

PROGRAMA

1. INTRODUCCIO: L'ENERGIA I LA BIOSFERA.

Temes tractats per la Bioenergètica. Sistemes vius fototròfics i quimiotròfics. Cicle de la matèria i flux d'energia en la biosfera.

2. ELS PRINCIPIS DE LA TERMODINAMICA I ELS MODELS MICROSCOPICS.

Primer principi de la Termodinàmica. Segon principi de la Termodinàmica: entropia i producció interna d'entropia, qualitat dels diferents tipus d'energia, energia lliure i treball màxim útil, potencial químic, aplicació a les reaccions químiques. La Termodinàmica i els models microscòpics. Mecànica estadística: l'entropia i el model atòmic-molecular. Mecànica quàntica: distribucions moleculars, interpretació de la constant d'equilibri i de l'entropia.

3. L'ENERGIA QUIMICA DELS SISTEMES VIUS.

La vida com a procés químic: calor de combustió dels aliments, calorimetria indirecta i directa, metabolisme basal. Els treballs cel·lulars: els sistemes vius com a transformadors d'energia. Importància energètica dels triacilglicerids i dels cossos cetònics. Enllaços ester fosfat: l'ATP, energia lliure d'hidròlisi dels enllacos ester fosfat, les reaccions acoblades i l'intermediari comú, la fosfocreatina i l'emmagatzematge d'energia química, nucleosids trifosfats diferents de l'ATP, trencaments pirofosfatítics, el pirofosfat com a conservador de l'energia metabòlica. Tractament crític del concepte d'enllaç "ric en energia". Alguns aspectes energètics de la catàlisi enzimàtica: la Termodinàmica i el temps, cinètica química, interpretacions energètiques de l'acció catalítica dels enzims, les reaccions termodinàmicament possibles i els enzims.

#### 4. PRODUCCIO D'ATP EN LES FERMENTACIONS I EN LA RESPIRACIO.

Producció d'ATP en les fermentacions: fosforilació a nivell de substrat. Producció d'ATP lligada a la respiració: fosforilació oxidativa. La cadena del transport electrònic mitocondrial: els transportadors i llur ordenació, localització dels transportadors en la membrana mitocondrial interna. Partícules submitocondrials: l'ATPasa-F<sub>1</sub>. El problema de l'acoblament de la fosforilació oxidativa i el transport electrònic: hipòtesi de l'acoblament químic, hipòtesi de l'acoblament conformacional. Hipòtesi de l'acoblament quimiosmòtic: metabolisme vectorial, formació de diferències de potencial electroquímic, efecte dels ionòfors i altres proves experimentals, determinació experimental de les diferències de pH i de potencial elèctric generades pel transport electrònic, proves a favor d'un gradient de protons deslocalitzat, el problema de la situació concreta dels punts de transposició de protons en la cadena respiratòria, el cicle Q, qüestions estequiomètriques, el complex F<sub>1</sub>-F<sub>0</sub> mitocondrial i la fosforilació de l'ADP.

#### 5. PRODUCCIO D'ATP EN LA FOTOSINTESI.

Fase fosca i fase lluminosa. Transformació de l'energia de la radiació solar en energia química: fotoreceptors, fluorescència de les clorofil·les, transferència d'energia de l'antena al centre fotoquímic, transferència de càrrega en el centre fotoquímic. L'efecte cooperatiu d'Emerson i els dos fotosistemes. Cadena del transport electrònic fotosintètic: consideracions basades en els potencials redox dels transportadors, transport electrònic fotosintètic cíclic. Fosforilació fotosintètica: les ATPases CF<sub>1</sub>-F<sub>0</sub>, producció de potencials electroquímics. Sistemes fotosintètics senzills: l'enzim bacteriorodopsina, vesícules artificials. L'energia solar i l'obtenció d'hidrogen en sistemes fotosintètics.

## 6. TREBALL DE BIOSÍNTESI.

Importància del treball de biosíntesi: vida mitjana dels components moleculars de les cel·lules de diferents teixits, treball de biosíntesi en cel·lules en creixement. El nivell d'ATP i el treball de biosíntesi: estat estacionari, nivell energètic, regulació independent de les vies productores i consumidores d'ATP. Aspectes energètics de la biosíntesi i degradació de la glucosa: relació entre els valors de  $\Delta G$  i els punts de regulació d'aquestes dues vies, cicles fútils. Aprofitament de la fotosíntesi per a obtenir energia i materials: plantes C3 i plantes C4, fotorespiració, millorament del rendiment energètic de la fotosíntesi per intervenció bioquímica.

## 7. TREBALL DE TRANSPORT.

Propietats físico-químiques de les membranes: difusió, òsmosi, equilibri Donnan i potencial de membrana. Exemples de transport espontani en sistemes biològics. Treball de transport: transport actiu i transport passiu. Transport facilitat. Sistemes de transport:  $(Na^+-K^+)$ -ATPasa,  $Ca^{+2}$ -ATPasa, cotransport, transposició de grup, transport dirigit per gradients de protons.

## 8. TREBALL MECÀNIC I ALTRES TREBALLS CEL·LULARS.

Transformació d'energia química en energia mecànica: mecanisme molecular de la contracció muscular, el  $Ca^{+2}$  i la regulació de la contracció, potencial d'acció, els neurotransmissors en la sinapsi i en les unions neuromusculars. Moviments dels flagels bacterians: transformació directa de l'energia dels gradients de protons en treball mecànic. Transformació d'energia química en energia elèctrica: membranes excitables, les electroplaques dels peixos elèctrics. El problema de les transformacions energètiques a nivell de receptors. Transformació de l'energia de les radiacions electromagnètiques en energia elèctrica: bioquímica de la visió. Transformació de l'energia química en radiacions electromagnètiques: bioluminiscència.

## 9. RELACIONS ENTRE LA TEORIA DE LA INFORMACIÓ, LA TERMODINÀMICA I LA BIOLOGIA.

Plantejament bàsic de la teoria de la informació. Contingut d'informació. Relacions entre el contingut d'informació i l'entropia. Relacions entre energia i informació: el problema del dimoni de Maxwell. Els sistemes vius i el segon principi de la Termodinàmica.

## 10. LA TERMODINÀMICA DELS PROCESSOS IRREVERSIBLES I LA BIOLOGIA.

Sistemes oberts. Sistemes poc allunyats de l'equilibri: variació d'entropia deguda als intercanvis amb el medi, producció interna d'entropia, equacions d'Onager, estat estacionari, principi de la mínima producció d'entropia, criteri d'evolució. Aplicació als sistemes vius: termogrames específics, lligams interns, degradació del medi. Sistemes molt allunyats de l'equilibri: inestabilitat de Bénard, reacció de Zhabotinski, fluctuacions i estructures dissipatives. Estructures dissipatives i sistemes vius. Discussió crítica sobre l'aplicació de la Termodinàmica clàssica i la Termodinàmica dels processos irreversibles a l'estudi dels problemes biològics.

## 11. QUESTIONS ENERGETIQUES SOBRE LA FORMACIÓ D'ESTRUCTURES CEL·LULARS

Formació d'estructures supramoleculares: renaturalitzacions i reassociacions espontànies, cooperativitat, processos dirigits per l'entropia, l'efecte hidrofòbic, diferències energètiques entre el treball de biosíntesi i la formació d'estructures supramoleculares. Consideracions energètiques sobre l'origen de la vida: fonts d'energia per a la síntesi abiòtica de les primeres molècules orgàniques, estabilitat cinètica d'aquestes molècules, els esters polifosfòrics com a agents condensants, formació espontània de microesferes, factors energètics determinants de l'aparició dels organismes autotròfics fotosintètics, dels heterotròfics aeròbics i del eucariotes. El model d'evolució molecular d'Eigen.

## 12. BIOENERGETICA I ECOLOGIA.

Flux d'energia en els ecosistemes: la cadena tròfica, el segon principi de la Termodinàmica i la piràmide energètica dels ecosistemes, energètica dels ecosistemes madurs, necessitat de l'existència d'un flux d'energia.

## BIBLIOGRAFIA

- A.L. Lehninger. Bioenergética, 2a edició, 1971 (traducció 1975). Fondo Educativo Interamericano, Bogota.
- L. Peusner. Concepts in Bioenergetics, 1974. Prentice-Hall, Inc., London.
- E. Racker. A New Look at Mechanisms in Bioenergetics, 1976. Academic Press, New York.
- G. Nicolis & I. Prigogine. Self-Organization in Nonequilibrium Systems, 1977. John Wiley & Sons, New York.
- H.J. Morowitz. Foundations of Bioenergetics, 1978. Academic Press, New York. Hi ha traducció castellana d'un llibre precedent del mateix autor: Entropía para biólogos, 1970 (traducció: 1978). H. Blume Ediciones, Madrid.
- P.A. Whittaker & S.M. Danks. Mitochondria: Structure, Function and Assembly, 1979. Logman, London.
- R.K. Clayton. Photosynthesis: Physical Mechanisms and Chemical Patterns, 1980. IUPAB, Biophysics Series, Cambridge University, Cambridge.
- C.W. Jones. Biological Energy Conservation: Oxidative Phosphorylation, 2a. edició, 1981, Chapman & Hall, London.
- D.G. Nicholls. Bioenergetics: An Introduction to the Chemiosmotic Theory, 1982. Academic Press, New York.
- S.M. Danks, E.H. Evans & P.A. Whittaker. Photosynthetic Systems: Structure, Function and Assembly, 1983. J. Wiley & Sons, New York.
- A.R. Peacocke. An Introduction to the Physical Chemistry of Biological Organization, 1983. Clarendon Press, Oxford.
- D. Jou. Introducció a la termodinàmica de processos biològics, 1985. Institut d'Estudis Catalans, Monografies de la Secció de Ciències, 2.

Els llibres i els articles mes específics i relacionats de manera concreta amb algun tema s'indicaran durant el curs.

Professors: Joan-Ramon Daban i  
Balaña

cors : 1985/86

Vist i plau,



Signat: Claudi M. Cuchillo i Foix  
Cap de Departament

Data: 28-1-86