

**Introducció a la Biofísica**

Codi: 100165

Crèdits: 5

| Titulació      | Tipus | Curs | Semestre |
|----------------|-------|------|----------|
| 2500097 Física | OT    | 3    | 0        |

**Professor de contacte**

Nom: David Jou Mirabent

Correu electrònic: David.Jou@uab.cat

**Utilització d'idiomes a l'assignatura**

Llengua vehicular majoritària: català (cat)

Grup íntegre en anglès: No

Grup íntegre en català: Sí

Grup íntegre en espanyol: No

**Prerequisits**

És recomanable tenir coneixements bàsics de física i de biologia, però molt simples; l'assignatura combina l'exposició descriptiva, tot identificant problemes actuals de la biologia que puguin ser especialment susceptibles d'emprar la física com a instrument, o de suscitar noves teories físiques, amb una presentació quantitativa. Els camps físics més emprats són elasticitat, electricitat i magnetisme, física de les radiacions; i les àrees a què dediquem més interès són, sobretot, física molecular, física cel·lular i física de la conducció nerviosa.

**Objectius**

Aquesta assignatura pretén oferir una introducció relativament panoràmica, però no exhaustiva, de 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, que és una possible sortida laboral per als físics. Finalment, tenir uns certs coneixement de biologia pot ajudar a participar en projectes de bioinformàtica, una de les àrees de Big Data amb més expansió.

**Competències**

- Aplicar els principis fonamentals a l'estudi qualitatiu i quantitatiu de les diferents àrees particulars de la física
- Conèixer les bases d'alguns temes avançats incloent desenvolupaments actuals en la frontera de la física sobre els quals poder-se formar posteriorment amb més profunditat
- Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom
- Desenvolupar la capacitat d'anàlisi i síntesi que permeti adquirir coneixements i habilitats en camps diferents al de la física i aplicar a aquests camps les competències pròpies del grau de Física, aportant propostes innovadores i competitives
- Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua
- Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
- Raonar críticament, tenir capacitat analítica, fer servir correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics

- Respectar la diversitat i pluralitat d'idees, persones i situacions
- Utilitzar les matemàtiques per descriure el món físic, seleccionant les eines apropiades, construint models adequats, interpretant resultats i comparant críticament amb l'experimentació i l'observació

## Resultats d'aprenentatge

1. Aplicar correctament les equacions de transport passiu i actiu a la propagació de senyals nerviosos en membranes excitable.
2. Aplicar el model del cable elèctric a la descripció de la forma i velocitat del potencial d'acció en membranes excitable.
3. Calcular el potencial de Nernst en sistemes físics i biològics.
4. Conèixer les bases de tècniques d'observació biomèdica (electrocardiografia, electroencefalografia i magnetoencefalografia).
5. Descriure els fonaments d'algunes tècniques d'imatge mèdica (RMN, TEP, tomografia).
6. Descriure els fonaments de radiació de sincrotró i la seva aplicació a l'estructura de proteïnes.
7. Descriure els passos bàsics de la síntesi de proteïnes i el codi genètic.
8. Descriure els principals problemes oberts en biofísica (plegament de proteïnes, seqüenciació física de l'ADN, bases físiques del codi genètic i epigenètic, motors moleculars, xarxes neuronals).
9. Descriure les idees bàsiques d'aprenentatge en xarxes neuronals i les principals característiques morfològiques i funcionals del cervell.
10. Descriure les principals tècniques bàsiques de la física mèdica.
11. Desenvolupar estratègies d'aprenentatge autònom.
12. Desenvolupar un pensament i un raonament crítics i saber comunicar-los de manera efectiva, tant en les llengües pròpies com en una tercera llengua.
13. Distingir els camps d'aplicació dels diferents tipus de microscopis (òptic, electrònic, d'efecte túnel o de força atòmica).
14. Establir els aspectes físics bàsics de proteïnes i àcids nucleics.
15. Establir els conceptes bàsics de física de membranes, transport actiu i passiu i aplicar-los al potencial d'acció en el sistema nerviós.
16. Generar propostes innovadores i competitives en la recerca i en l'activitat professional.
17. Modelitzar processos biològics diversos (creixement de tumors, ones d'excitació cardíaca, aprenentatge en xarxes neuronals, sistema immunitari').
18. Raonar críticament, tenir capacitat analítica, usar correctament el llenguatge tècnic i elaborar arguments lògics.
19. Respectar la diversitat i la pluralitat d'idees, persones i situacions.
20. Treballar en problemes de dosimetria de radiació ionitzant i els seus efectes biològics per formar-se posteriorment en física mèdica.

## Continguts

### 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. De la biologia molecular a la biologia sintètica.

#### 2. Física de les macromolècules

- Ponts d'hidrogen. La molècula d'aigua. Interaccions hidrofíliques i hidrofòbiques.
- Propietats elàstiques i elèctriques del DNA, RNA i les proteïnes
- Plegament de proteïnes.
- Molècules amfifíliques: autoagregació

- Mètodes físics d'anàlisi d'estructures
- Algunes idees recents sobre biologia quàntica

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

- El DNA: estructura. Informació. El codi genètic.
- Replicació del DNA. Errors de lectura el seu paper evolutiu.
- Transcripció de la informació. RNA. Gens. Mecanismes de regulació. Epigenètica
- Síntesi de proteïnes. Ribosomes.
- El genoma. Seqüenciació. 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**

- La neurona. L'axó. Generació i transmissió del potencial d'acció.
- Les sinapsis. Transmissió sinàptica.
- Xarxes neuronals. Biologia i computació. Breu introducció a la física del cervell.

### **6. Biomecànica i bioenergètica**

- Bioestàtica. Repartiment de forces.
- Fisiologia de la contracció i la motilitat muscular.
- Fosforilació oxidativa. Mitocondris. Fotosíntesi. Cloroplasts.

### **7. Morfogènesi i evolució biològica**

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

### **8. Física mèdica**

- Instrumentació física: raigs X, ecografia, ressonància magnètica nuclear
- Electrocardiografia, electroencefalografia, magnetoencefalografia
- Radioactivitat. Efectes biològics de les radiacions ionitzants
- Radioteràpia
- Nanotecnologia i medicina

## Metodologia

Iniciem la presentació amb recordatori breu de les macromolècules biològiques essencials, i concetrem l'atenció en proteïnes i DNA (constituents, estructura, plegament, propietats mecàniques i elèctriques); a continuació, passem a estudiar alguns aspectes particulars de les molècules, especialment els motors moleculars i bombes moleculars; a nivell cel·lular, introduïm idees bàsiques del metabolisme, i de la mecromecànica i microfluídica; dediquem una atenció especial al sistema nerviós (física de les neurones, xarxes neuronals, i cervell). Acabem tot considerant algunes idees bàsiques de l'evolució i el paper que juga la física en la seva comprensió, i amb una presentació breu de la radioactivitat i els seus efectes biològics.

## Activitats formatives

| Títol                   | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                 |
|-------------------------|-------|------|------------------------------------------|
| <b>Tipus: Dirigides</b> |       |      |                                          |
| Classes de problemes    | 13    | 0,52 | 1, 2, 3, 17                              |
| Classes teòriques       | 25    | 1    | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 18, 20 |
| <b>Tipus: Autònomes</b> |       |      |                                          |
| Estudi                  | 65    | 2,6  | 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15         |
| Treballs i problemes    | 9     | 0,36 | 2, 3, 8, 11, 12, 16, 17, 19, 20          |
| Tutories                | 5     | 0,2  | 12, 16, 17                               |

## Avaluació

Dos exàmens parcials, cadascun dels quals val 4 punts (1 corresponent a qüestions teòriques, i 3 a problemes). Cada examen tindrà una durada màxima de 2,5 hores. No hi ha una nota mínima concreta per a cada parcial, sinó que cal passar l'assignatura en el seu conjunt.

Treballs i problemes

Consisteixen en quatre recensions d'articles de temes diversos de biofísica o física mèdica (entre tres i quatre fulls cadascuna, a espai i mig), o en el desenvolupament una mica més profund d'algun tema d'interès per a l'estudiant (entre quinze i vint fulls, a espai i mig).

## Activitats d'avaluació

| Títol                | Pes    | Hores | ECTS | Resultats d'aprenentatge                              |
|----------------------|--------|-------|------|-------------------------------------------------------|
| Dos exàmens parcials | 80/100 | 4     | 0,16 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 20 |
| Treballs i problemes | 20/100 | 4     | 0,16 | 1, 2, 3, 11, 12, 16, 19, 20                           |

## Bibliografia

### Text de referència

P. Nelson, Física biològica, Ed. Reverté, Barcelona, 2005

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

- F. Cussó, C. López and R. Villar, Física de los procesos biológicos, Ariel, Barcelona, 2004
- 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 biologia**

- 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, Introducció a la microbiologia, 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 avançada**

- D. S. Goodsell, Our molecular nature: the body's motors, machines and messages, Springer, New York, 1996
- D. S. Goodsell, Bionanotechnology. Lessons from nature, Wiley-Liss, Hoboken, New Jersey, 2004
- 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

R. Phillips, J. Kondev, J. Theriot, H. G. García, Physical biology of the cell, Garland Science (Taylor and Francis group), London, 2013

Hi ha moltes pàgines d'Internet que poden ser d'interès, i que comentarem al llarg del curs