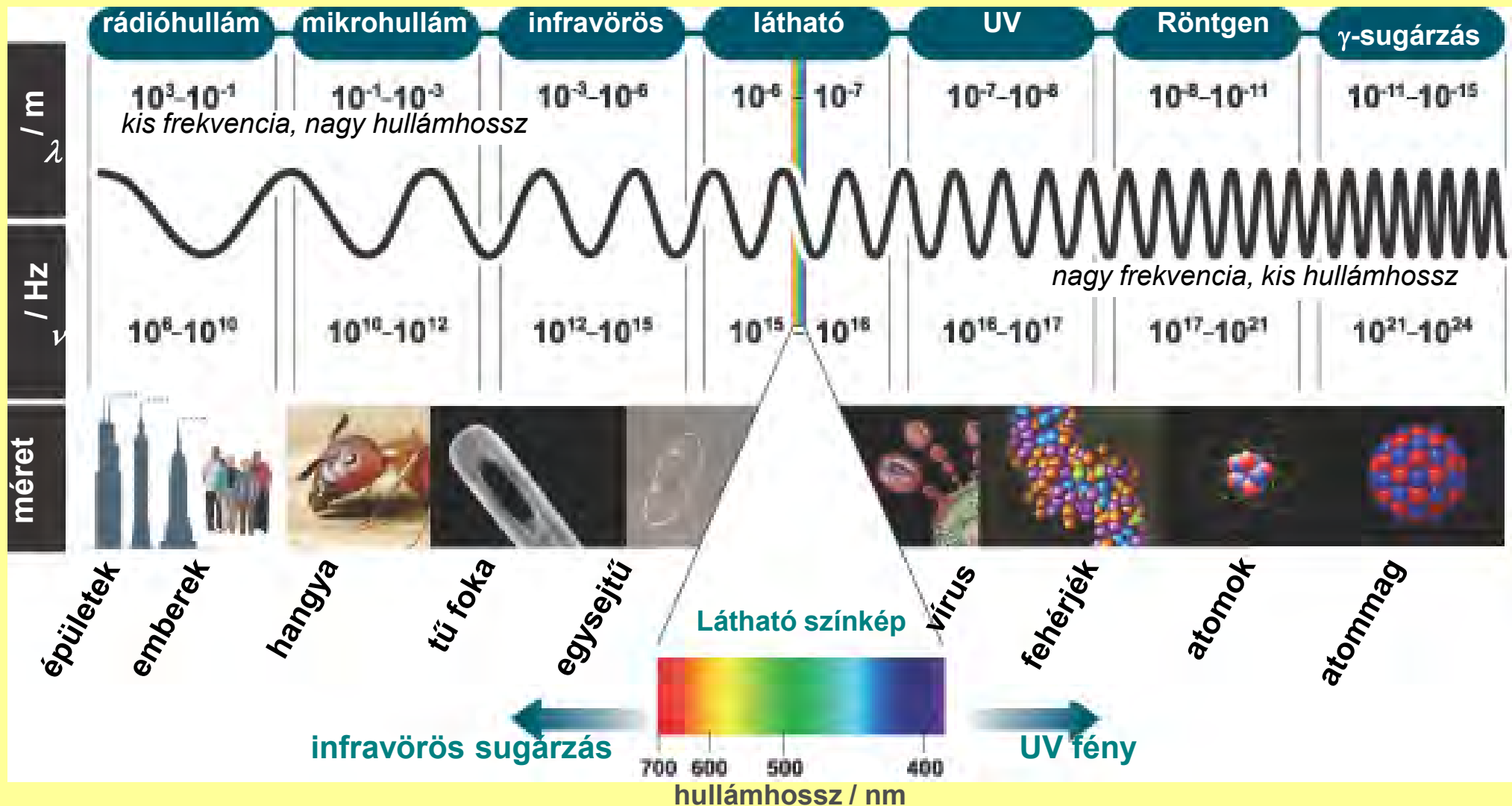
- A kvantummechanika szerint mikrorendszerek, így atomok és molekulák energiája nem lehet bármekkora
- Az energiaszintek között átmenetet lehet létrehozni a megfelelő hullámhosszú fénnel:
„**Bohr-feltétel**”: $\hbar E = E_2 - E_1 = h\nu$

A rendszer fény kibocsátásával visszakerül az alacsonyabb energiájú állapotba:

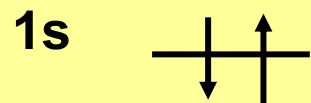
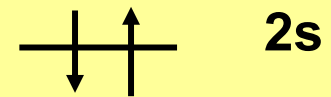
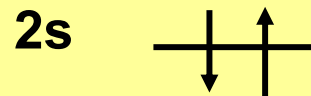
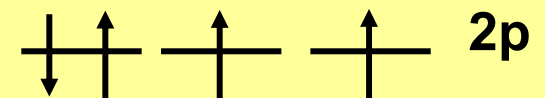
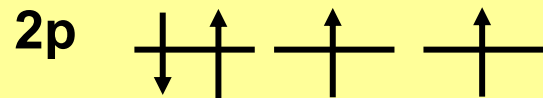


A GERJESZTETT ÁLLAPOT ÉLETTARTAMA VÉGES!!!!

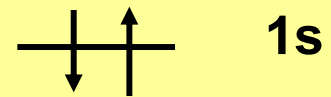
A fény és az anyag kölcsönhatása



Az oxigénmolekula elektronszerkezete

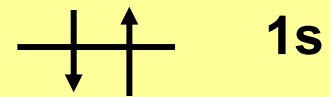
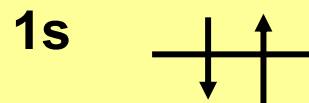
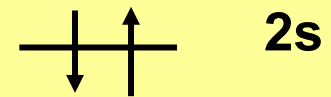
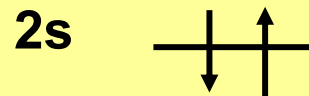
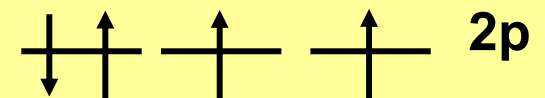
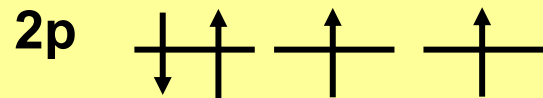


O



O

Az oxigénmolekula elektronszerkezete

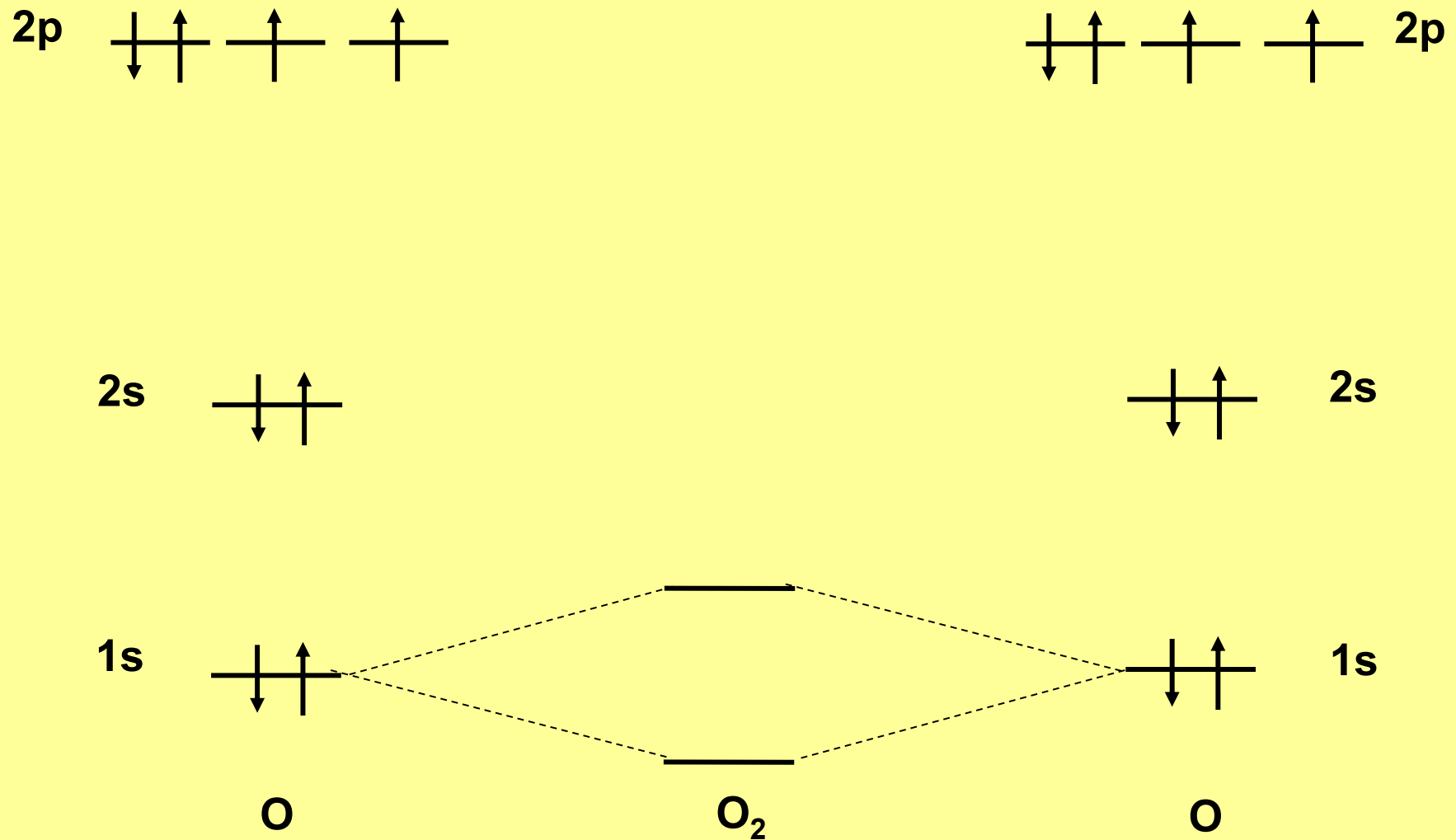


O

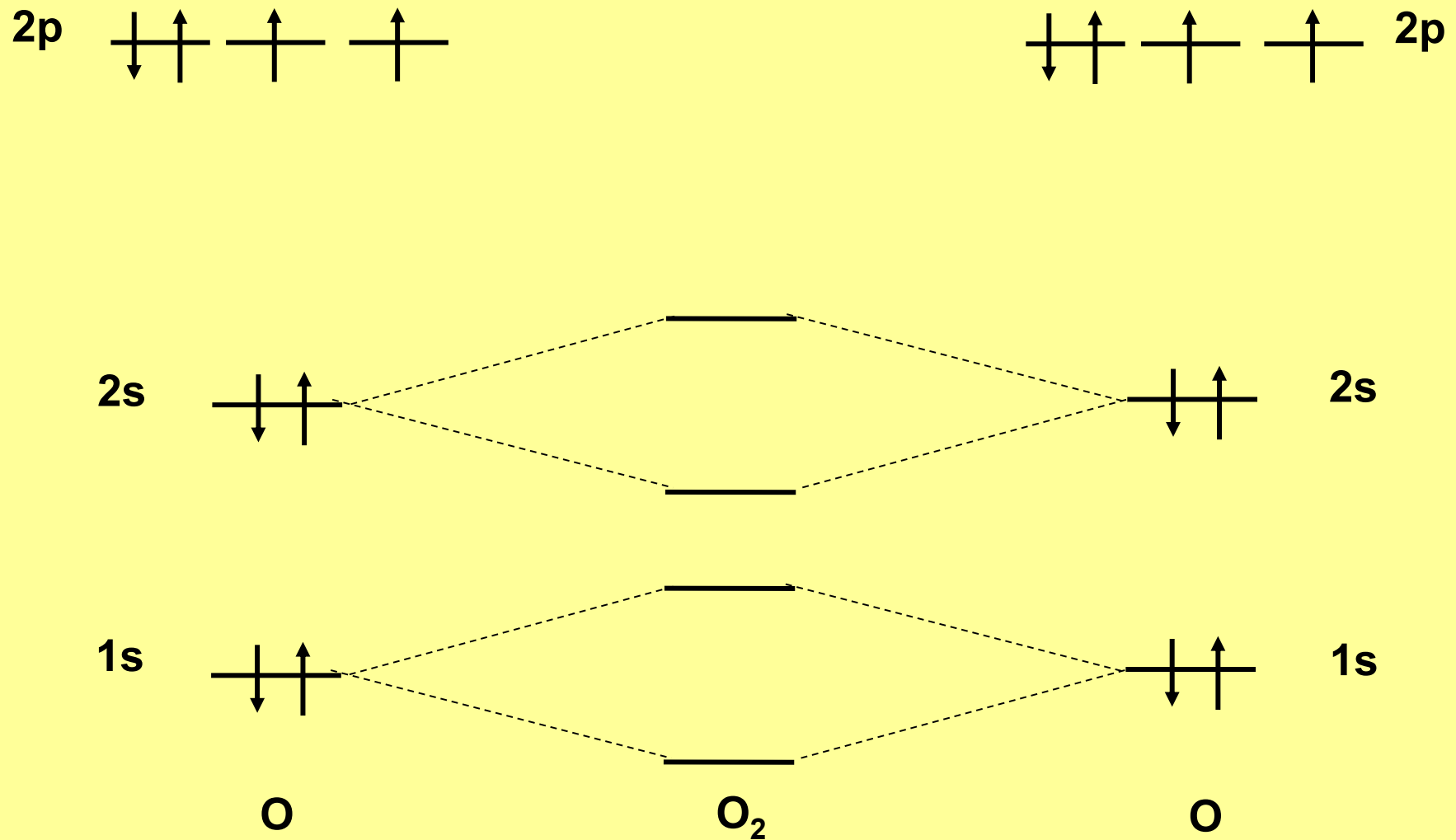
O₂

O

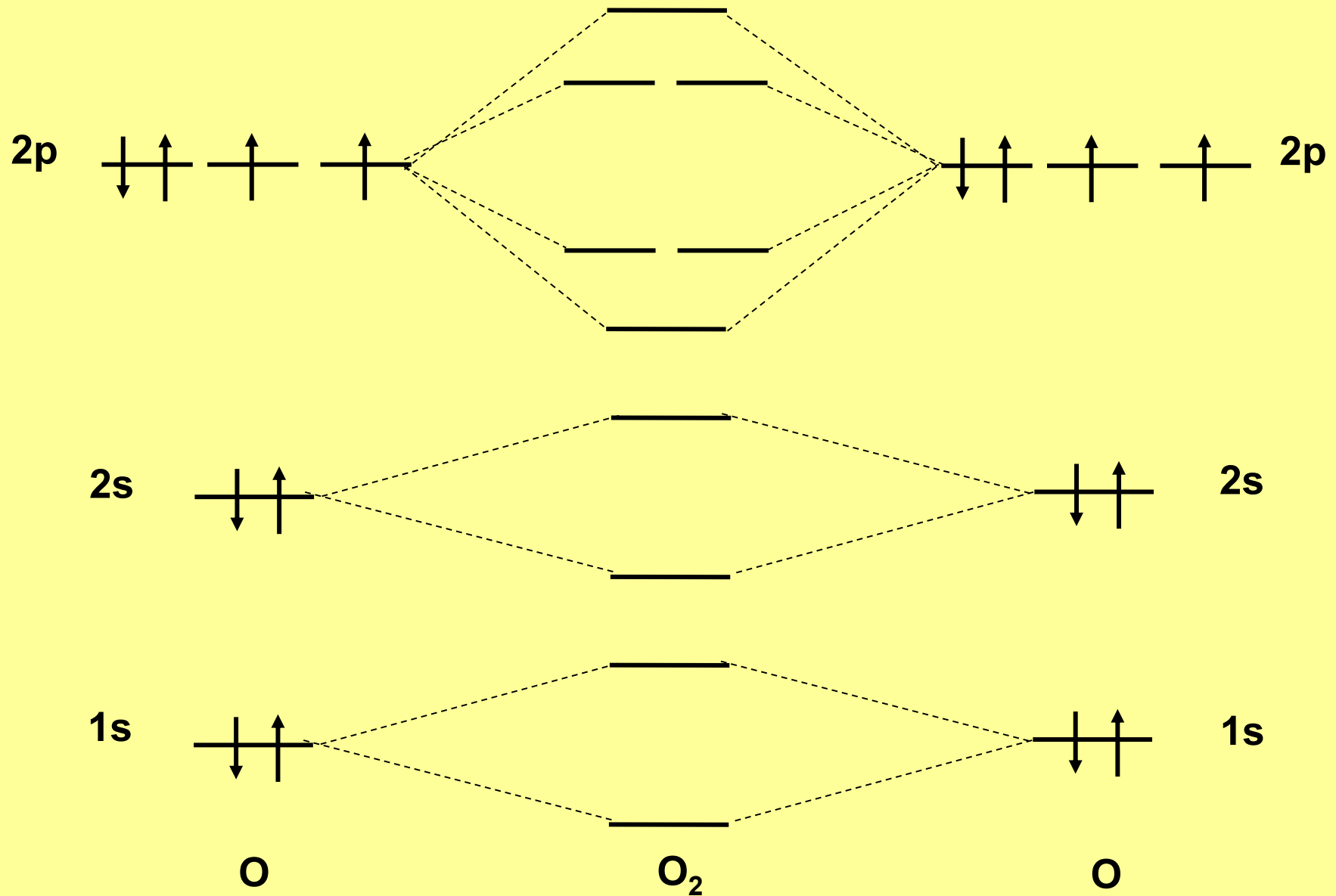
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



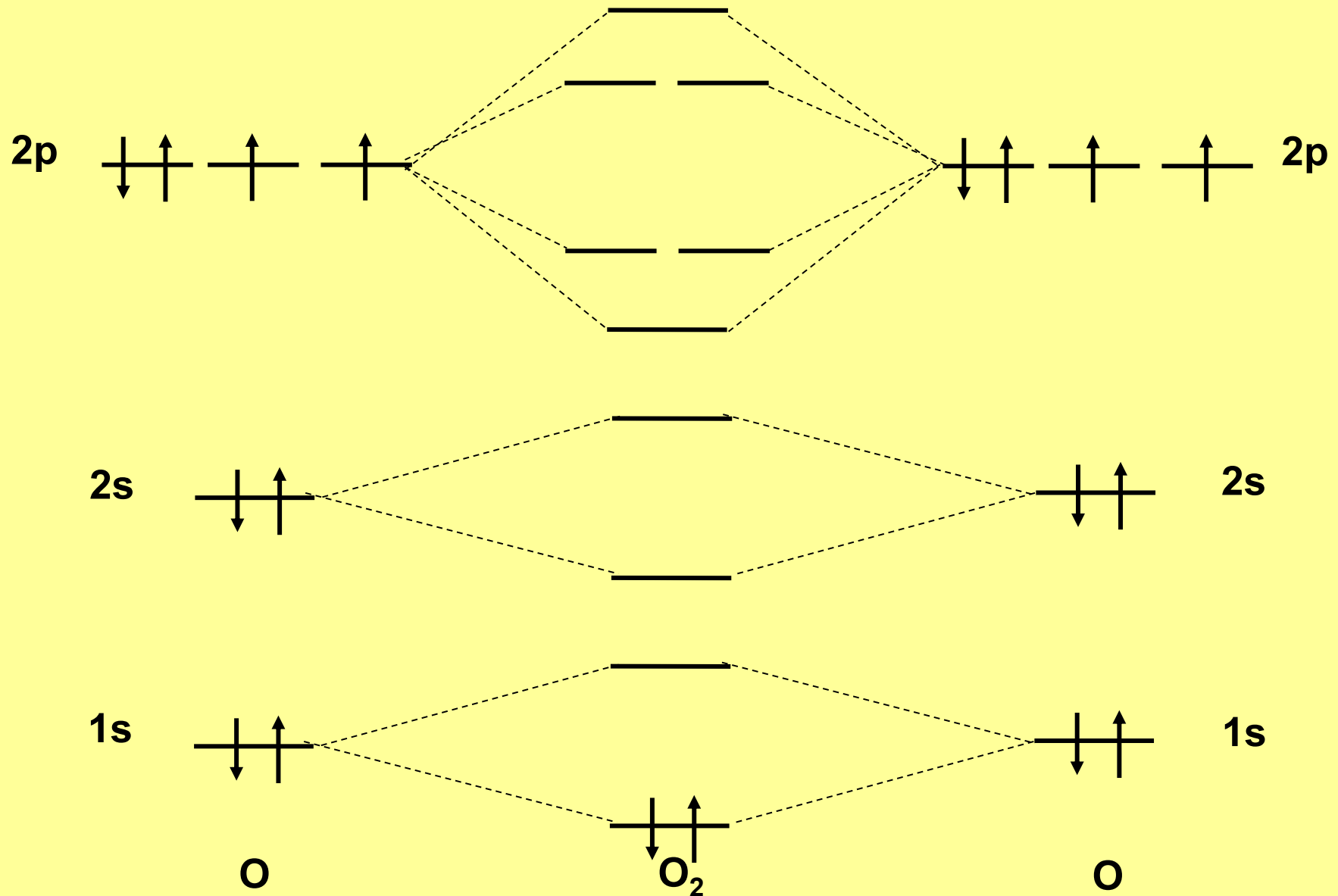
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



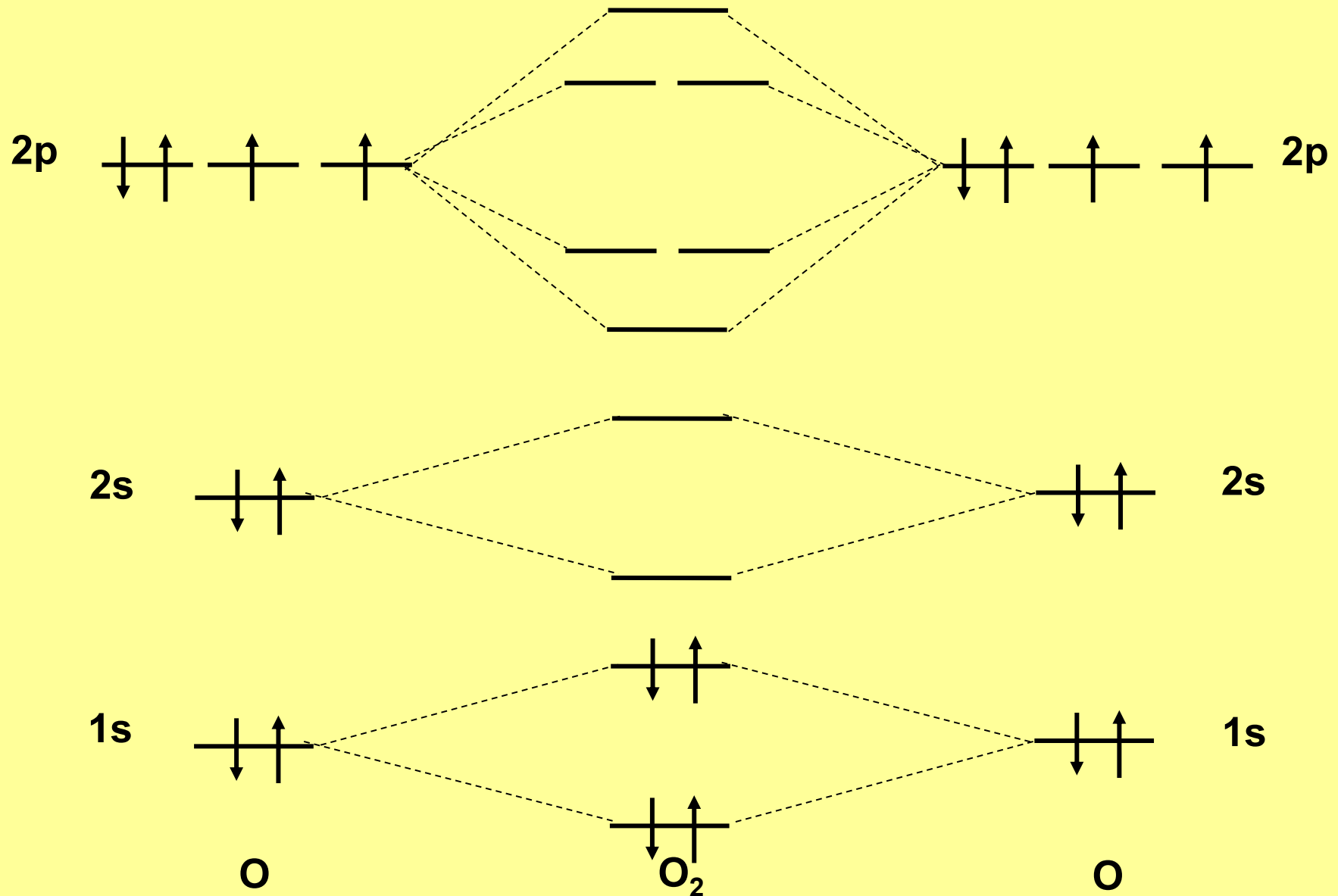
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



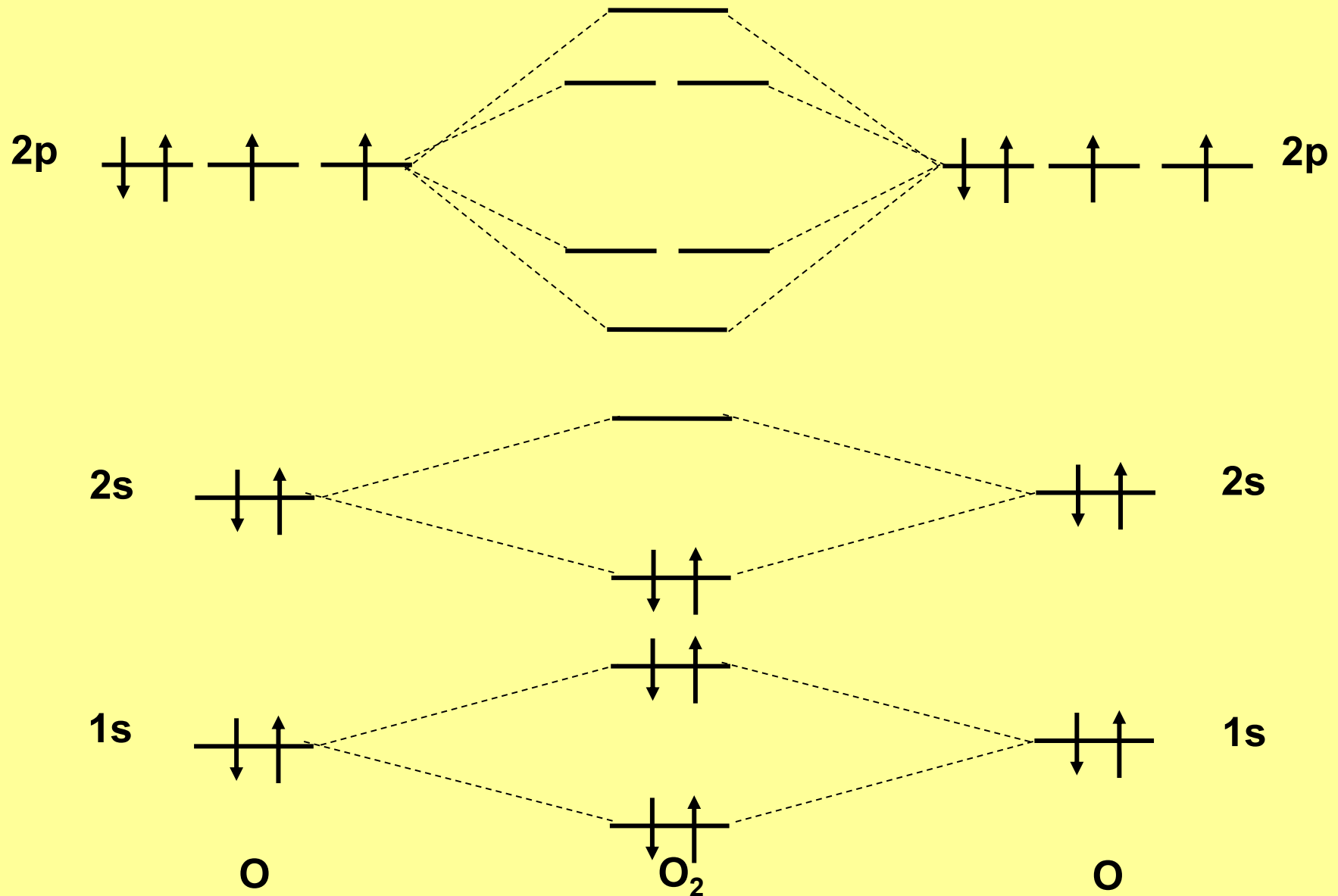
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



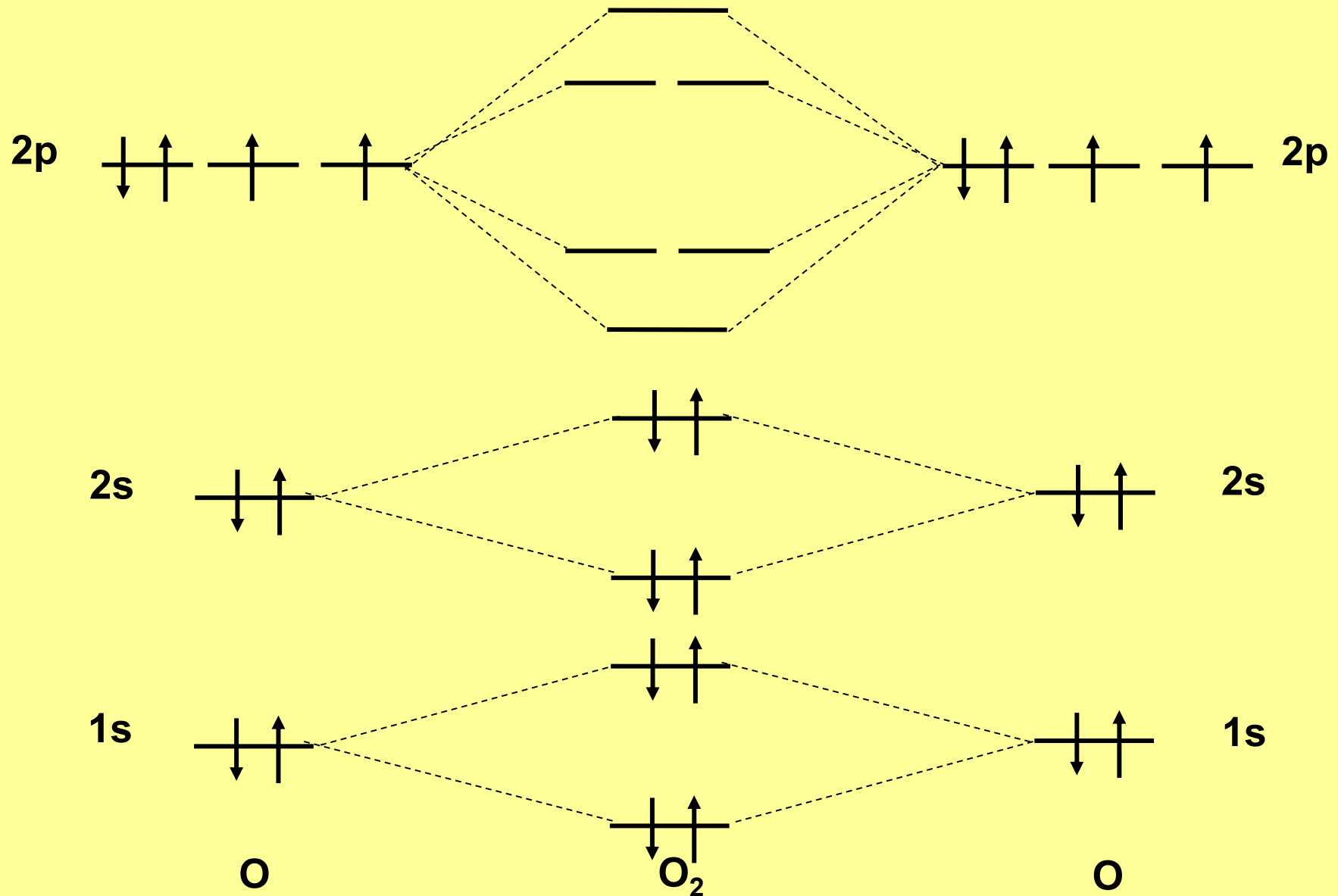
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



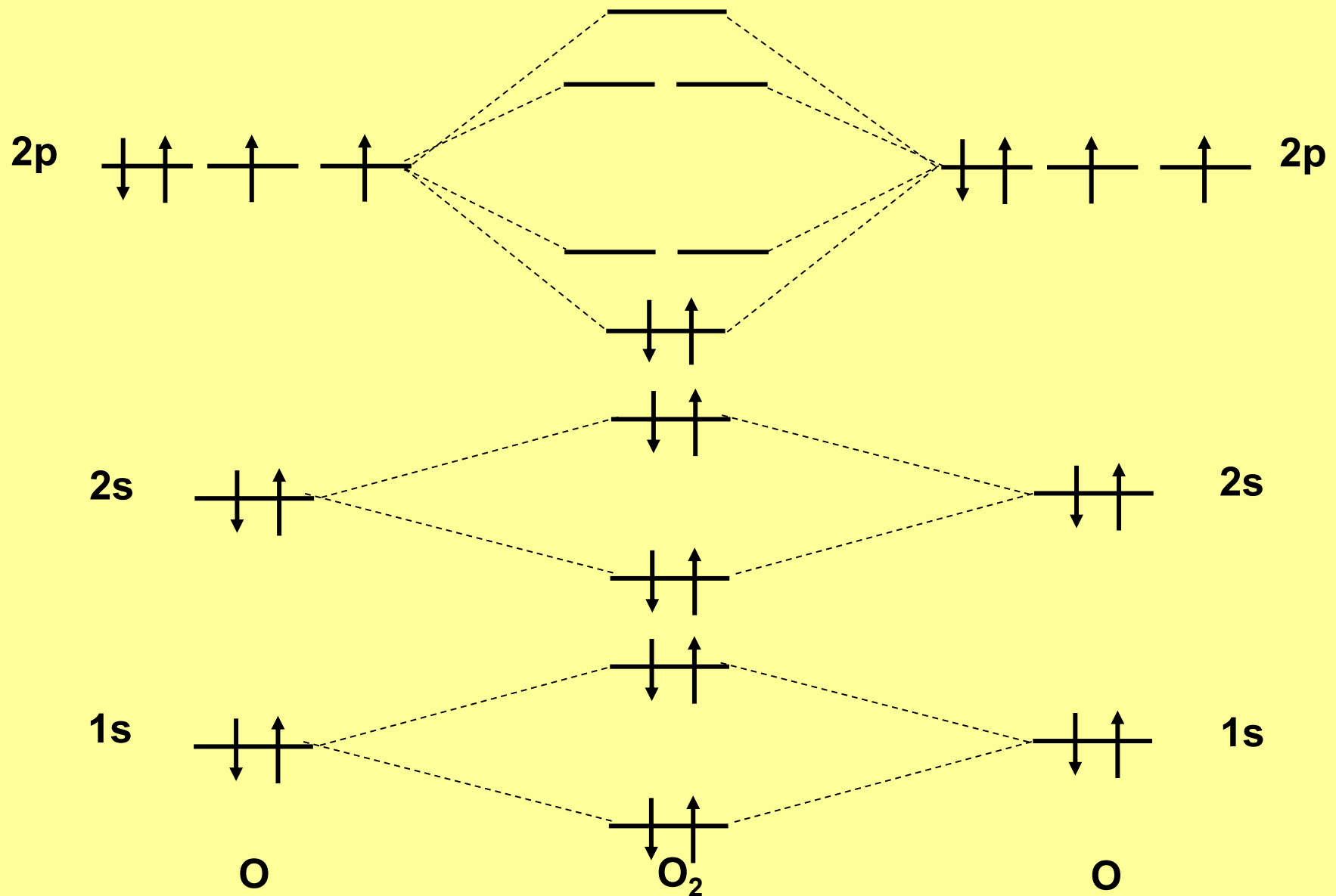
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



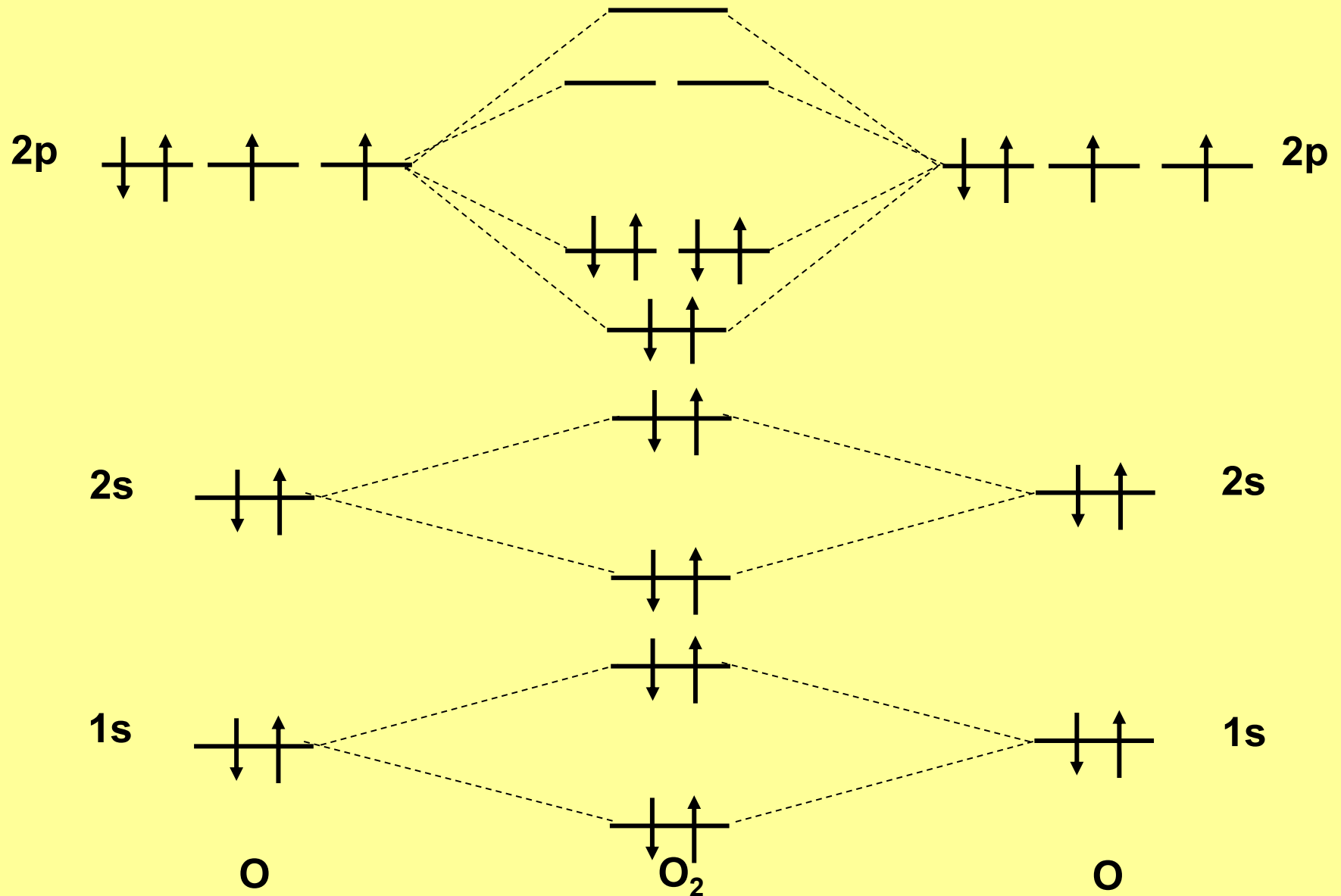
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



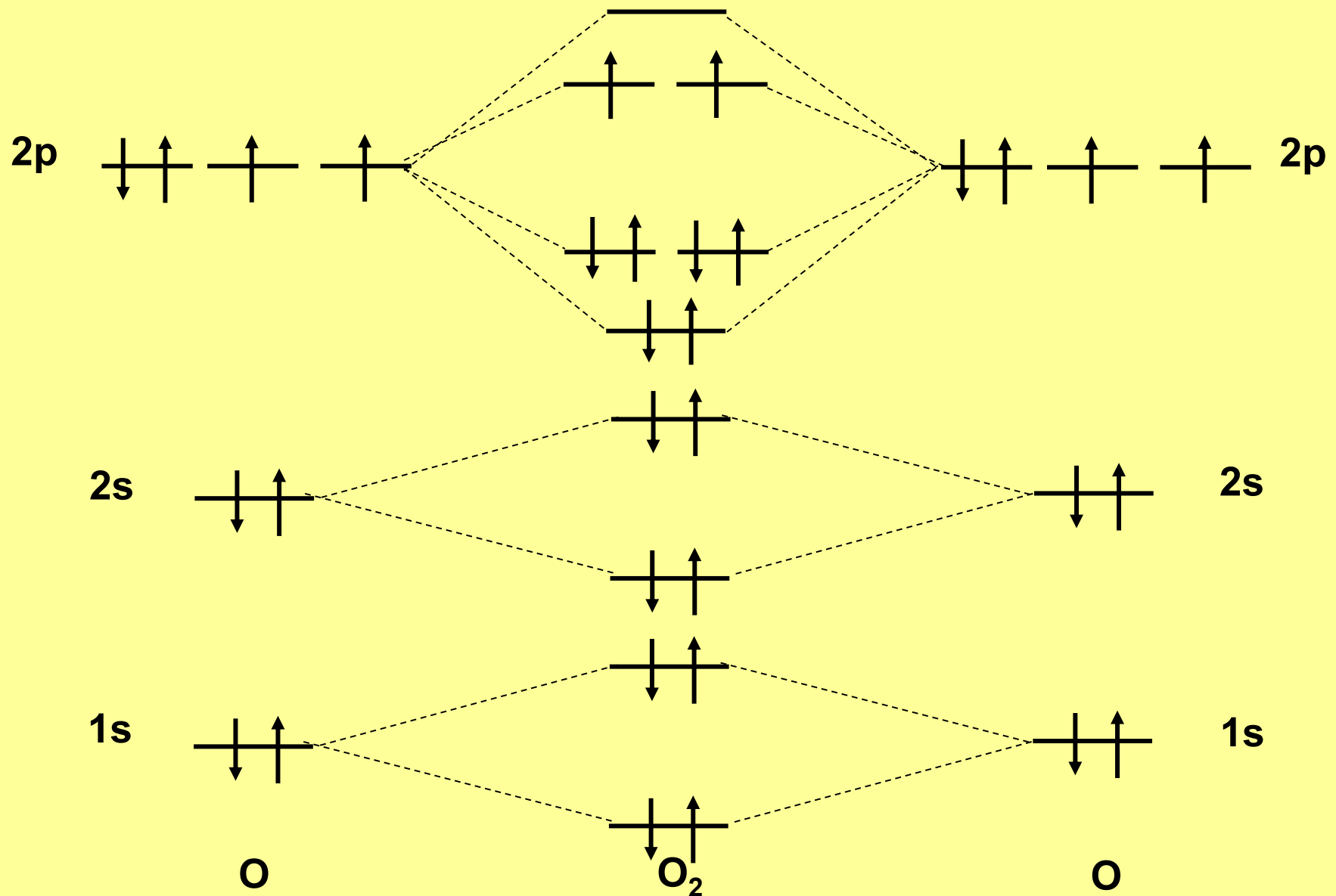
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



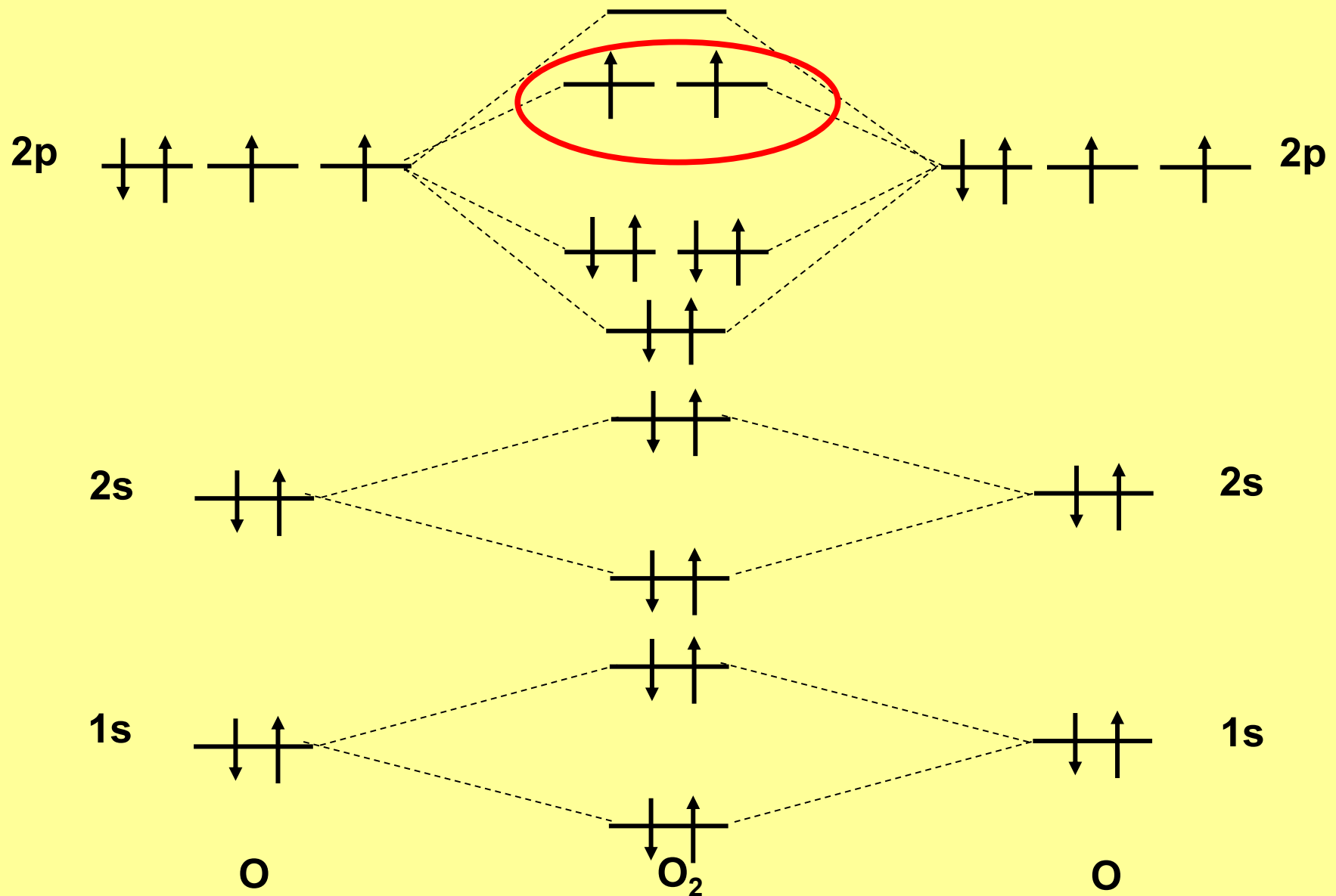
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



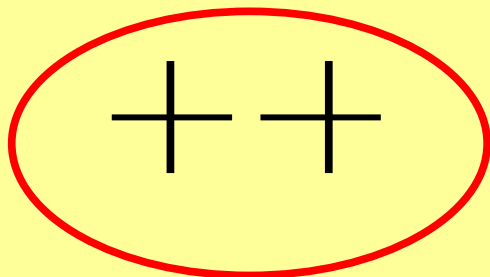
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



Az oxigénmolekula elektronszerkezete

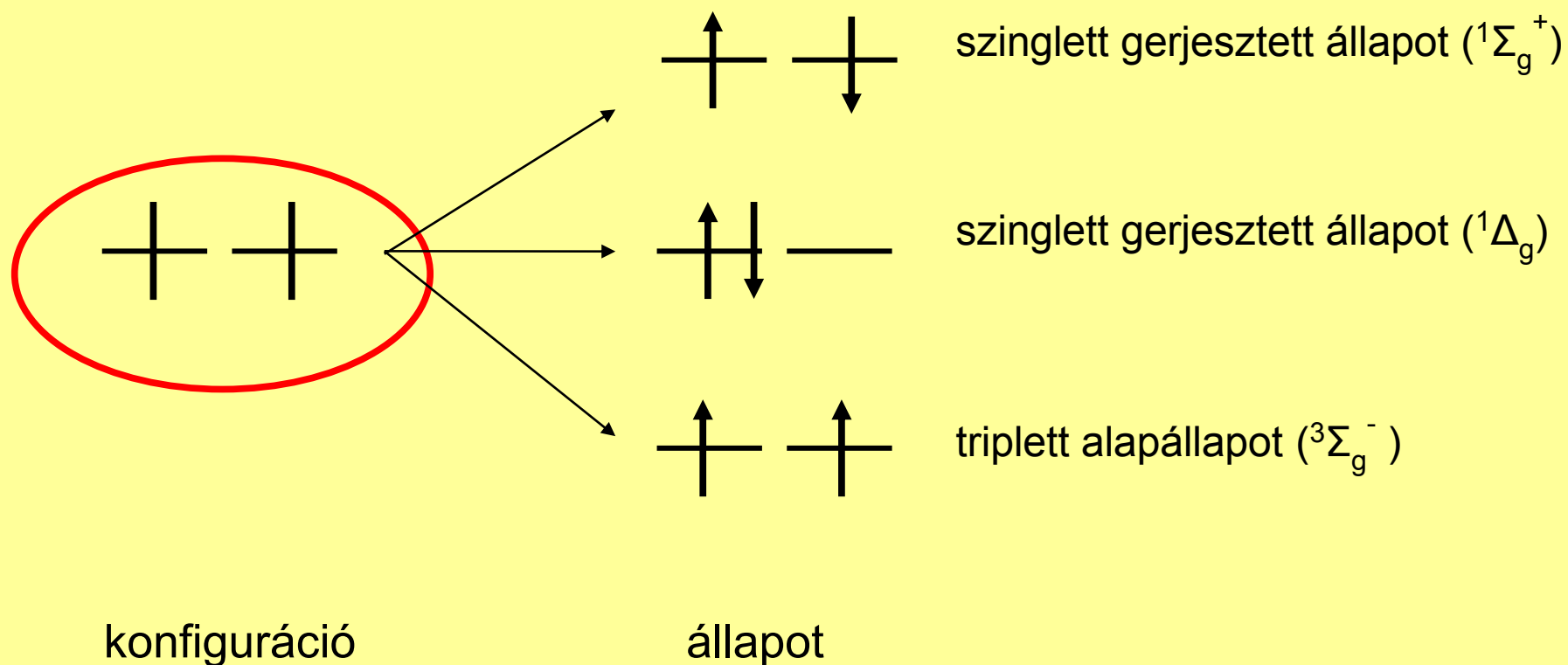


Az oxigénmolekula elektronszerkezete

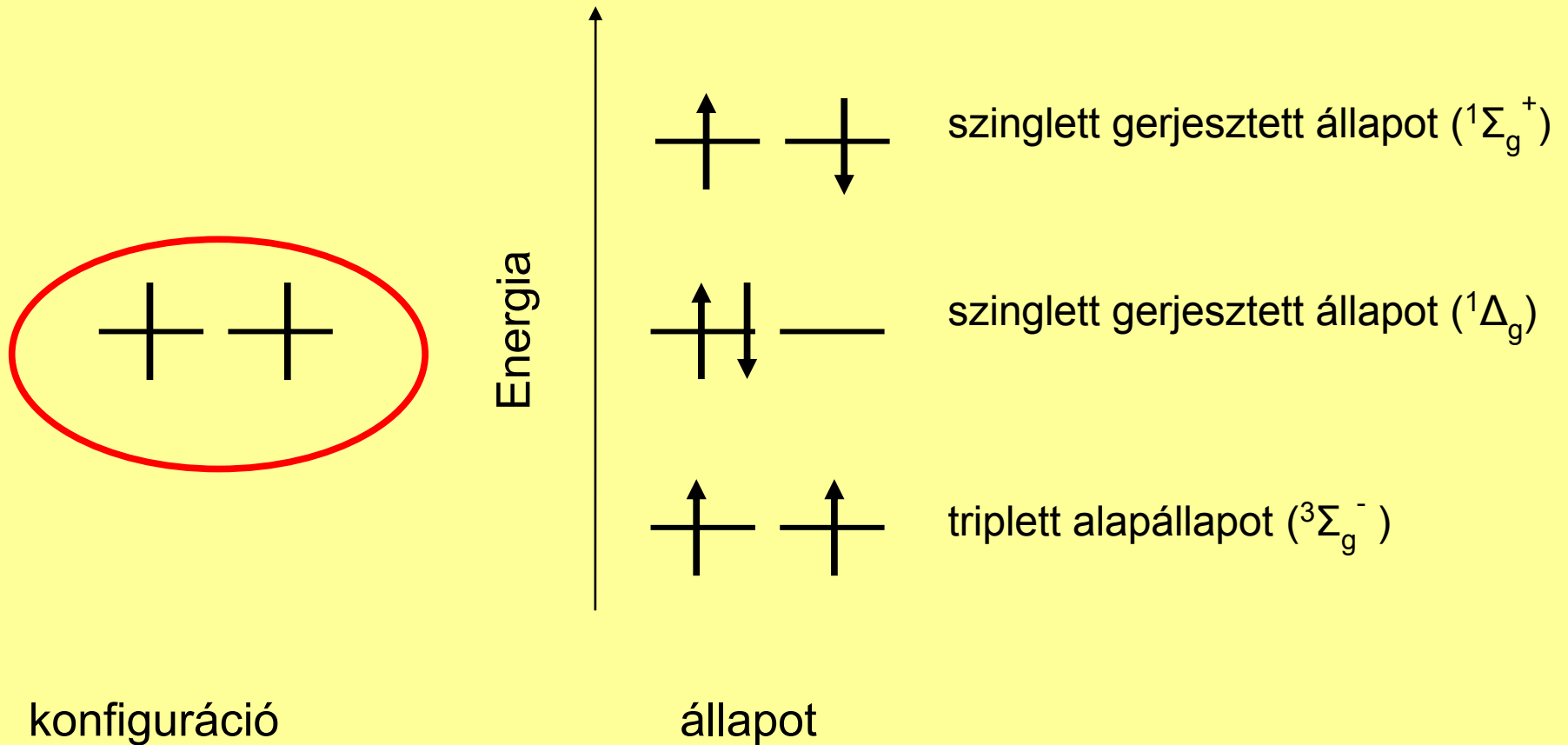


konfiguráció

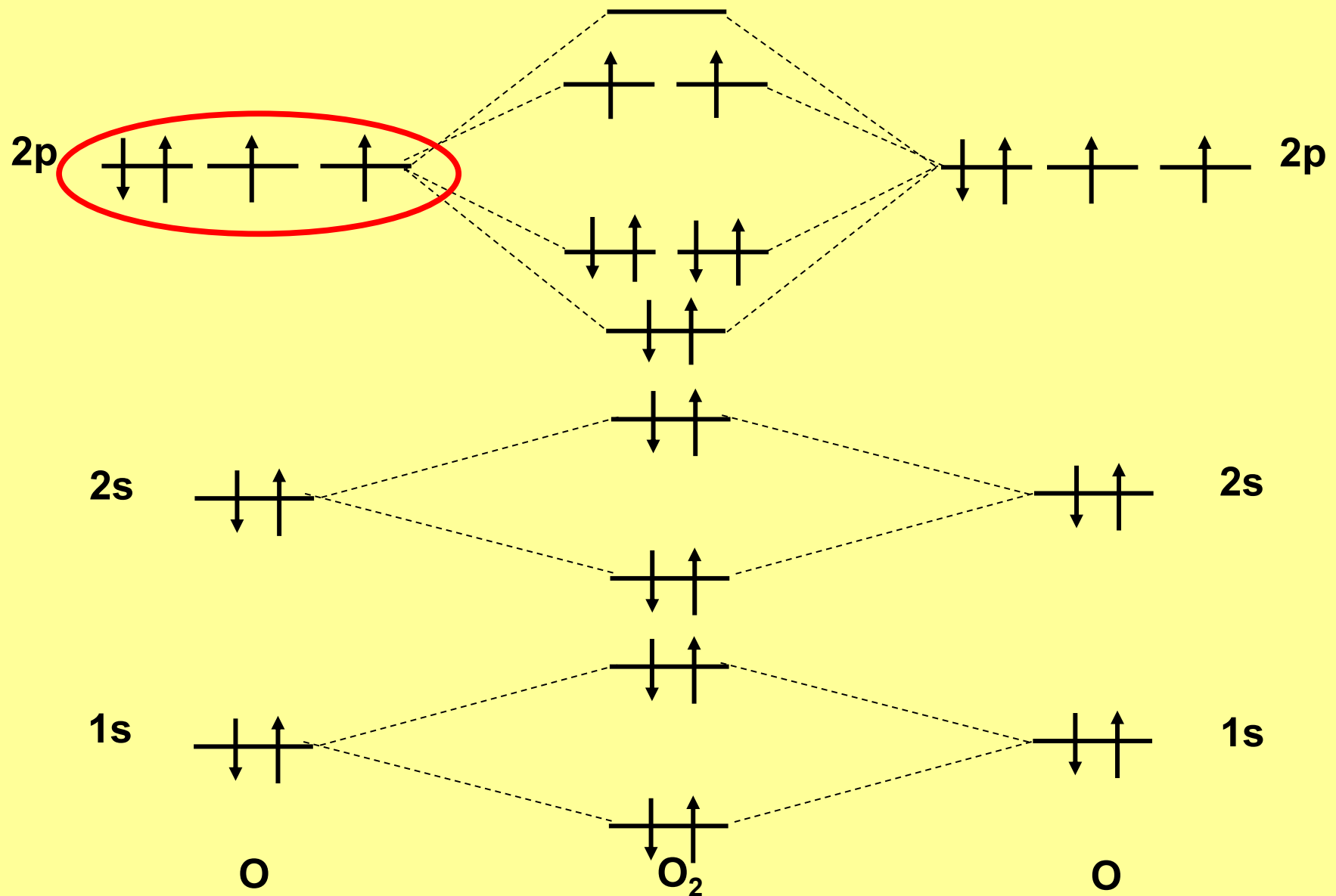
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



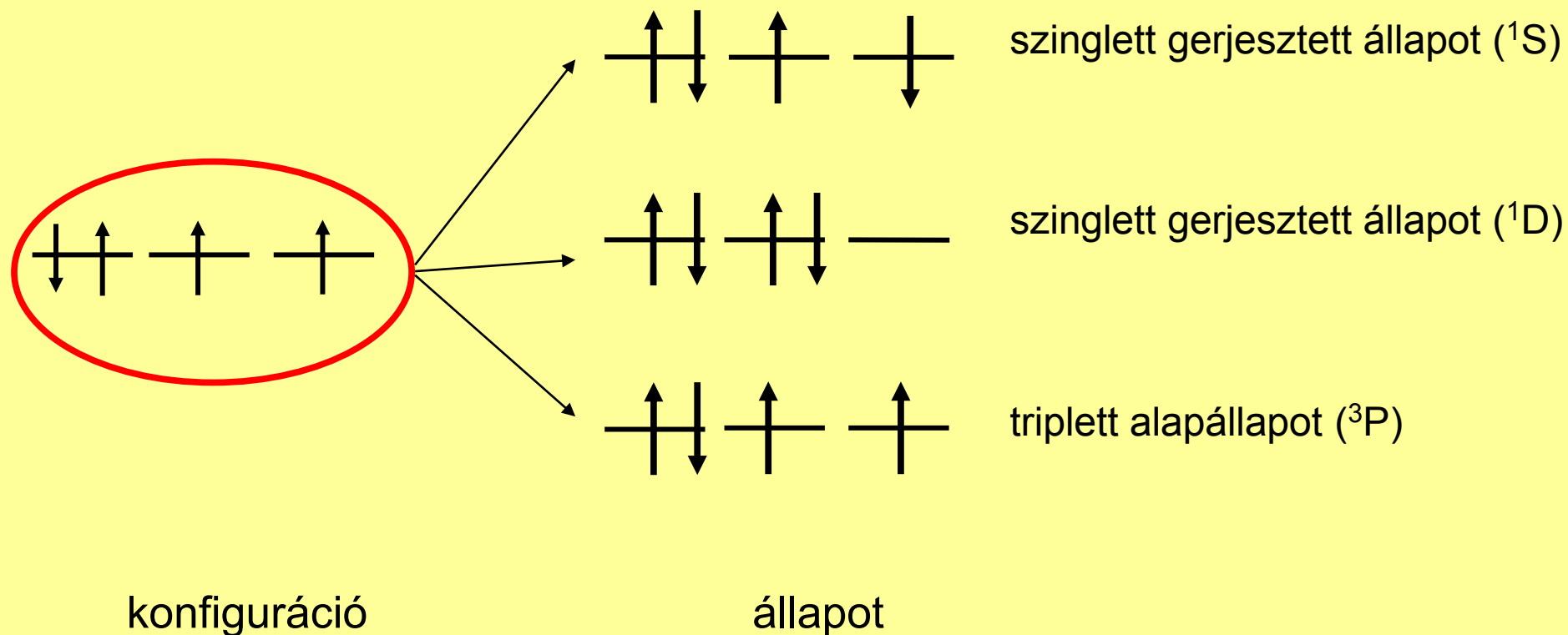
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



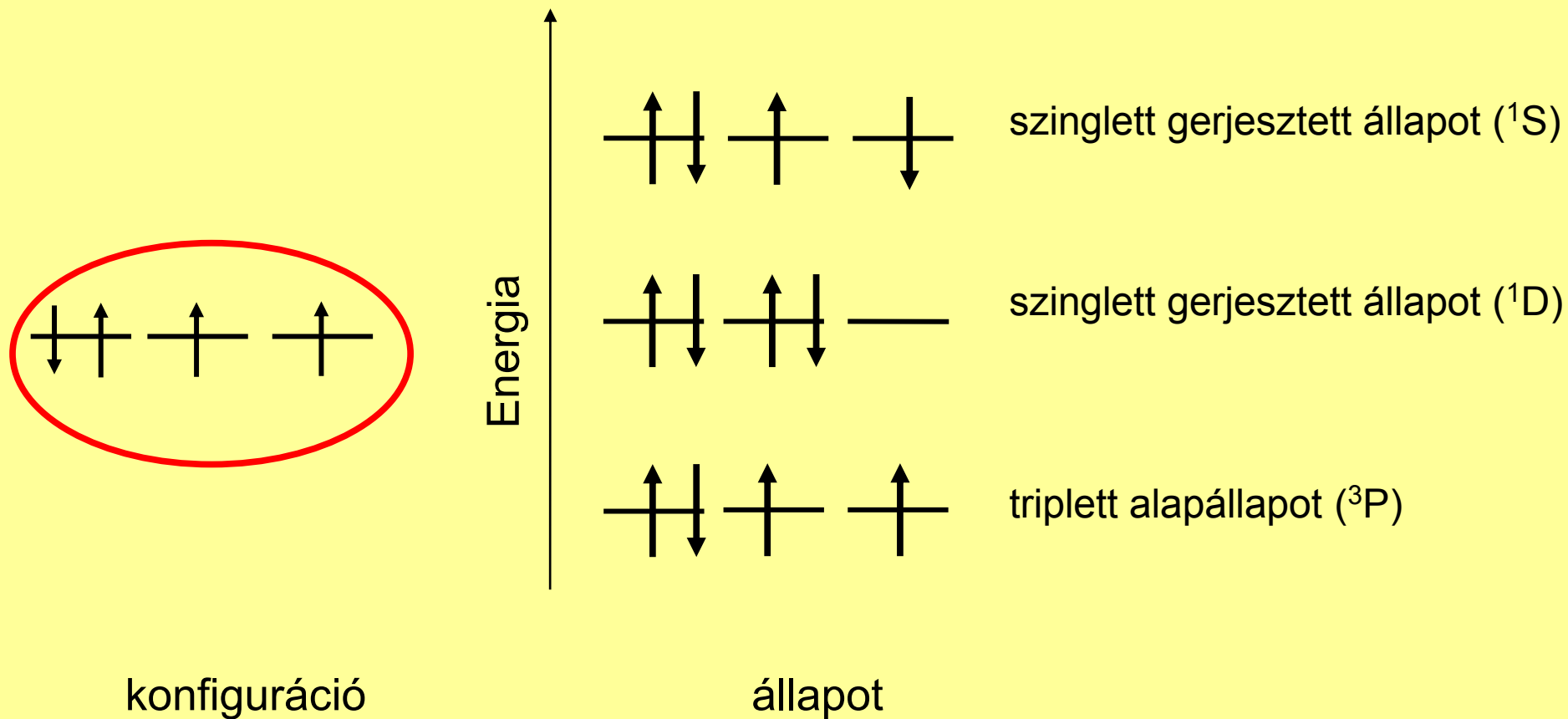
Az oxigénmolekula elektronszerkezete



Az oxigénatom elektronszerkezete



Az oxigénatom elektronszerkezete



Sarki fény (aurora borealis)

Jelenség:



Zöldes, sötétpiros
(esetleg kékes vagy
rózsaszínű)
fényjelenség a sarkok
közelében

Sarki fény (aurora borealis)

Magyarországon is látható:



Galéria: http://www.mcse.hu/galeria/main.php/asztrofotok/20031120_aurora/

Előrejelzés: http://www.mcse.hu/sarki_feny_elorejelzes/

Sarki fény (aurora borealis)

Magyarországon is látható:



Galéria: http://www.mcse.hu/galeria/main.php/asztrofotok/20031120_aurora/

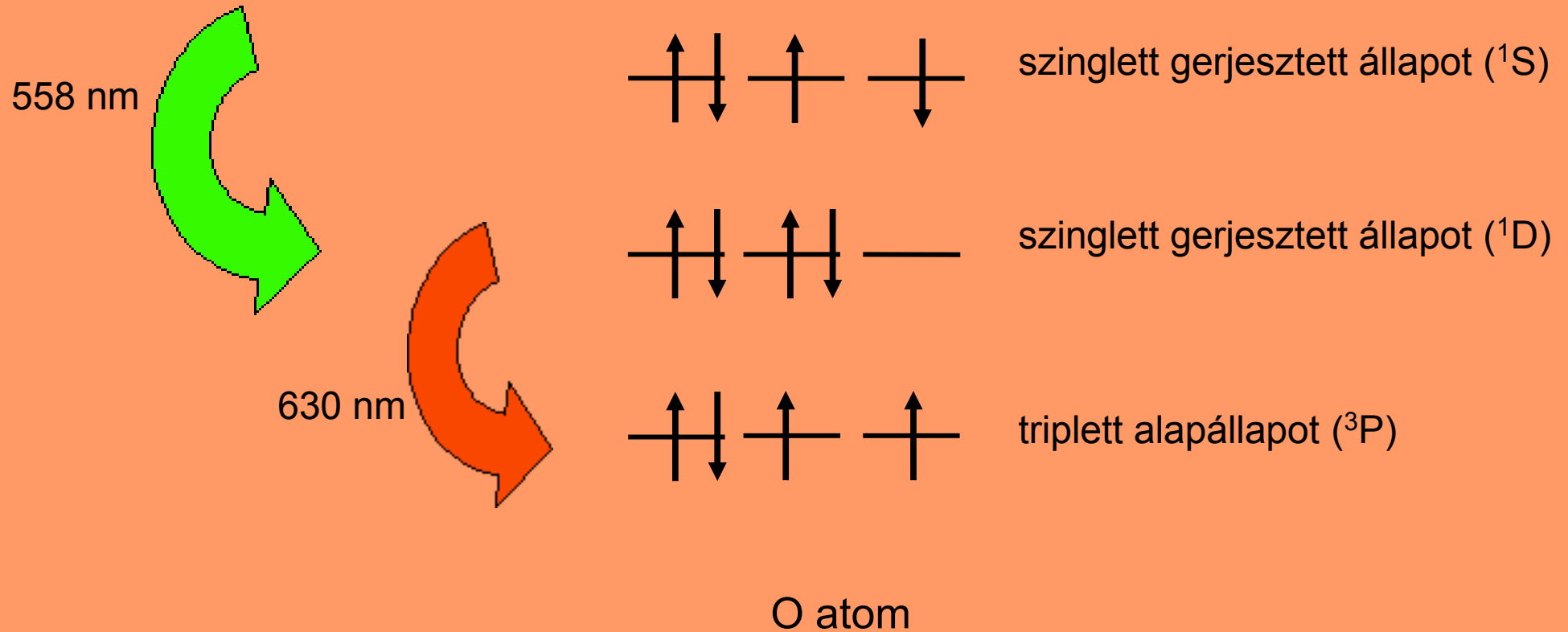
Előrejelzés: http://www.mcse.hu/sarki_feny_elorejelzes/

Sarki fény (aurora borealis)



- A napból napkitörésből származó töltött részecskék (elektronok, protonok, egyéb ionok) gerjesztik a légkörben található atomokat/molekulákat
- A gerjesztett állapotok megszűnésekor fénykibocsátás történik.

Az oxigénatom lumineszkálása



Sarki fény (aurora borealis)



Zöldes fény:

O atom $^1S \rightarrow ^1D$ átmenet

Sötétpiros fény:

O atom $^1D \rightarrow ^3P$ átmenet

Kék fény:

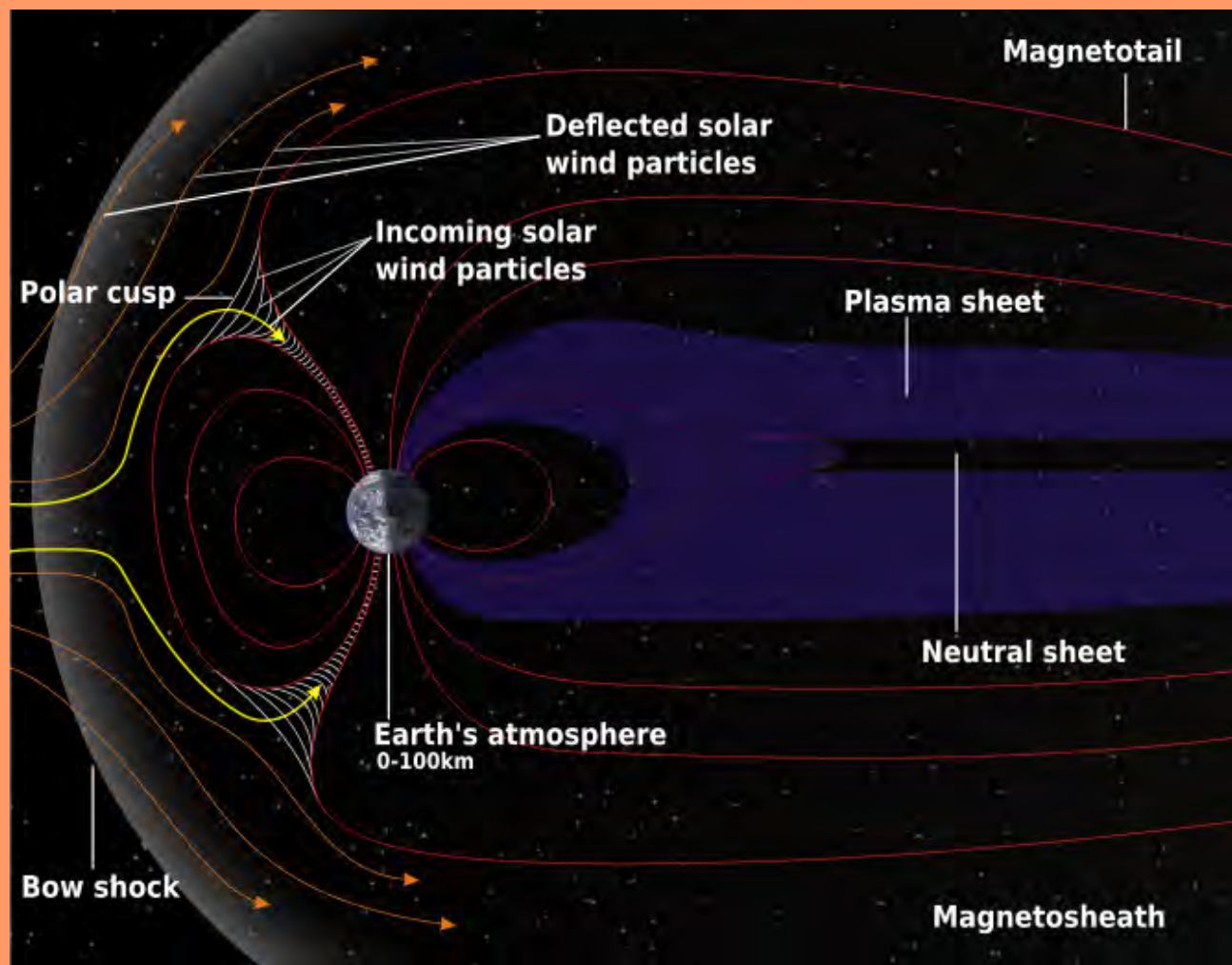
N atom $^2D \rightarrow ^4S$ átmenet

Ibolya fény:

N_2 molekula

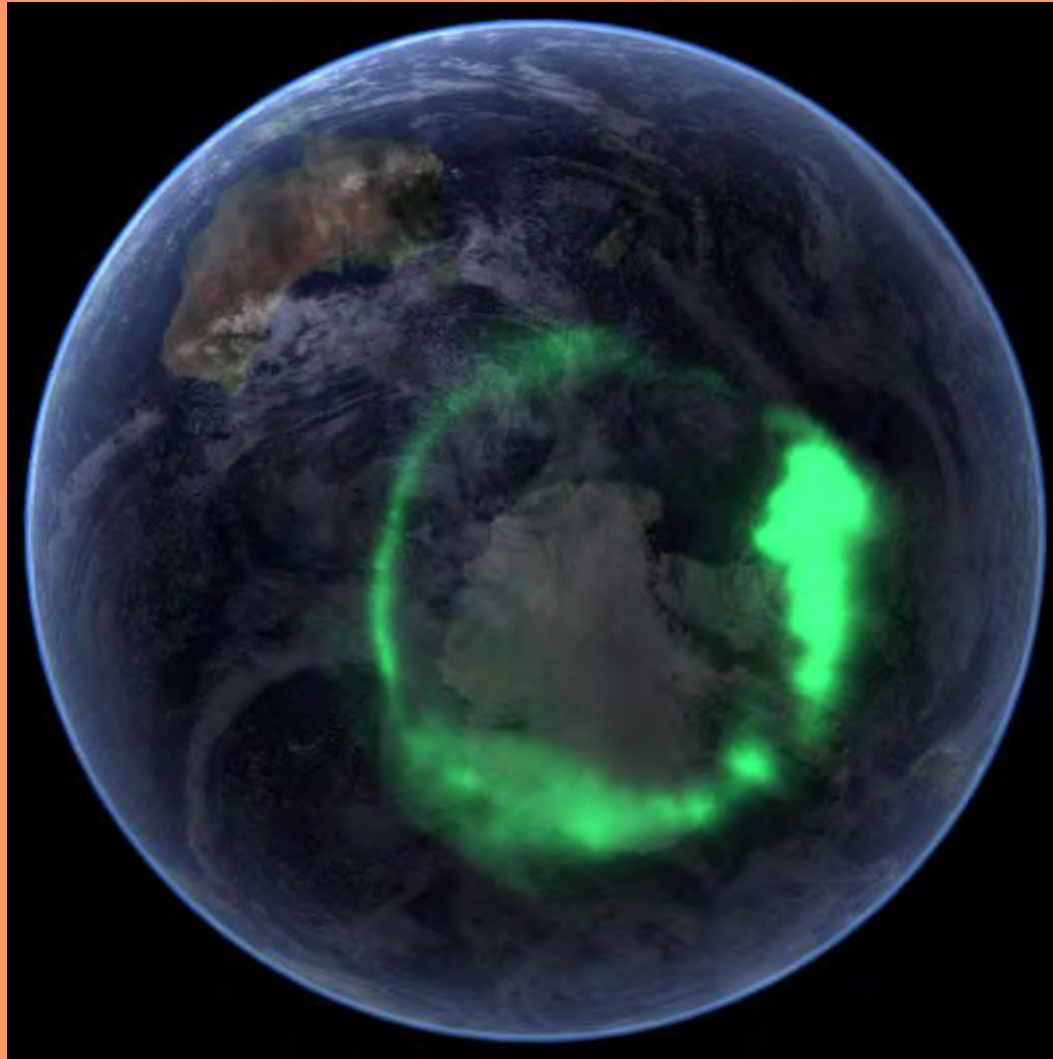
IR, UV, sőt röntgen sugárzás is, de ezek csak az űrből láthatók

Sarki fény: miért csak a sarkok közelében?



A föld mágneses tere eltéríti ezeket a részecskéket, azok csak a pólusoknál juthatnak be.

Déli sarkon is: aurora australis

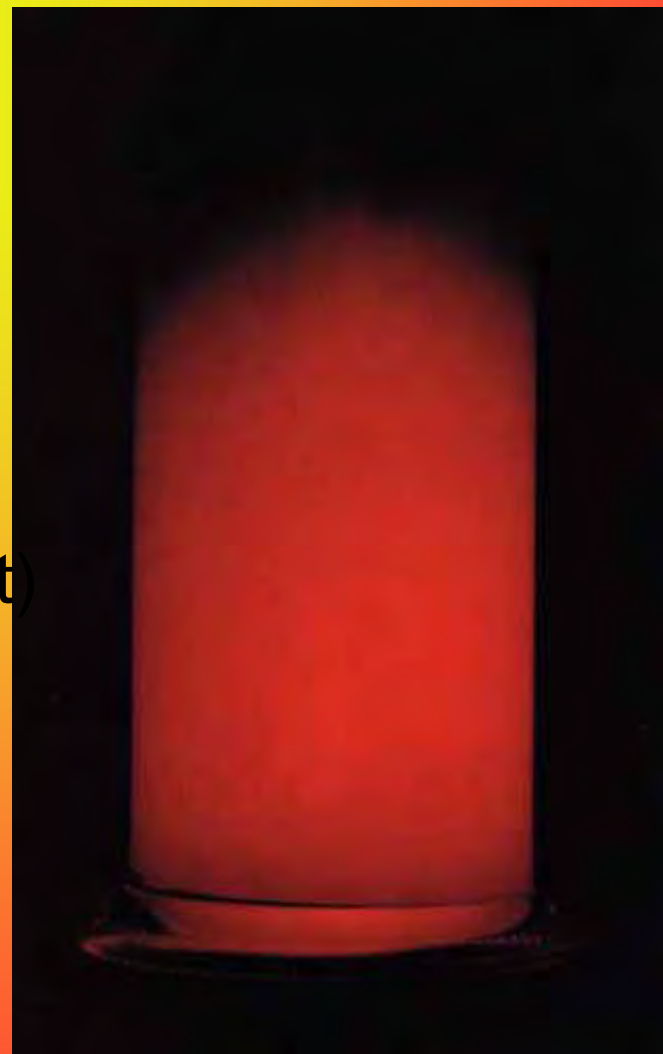


A NASA "IMAGE satellite" felvétele (2005. szeptember 11.)

(a föld csak alá van montírozva!)

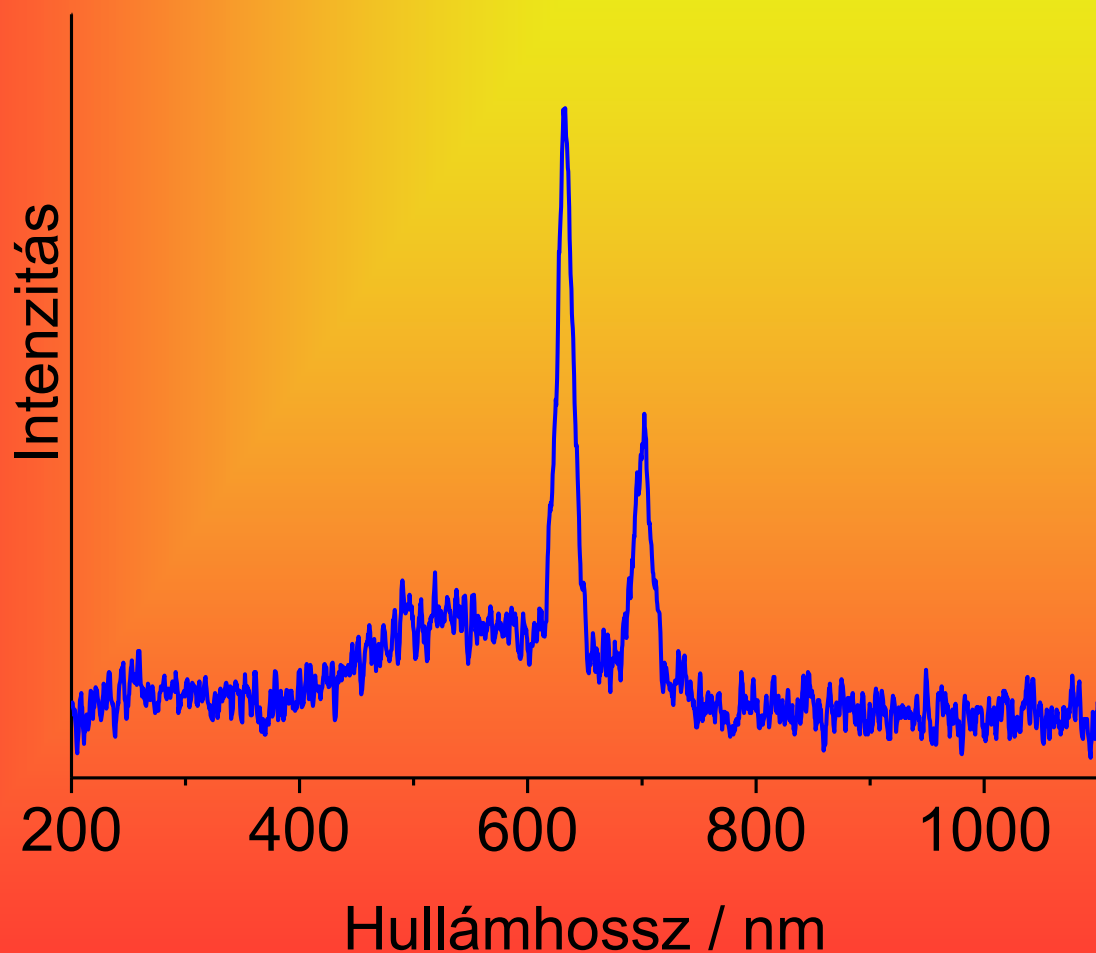
Kemilumineszcencia

Kísérlet:

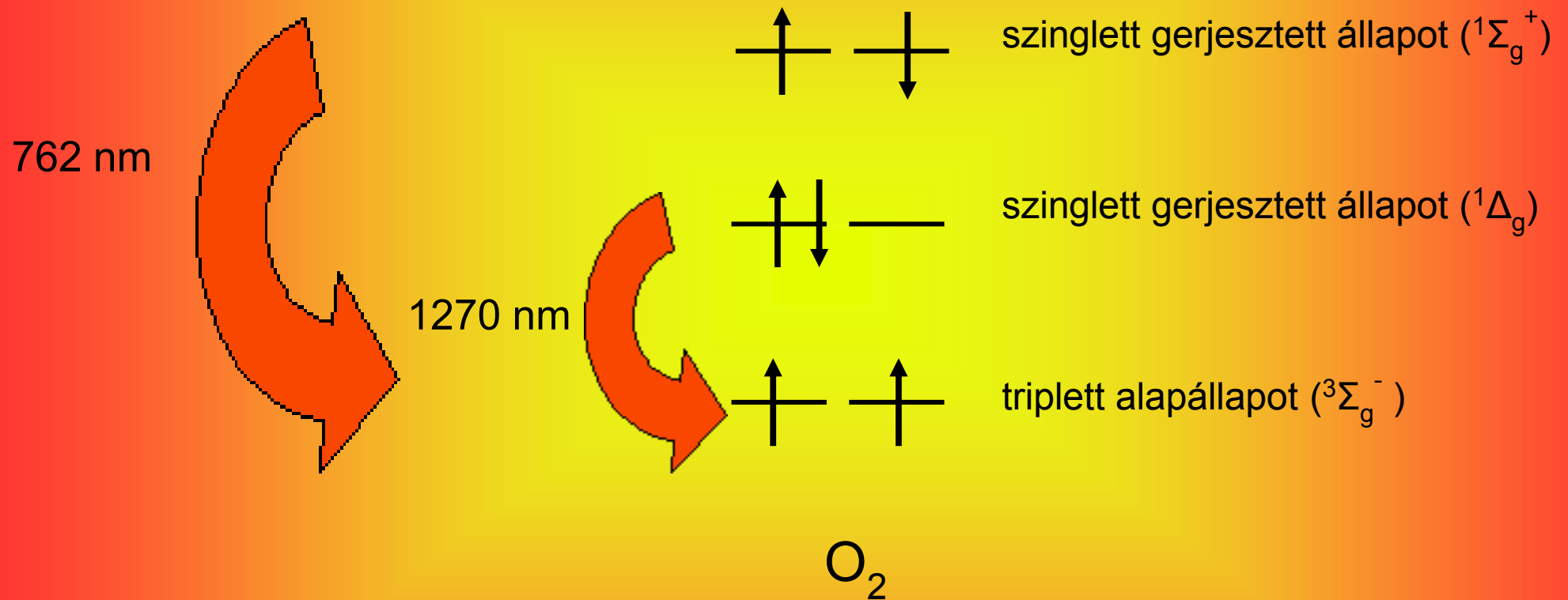


Kemilumineszcencia

Kísérlet:

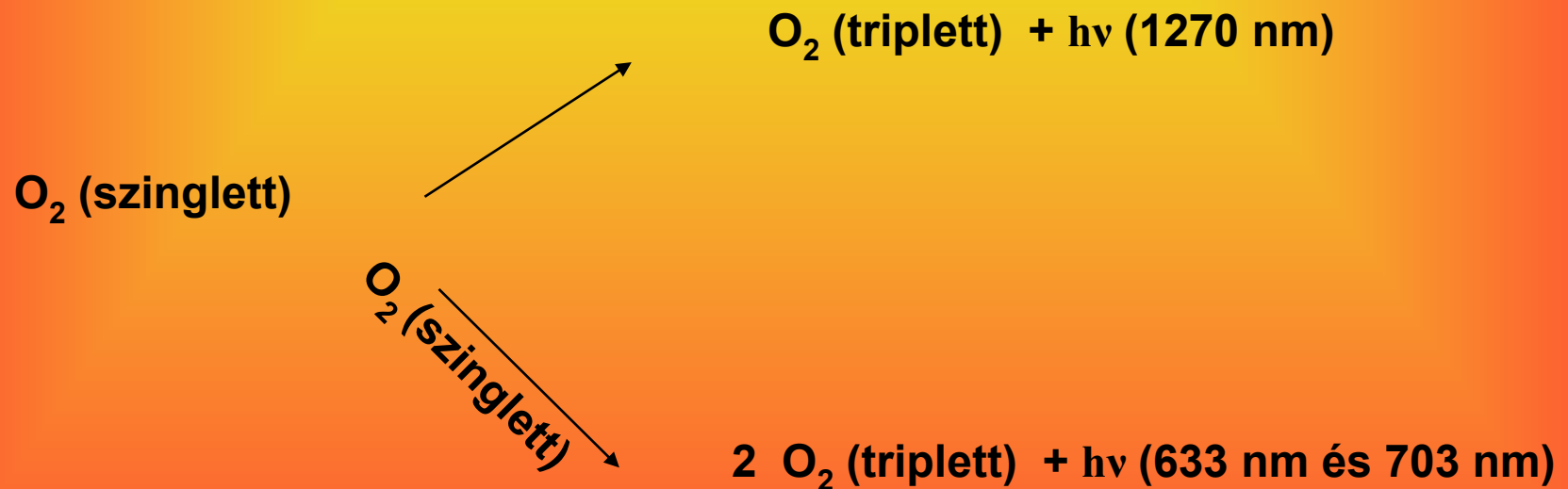


Az oxigén lumineszkálása

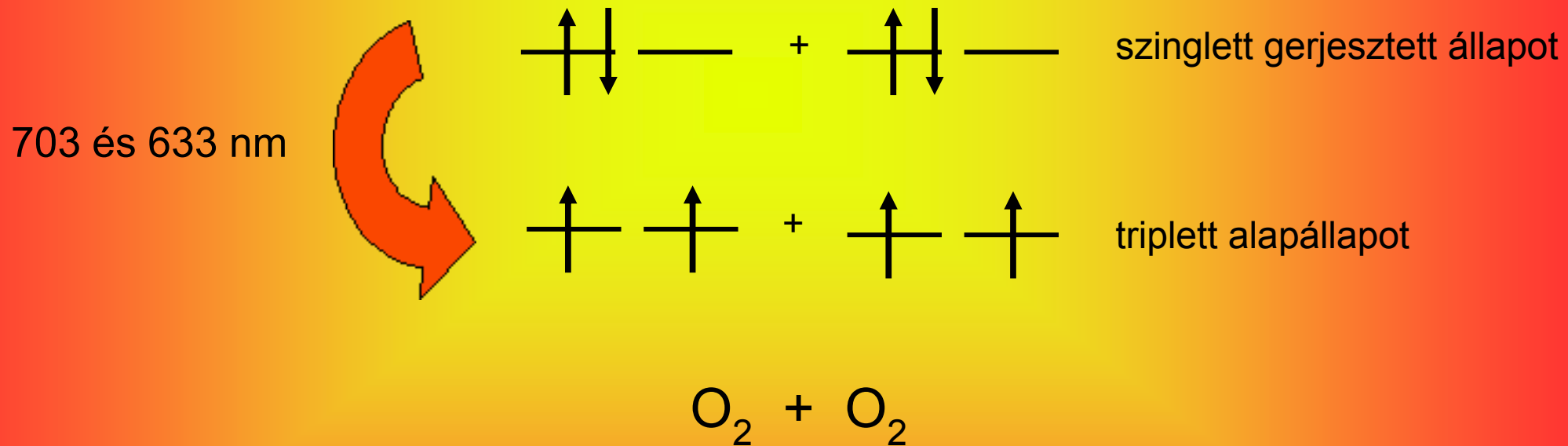


Kemilumineszcencia

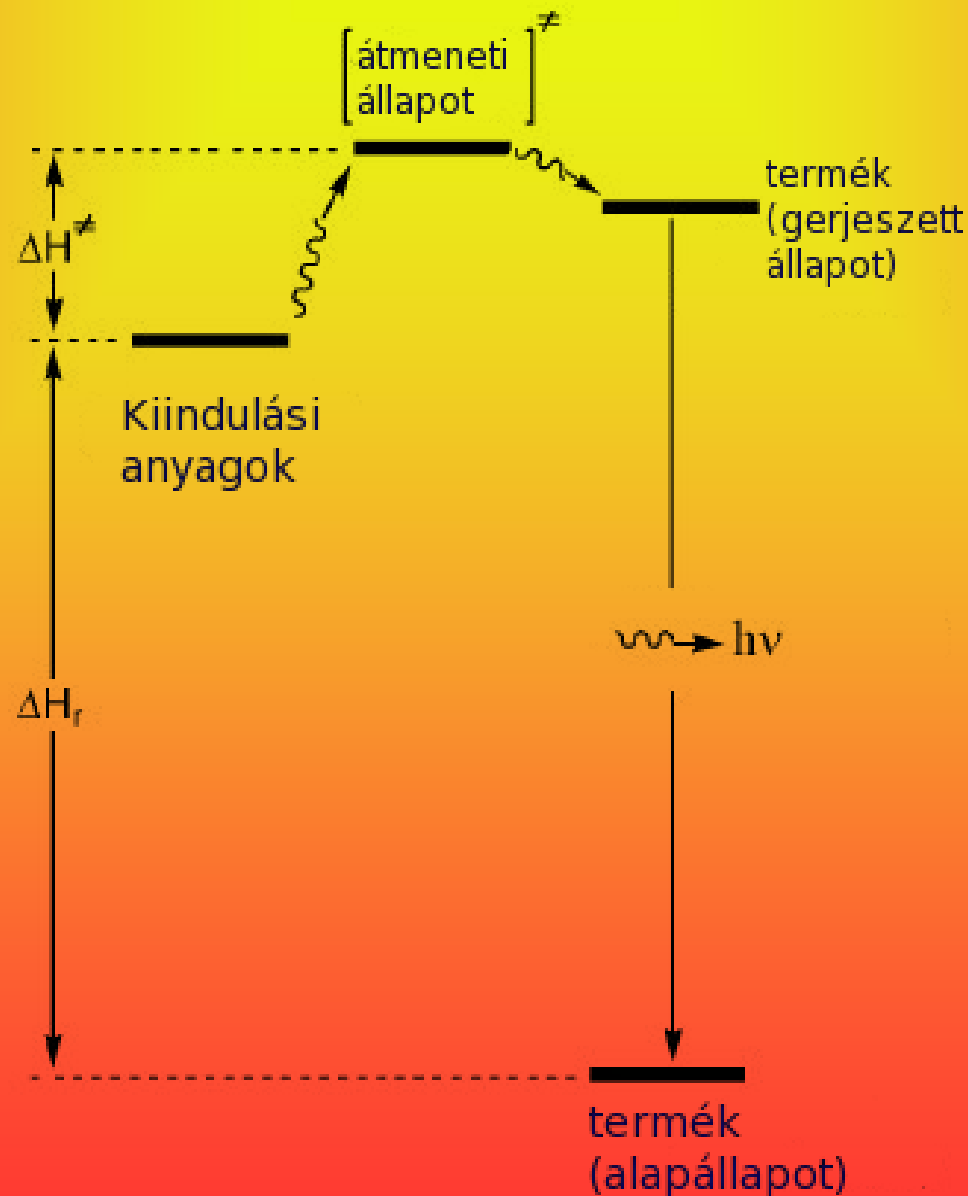
Miért nem csak egy színt látunk?



Az $O_2 - O_2$ komplex lumineszkálása



Kemilumineszcencia: általános mechanizmus



Közvetett kemilumineszcencia

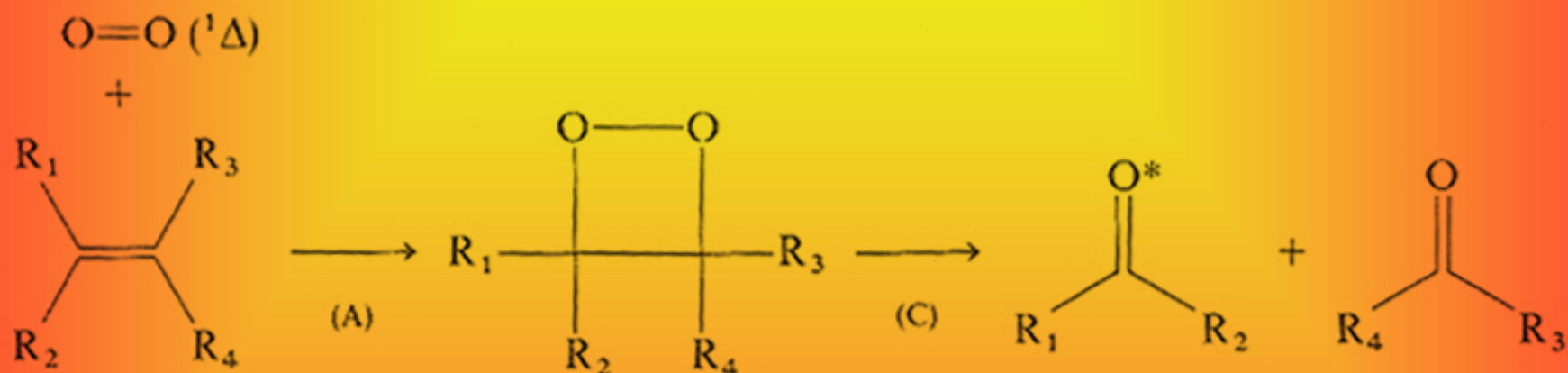


Lumineszcensek:

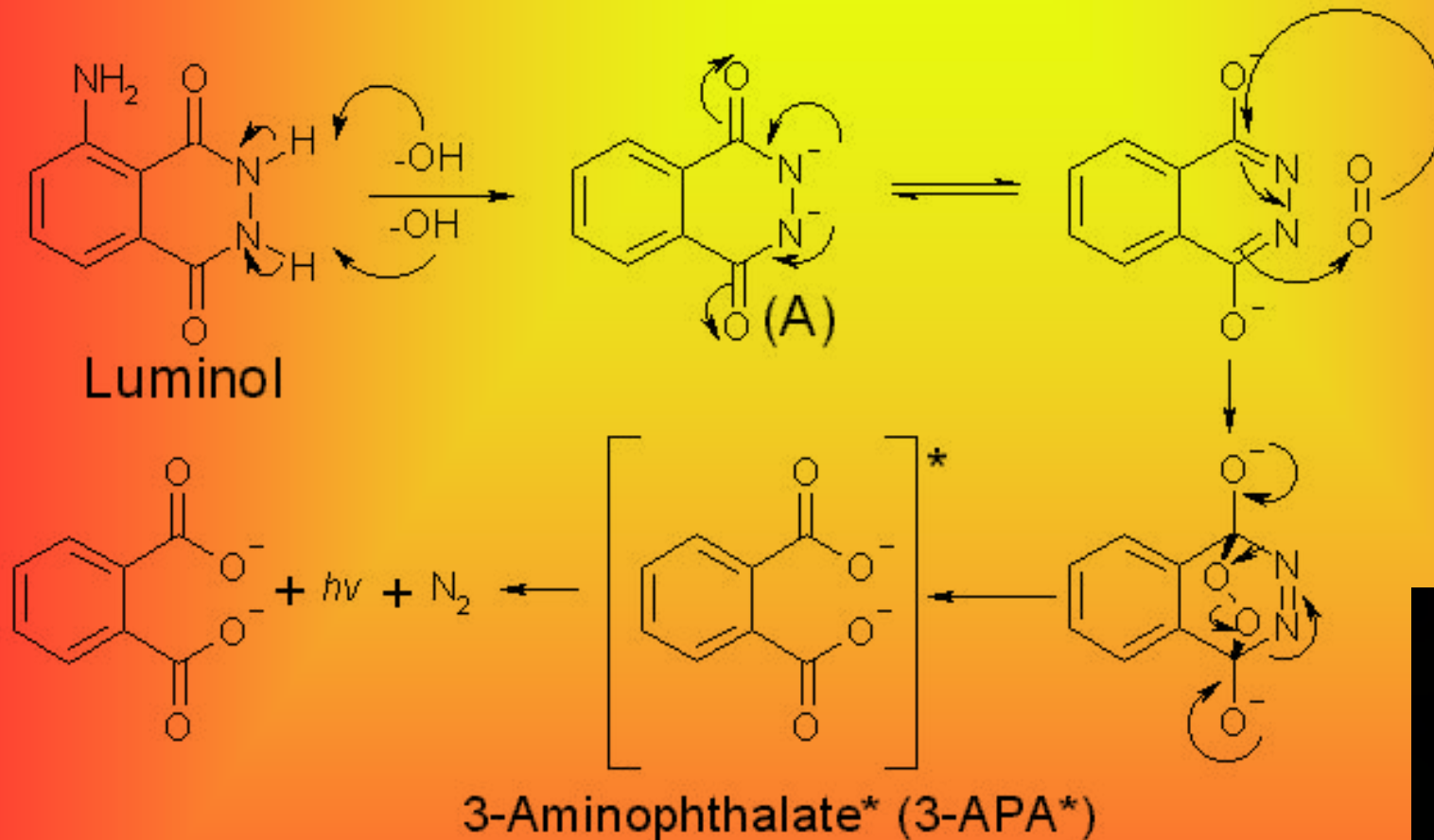
- Naracssárga: rubrén
- Kék: 9,10-difenil-antracén
- Kékeszöld: perilén
- Zöld: 9,10-biszfenil-etinil-antracén



Dioxetán kemilumineszcenciája



Luminol kemilumineszcenciája



Biolumineszcencia



Erdei Norbert: “Utolsó este”

II. díj, Nimród Magazin fotópályázata

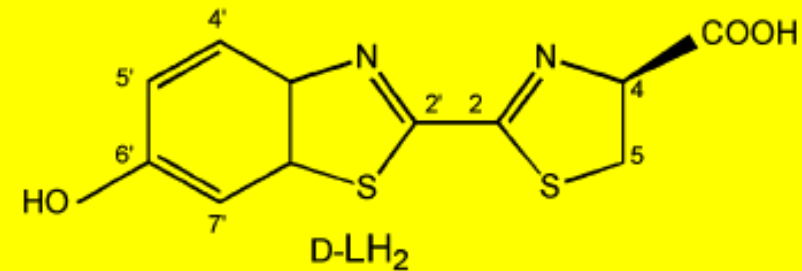
Biolumineszcencia

Biológiai rendszerben létrejövő kemilumineszcencia

Szubsztrát: luciferin (gyűjtőnév)

ezen történik a reakció:

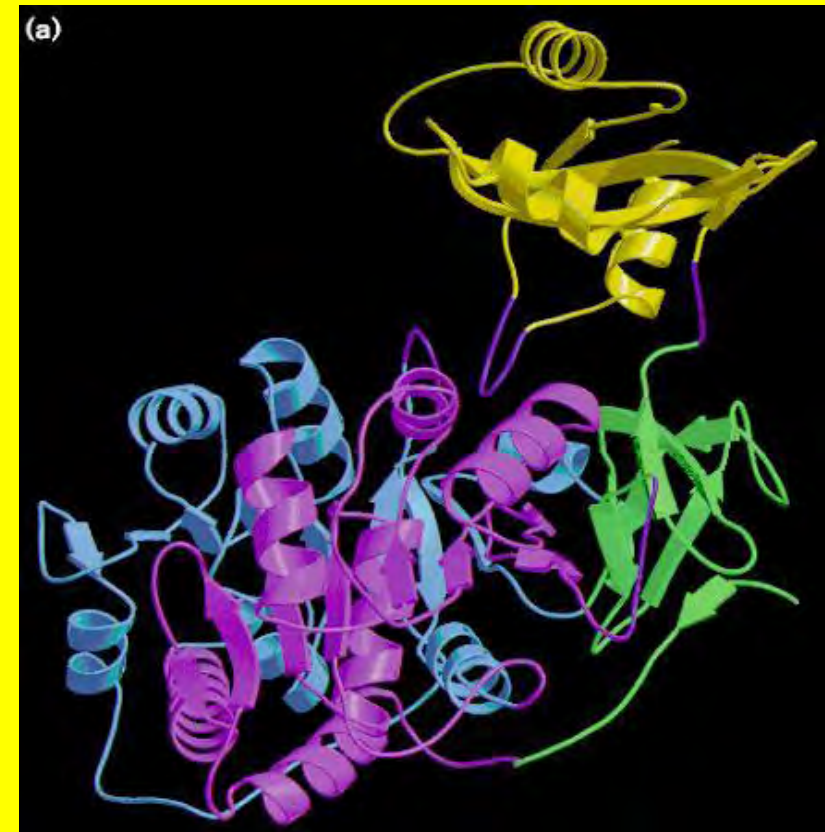
luciferin $\rightarrow$ oxoluciferin



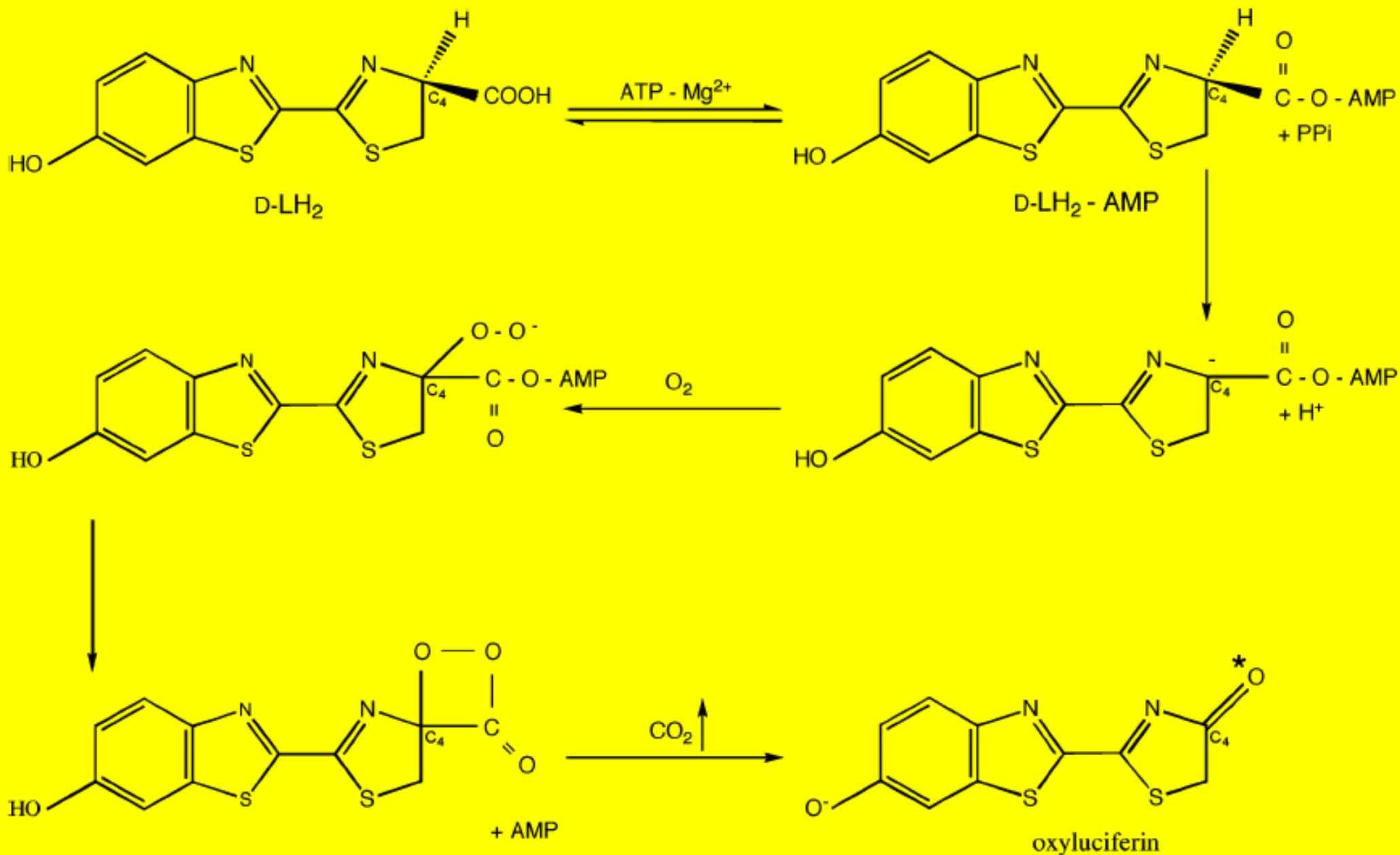
Enzim (fehérje): luciferáz (gyűjtőnév)

ez katalizálja a folyamatot

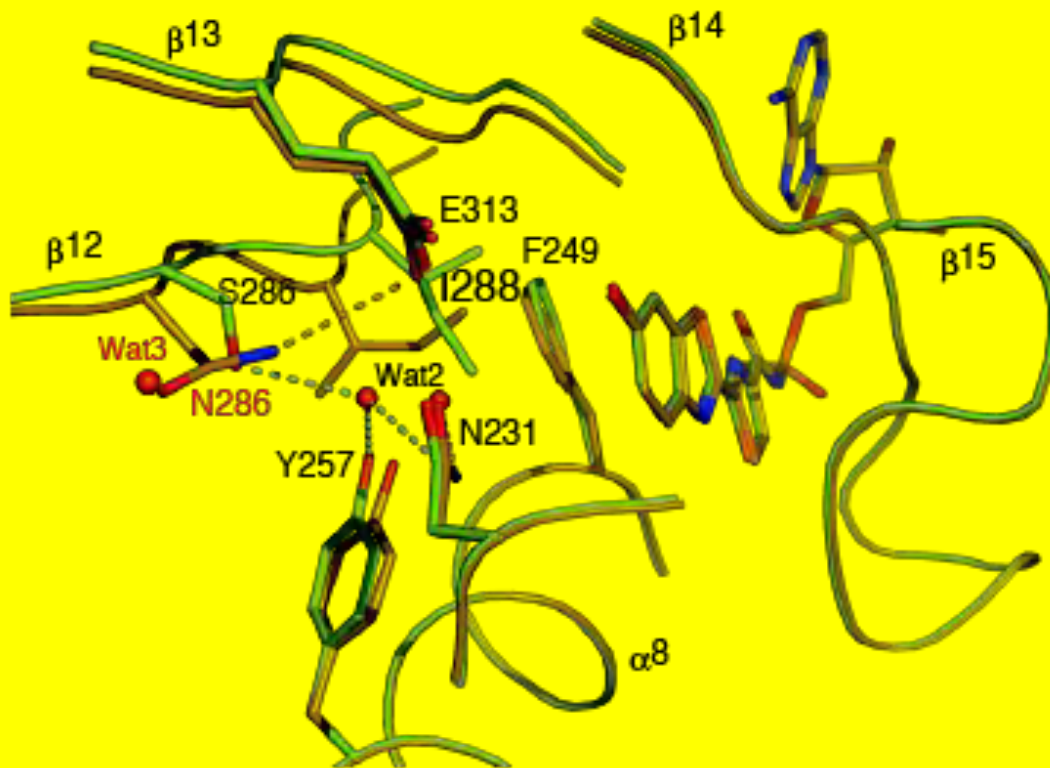
Lucifer = lux-fero (fényt hozó)



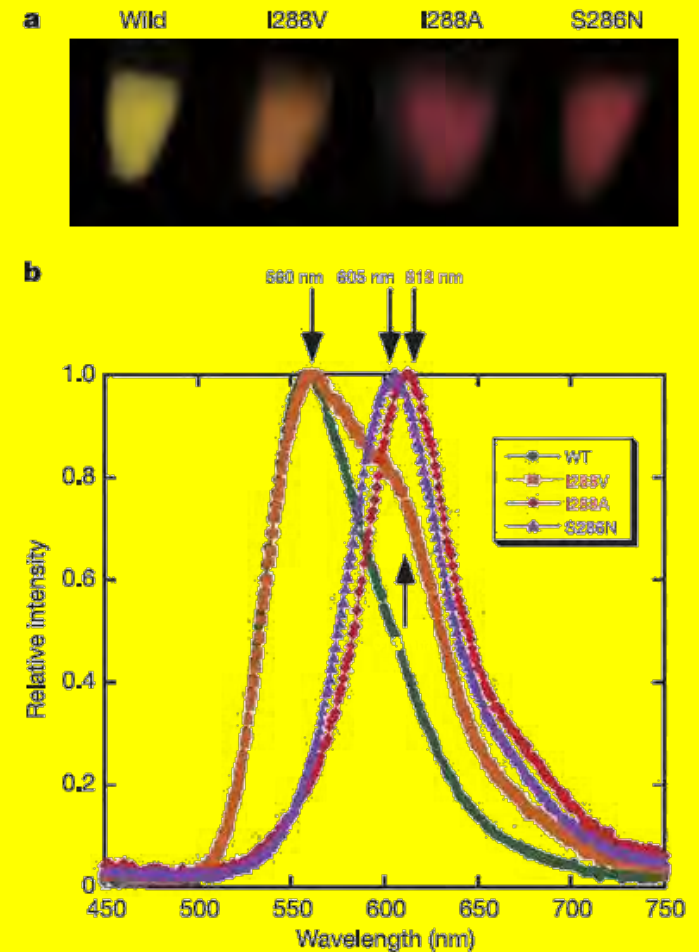
A luciferin reakciójának mechanizmusa



Mi befolyásolja a kibocsátott fény színét?

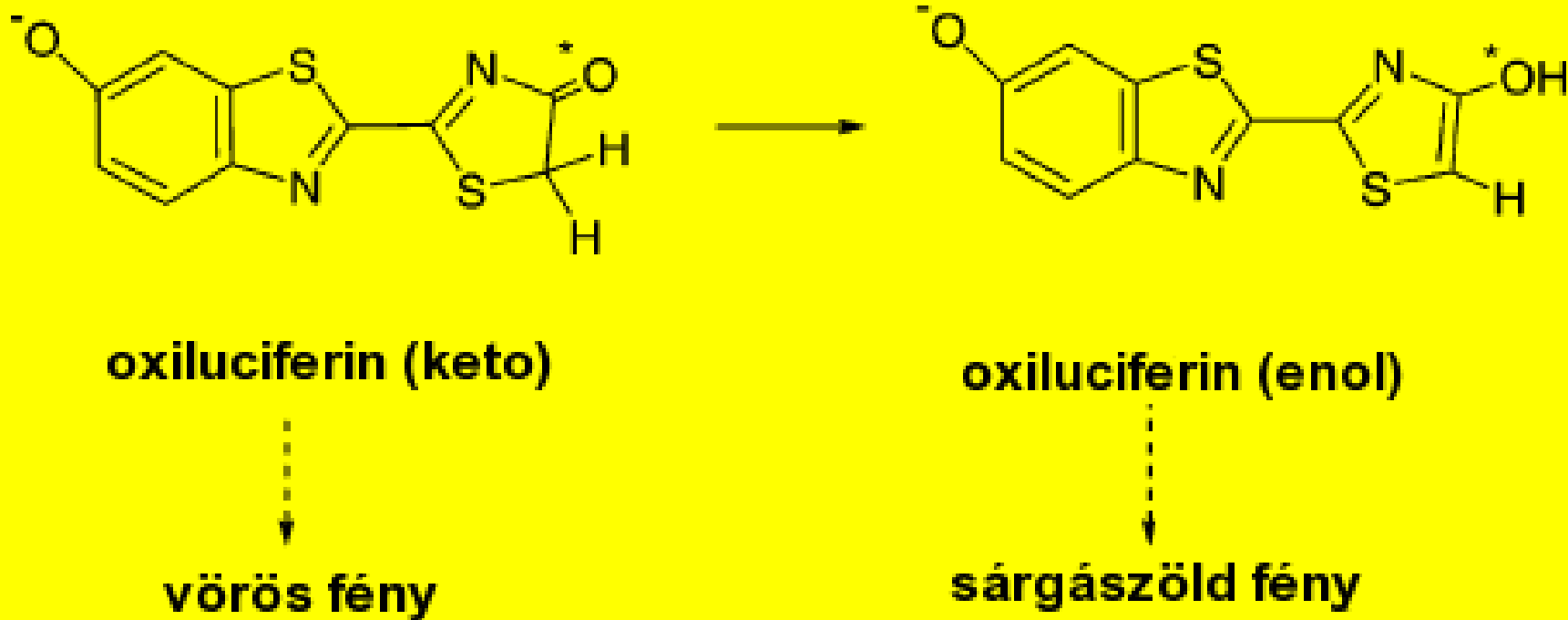


A természetes és módosított luciferáz enzimek szerkezete



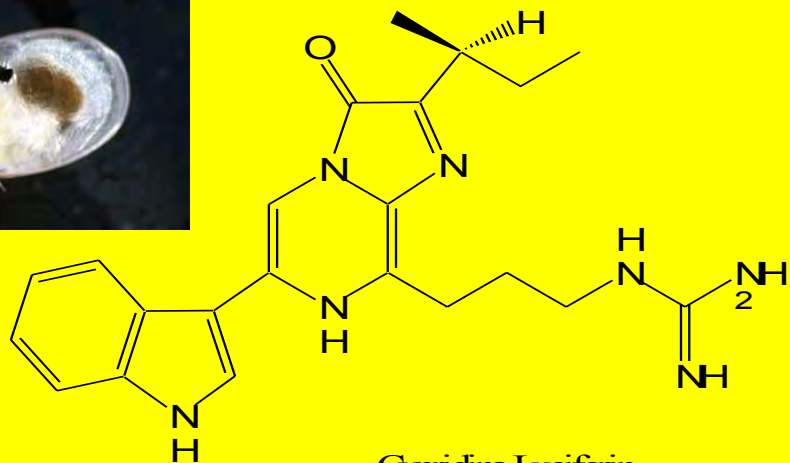
Változtatva a 286-os illetve a 288-as aminosavakat, a szín változik

Mi befolyásolja a kibocsátott fény színét?

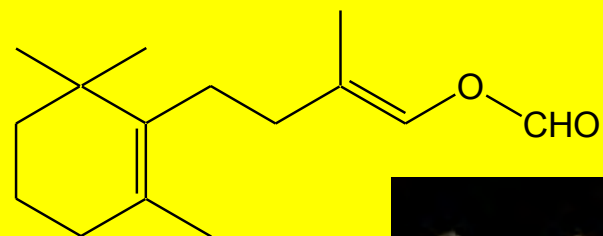


Tehát a környezet polarizációs hatása, illetve a hidrogénkötések hol egyik, hol másik formát stabilizálják

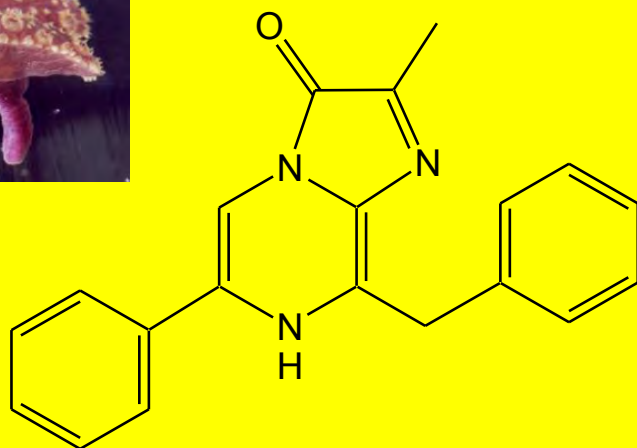
Néhány további luciferin molekula



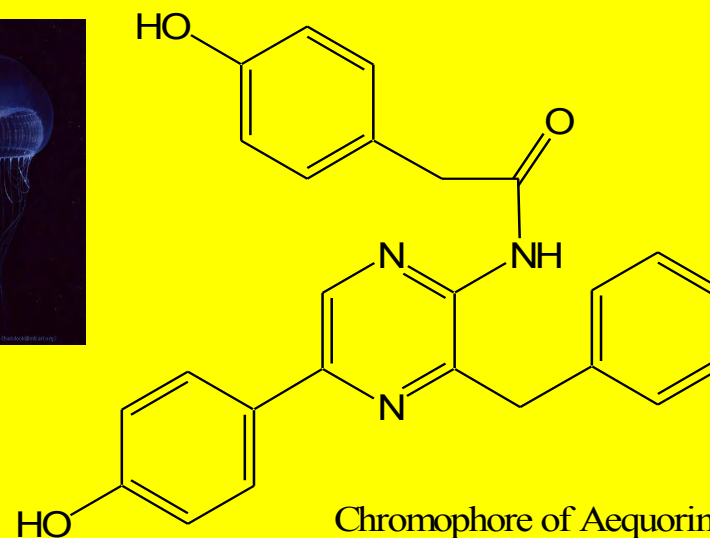
Cypridina Luciferin



Latia Luciferin

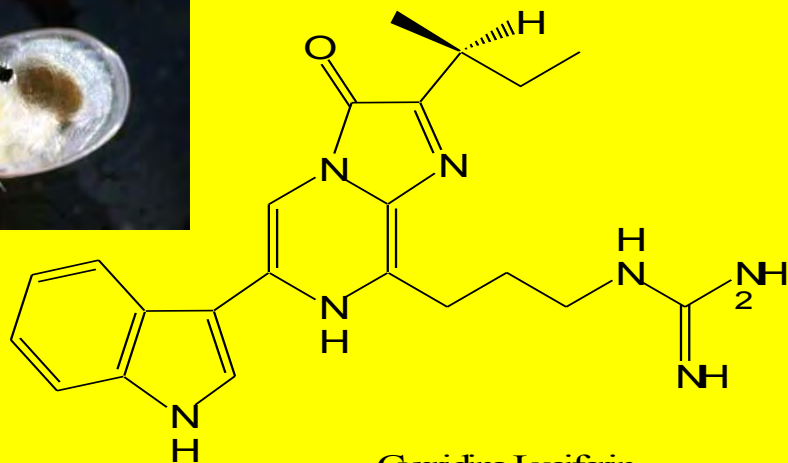


Renilla Luciferin

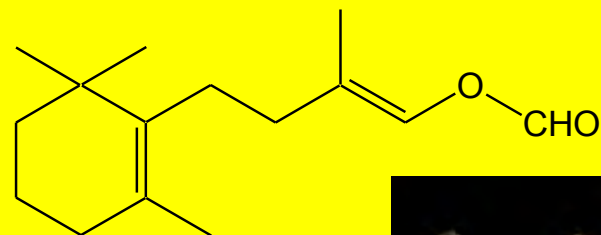


Chromophore of Aequorin

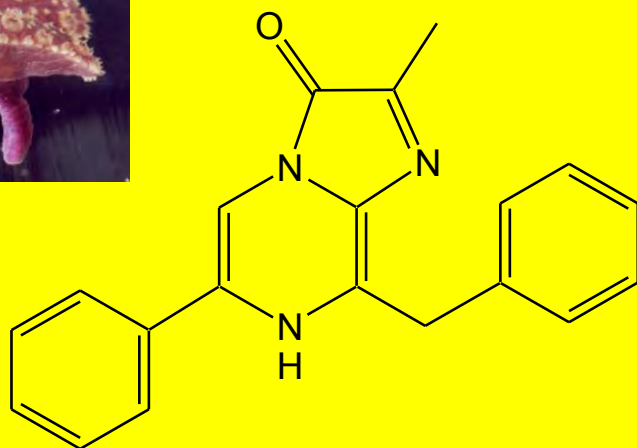
Néhány további luciferin molekula



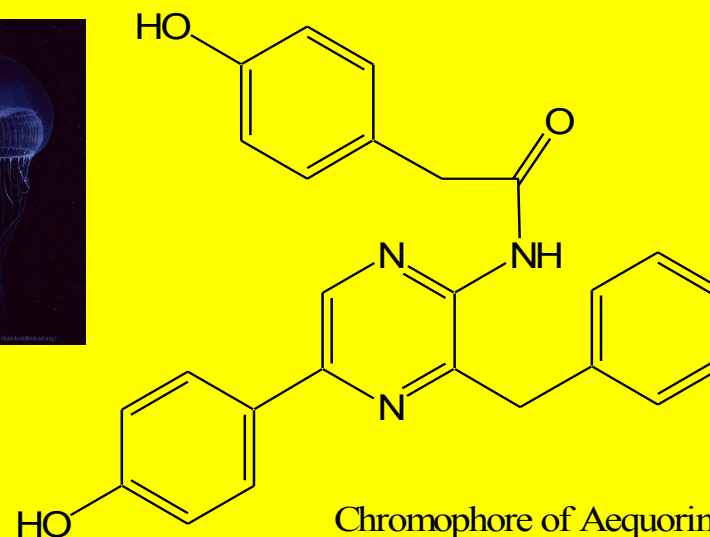
Cypridina Luciferin



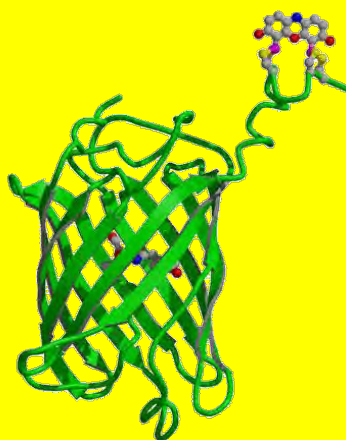
Latia Luciferin



Renilla Luciferin



Chromophore of Aequorin



A híres GFP (Green Fluorescent Protein)

Van közös bennük?



Van közös bennük?

- Gerjesztett atomi vagy molekuláris állapotok fény kibocsátásával kerülnek vissza alapállapotba
- Oxigén jelenléte
- Elméleti háttér

Biolumineszcencia



Észak-amerikai szentjánosbogár

Biolumineszcencia



Mélytengeri lámpáshal (*Chaenophryne longiceps*)

forrás: <http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum>

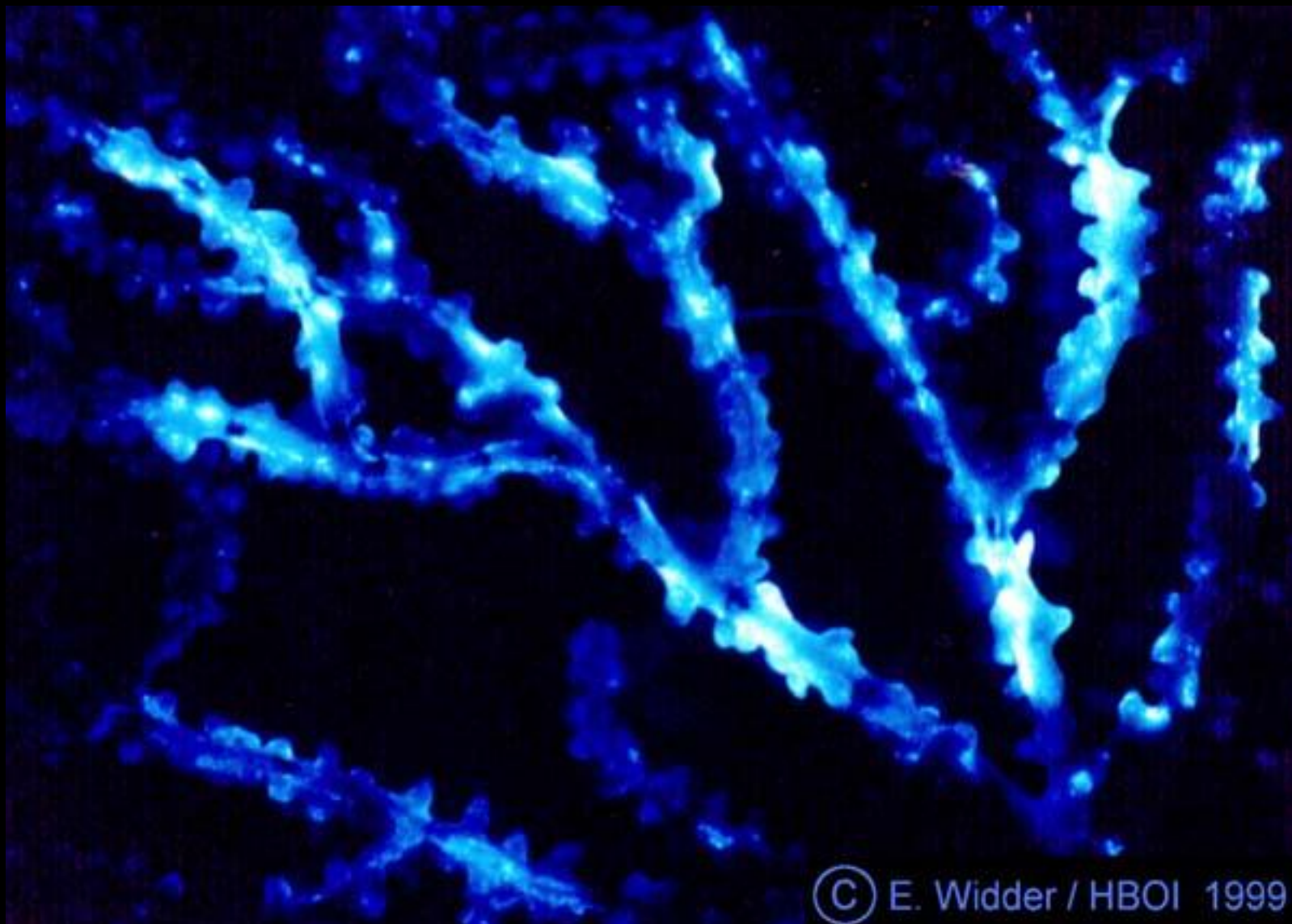
Biolumineszcencia



Nyíl kukac

forrás: <http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum>

Biolumineszcencia



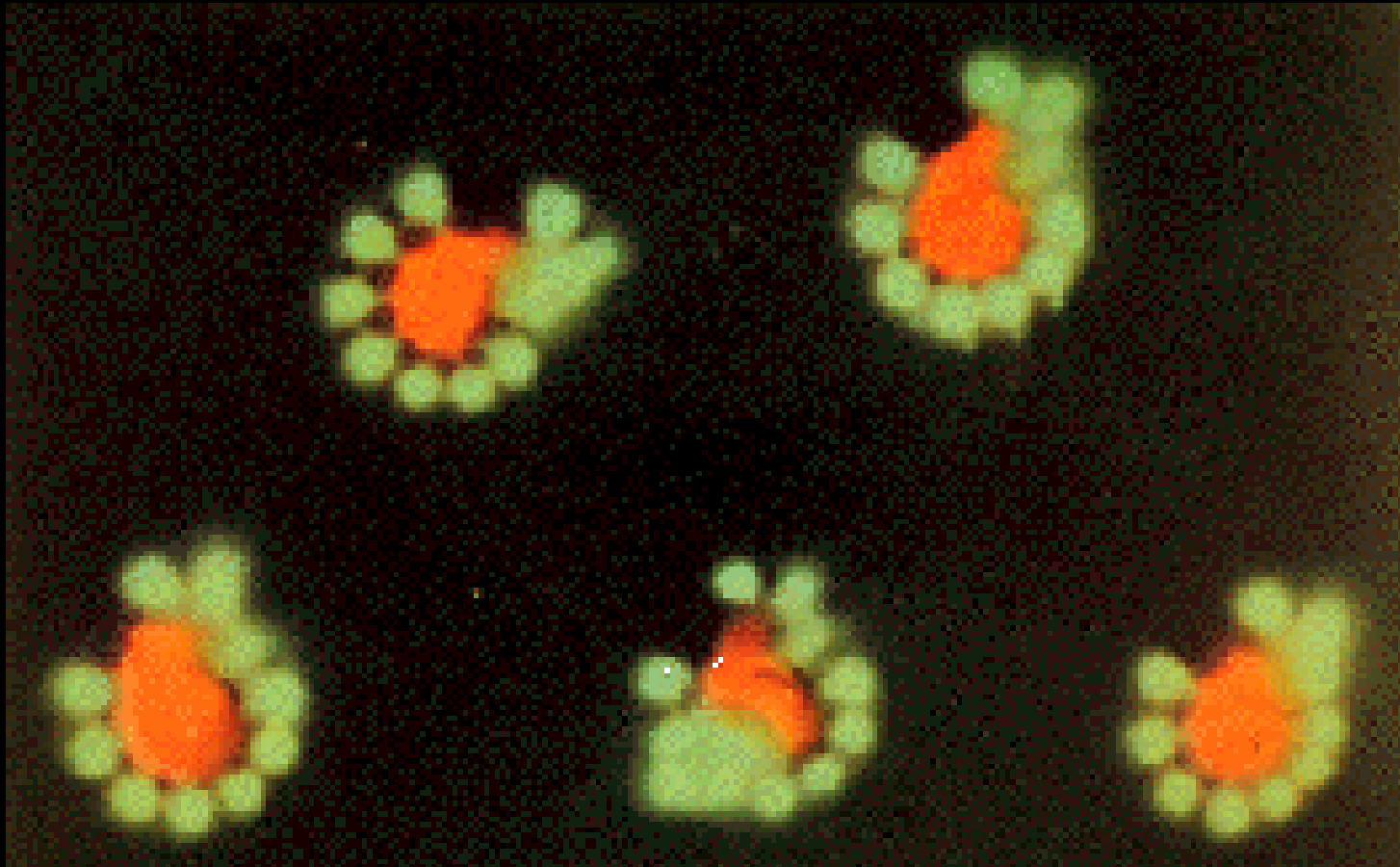
Bambusz-korall

forrás: <http://www.hboi.edu>

Biolumineszcencia



Biolumineszcencia



Vasút-kukac: két színben lumineszkál

Biolumineszcencia



Planktonok virágzása (dinoflagellates)

forrás: <http://www.livescience.com/14865-bioluminescent-creatures-gallery.html>

Biolumineszcencia



Medúza (*Aequorea victoria*)

forrás: <http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum>



Köszönöm a lehetőséget!
Köszönöm a figyelmet!

www.meetthescientist.hu

