

اصول و مبانی بیوفیزیک

میں نے اس کو بیان کیا

شخصی دکتر بیوفیزیک - پژوهشکده علوم پایه کاربردی
چهارم دانشگاه شهید بهشتی

آزادہ حکمت

دانشجوی دکتری بیوفیزیک - مرکز تحقیقات بیوشیمی
بیوفیزیک دانشگاه تهران (IBB)
رتبه اول ورودی دکترا و دارنده نشان و لوح تقدیر فارغ
التحصیل رتبه اول از دانشگاه تهران

دکتر جلیل بدراقی

عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاد دانشگاهی، دانشگاه شهید بهشتی

سرشناسه	حکمت، آزاده، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور	اصول و مبانی بیوفیزیک / آزاده حکمت، صبورا اشکوریان، جلیل بدراقی.
مشخصات نشر	تهران: جهاددانشگاهی، واحد شهید بهشتی، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	۳۱۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۸۰۰۰ ریال: 4-029-479-964-978
وضعیت فهرست نویسی	فیفا
موضوع	فیزیک زیستی -- راهنمای آموزشی (عالی)
شناسه افزده	اشکوریان، صبورا، ۱۳۵۹ -
شناسه افزوده	بدراقی، جلیل، ۱۳۳۹ -
شناسه افزوده	جهاددانشگاهی . دانشگاه شهید بهشتی
رده بندی کنگره	۱۶۰۱۶ الف ح/ ۵۰۵ QH
رده بندی دیویی	۵۷۱/۴۰۷
شماره کتابشناسی ملی	۲۰ (۰۵۲)



عنوان

: اصول و مبانی بیوفیزیک

مولفین

: آزاده حکمت-صبورا اشکوریان- دکتر جلیل بدراقی

نوبت چاپ

: اول/ پائیز ۱۳۹۱

انتشارات

: جهاددانشگاهی واحد شهید بهشتی

شمارگان

: ۱۰۰۰ جلد

قیمت

: ۹۸۰۰۰ ریال

شابک

: ۴-۲۹-۰۲۹-۴۷۹-۹۶۴-۹۷۸

کلیه حقوق این اثر برای مؤلف و جهاددانشگاهی محفوظ است.

نشانی: تهران، اوین، دانشگاه شهید بهشتی، جهاددانشگاهی واحد شهید بهشتی- صندوق پستی ۳۷۱-۱۹۸۵۳

تلفن: ۲۲۴۳۱۹۳۳-۴-۹

نمابر: ۲۲۴۳۱۹۲۸ پست الکترونیکی: manager@jdsb.ac.ir

فهرست مطالب

تعریف بیوفیزیک

۱

بیوفیزیک مولکولی

۵	فصل اول: آب، الکترولیت‌ها و ماکرومولکول‌های حیاتی
۵	۱-۱- سیستم واحدهای اندازه‌گیری (یک‌ها)
۶	۱-۲- آب
۱۵	۱-۳- یونیزاسیون آب و PH
۱۶	۱-۴- اسید و باز
۱۷	۱-۵- تتراسیون
۲۰	۱-۶- غلات محلول‌ها
۲۲	۱-۷- محلول‌های کلئیدی
۲۶	۱-۸- آغاز حیات
۲۷	۱-۹- ماکرومول‌ها و پروتئین‌ها
۳۱	۱-۱۰- پروتئین‌ها
۵۱	۱-۱۱- اسیدهای نوکلئیک
۶۲	۱-۱۲- کربوهیدرات‌ها
۶۹	فصل دوم: برهمکنش لیگاند- ماکرومولکول و سینتیک آنزیمی
۶۹	۲-۱- اتصال لیگاند به ماکرومولکول
۷۳	۲-۲- آنزیم‌ها
۷۶	۲-۳- مرتبه واکنش‌ها
۸۰	۲-۴- سینتیک آنزیم‌ها
۸۳	۲-۵- واحدهای آنزیمی
۸۵	۲-۶- سینتیک مهار آنزیم‌ها
۹۱	۲-۷- انواع فعال‌کننده‌های آنزیمی
۹۱	۲-۸- تأثیر PH بر واکنش‌های آنزیمی
۹۱	۲-۹- تأثیر دما بر روی واکنش‌های آنزیمی
۹۵	فصل سوم: بیوترمودینامیک
۹۵	۳-۱- بیوترمودینامیک
۹۶	۳-۲- خواص ترمودینامیکی
۹۳	۳-۳- اصول ترمودینامیک
۱۰۴	۳-۴- تعیین پارامترهای ترمودینامیکی
۱۰۷	۳-۵- قوانین گازها

بیوفیزیک سلولی

- ۱۱۱ فصل چهارم: لیپیدها و بیوفیزیک غشاءهای زیستی
- ۱۱۱ ۴-۱- لیپیدها یا چربی‌ها
- ۱۱۸ ۴-۲- تجمع مولکول‌های آمفی پاتیک در آب
- ۱۲۱ ۴-۳- انواع حرکات فسفولیپیدها در غشاء
- ۱۲۱ ۴-۴- پروتئین‌های غشایی
- ۱۲۲ ۴-۵- انواع راه‌های انتقال مواد از غشا
- ۱۲۷ ۴-۶- پتانسیل غشاء
- ۱۳۱ ۴-۷- شای سلول از دیدگاه فیزیک
- ۱۳۸ ۴-۸- روش‌های مطالعه تک کانال مبتنی بر الکتروفیز یولوژی
- ۱۳۹ فصل پنجم: بیومکانیک و بیوانرژتیک
- ۱۳۹ ۵-۱- مار مکانیک
- ۱۴۰ ۵-۲- ماهیچه‌های مختلط
- ۱۴۴ ۵-۳- بیومکانیک سیستم گردش خون
- ۱۴۸ ۵-۴- بیوانرژتیک

بیوفیزیک پرتوی

- ۱۵۱ فصل ششم: بیوفیزیک پرتوهای یونساز
- ۱۵۱ ۶-۱- ساختار اتم
- ۱۵۲ ۶-۲- رادیواکتیویته (پرتوزایی)
- ۱۵۹ ۶-۳- واکنش‌های نوترونی
- ۱۶۰ ۶-۴- قانون تلاشی یا استحاله
- ۱۶۱ ۶-۵- نوکلئیدهای پرتوزایی طبیعی و مصنوعی
- ۱۶۳ ۶-۶- واحدهای اندازه‌گیری پرتوها
- ۱۶۴ ۶-۷- ابزارهای شناسایی و آشکارسازی پرتوها
- ۱۶۸ ۶-۸- واکنش‌های پرتو ایکس و گاما با ماده
- ۱۷۱ ۶-۹- برهم‌کنش ذرات بتا (الکترون) و آلفا با ماده
- ۱۷۱ ۶-۱۰- انتقال انرژی خطی
- ۱۷۲ ۶-۱۱- کاربرد موارد رادیواکتیو در زیست‌شناسی (اتورادیوگرافی)
- ۱۷۳ ۶-۱۲- حفاظت در مقابل اشعه
- ۱۷۵ ۶-۱۳- اثرات بیولوژی پرتوهای یونیزان
- ۱۷۹ فصل هفتم: بیوفیزیک پرتوهای غیر یونساز
- ۱۷۹ ۷-۱- پرتوهای غیر یونیزان
- ۱۷۹ ۷-۲- انواع پرتوهای غیر یونساز
- ۱۸۲ ۷-۳- لیزر: تقویت نور با گسیل القایی (LASER)
- ۱۸۵ ۷-۴- امواج رادیویی در گوش‌های تلفن همراه

روش‌های بیوفیزیک و بیوشیمی

- ۱۸۹ فصل هشتم: میکروسکوپ‌ها
- ۱۸۹ ۸-۱- میکروسکوپ نوری
- ۱۹۵ ۸-۲- میکروسکوپ الکترونی
- ۱۹۹ ۸-۳- میکروسکوپ الکترونی گذاره (TEM)
- ۲۰۱ ۸-۴- میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM)
- ۲۰۳ ۸-۵- میکروسکوپ نوری میدان نزدیک روبشی (SNOM)
- ۲۰۵ ۸-۶- میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM)
- ۲۰۷ ۸-۷- میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)
- ۲۰۹ فصل نهم: فرآیندهای انتقال مواد
- ۲۰۹ ۹-۱- میکوزیته
- ۲۱۴ ۹-۲- ته‌نشین‌سازی (رسوب‌گذاری)
- ۲۱۸ ۹-۳- کروماتوگراف
- ۲۲۸ ۹-۴- الکتروفورز
- ۲۳۵ ۹-۵- دیالیز
- ۲۳۷ ۹-۶- فنون و تکنیک‌های جدید در زیست‌شناسی ملکولی
- ۲۳۹ فصل دهم: طیف‌سنجی و کالریمتری
- ۲۴۰ ۱۰-۱- طیف‌سنجی جذبی ماوراء بنفش-فوق بنفش
- ۲۴۹ ۱۰-۲- طیف‌سنجی فلورسانس
- ۲۵۴ ۱۰-۳- طیف‌سنجی دو رنگ نمایی حلقوی
- ۲۵۸ ۱۰-۴- طیف‌سنجی مادون قرمز
- ۲۶۲ ۱۰-۵- طیف‌سنجی تشدید مغناطیسی هسته (NMR)
- ۲۷۰ ۱۰-۶- طیف‌سنجی رزونانس اسپین الکترونی یا پارامگنتیک الکترونی (ESR)
- ۲۷۱ ۱۰-۷- طیف‌سنجی جرمی (MS)
- ۲۷۲ ۱۰-۸- کالریمتری روبشی تفاضلی
- ۲۷۵ ۱۰-۹- کالریمتری تیتراسیون هم‌دما
- ۲۷۷ فصل یازدهم: کریستالوگرافی اشعه X
- ۲۷۷ ۱۱-۱- تهیه بلور یا کریستال
- ۲۷۹ ۱۱-۲- قانون براگ
- ۲۷۹ ۱۱-۳- مفهوم پراش اشعه ایکس
- ۲۷۹ ۱۱-۴- شاخص‌های میلر
- ۲۸۰ ۱۱-۵- مزایا و معایب روش کریستالوگرافی اشعه X
- ۲۸۱ ۱۱-۶- کریستالوگرافی ماکرومولکول‌های بیولوژی

بیوفیزیک و فناوری های نوین

۲۸۲	فصل دوازدهم: نانوبیوتکنولوژی
۲۸۳	۱-۱۲- تعریف نانو مواد
۲۸۵	۲-۱۲- تقسیم بندی نانو مواد
۲۸۶	۳-۱۲- ساختارهای صفر بعدی
۲۸۹	۴-۱۲- نانو ساختارهای تک بعدی
۲۹۳	۵-۱۲- نانو ساختارهای دو بعدی
۲۹۴	۶-۱۲- نانو ساختارهای سه بعدی
۲۹۶	۷-۱۲- کاربردهای نانوبیوتکنولوژی در زیست شناسی و پزشکی
۲۹۹	فصل سیزدهم: بیوانفورماتیک
۲۹۹	۱-۱۳- تعریف بیوانفورماتیک
۳۰۰	۲-۱۳- تجزیه و تحلیل داده ها
۳۰۱	۳-۱۳- مراکز بیوانفورماتیک
۳۰۳	۴-۱۳- پیشگویی اختراعات بعدی پروتئین ها
۳۰۷	منابع

پیشگفتار

نوشتاری را که در پیش رو دارید بخش‌هایی از دانش رو به گسترش بیوفیزیک است که برابر با برنامه آموزش سراسری دانشگاه‌های کشورمان برای کلیه گرایش‌های رشته زیست‌شناسی نگارش یافته است. از سوئی نگارش به گونه‌ای است که می‌تواند برای رشته‌های دیگر و دست‌آوردان بیوفیزیک بوده باشد چرا که کشف فرایندهای مولکولی و سلولی در ارتباط با پدیده‌های بیولوژیک مبحث شده است علوم حیاتی به صورت مستقیم با بیوفیزیک مولکولی و بیوفیزیک سلولی ارتباط داشته باشد. این نوشتار در سیزده فصل منطبق بر برنامه مصوب شورای عالی انقلاب فرهنگی، جهت ارائه به دانشجویان گروه علوم زیستی و گروه پزشکی در گرایش‌های مختلف مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری آماده شده است. در این نوشتار سعی شده است مطالب به صورت مفهومی و حتی المقدور به دیالوگ ریاضی باشد. بسیاری از مطالب این کتاب از تجربیات و تحقیقات مولفین نشأت گرفته است. امید می‌رود که این نوشتار به ارتقاء توانایی دانشجویان در حوزه بیوفیزیک یاری رساند.

با همه کوششی که به کار رفته است، مولفان آگاه هستند که کار از کاستی مبرا نمی‌باشد، از این رو از خوانندگان گرامی و نکته‌سنج خواستاریم که با نظرات خود ما را در ارتقاء سطح کیفی این کتاب یاری نمایند. پیشاپیش لطف آنان را سپاسگزاریم. در این باب جای داد که از جناب آقای دکتر علی اکبر صبوری، جناب آقای دکتر بهرام گلیایی و جناب آقای دکتر ارمین مددکار سبحانی اساتید گرانقدر مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک دانشگاه تهران، سپاس‌زار نماییم. همچنین از زحمات بیدریغ جناب آقای دکتر سعید میرزایی رئیس محترم جهاددانشگاهی واحد شهید بهشتی و پژوهشکده علوم پایه کاربردی جهاددانشگاهی، جناب آقای احمد حسین سائی معاون محترم آموزشی و جناب آقای حسن امین اسماعیلی معاون محترم فرهنگی جهاددانشگاهی واحد شهید بهشتی و پژوهشکده علوم پایه کاربردی، در راستای چاپ این اثر در انتشارات جهاددانشگاهی، صمیمانه تشکر و قدرانی می‌نماییم. همین‌طور از خانواده‌های عزیزمان که با صبر و شکیبایی خود ما را در نگارش این کتاب یاری رساندند، صمیمانه سپاسگزاریم.

مولفان

تعریف بیوفیزیک

امروزه نیاز دانش بشری به علم فیزیک و دستاوردهای آن غیرقابل انکار است. فناوری‌های فیزیک در زمینه نور، لیزر، امواج رادار، تراچی الکتریکی، پزشکی هسته‌ای، تصویربرداری تشخیصی، پرتودرمانی، ماموگرافی، انسفالوگرافی و ریسنالوگرافی موجب گسترش علم در زمینه‌های مختلف گردیده است. امروزه فیزیک را به زبان می‌گویند که به بررسی ساختمان و خواص شکل‌های مختلفی از مواد می‌پردازد، پذیرفته‌اند. از آنجا که این تعریف فرقی ما بین مواد زنده و غیرزنده قائل نمی‌شود بنابراین بررسی ساختمان و خواص مواد زنده را شامل می‌شود که بیانگر ارتباط ما بین زیست‌شناسی (علوم حیاتی) با فیزیک می‌باشد. به عبارتی باید بگوییم تئوری هر شاخه‌ای از زیست‌شناسی را در طبیعت فیزیکی آن جستجو نمود. حتی شیمی به زبان علمی که به مطالعه ساختمان ترازهای الکترونی اتم و مولکول‌ها و تغییرات آن‌ها در هنگام انتقال می‌پردازد، در حال حاضر در زمینه تئوری بر پایه کوانتوم، مکانیک آماری، ترمودینامیک و جنبه فیزیکی بنا نهاده شده است. علم بیولوژی به بررسی موجودات زنده که غیرقابل قیاس با مواد غیرزنده بسیار پیچیده‌تر از آن‌ها هستند، می‌پردازد. بر این اساس، علمی که به مطالعه مکانیسم‌های فیزیکی پدیده‌ها یا فعالیت‌های زیستی در تمام سطوح از سطح اتمی (حتی کوچک‌تر از آن) و مولکولی تا سلول گرفته تا سطح بیوسفر به عنوان یک کل می‌پردازد، به نام بیوفیزیک شناخته می‌شود و به نظر می‌رسد هر چه از سطوح بالاتر (بیوسفر) به سطوح پایین‌تر (اتمی و حتی کوچک‌تر از آن) پرداخته شود، بیشتر اصول فیزیکی یا نیروهای فیزیکی نمایان‌تر می‌شوند. بعنوان مثال بررسی عمل تنفس، انتقال پیام‌های عصبی، بینایی، شنوایی، فتوسنتز، انقباض عضلات در موجودات زنده و هزاران عملکرد زیستی دیگر که دارای مکانیسم‌های فیزیکی می‌باشند در این بخش از علوم حیاتی مورد بررسی قرار می‌گیرند. وقتی نوزادی متولد می‌شود اولین راه شناسایی کودک اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی طول، وزن و زمان (عمر) آن می‌باشد. چنین توصیفی، بیوفیزیک را بخشی از فیزیک، بیولوژی و

فیزیولوژی در نظر می‌گیرد. بررسی پدیده‌های زیستی توسط ابزارهای فیزیکی مانند ترمومتر بالینی، الکتروکاردیوگراف و میکروسکوپ الکترونی در قلمرو مطالعات بیوفیزیکی می‌باشد. شاید بتوان با پروراندن اطلاعات حاصله از این بررسی‌ها، با ارائه فرمول فیزیکی به زبان ریاضی برای یک رفتار یا عملکرد ارگانیسم زنده، براساس قوانین کلی فیزیکی و ساختمان اتمی و مولکولی مواد که در مورد ارگانیسم‌های زنده دیگر نیز صادق باشد، آن‌ها را جزء این قلمرو به حساب آورد. با قانونمند کردن فیزیکی رویدادهای زیستی مطالعات بیوفیزیکی شکل می‌گیرد و آغاز می‌شود. بنابراین هدف نهایی بیوفیزیک تحقق بیولوژی نظری است. با این نگرش، بیوفیزیک به دنبال راه حل مسائل تجربی و تئوری متعدد یک ذات ویژه می‌باشد. سیستم‌های زیستی به قدری پیچیده هستند که دانش زیست شناسی، به تنهایی نتواند از رویکردهای فیزیکی، ناتوان است بنابراین فرموله کردن به عنوان یک وظیفه علم بیوفیزیک فقط در تعداد محدودی از حالات تا بحال امکان پذیر شده است. یک زیست شناس را می‌توان به عنوان یک دانشمند سیستم زیستی قلمداد نمود که توجه خود را روی عناصر تشکیل دهنده سیستم زیستی متمرکز نموده است. با وجود آنکه یک سیستم زیستی از عناصر غیرزنده تشکیل شده است ولی به صورت یک مجموعه هماهنگ، در اثر اندرکنش زیر واحدهای سازنده آن با همدیگر، حالات زیستی از خود به نمایش می‌گذارند. زیست شناسی که در زمینه بیوفیزیک تحقیق می‌کند، سیستم زیستی را ارتباط مابین اجزاء آن برایش مطرح است و عاملی که سبب این ارتباط و هماهنگی می‌شود را در خواص ساختمان‌های اتمی و مولکولی و نیروهای فیزیکی یا اندرکنش‌های عناصر آن‌ها با مسدود زیست‌وجو نمود.

در قرن بیستم علم بیوفیزیک به عنوان یک علم نوپا که مطالعه خواص فیزیکی ارگانیسم‌های زنده و تحریک آن‌ها توسط نور، صوت الکتريسته و غیره جهت بررسی مسائل پایه نظیر وراثت، اندام زایی، ریخت‌زایی، متابولیسم و بیونرژتیک می‌پردازد، مطرح شد. پیشرفت‌های چشمگیر زیست شناسی، بیوفیزیک نیز به عنوان یک بخش - تفکیک‌ناپذیر از آن، همگام با آن توسعه پیدا کرد. اهدافی که در بیوفیزیک دنبال می‌شود در حیطه اهداف بیولوژی قرار می‌گیرد هرچند ممکن است بخشی از فیزیک نیز به حساب آید. در طول تاریخ، افرادی در این زمینه موفق بوده‌اند که هر دو دانش فیزیک و زیست‌شناسی را داشته‌اند. اولین مطالعات در این زمینه با تلاش‌های فیزیولوژیست‌های قرن هجدهم مانند لوییجی گالوانی با اثر دادن الکتریسته ساکن بر روی ماهیچه قورباغه آغاز شد که بعد توسط افرادی دیگری چون مایر، هلمهولتز، تیندال، رامانچاندرا، شرویدینگر، آتاناسوف، پائولینگ، سودبرگ، واتسون، پروتز، تورینگ، لانگ موئیر، آستبورگ و تعدادی دیگر که اغلب فیزیکدان، پزشک یا بیولوژیست بودند توسعه یافت. مباحث بیوفیزیک را می‌توان به چهار مبحث اصلی تقسیم بندی نمود:

۱) بیوفیزیک مولکولی: این مبحث را شاید بتوان مهم‌ترین سطح بیوفیزیک به حساب آورد، زیرا مباحث دیگر به گونه‌ای با این بخش در ارتباط هستند. مطالعه خصوصیات و رفتار فیزیکی و

شیمیایی ماکرومولکول‌های حیاتی نظیر اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و مشخص کردن ساختمان‌های اول، دوم، سوم و احتمالاً چهارم آن‌ها در این بخش انجام می‌شود.

(۲) بیوفیزیک سلولی: ساختمان و اعمال فیزیولوژیکی سلول‌ها را از دیدگاه فیزیکی مورد بررسی قرار می‌دهد. مطالعه مکانیسم جذب مواد از غشاء سلولی، فرآیندهای بیوانرژتیک در غشاهای زیستی، مکانیسم تحریک و انتقال تحریک عصبی، انقباض عضلانی، مکانیسم پدیده‌های فتوبیولوژیک مانند فتوسنتز و بینایی در این محبت بررسی می‌شود.

(۳) بیوفیزیک پرتوی: مطالعه انواع پرتوهای ذره‌ای و غیرذره‌ای (الکترومغناطیسی) یونساز و غیر یونساز و اثرات آن‌ها روی موجودات زنده یا بخشی از آن در اثرباش پرتو به آن و مطالعه اثرات آن‌ها در این بخش به بحث و بررسی گذاشته می‌شود.

(۴) بیوفیزیک آماری: شامل مسائل مربوط به مدل‌سازی ریاضی و برآوردهای نظری از مطالب بیولوژیکی است. تئوری سیستم‌های دینامیکی غیرخطی^۱، ترمودینامیک فرآیندهای برگشتناپذیر^۲ و همچنین فرآیندهای تناوب بیولوژیکی^۳ و تحلیل پدیده بیوانرژتیک^۴ نیز جزو مباحث بیوفیزیک نظری است. مفاهیم مورد استفاده در بیوفیزیک نظری اغلب از مکانیک کوانتومی، مکانیک آماری، ترمودینامیک غیرتعادلی، سیستم‌های کنترل و ایجاد ارتباط در یک موجود زنده یا ماشین) و تئوری اطلاعات^۵ سرچشمه گرفته‌اند. تقریباً تمام مباحث مذکور اغلب مطالب مرتبط با بیوفیزیک را شامل می‌شود، اما در برخی از متون علمی و سایه‌های مرتبط، مباحث دیگری مانند: بیوفیزیک فیزیکی، بیوفیزیک فیزیکوشیمیایی، بیوفیزیک فیزیولوژیک، فیزیک ریاضی نیز مطرح است.

بیوفیزیک یک رشته چند بعدی^۷ است یعنی گسترده‌ای از مضامین، فیزیک، شیمی و علوم دیگر را در بر می‌گیرد و یک موضوع بین‌رشته‌ای^۸ تحت مطالعه به حساب می‌آید و در عین حال دارای گستردگی وصف‌ناپذیر، پیچیدگی‌ها و ناشناخته‌های متعددی است.

-
- 1-Nonlinear dynamic system
 - 2-Thermodynamic of irrendsible processes
 - 3-Biological oscillatory processes
 - 4-Bioenergetic phenomena
 - 5-Cybernetics
 - 6-Information theory
 - 7-Multidisciplinary
 - 8-Interdisciplinary