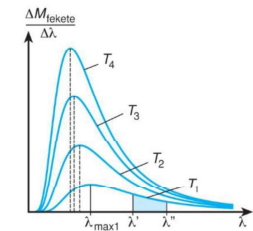
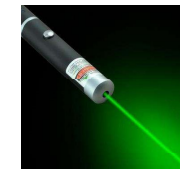


Sós Dóra: csőszemű
részlet

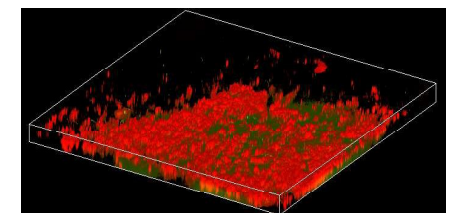
biomatéria ének
a sűket sötétben –
macropinna hólyagszeme a
mélybe tágul
édes **lumineszcencia**
a negatív test szoborillúziója –
a látható vázat fedő láthatatlan
palást

Fényemisszió formái

- Lumineszcencia
- Lézer
- Hőmérsékleti (feketetest) sugárzás



Lumineszcencia



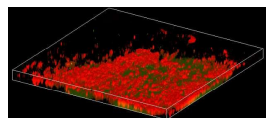
Ismétlés

- Az atomban az elektronok energiaállapotai kvantáltak
- A lehetséges legalacsonyabb energiájú állapotot töltik be
- Pauli-féle tilalmi elv

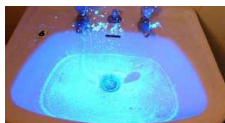
Egy atomon belül nem létezhet két olyan kötött elektron, amelynek mind a négy kvantumszáma megegyezik.

Gerjesztés sokféleképpen lehetséges

-(fény) foton elnyelése: **fotolumineszcencia**



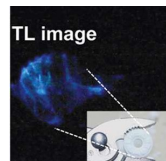
-kémiai reakció energiája: **kemo/bio-lumineszcencia**



-ütközés elektromos térrel gyorsított töltésekkel: **elektrolumineszcencia**



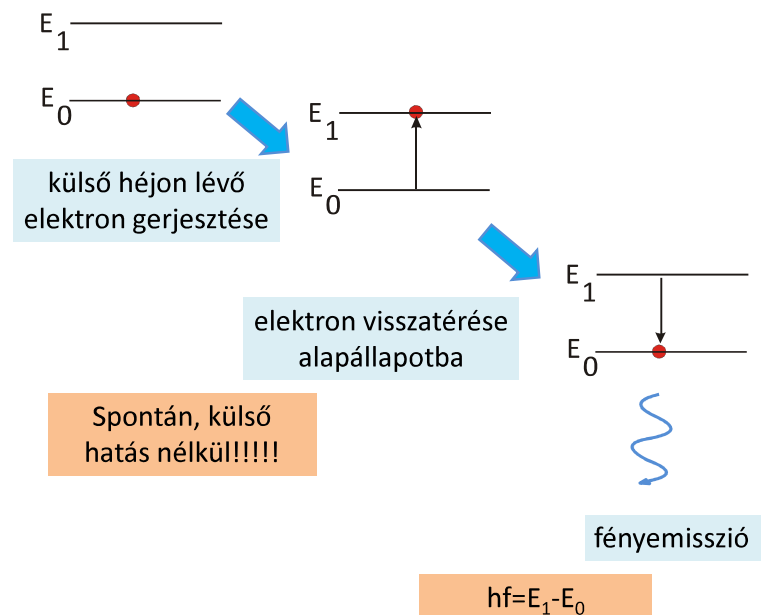
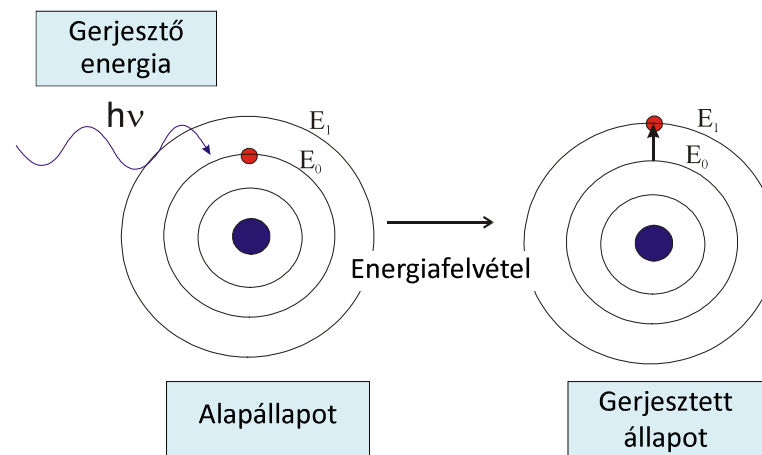
-mechanikai deformáció: **tribolumineszcencia**



-hőközlés: **termolumineszcencia**



Tekintsünk egy atomot

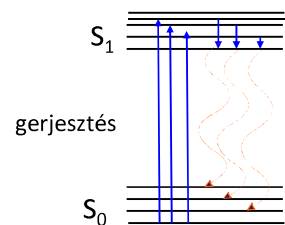


Lumineszcencia:

spontán fényemisszió gerjesztett elektron energiájának a rovasára

Lépései:

- külső héjon lévő elektron gerjesztése
- elektron spontán visszatérése alapállapotba



Fluoreszcencia

Fényemisszió spinváltozás nélkül

Kasha-szabály:

a fényemisszió a legalsó gerjesztett elektronállapot legalsó rezgési nívójáról történik

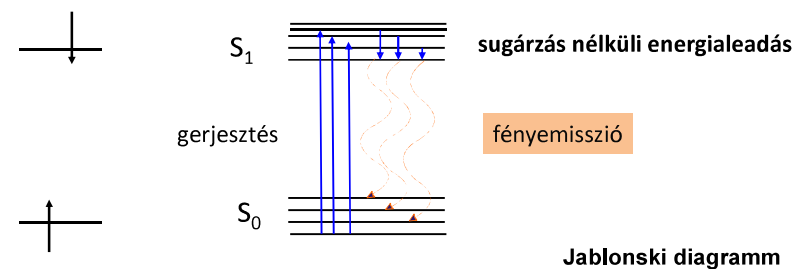
$$E_{\text{gerjesztés}} \geq E_{\text{fluoreszcencia}}$$

$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}}$$

Stokes-eltolódás



Tekintsük az atomok sokaságát kölcsönhatásban egymással és a környezetükkel

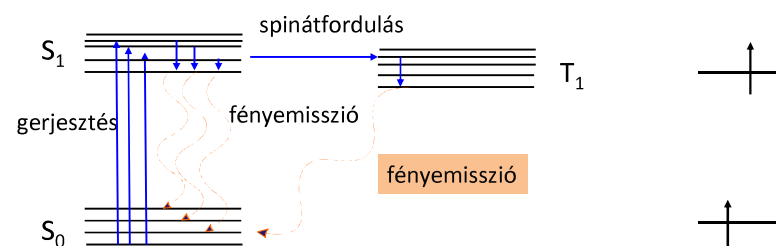


Szingulett állapot

Fluoreszcencia

Párosított spinű elektronok

Fényemisszió spinváltozás nélkül!



Foszforeszcencia

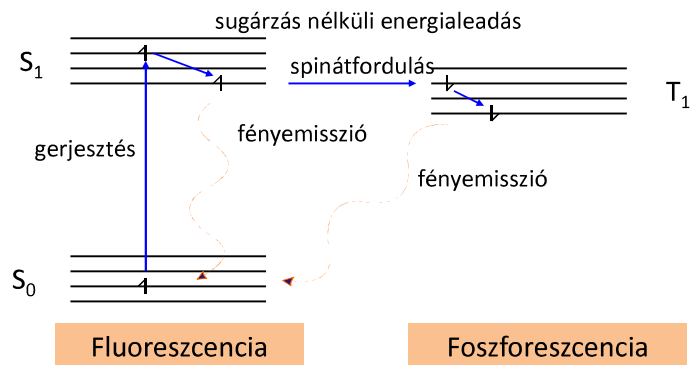
Fényemisszió spinváltozás után

Triplett állapot

Párosítatlan spinű elektronok

Metastabil állapot

Emittált foton energiájának jellemzése



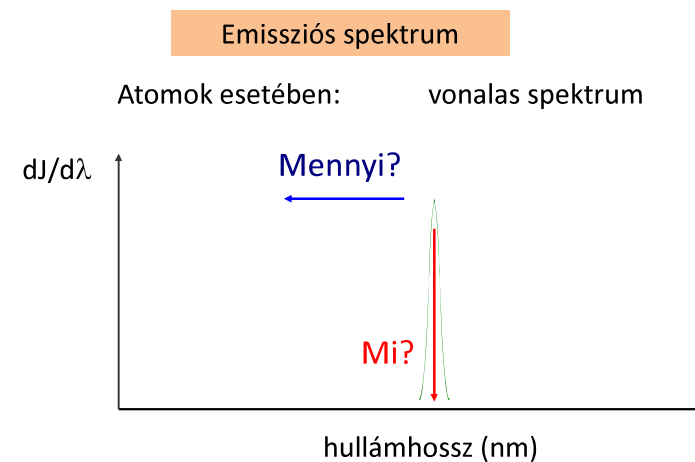
Stokes-eltolódás

$$E_{\text{gerjesztés}} \geq E_{\text{fluoreszcencia}} > E_{\text{foszforeszcencia}}$$

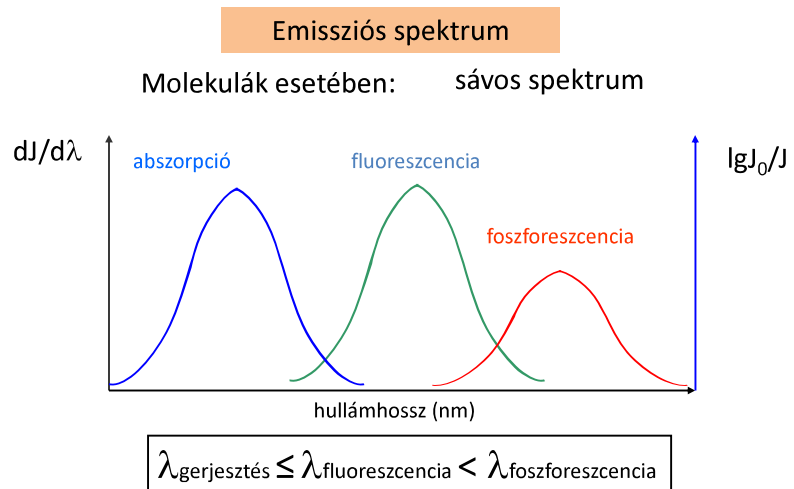
$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}} < \lambda_{\text{foszforeszcencia}}$$

Emisszió jellemzése

Emittált intenzitás hullámhossz szerinti eloszlása

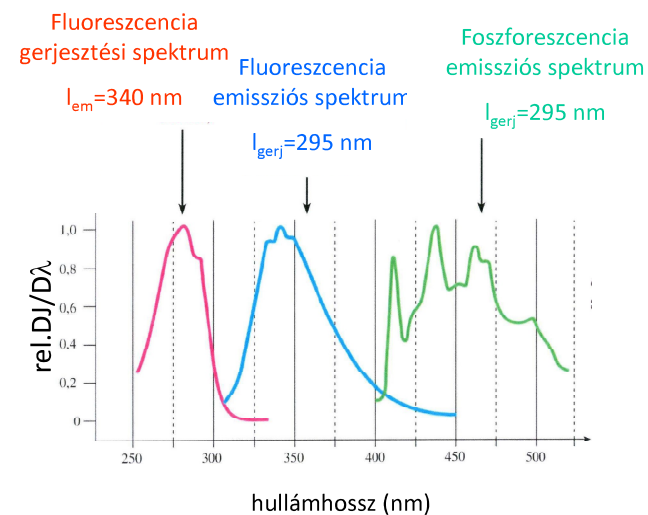


Emittált intenzitás hullámhossz szerinti eloszlása

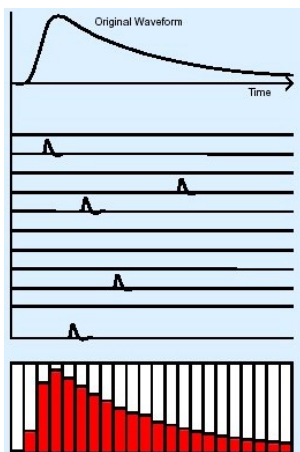


Stokes-eltolódás

Pl.: A triptofán megfelelő spektrumai



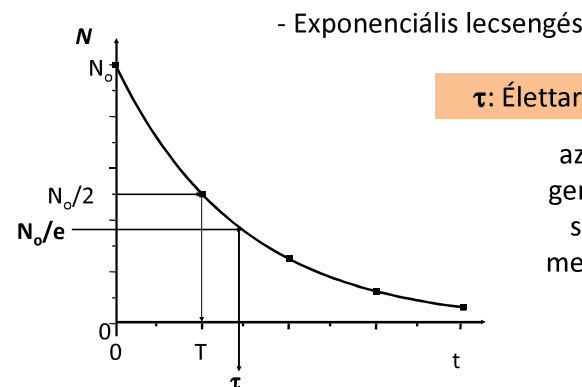
Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése



Időkorrelált egyfoton-számlálás

A fluoreszcencia intenzitásának folyamatos mérése helyett a gerjesztő és a detektált impulzus közötti időt mérjük, nagyon sok mérés statisztikája adja a fluoreszcencia lecsengési görbét.

Gerjesztett elektronok száma $\longrightarrow N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$



- Exponenciális lecsengés

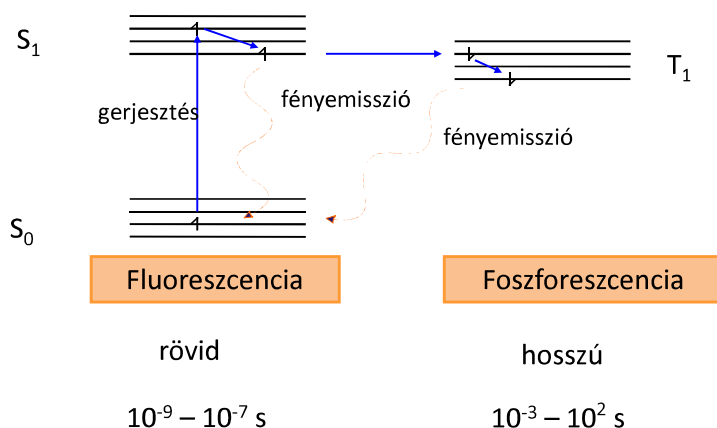
τ : Élettartam

az az idő, ami alatt a gerjesztett elektronok száma a gerjesztés megszűnése után e -ed részére csökken

Gerjesztett állapot időtartamának jellemzése

Élettartam

az az idő, ami alatt a gerjesztett elektronok száma a gerjesztés megszűnése után e -ed részére csökken

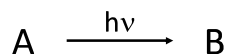


Minden gerjesztést fényemisszió követ?

- Környezetükkel kölcsönhatásban levő molekulák (oldatban, sejtekben, szövetekben) elektronjai igen ritkán adják le *fotonemisszióval* a gerjesztéskor felvett energiájukat.
- Sokkal valószínűbb, hogy az energialeadás sugárzás nélkül, vagyis hő keltésével vagy kémiai reakciók útján történik.

Minden gerjesztést fényemisszió követ?

Kvantumhatásfok



az egy "B" keletkezéséhez szükséges elnyelt fotonok számának a reciproka

Fluoreszcencia kvantumhatásfoka (Q_F)

A fluoreszcencia során emittált és elnyelt fotonok hányadosa.

$$Q_F \leq 1$$

A lumineszcencia alkalmazási területei

- fényforrások (világítás, sterilizálás, szolárium, terápiás alkalmazások, stb.)
- koncentráció meghatározása (pl. lángfotométer)
- lumineszcencia spektroszkópia
- lumineszcencia mikroszkópia
- diagnosztika
- dózismérés (lásd majd dozimetria)
- régészeti kormeghatározás
- belső építészet
- biztonságtechnika ...

A lumineszcencia fajtái:

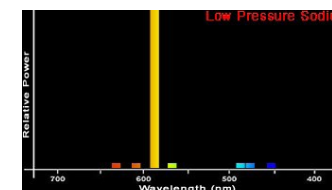
- fluoreszcencia
- foszforeszcencia

Jellemzésük:

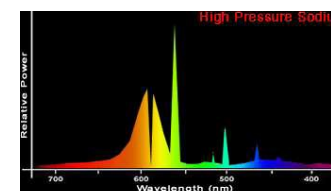
- emissziós spektrum:
 - típusa
 - maximumának helye
 - alakja
 - amplitúdója
- élettartam
- kvantumhatásfok

Fényforrások

Fémgőz lámpák

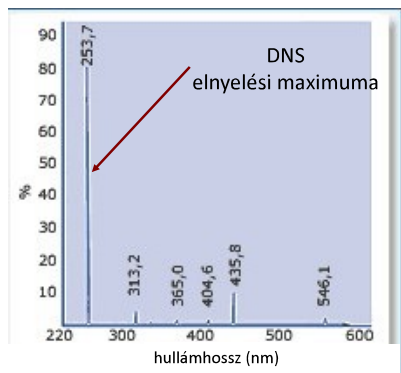


Kisnyomású Na-gőz lámpa emissziós spektruma



Nagynyomású Na-gőz lámpa emissziós spektruma

Kisnyomású Hg-gőz lámpa



emissziós
spektruma



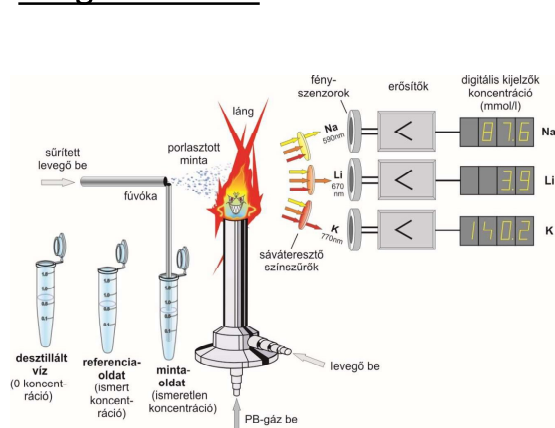
Sterilizálás
„germicid lámpa”



***Az orvosi diagnosztikában, és
kutatómunkában
elterjedten használnak
lumineszcencia módszereket***

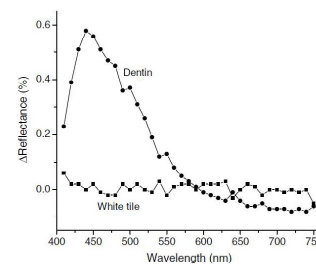
Intrinzik fluoreszcencia v. fluoreszcens jelzés

Lángfotométer

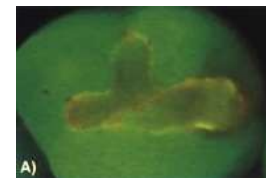


K^+ , Li^+ és Na^+ mennyiségi meghatározása

Példák a fogorvosi alkalmazásra



Lee, Journal of Biomedical Optics 20(4), 040901 (April 2015)



Piros fluoreszcencia a tömés peremén
jelzi a tökéletlen illeszkedést és a
megtelepedő baktériumokat



Amalgám tömés elégtelen
illeszkedése

| | |
|---------|---|
| 0 – 14 | No special measures. |
| 15 – 20 | Usual prophylactic measures. |
| 21 – 30 | More intensive prophylaxis or restoration, indication is dependent on: * Caries activity, * Caries risk, * Recall interval, etc. |
| from 30 | Restoration and more intensive prophylaxis. |

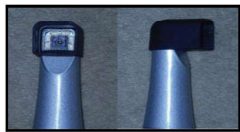
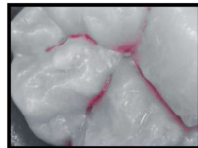
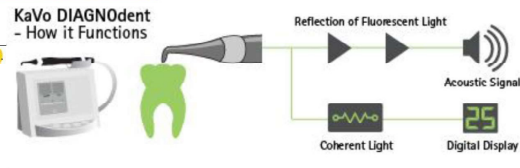


Figure (5) Spectra camera with spacer on (Kurtzman, 2010).

Table 2: Interpretation of Spectra data (Kurtzman, 2010).

| | | | | | |
|----------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Displayed Color | GREEN → BLUE → RED → ORANGE → YELLOW | | | | |
| Displayed Number | 1 ← → 5 | | | | |
| Depth of Involvement | Sound Enamel | Initial Enamel Caries | Deep Enamel Caries | Initial Dentin Caries | Deep Dentin Caries |



SOPROcare. (A) Cariou lesion invisible in DAYLIGHT mode. (B) Cariou lesion visible in CARIO mode

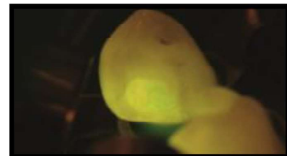
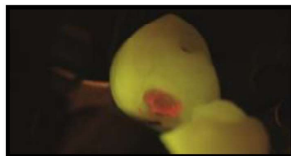
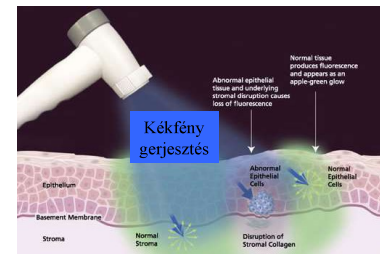
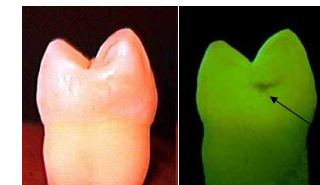


Figure (8) Photos showed cavity illumination with Facelight before and after caries excavation (21).

Mualla, Journal of Dental and Medical Sciences. 15:3, 2016, PP 65-75

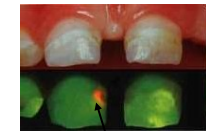


Egészséges és malignus szövetek eltérő fluoreszcens tulajdonságai



Fog felszíne natív állapotban és fluoreszcens festés után

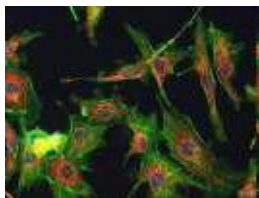
Tejfogak felszíne natív állapotban és fluoreszcens festés után



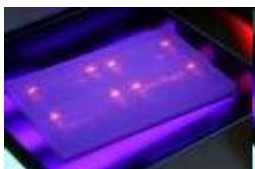
Aktív caries

Kezdődő caries

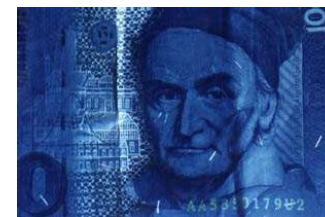
Lumineszcencia mikroszkópi



Laboratóriumi alkalmazás számos területe



Sok egyéb...



Ellenőrző kérdések a felkészüléshez

☐ Alapállapot-gerjesztett állapot

☐ Gerjesztés fajtái

☐ Lumineszcencia jelensége

☐ Jablonski diagramm

☐ Fluoreszcencia-Foszforeszcencia

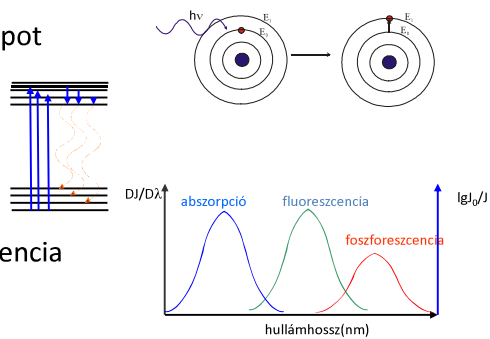
☐ Kasha szabály

☐ Stokes eltolódás

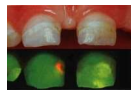
☐ Élettartam $N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$

☐ Kvantum hatások $Q_F = \frac{\text{number of photons emitted}}{\text{number of photons absorbed}}$

☐ Lumineszcencia orvosi/fogorvosi alkalmazhatósága



$$\lambda_{\text{gerjesztés}} \leq \lambda_{\text{fluoreszcencia}} < \lambda_{\text{foszforeszcencia}}$$



Kapcsolódó fejezetek:

Damjanovich, Fidy, Szöllősi: Orvosi Biofizika

II. 2.2

2.2.4

2.2.6

VI.3.3

3.3.1

3.3.2 –ből 411-413 oldal

3.3.3