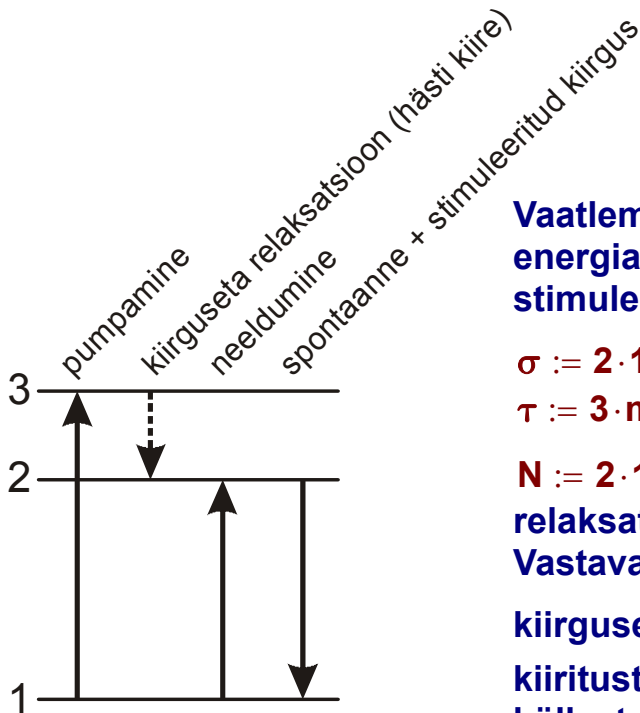


Neeldumine, stimuleeritud kiirgus, pöördhõive, optiliselt võimendav keskkond

$$\text{eV} := 1.602 \cdot 10^{-19} \cdot \text{J}$$

Vaatleme keskkonda, mis koosneb ühesugustest aatomitest, mida valguse neeldumise ja kiirgamise seisukohalt võib kirjeldada järgmise kolmenivoolise energiatasemete skeemiga:



Vaatleme sellise kiirguse levi, mis on resonantsis energiatasemete 1 ja 2 vahega. Neeldumise ja stimuleeritud kiirgamise ristlõiked olgu mõlemad $\sigma := 2 \cdot 10^{-20} \cdot \text{cm}^2$, ergastatud seisundi 2 eluiga $\tau := 3 \cdot \text{ms}$ ning aatomite arv ruumalaühikus $N := 2 \cdot 10^{19} \cdot \text{cm}^{-3}$. Seisundist 3 toimugu nii kiire relaksatsioon, et selle hõive on praktiliselt null. Vastavalt Beer seadusele on neeldumistegur nõrga kiirguse jaoks $\alpha_0 := N \cdot \sigma = 0.4 \cdot \text{cm}^{-1}$. Suurematel kiiritustihedustel neeldumine hakkab vähenema küllastuse tõttu.

Kui footoni energia on $\epsilon := 1.8 \cdot \text{eV}$, siis karakterne küllastav kiiritustihedus on

$$I_{\text{sat}} := \frac{\epsilon}{2 \cdot \sigma \cdot \tau} = 2403 \cdot \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$$

Pumpamise tugevust iseloomustame tõenäosusega ajaühikus (P) põhiseisundis 1 viibiva aatomi viimiseks ergastatud seisundisse 2. Selgub, et võimendusele

$$\text{vastav pumpamise lävi on } P_{\text{th}} := \frac{1}{\tau} = 333.3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

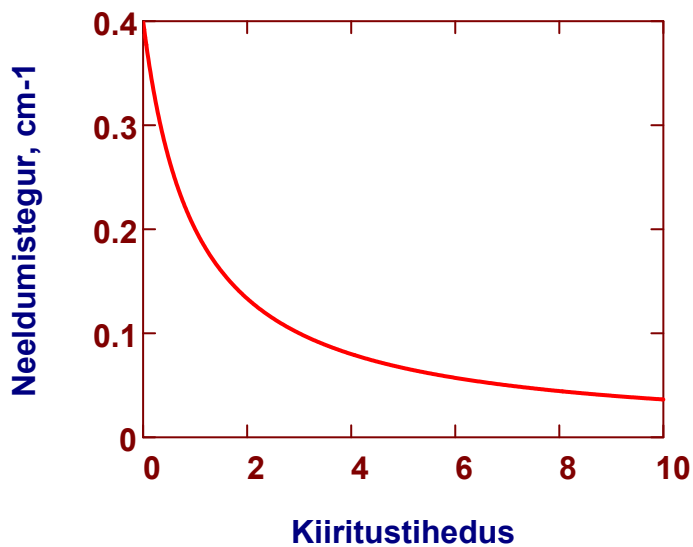
Edaspidi kiiritustiheduse normeerime I_{sat} suhtes ja pumpamise tugevuse P_{th} suhtes, nii et I ja P saavad olema dimensioonitud suurused.

Saab näidata, et neeldumistegur sõltuvana kiiritustihedusest ja pumpamise

$$\text{tugevusest on } \alpha(I, P) := \frac{\alpha_0 \cdot (1 - P)}{1 + 1 + P}$$

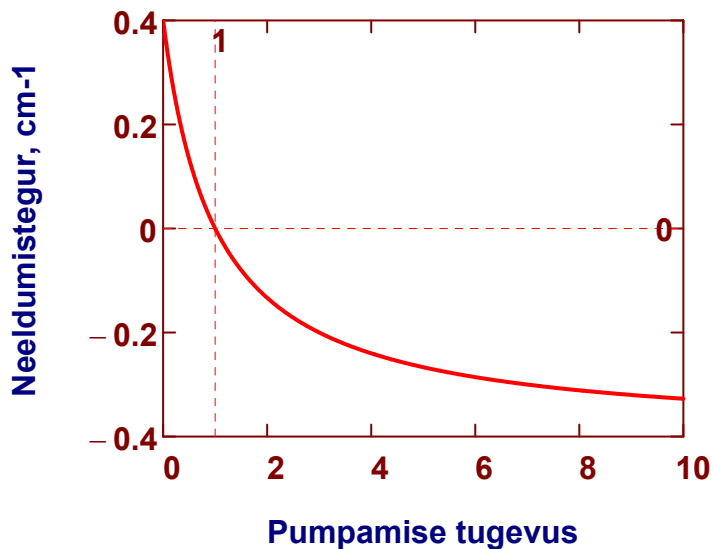
Graafik 1: Neeldumisteguri sõltuvus kiiritustihedusest (pumpamine puudub).
Hästi intensiivse kiirguse jaoks muutub keskkond peaaegu läbipaistvaks, sest neeldumine küllastub.

$I := 0, 0.02 \dots 10$



Graafik 2: Neeldumisteguri sõltuvus pumpamise tugevusest nõrga kiirguse jaoks. Piisavalt tugeva pumpamisega tekib pöördhõive, stimuleeritud kiirgus hakkab prevaleerima ning neeldumistegur muutub negatiivseks.

$P := 0, 0.02 \dots 10$



Üldjuhul kiiritustiheduse muutumist keskkonna läbimisel kirjeldab võrrand

$$\frac{d}{dx} I(x) = -\alpha(I, P) \cdot I(x)$$

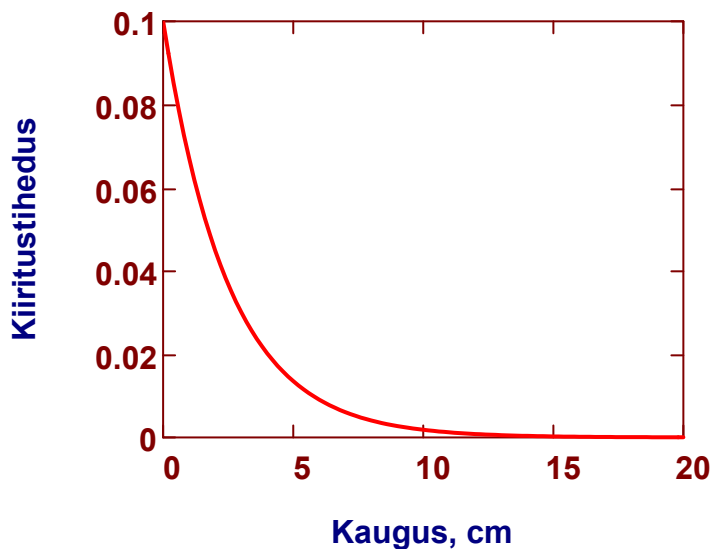
Arvutame edaspidi kiiritustiheduse profiili kuni maksimaalne kauguseni

$x_{\max} := 20 \cdot \text{cm}$ sammuga $\Delta x := 0.2 \cdot \text{cm}$. Kõik x -väärtused: $x := 0, \Delta x .. x_{\max}$

Graafik 3: Nõrga kiiritustiheduse korral ja pumpamise puudumisel neeldumistegur on positiivne ja konstantne, st kiirgus sumrub keskkonda läbides eksponentsiaalselt.

Algintensiivsus $I_0 := 0.1$

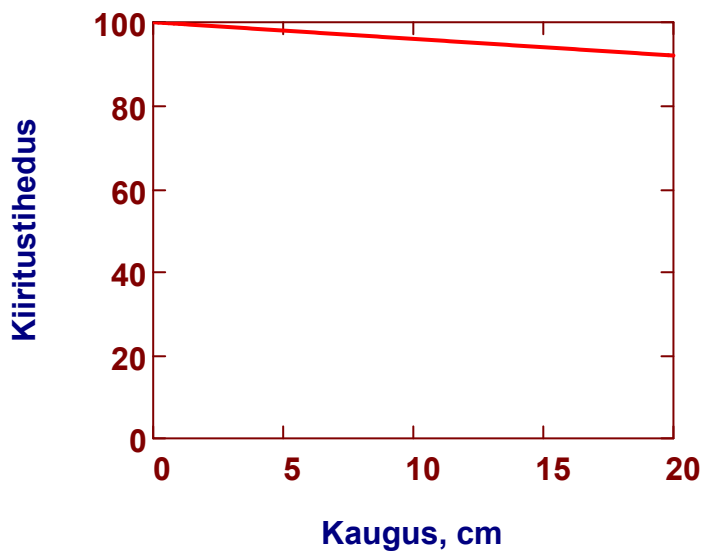
Võrrandi lahend $I(x) := I_0 \cdot \exp(-\alpha_0 \cdot x)$



Graafik 4: Väga tugeva kiiritustiheduse korral isegi pumpamise puudumisel kiirgus peaaegu ei nõrgene keskkonda läbides (neeldumine küllastuses). Kuna neeldumistegur on selles äärmuses pöördvõrdeline intensiivsusega, siis kiiritustihedus kahaneb lineaarselt (mitte enam eksponentsiaalselt).

Algintensiivsus $I_0 := 100$

Võrrandi lahend $I(x) := I_0 - \alpha_0 \cdot x$



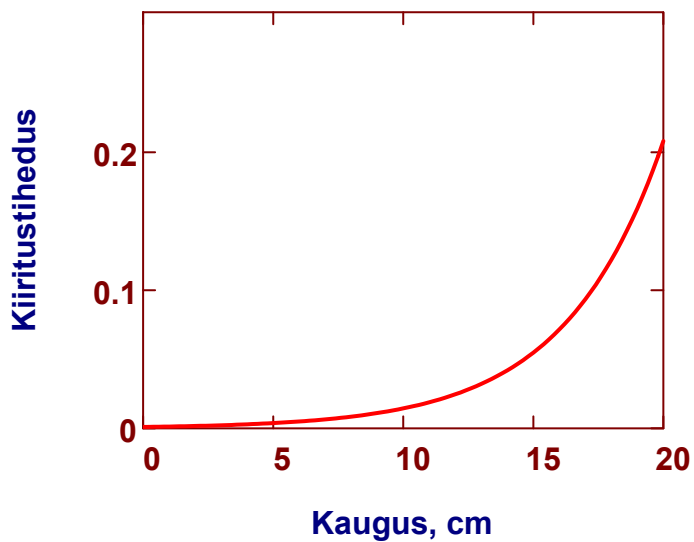
Graafik 5: Piisavalt tugeval pumpamisel kiiritustihedus hakkab hoopis eksponentsiaalselt kasvama, sest tekib pöördhõive ja stimuleeritud kiirgus.

Algintensiivsus $I_0 := 0.001$

Pumpamise tugevus $P := 5$

Võimendustegur $\gamma := -\alpha(0, P) = 0.267 \cdot \text{cm}^{-1}$

Võrrandi lahend $I(x) := I_0 \cdot \exp(\gamma \cdot x)$



===== TÖÖLEHE LÕPP =====