

Titulació	Tipus	Curs	Semestre
2501922 Nanociència i Nanotecnologia	FB	1	1

Professor de contacte

Nom: Marta Martín Flix

Correu electrònic: Marta.Martin@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

Equip docent

CARME Nogués Sanmiquel

Prerequisits

En ser una assignatura del primer semestre del pla d'estudis, no existeixen prerequisits per cursar l'assignatura de Biologia Cel·lular. Malgrat això, per garantir el bon seguiment de l'assignatura per part de l'alumne i l'assoliment dels resultats d'aprenentatge plantejats, es recomana que l'alumne tingui uns coneixements previs bàsics de biologia, i més concretament de l'estructura general de les cèl·lules i de les molècules orgàniques que les componen (proteïnes, àcids nucleics, carbohidrats i lípids) així com de les vies principals del metabolisme cel·lular.

D'altra banda, en una disciplina científica com la Biologia Cel·lular on moltes de les fonts d'informació, o com a mínim les més actualitzades, estan en anglès, és recomanable que els estudiants tinguin un coneixement bàsic d'aquest idioma.

Objectius

L'assignatura Biologia Cel·lular s'imparteix en el 1er semestre del 1er curs del Grau de Nanociència i Nanotecnologia i també en el mateix període d'altres titulacions de la Facultat de Ciències i Biociències. Per tant es pot considerar una assignatura de caràcter bàsic.

Els objectius formatius són que l'estudiant, en finalitzar l'assignatura, sigui capaç de:

1. Reconèixer les principals diferències entre les cèl·lules procariotes i eucariotes.
2. Descriure l'estructura, composició i característiques principals de les membranes cel·lulars.
3. Explicar l'organització i composició d'altres elements de la superfície cel·lular.
4. Descriure els processos de transport a través de les membranes cel·lulars.
5. Descriure l'estructura, composició i funció dels diferents compartiments de les cèl·lules eucariotes, així com les relacions existents entre ells.
6. Explicar el paper dels mitocondris en la bioenergètica cel·lular.
7. Descriure els sistemes de classificació i les rutes de trànsit intracel·lular de proteïnes.
8. Descriure la composició de la cromatina i la seva organització en cèl·lules interfàsiques i en divisió.
9. Enumerar els components del citoesquelet i descriure la seva composició i estructura.
10. Explicar la contribució del citoesquelet a la forma i al moviment cel·lular.

11. Identificar i descriure les molècules, estructures i processos implicats en la relació i comunicació de la cèl·lula amb el medi extern i amb altres cèl·lules.
12. Identificar les molècules implicades en la regulació del cicle cel·lular i explicar la seva funció en el sistema de control del cicle.
13. Enumerar i descriure les diferents fases de la divisió cel·lular mitòtica i meiótica i comparar els dos tipus de divisions cel·lulars.
14. Relacionar el funcionament de la cèl·lula eucariota amb les causes d'algunes malalties.
15. Integrar i aplicar els coneixements teòrics adquirits per interpretar els resultats d'experiments científics senzills i per resoldre problemes experimentals de biologia cel·lular.
16. Utilitzar la terminologia científica adequada en el camp de la biologia cel·lular.

Competències

- Aplicar els conceptes, principis, teories i fets fonamentals relacionats amb la nanociència i la nanotecnologia a la resolució de problemes de natura quantitativa o qualitativa en l'àmbit de la nanociència i la nanotecnologia.
- Aplicar les normes generals de seguretat i funcionament d'un laboratori i les normatives específiques per a la manipulació de la instrumentació i dels productes i materials químics i biològics tenint en compte les seves propietats i els riscos.
- Aprendre de manera autònoma.
- Comunicar-se oralment i per escrit en la llengua pròpia.
- Demostrar que es comprenen els conceptes, principis, teories i fets fonamentals relacionats amb la nanociència i la nanotecnologia.
- Desenvolupar treballs de síntesi, caracterització i estudi de les propietats dels materials en la nanoescala a partir de procediments establerts prèviament.
- Gestionar l'organització i la planificació de tasques.
- Interpretar les dades obtingudes mitjançant mesures experimentals, incloent-hi l'ús d'eines informàtiques, identificar-ne el significat i relacionar-les amb les teories químiques, físiques o biològiques apropiades.
- Manipular els instruments i materials estàndards propis dels laboratoris d'assaigs físics, químics i biològics per a l'estudi i l'anàlisi de fenòmens en la nanoescala.
- Mantenir un compromís ètic.
- Obtenir, gestionar, analitzar, sintetitzar i presentar informació, incluent-hi la utilització de mitjans telemàtics i informàtics.
- Raonar de forma crítica.
- Reconèixer els termes relatius als àmbits de la física, la química, la biologia, la nanociència i la nanotecnologia en llengua anglesa i fer servir l'anglès de manera eficaç per escrit i oralment en l'àmbit laboral.
- Reconèixer i analitzar problemes físics, químics i biològics en l'àmbit de la nanociència i la nanotecnologia i plantejar respostes o treballs adequats per a la seva resolució, incloent-hi en els casos necessaris l'ús de fonts bibliogràfiques.
- Resoldre problemes i prendre decisions.

Resultats d'aprenentatge

1. Aprendre de manera autònoma.
2. Avaluat resultats biològics bàsics experimentals de forma crítica i deduir el seu significat
3. Comunicar-se oralment i per escrit en la llengua pròpia.
4. Descriure els processos de diferenciació, especialització i mort cel·lular, així com les bases cel·lulars de les patologies associades a errors de funcionament.
5. Dur a terme els procediments de síntesi, separació i anàlisi bàsics propis d'un laboratori de biologia
6. Gestionar l'organització i la planificació de tasques.
7. Integrar les funcions dels diferents orgànuls i estructures cel·lulars amb el funcionament global de la cèl·lula.
8. Mantenir un compromís ètic.
9. Obtenir, gestionar, analitzar, sintetitzar i presentar informació, incluent-hi la utilització de mitjans telemàtics i informàtics.

10. Raonar de forma crítica.
11. Relacionar els instruments i material estàndards amb les metodologies utilitzades en biologia cel·lular.
12. Relacionar les metodologies utilitzades en biologia cel·lular i amb els coneixements que amb elles s'obté, resoldre problemes.
13. Relacionar les metodologies utilitzades en biologia cel·lular i els coneixements que amb elles s'obtenen, obtenir informació d'experiments en biologia així com interpretar els resultats obtinguts.
14. Relacionar l'estructura de les diferents parts d'una cèl·lula i el seu funcionament.
15. Resoldre problemes i prendre decisions.
16. Utilitzar correctament els protocols de manipulació de reactius químics i agents biològics.
17. Utilitzar correctament la terminologia dels sistemes biològics.
18. Utilitzar les fonts bibliogràfiques específiques en biologia cel·lular per a adquirir la informació necessària que permeti, de forma autònoma, desenvolupar i ampliar els coneixements adquirits.

Continguts

PROGRAMA DE LES CLASSES DE TEORIA

Tema 1. Introducció: organització de la cèl·lula procariota i eucariota. Característiques principals i diferències entre cèl·lules procariotes i eucariotes.

Tema 2. Estructura i composició de la membrana plasmàtica. Funcions, estructura i composició de la membrana plasmàtica. Característiques de la membrana: fluïdesa i asimetria.

Tema 3. Transport de molècules a través de la membrana. Difusió simple i osmosi. Transport de ions i de petites molècules: transport passiu per permeases i per proteïnes de canal; transport actiu primari i secundari.

Tema 4. Matriu extracel·lular. La matriu extracel·lular de les cèl·lules animals: composició i funcions; comunicació entre la cèl·lula i la matriu extracel·lular; malalties relacionades amb la matriu extracel·lular.

Tema 5. Citosol. Composició i organització estructural. Funcions del citosol: plegament de les proteïnes, modificació postraduccional i processat de les proteïnes; degradació de proteïnes.

Tema 6. Introducció als compartiments intracel·lulars i al trànsit de proteïnes. Compartimentació cel·lular. Trànsit intracel·lular de proteïnes.

Tema 7. Nucli. Embolcall nuclear, làmina nuclear i complex del porus: estructura; transport bidireccional nucli-citoplasma. Nuclèol: estructura; síntesi de RNA ribosòmic. Cromatina: composició i estructura; organització de la cromatina en el nucli interfàsic: eucromatina i heterocromatina; organització i estructura del cromosoma.

Tema 8. Reticle endoplasmàtic. Introducció al sistema endomembranós. Estructura i composició del reticle endoplasmàtic. Funcions del reticle endoplasmàtic llis: síntesi de lípids i detoxificació cel·lular. Funcions del reticle endoplasmàtic rugós: síntesi de proteïnes solubles i de membrana; modificacions de les proteïnes; control de qualitat.

Tema 9. Aparell de Golgi. Estructura i composició de l'aparell de Golgi. Bases del transport vesicular: tipus de vesícules, formació i fusió de les vesícules amb la membrana diana. Transport del reticle al Golgi i dins del Golgi: Transport vesicular entre el reticle i el Golgi i dins del Golgi; recuperació de proteïnes residents del reticle; modificacions dels oligosacàrids de les proteïnes; metabolisme de lípids i de polisacàrids. Distribució de proteïnes a la xarxa trans-Golgi: transport de proteïnes lisosomals, secreció constitutiva i secreció regulada; retenció de proteïnes residents del Golgi.

Tema 10. Endosomes, lisosomes. Endosomes: estructura i composició; classificació; funció dels endosomes: endocitosi (pinocitosi i fagocitosi). Lisosomes: estructura i composició; obtenció del material de digestió (autòfagia i heterofàgia); defectes genètics en les hidrolases àcides.

Tema 11. Mitocondris. Estructura i composició. Biogènesi: genoma mitocondrial i síntesi de proteïnes; importació de lípids i de proteïnes. Funcions del mitocondri: respiració cel·lular. Oxidacions mitocondrials; transport d'electrons; síntesi d'ATP; transport a través de la membrana mitocondrial interna; producció de calor; producció de precursors biosintètics.

Tema 12. Peroxisomes. Estructura i composició. Biogènesi: importació de lípids i de proteïnes; malalties genètiques relacionades amb la importació de proteïnes. Funcions generals dels peroxisomes: reaccions oxidatives i oxidació dels àcids grassos. Funcions específiques dels peroxisomes en cèl·lules animals.

Tema 13. Microfilaments d'actina. Estructura i composició. Polimerització de l'actina. Proteïnes d'unió a l'actina. Organització dels microfilaments en cèl·lules musculars i en cèl·lules no musculars. Moviment cel·lular.

Tema 14. Microtúbuls. Estructura i composició. Polimerització de la tubulina. Proteïnes associades als microtúbuls. Microtúbuls làbils. Microtúbuls estables: centríols, cilis i flagels; estructura, biogènesi i funcions.

Tema 15. Filaments intermedis. Estructura i composició. Polimerització. Proteïnes associades als filaments intermedis. Funcions.

Tema 16. Unions i adhesió cel·lular. Unions cel·lulars: unions hermètiques, adherents i comunicants. Adhesió cel·lular: molècules d'adhesió cel·lular.

Tema 17. Senyalització cel·lular. Principis bàsics de la senyalització cel·lular. Receptors intracel·lulars. Receptors de superfície cel·lular: receptors associats a proteïnes G; receptors associats a enzims. Integració de senyals.

Tema 18. Cicle cel·lular. Fases del cicle cel·lular. Control del cicle cel·lular: components del sistema i punts de control.

Tema 19. Mitosi. Fases de la mitosi i organització del fus mitòtic. Citocinesi.

Tema 20. Meiosi. Fases de la meiosi. Complex sinaptonemal i sinapsi dels cromosomes. Recombinació genètica.

PROGRAMA DE LES SESSIONS DE PRÀCTIQUES

Pràctica 1- La cèl·lula vegetal

Pràctica 2- La cèl·lula animal

Pràctica 3- Introducció al microscopi electrònic

Pràctica 4- Osmosi i difusió simple

Pràctica 5- Divisió cel·lular mitòtica

Pràctica 6- Divisió cel·lular meiòtica

Metodologia

L'assignatura de Biologia Cel·lular consta de classes magistrals teòriques, de classes de problemes i de classes pràctiques al laboratori.

Classes de teoria:

El contingut del programa de teoria serà impartit principalment pel professor en forma de classes magistrals amb suport audiovisual. El material utilitzat a classe pel professor estarà disponible al Campus Virtual de l'assignatura. És recomanable que els alumnes l'imprimeixin i el portin a classe, per utilitzar-lo com a suport a l'hora de prendre apunts. Tot i que no és imprescindible ampliar els continguts de les classes impartides pel

professor, a no ser que aquest ho demani de forma explícita, s'aconsella que els alumnes consultin de forma regular els llibres recomanats a l'apartat de Bibliografia d'aquesta guia docent per tal de consolidar i clarificar, si és necessari, els continguts explicats a classe.

A més de l'assistència a les classes, el seguiment de l'assignatura també implicarà un paper actiu de l'alumne, que haurà de preparar una sèrie de temes del programa de teoria a partir de les pautes que proporcioni el professor. L'objectiu d'aquesta activitat és fomentar la consulta de les fonts bibliogràfiques i que els alumnes aprenguin a buscar, interpretar i sintetitzar informació i a treballar de manera autònoma. La informació recollida pels alumnes amb el treball d'autoaprenentatge servirà com a material d'estudi individual i no caldrà fer cap lliurament al professor dels temes preparats.

Classes de problemes:

Hi haurà 4 sessions de problemes durant el curs. Aquestes sessions es dedicaran a resoldre dubtes sobre els exercicis subministrats pel professor al Campus Virtual. Aquests exercicis estaran relacionats amb els continguts del programa de teoria. Es pretén que la seva realització serveixi per consolidar els continguts treballats a les classes de teoria (tant dels temes impartits presencialment, com del treball d'autoaprenentatge) i també perquè l'alumne es familiaritzi amb algunes de les tècniques utilitzades en biologia cel·lular, amb la interpretació de dades científiques i amb la resolució de problemes basats en situacions experimentals reals.

Els alumnes hauran d'haver resolt els exercicis abans de la classe de problemes, ja que en aquesta sessió només es resoldran dubtes.

L'habilitat individual de cada alumne per resoldre un problema científic s'avaluarà al segon examen parcial, on haurà de resoldre un problema similar als treballats a l'aula durant tot el semestre. La nota que s'obtingui de la resolució d'aquest problema contribuirà a la nota final de l'assignatura.

Classes de pràctiques:

Les classes pràctiques estan dissenyades per que els alumnes aprenguin a utilitzar l'instrumental de laboratori, especialment el microscopi òptic, i complementin la formació teòrica. Els alumnes realitzaran un total de 6 sessions de pràctiques de dues hores cadascuna. Els alumnes treballaran en grups de dues persones i al final de cada pràctica hauran d'omplir un qüestionari de forma individual sobre la pràctica realitzada. La nota de pràctiques serà la nota mitjana obtinguda amb la resolució de cada qüestionari de pràctiques, i contribuirà a la nota final de l'assignatura.

Activitats formatives

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes de pràctiques	12	0,48	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17
Classes de problemes	4	0,16	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18
Classes de teoria	36	1,44	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18
Tipus: Autònomes			
Estudi individual	58	2,32	1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18
Preparació de temes	20	0,8	1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18
Resolució de problemes	10	0,4	1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 18

Avaluació

Activitats d'avaluació

Aquesta assignatura, que serà avaluada de forma continuada al llarg del semestre, constarà de les següents activitats d'avaluació:

1. Part teòrica:

Representarà el 70% de la nota final. Es realitzaran 2 proves parcials eliminatòries de matèria, cadascuna de les quals tindrà un pes del 35% sobre la nota final. La primera prova es realitzarà quan s'hagin impartit, aproximadament, la meitat dels temes teòrics. La segona prova es realitzarà un cop s'hagin impartit tots els temes teòrics.

Si bé cada prova parcial elimina matèria, la segona prova parcial també podrà incloure, de forma indirecta, continguts del primer bloc de temes.

Els alumnes que no s'hagin presentat a alguna de les proves parcials o no superin l'assignatura després de fer les dues proves parcials, es podran presentar a la prova final de recuperació i examinar-se de la/les part/s corresponents.

2. Resolució de problemes:

Representarà el 10% de la nota final i s'obtindrà resolent un problema de forma individual durant la 2ª prova parcial. Els alumnes que no es presentin a la 2a prova parcial podran realitzar aquest exercici durant la prova final de recuperació.

3. Pràctiques de laboratori:

Representarà el 20% de la nota final. La nota de pràctiques serà la mitjana obtinguda amb les notes de tots els qüestionaris que hauran de completar al final de cada pràctica.

L'assistència a les pràctiques de laboratori és obligatòria. La no assistència a una pràctica sense justificar comportarà la reducció de la nota mitjana dels qüestionaris al 75%. La no assistència a dues pràctiques implicarà una reducció del 50%. En cas de no assistir a tres o més pràctiques sense justificar, l'alumne no podrà superar l'assignatura.

AVALUACIÓ:

Per a obtenir la màxima puntuació en aquesta assignatura, els alumnes hauran de realitzar:

- **Les dues proves parcials escrites:** (35% + 35%) o en el seu defecte la **prova final de recuperació** (70%).

- Per tal que les 2 proves parcials facin mitjana, la nota de cadascuna haurà de ser igual o superior a 3,5.
- En cas que un alumne obtingui una puntuació inferior a 3,5 en qualsevol prova parcial, podrà recuperar-la en la prova de recuperació final.

- **Resoldre de forma individualitzada un problema** (10%) ja sigui durant la segona prova parcial o durant l'examen de recuperació .

- **Haver assistit a les sessions de pràctiques amb la realització dels qüestionaris** corresponents (20%).

Per poder aprovar l'assignatura, els alumnes hauran d'obtenir una nota de ≥ 5 punts (sobre 10) en la mitjana global de totes aquestes proves.

En la taula següent es mostra un resum de les possibles avaluacions esmentades:

Activitat d'avaluació

Valor (%)

CONTINGUTS TEÒRICS (70%)

Primera prova parcial	35%
Segona prova parcial	35%
Prova final de recuperació	35%+35%=70%
PROBLEMES (10%)	
Resolució individual d'un problema	10%
PRÀCTIQUES (20%)	
Qüestionaris de pràctiques	20%
TOTAL	100%

Altres consideracions generals:

- Es consideraran NO AVALUATS aquells alumnes que es presentin a menys del 50% de les activitats d'avaluació programades, considerant com a activitats d'avaluació: i) qualsevol prova per avaluar els continguts teòrics; ii) qualsevol prova per avaluar els continguts pràctics; iii) resolució individual d'un problema. L'assistència a ≥ 2 d'aquestes activitats, requerirà la introducció d'una nota a l'expedient de l'alumne.
- En el cas de que un alumne no superi la part teòrica de l'assignatura, però superi la part de pràctiques (obtenció d'un mínim de 4 punts sobre 10), se li guardarà aquesta nota durant un període de tres matrícules addicionals.
- En cap cas es guardarà la nota de problemes.
- Els estudiants que no puguin assistir a una prova d'avaluació individual per causa justificada (com ara un problema de salut, defunció d'un familiar de fins a segon grau, accident, gaudir de la condició d'esportista d'elit i tenir una competició o activitat esportiva d'obligada assistència, etc.) i **aportin la documentació oficial corresponent** al coordinador de titulació (certificat mèdic oficial en el que es faci constar explícitament la incapacitat de realitzar un examen, atestat policial, justificació de l'organisme esportiu competent, etc.), tindran dret a realitzar la prova en una altra data. El coordinador de titulació vetllarà per la concreció d'aquesta, prèvia consulta amb el professor de l'assignatura afectada.
- Podran presentar-se a l'examen per MILLORAR NOTA de la part de teoria aquells alumnes que tinguin els dos blocs parcials aprovats. En qualsevol cas, l'alumne s'examinarà del total de l'assignatura a l'examen de recuperació. Per poder-se presentar a l'examen per pujar nota, l'alumne haurà de renunciar per escrit (email) a

la nota obtinguda per parcials, avisant al responsable de l'assignatura amb un mínim de tres dies d'antelació a l'examen de recuperació. La nota que es tindrà en compte serà la del darrer examen que l'alumne hagi realitzat.

Activitats d'avaluació

Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Pràctiques de laboratori	20%	1	0,04	2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17
Primera prova parcial	35%	2	0,08	1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18
Prova final de continguts teòrics	70%	4	0,16	1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18
Resolució individual d'un problema	10%	1	0,04	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17, 18
Segona prova parcial	35%	2	0,08	1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 17, 18

Bibliografia

- Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Molecular Biology of the Cell. 5th Edition. Garland Science. New York, 2007.

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Alberts B, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Biología Molecular de la Célula. 5ª Edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona, 2010.

- Lodish H, Berk A, Kaiser CA, Krieger M, Scott MP, Bretscher A, Ploegh H, Matsudaira P. Molecular Cell Biology. 6th Edition. WH Freeman and Company. New York, 2007.

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Lodish H, Berk A, Matsudaira P, Kaiser CA, Krieger M, Scott MP, Zipursky SL, Darnell J. Biología Celular y Molecular. 5ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, 2005.

- Alberts B, Bray D, Hopkin K, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Essential Cell Biology. Garland Science. New York, 2009.

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Alberts B, Bray D, Hopkin K, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, Walter P. Introducción a la Biología Celular. 3ª Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, 2011.

- Becker WM, Kleinsmith LJ, Hardin J, Bertoni GP. The World of the Cell. 8th Edition. Pearson. San Francisco, 2011.

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Becker WM, Kleinsmith LJ, Hardin J. El Mundo de la Célula. 6ª Edición. Pearson Educación SA. Madrid, 2006.

- Cooper GM, Hausman RE. The Cell: A Molecular Approach. 6th Revised edition. Sunderland (MA), 2013.

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Cooper GM, Hausman RE. La Célula. 5ª Edición. Marbán Libros S.L. Madrid, 2010.

- Karp G. Cell and molecular biology: Concepts and experiments. 7th Edition. Wiley. 2013

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Karp G. Biología Celular y molecular: Conceptos y experimentos. 6a Edición. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2011

- Cassimeris L, Lingappa VR, Plopper G. Lewin's Cells. 2d Edition. Jones & Bartlett Learning. 2010

Darrera versió del llibre traduïda al castellà: Cassimeris L, Lingappa VR, Plopper G. Lewin. Células. 2a Edición. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. 2011

- Paniagua R, Nistal M, Sesma P, Álvarez-Uría M, Fraile B, Anadón R, Sáez FJ. Biología Celular. 3a Edición. McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

Part del contingut d'alguns llibres proposats a la bibliografia es poden consultar online:

Cooper: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=cooper>

Alberts: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=mboc4>

Lodish: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/bookshelf/br.fcgi?book=mcb>

Pàgina web on es poden veure animacions senzilles que ajuden a entendre molts dels processos cel·lulars bàsics: <http://www.johnkyrk.com/index.esp.html>