

# INTRODUCCIÓ A LA BIOFÍSICA

4, 5 crèdits

2006-2007

## **Objectius**

Aquesta assignatura pretén oferir una introducció relativament panoràmica, però no exhaustiva, a la biofísica. L'objectiu principal és que els estudiants de física tinguin un primer contacte amb l'anàlisi física d'algunes situacions biològiques d'especial interès i que siguin conscients de l'enorme riquesa de problemes que la biologia planteja a la física, i de com aquesta proporciona instruments i marcs conceptuals molt útils en biologia. Alhora, pretén formular algunes idees bàsiques que resultin útils per a l'estudi posterior d'assignatures relacionades amb la física mèdica.

## **Programa**

### **1. Bases químiques de la biofísica. Conceptes bàsics.**

- Aminoàcids i proteïnes. Àcids nucleics. Hidrats de carboni i lípids.
- Descripció elemental de la cèl·lula.

### **2. Física de les macromolècules**

- Propietats elàstiques i elèctriques del DNA i les proteïnes
- Configuracions i transicions configuracionals. Plegament de proteïnes.
- Mètodes físics d'anàlisi d'estructures: raigs X, radiació sincrotró, ressonància magnètica

### **3. Informació biològica i síntesi de proteïnes**

- El DNA: estructura. Informació. El codi genètic.
- Replicació del DNA. Mutacions.
- Transcripció de la informació. RNA. Gens. mecanismes de regulació.
- Síntesi de proteïnes. Ribosomes.
- El genoma. Bioinformàtica.

### **4. Física de les membranes i transport cel·lular**

- Estructura de les membranes. Propietats elèctriques. Potencial de membrana.
- Transport passiu de molècules neutres i d'ions.
- Transport actiu. Bombes moleculars.
- Màquines moleculars.

### **5. Física i neurociències**

- L'axó. Generació i transmissió del potencial d'acció.
- Les sinapsis. Transmissió sinàptica.
- Xarxes neuronals. Biologia i computació.

### **6. Biomecànica**

- Bioestàtica. Repartiment de forces.
- Fisiologia de la contracció i la motilitat muscular.

### **7. Bioenergètica**

- Glicòlisi.
- Fosforilació oxidativa. Mitocondris.
- Fotosíntesi. Cloroplasts.

### 8. *Morfogènesi i evolució biològica*

- Models senzills de morfogènesi.
- Idees sobre l'origen de la vida. Evolució prebiòtica.
- Models de l'evolució.

### **Bibliografia**

#### *Introduccions senzilles a la física per a biòlegs*

- D. Jou, J. E. Llebot i C. Pérez-García, *Física para las ciencias de la vida*, Mc Graw Hill, Madrid, 1994
- M. Ortuño, *Física para biología, medicina, veterinaria y farmacia*, Crítica, Barcelona, 1996
- J. W. Kane i M. M. Sternheim, *Física para las ciencias de la vida*, Reverté, Barcelona, 1987
- B. B. Benedek and F.M.H. Villars, *Physics, with illustrative examples from biology* (3 vols), Addison-Wesley, 1979

#### *Textos de biología*

- J. Darnell, H. Lodish, D. Baltimore, *Biología celular y molecular*, Labor, Barcelona, 1988
- H. Lodish, A. Berk, S.L. Zipursky, P. Matsudaira, D. Baltimore and J. Darnell, *Biología molecular y celular*, Ed. Médica panamericana, Buenos Aires, 2002
- J. L. Ingraham i C. A. Ingraham, *Introducción a la microbiología*, Reverté, Barcelona, 1999
- B. Alberts, D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, J.D. Watson, *Molecular biology of the cell*, Garland, New York, 1989
- D. Purves, G.J. Augustine, D. Fitzpatrick, L.C. Katz, A.S. Lamantia, J.O. McNamara, *Introduction to Neurosciences*, Sinauer Assoc, Sunderland, Mass, 1997

#### *Textos de biofísica avanzada*

- P. Nelson, *Física biológica*, Ed. Reverté, Barcelona, 2005
- M. V. Volkenshtein, *Biophysics*, MIR, Moscou, 1990
- C. Sybesma, *Biophysics. An introduction*, Kluwer Academic Publishers, 1989
- T. F. Weiss, *Cellular biophysics* (2 vols), Bradford Books, MIT Press, Cambridge, Mass, 1996
- R.K. Hobbie, *Intermediate physics for medicine and biology*, Wiley, Toronto, 1978

### **Avaluació**

L'avaluació de l'assignatura es distribuirà de la següent manera:

- 2 punts per recensions d'articles (4 articles, a 0,5 punts per article)
- 8 punts per examen (2 punts de teoria, 6 punts per problemes).

Els temes de teoria apareixen en la llista adjunta. En l'examen, n'hi haurà dos, escollits pel professor. Cada tema ha de ser desenvolupat breument, en unes dues pàgines, destacant-en els aspectes més essencials.

Els articles per a la recensió poden ser triats entre els diversos textos que anirem repartint, o poden ser articles d'Investigación y Ciencia, o de Nature (secció News and views), o d'alguna altra revista. Es pot optar per quatre recensions breus sobre temes diferents, o per desenvolupar un tema amb una mica més de profunditat.

### **Comentari**

El curs pretén ser semiquantitatiu, és a dir, moure's entre una informació descriptiva general i una modelització matemàtica simplificada però suficient per a la comprensió bàsica dels fenòmens. El programa no és exhaustiu: no contempla, per exemple, àrees com els efectes biològics de les radiacions, ni les tècniques d'exploració i diagnòstic mèdic, ni molts aspectes de la biologia cel·lular, ni els mecanismes de visió i audició, ni la fisiologia dels sistemes respiratori, circulatori o immunitari, ni la dinàmica de poblacions i ecosistemes, ...

## **INTRODUCCIÓ A LA BIOFÍSICA      CRITERIS D'AVALUACIÓ**

L'avaluació de l'assignatura tindrà en compte tres aspectes:

2 punts correspondran a la recensió de quatre articles (0,5 punts/article, com a màxim)

8 punts correspondran a l'examen final. Aquests 8 punts es desglossaran en

6 punts per problemes

2 punts per preguntes teòriques, que consistiran en dues preguntes tretes de la següent llista de qüestions.

### **Qüestions (han de ser explicades breument, en una extensió entre dues i tres pàgines)**

#### *Tema 1. Bases químiques de la biofísica. Conceptes bàsics*

1. Ponts d'hidrogen. La seva importància física i biològica en aigua, DNA i proteïnes.
2. Principals estructures de la cèl·lules eucariotes, i les seves funcions respectives.
3. Estructura primària, secundària i terciària de les proteïnes. En què consisteix el problema del plegament de les proteïnes?

#### *Tema 2. Física de les macromolècules*

1. Elasticitat entròpica de les macromolècules. Comparació amb l'elasticitat energètica dels cristalls.
2. Què és la radiació sincrotró? Com es produeix? Quins avantatges té respecte dels raigs X? Quines són les seves aplicacions principals?
3. Concepte de ressonància magnètica. Com permet identificar molècules? Com permet obtenir imatges?

#### *Tema 3. Informació biològica i síntesi de proteïnes*

1. Codi genètic i la seva universalitat. Per què cal tres bases per codificar un aminoàcid?
2. Principals etapes que porten de la informació d'un gen a la construcció de la proteïna. Control de l'expressió gènica.

3. Física de l'electroforesi de macromolècules.

*Tema 4. Física de les membranes i transport cel·lular*

1. Estructura de les membranes i funcions que hi fan els lípids i les proteïnes. Expliqueu-ho per analogia amb un circuit elèctric.
2. Llei de Fick de la difusió. De què depèn la constant de difusió? Transport passiu.
3. Transport actiu. Bombes de protons. Bombes de sodi i potassi. Bombes de calci.

*Tema 5. Física i neurociències*

1. Equació de Nernst. Equació de Goldman. Enuncieu-les i expliqueu per a què serveixen.
2. Expliqueu què és el potencial d'acció. Descriviu esquemàticament la seva forma. Expliqueu quins factors físics influeixen en la seva forma i en la seva velocitat de propagació. Expliqueu què són les equacions de Hodgkin-Huxley.
3. Expliqueu el mecanisme de les sinapsis excitadores i inhibidores. Doneu alguns exemples de neurotransmissors i indiqueu breument la seva acció respectiva.

*Tema 6. Biomecànica*

1. Expliqueu les lleis d'escala corresponents al vol, i comenteu perquè posen límits a la massa màxima dels ocells.
2. Expliqueu com es produeix la contracció i la relaxació d'un múscul. Feu un esquema dels processos corresponents.
3. Expliqueu els principals aspectes bioenergètics del funcionament muscular.

*Tema 7. Bioenergètica*

1. Escriviu les reaccions (oxidació i fosforilació) de què consta la fosforilació oxidativa. Expliqueu com es transfereix l'energia des de la primera reacció a la segona. Dibuixeu un esquema del procés conjunt.
2. Descriviu la fase fotoquímica de la fotosíntesi. Dibuixeu un esquema del procés.

*Tema 8. Morfogènesi i evolució*

1. Expliqueu com un sistema amb difusió i autocatàlisi, inicialment homogeni, pot esdevenir espontàniament heterogeni en situacions prou allunyades de l'equilibri.
2. Expliqueu les idees bàsiques del model de Lotka-Volterra de dinàmica de poblacions. Avalueu la freqüència de les oscil·lacions de població de les dues espècies en funció dels paràmetres característics de la dinàmica de les poblacions.

<http://biocurious.com> (a weblog about biology through the eyes of physicists)