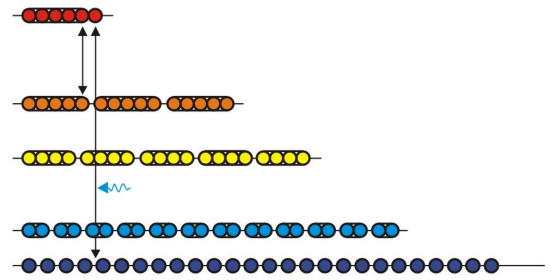


1. Termodynamiikan mukaan kaikkeen siihen mitä [luonnossa] on, voidaan liittää energian käsite. Keskeisin luonnonlaki sanoo, että energia virtaa ylhäältä alas tasoittaen energiaerot mahdollisimman nopeasti. Tämä todennäköisen liikkeen yhtälö on

$$\frac{dP}{dt} = LP \quad ; \quad L = \frac{1}{RT} \sum_{j=1} \frac{dN_j}{dt} \left[\sum_k \mu_k - \mu_j + i \Delta Q_{jk} \right]; \quad P = \prod_j \left[\prod_k N_k \exp \left(\frac{-\Delta G_{jk} + i \Delta Q_{jk}}{RT} \right) \right]^{N_j} / N_j!$$

jossa siis todennäköisyys P kasvaa ajan t myötä.

- Merkitse viereiseen energiatasokaavioon todennäköisyyden P :n lausekkeen termit N_j , N_k , ΔG_{jk} , ΔQ_{jk} ja RT . (2p.)
- Mitä P :n lausekkeessa tarkoittaa tulo Π_k ? (1p.)
- Mikä ajaa luonnollista liikettä, siis todennäköisyyden kasvua, ja miten se on merkitty L :n lausekkeen? (1p.)
- Miten viereisen kuvan systeemin populaatiojakauma muuttuu pääpiirteissään, mikäli enemmän energiaa virtaa ympäristöstä systeemiin? (2p.)

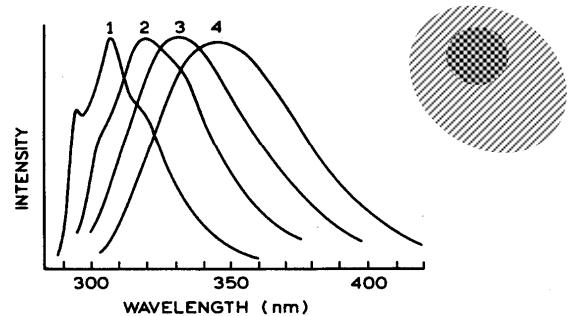


2. Selitä lyhyesti keskeisimpään luonnonlakiin perustuen.

- Mitä elämä on? (1p.)
- Luonnonvalinta on tuttu käsite biologiassa, mutta mitä on luonnonvalinta fysiikan käsittein? (1p.)
- Miksi on olemassa [luonnon] standardeja kuten yhteinen geneettinen koodi? (1p.)
- Miksi hyvin erilaistenkin mittakaavojen luonnon rakenteet ovat muodoltaan samanlaisia? Esimerkkejä ovat keuhkoputkisto ja jokisuisto tai kierteissimpukka ja kierteisgalaksi? (1p.)
- Miksi lajin lukumäärä ei välttämättä ole suurin ekologisen sukkession päättyessä? (1p.)
- Miksi kilpailevien yritysten kannattaa sopia yhteisistä [teknologia] standardeista? (1p.)

3. Kuvassa on Trp-emissiospektri proteiinista, johon on yksi kerrallaan mutatoitu tryptofaani neljään eri kohtaan.

- Mitä tapahtuu tässä mittauksessa, kuten missä tahansa muussakin mittauksessa? (2p.)
- Merkitse (piirrä pisteellä) oikealla olevaan proteiinia kuvaavaan (yksinkertaiseen) malliin ko. neljä tryptofaania numeroituna spektrien mukaisesti. (2p.)
- Kuinka suurta energiaa (kJ/mol) aallonpituusero spektrien 1-4 välillä vastaa? Planckin vakio on $6.6 \cdot 10^{-34}$ (Js), valonnopeus $3 \cdot 10^8$ m/s, Avogadron luku $6 \cdot 10^{23}$ /mol. (2p.)

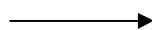
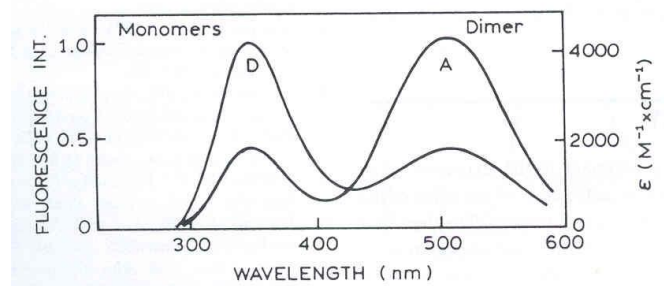
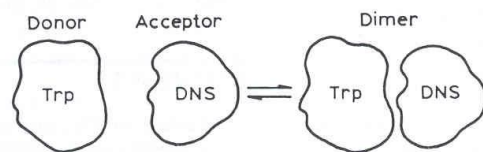
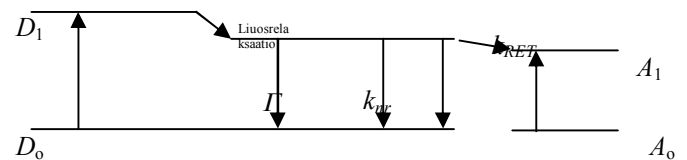


4. Fluoroforimolekyylin virittynyt tila purkaantuu Jablonskyn kaavion mukaisesti energian siirtona donorilta (D) akseptorille (A) nopeudella k_{RET} ja määrällä E

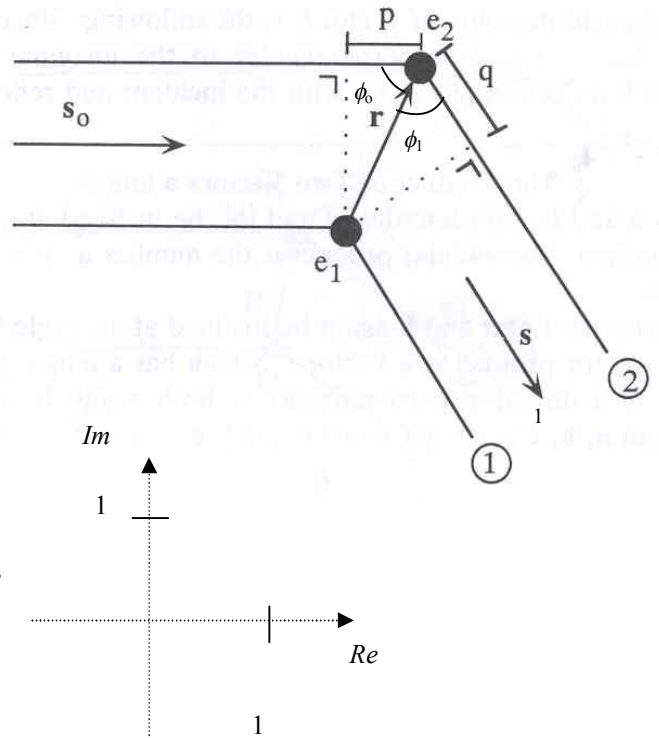
$$k_{RET} = \frac{1}{\tau_D} \frac{R_o^6}{r^6} \quad E = 1 - \frac{I_{DA}}{I_D} = \frac{R_o^6}{R_o^6 + r^6}$$

jossa intensiteetti I_{DA} on akseptorin läsnäollessa ja I_D on intensiteetti ja τ_D elinaika, kun akseptoria ei ole.

- Miksi viereissä spektrissä Trp:n (D) emissio aallonpituudella $\lambda = 350$ nm pienenee, kun dimeeri muodostuu? (2p.)
- Arvioi Trp:n emissiospektrien perusteella Trp:n ja dansyylin (DNS) välinen etäisyys r dimeerissä, kun Försterin etäisyys on $R_o = 30$ Å. (4p.)



5. Röntgensäde, jonka aallonpituus on λ , osuu kahteen elektroniin viereisen kuvan mukaisesti. Saapuvien säteiden matkaero p voidaan lausua sirottajien välisen etäisyyden r sekä tulevan s_0 aaltovektorin avulla, $p = \lambda \mathbf{r} \cdot \mathbf{s}_0 = \lambda r s_0 \cos \phi_0$ ja vastaavasti voidaan kirjoittaa lähtevien säteiden matkaero q , r :n ja s_1 :n pistetulon avulla.
- Piirrä kuvaan sirontavektori $\mathbf{S} = \mathbf{s} - \mathbf{s}_0$. (1p.)
 - Kirjoita \mathbf{S} :n ja \mathbf{r} :n avulla kokonais-matkaero Δl ja sitä vastaava kokonaisvaihe-ero $\Delta \phi$. (1p.)
 - Millä vaihe-eron arvoilla saadaan minimisignaali? (1p.)
 - Piirrä viereiseen koordinaatistoon paikan 1 sironta ja paikan 2 sironta ja em. kahden sirottajan yhteenlaskettu sironta ts. rakennetekijä (summavektori) $\mathbf{F} = \mathbf{1} + \exp(2\pi i \mathbf{r} \cdot \mathbf{S})$, kun $\mathbf{r} \cdot \mathbf{S} = \frac{1}{4}$. (Huom. $\pi/2 = 90^\circ$) (1p.)
 - Mittaus ei kuitenkaan anna rakennetekijää sellaisenaan vaan diffraktiopiikin intensiteetti on verrannollinen rakennetekijän neliöön ts. $I = \mathbf{F} \mathbf{F}^* = |\mathbf{F}|^2$, eli \mathbf{F} :n *Re*-akselilla olevan komponentin pituuden neliöön. Kuvittele, että teet nk. ”raskasatomijohdannaisen” siten, että paikasta 1 tuleva sironta kaksinkertaistuu (mutta säilyttää vaiheensa). Kuinka paljon intensiteetti kasvaa? (1p.)
 - Mainitse, jonkin toinen keino selvittää rakennetekijän vaihe kuin korvata molekyyliässä metalli-ioni raskaammalla ionilla (engl. isomorphous replacement)? (1p.)



6. Viereisessä kuvassa on dataa proteiinin denaturaatiosta lämpötilan funktiona esitettynä kaksiulotteisten (A) ja yksiulotteisten (B) NMR-spektrien avulla.
- Missä lämpötilassa T_n proteiini on parhaiten laskostunut? (1p.)
 - Hahmottele 1-ulotteisen datan perusteella kuvaaja: Natiivisuus (%) vs. T , olettaen että yksittäisen signaalin pinta-ala on verrannollinen pitoisuuteen. (3p.)
 - Selitä havaittu ilmiö (esim. keskeisen luonnonlain avulla). (2p.)
- (Data A. Pastore ... P.A. Temussi JACS 2007 March)

