

بیوفیزیک

(رشته زیست شناسی)

دکتر سید محمد مسعود شوشتریان

دانشگاه پیام نور

شوشتریان، محمد مسعود، ۱۳۴۰ - بیوفیزیک (رشته زیست‌شناسی) / تألیف محمد مسعود شوشتریان. - [تهران]: دانشگاه پیام‌نور، ۱۳۸۰. نورده، ۳۴۲ ص. - (دانشگاه پیام‌نور ۸۶۰ گروه زیست‌شناسی؛ (۷۵/آ)) (... سری انتشارات آزمایشی متون درسی) فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیبا. واژه‌نامه. کتابنامه: ص. ۳۲۹ - ۳۳۰. چاپ: ۱۳۸۰ ۱. آموزش از راه دور - ایران. ۲. فیزیک زیستی - آموزش برنامه‌ای. الف. دانشگاه پیام‌نور. ب. عنوان. ش ۸۴ الف ۹ / LC۵۸۰۸ ۱۳۸۰ کتابخانه ملی ایران ۳۷۸/۱۷۵۰۹۵۵ م ۸۰۰۷۴۰۸	
--	--

ISBN 964 - 387 - 178 - 9

شابک ۹ - ۱۷۸ - ۳۸۷ - ۹۶۴



دانشگاه پیام‌نور

بیوفیزیک (رشته زیست‌شناسی)
تألیف: دکتر سید محمد مسعود شوشتریان
ویراستار علمی/ادبی: غلامحسین باباهادی

حروفچینی، نمونه‌خوانی: مدیریت تدوین
طراح و صفحه‌آرا: علی اکبر شعبانی
طراح آموزشی: مؤگان نیکخواه

لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه پیام‌نور

شمارگان: ۳۰۰۰ نسخه

نوبت و تاریخ چاپ: چاپ دوم درسنامه اردیبهشت ۱۳۸۱، چاپ اول آزمایشی مرداد ۱۳۸۴
کلیه حقوق برای دانشگاه پیام‌نور محفوظ است.
قیمت: ۲۳۲۰۰ ریال

پیشگفتار ناشر

دانشگاه پیام‌نور بر اساس نظام آموزش از راه دور و کلاسهای نیمه حضوری پی‌ریزی شده است و سطح فراگیر دانشجویی آن، تقریباً، سراسر کشور را در بر می‌گیرد. این دانشگاه بر آن است که تا حد امکان با بهره‌گیری از فن‌آوری پیشرفته ارتباطات و اطلاع‌رسانی، گذراندن دوره‌های درسی و دسترسی به منابع درسی را در منزل، اداره یا مکانهای مناسب دیگر میسر سازد. در نظام آموزش از راه دور کتاب درسی خودآموز از جمله مهمترین لوازم آموزشی است. هم اکنون دانشگاه پیام نور، ضمن تلاش برای دستیابی به فن‌آوری پیشرفته اطلاع‌رسانی و ارتقای کیفی آموزش به سطح معیار موجود در دنیا، هم خود را صرف تدوین کتاب درسی خودآموز به شرح زیر کرده است.

۱. طرح درسنامه

طرح درسنامه منبعی درسی است که، پس از داوری علمی، با طراحی ساختار کتاب و بدون طراحی آموزشی و ویرایش منتشر می‌شود. ضرورت تهیه به موقع کتاب در هر نیمسال و طولانی بودن فرایند ارزیابی کار صاحب اثر، در عمل، باعث می‌شود که دانشگاه به انتشار چنین منابعی اقدام کند. درسنامه، در واقع، نخستین ثمره تحقیقات صاحب اثر بر اساس نیازهای درسی دانشجویان و سرفصلهای شورای عالی برنامه‌ریزی وزارت فرهنگ و آموزش عالی است که با ظاهری آراسته، تمیز و منظم، و با طراحی کتاب، چاپ می‌شود و در اختیار دانشجو قرار می‌گیرد. دانشگاه به منظور تقدیر از زحمات صاحب اثر برای طرح درسنامه به تناسب مقررات خود حق الزحمه‌ای پرداخت می‌کند. صاحب اثر بعد از چهار نیمسال تحصیلی بر اساس بازخوردهای اصلاحی مدرسان، دانشجویان، دیگر صاحب‌نظران در این منابع تجدیدنظر می‌کند.

۲. طرح آزمایشی

پس از تجدیدنظر صاحب اثر، که با دریافت بازخوردها و اصلاح نارساییهای درسنامه صورت می‌گیرد، کتاب با کمک متخصصان، ویرایش، طراحی آموزشی، و طراحی فنی - هنری می‌شود. طرح درسنامه به پیشنهاد دانشکده مربوط و از طریق مدیریت هماهنگی، تدوین و آماده‌سازی منابع درسی به صورت آزمایشی چاپ می‌شود. در هر حال، صاحب اثر در سلسله انتشارات آزمایشی نیز، همانند طرح درسنامه، پس از ۴ نیمسال تحصیلی با دریافت بازخوردهای مدرسان و دانشجویان در این منابع تجدیدنظر می‌کند.

۳. طرح قطعی

کتابهای آزمایشی پس از ۴ نیمسال، که صاحب اثر با دریافت نظرهای اصلاحی در کتاب تجدیدنظر می‌کند، در شورای انتشارات بررسی و در صورت تصویب به صورت قطعی چاپ می‌شوند. انتظار می‌رود که این کتابها، پس از ارزیابیهای مکرر حین تدریس و پس از ویرایش و طراحی آموزشی، از هر لحاظ خودآموز باشند و نیاز دانشجو را از لحاظ درک مطلب برآورده کنند. با وجود این، با توجه به تحولات سریع علم در دنیای امروز، بازخوردها، برخی اشکالات احتمالی، مؤلف باید در این کتابها نیز در حدود هر ۴ سال یک بار تجدیدنظر کند.

۴. متون آزمایشگاهی

این نوع کتابها دستورالعملهایی هستند که دانشجویان با استفاده از آنها و با راهنمایی مربیان می‌توانند کارهای عملی را در آزمایشگاه انجام دهند.

۵. کتابهای کمک درسی و فرادرسی

دانشگاه پیام نور، به منظور مشارکت در غنی‌تر کردن منابع درسی دانشگاهی در سراسر کشور، یادگیری بیشتر و مؤثرتر دانشجویان، و نیز به منظور فراهم آوردن منابعی برای پیشبرد سطح علمی پژوهندگان، محققان و مربیان، کتابهای کمک درسی و فرادرسی، منتشر می‌کند.

فهرست

هفده	مقدمه
نوزده	راهنمای مطالعه
۱	فصل ۱ میکروسکوپ الکترونی و نوری
۱	هدف کلی
۱	هدفهای رفتاری
۲	میکروسکوپ نوری
۵	خطاهای عدسی شیشه‌ای
۶	توان تفکیک میکروسکوپ
۸	اساس ساختار میکروسکوپ الکترونی
۹	عدسیهای الکتریکی
۹	عدسیهای مغناطیسی
۱۱	خطاهای عدسیهای الکترونی
۱۲	ساختار فیزیکی میکروسکوپ الکترونی
۱۲	منبع تولید الکترون
۱۲	عدسی کندانسور
۱۳	عدسی شینی
۱۳	عدسی چشمی
۱۴	صفحه تصویر

۱۴	مقایسه میکروسکوپ نوری و الکترونی
۱۴	رهاوردهای زیست‌شناختی میکروسکوپ الکترونی
۱۵	خودآزمایی

۱۷	فصل ۲ خواص نوری و پراش پرتوایکس
۱۷	هدف کلی
۱۷	هدفهای رفتاری
۱۹	پراش پرتوایکس به وسیله بلورها - رابطه براگ
۲۲	اندازه‌گیری طول موج
۲۳۰	طیف‌نگاری پرتوایکس
۲۳	روش دیتی - شرر - هال
۲۴	خودآزمایی

۲۷	فصل ۳ طیف - نورسنجی
۲۷	هدف کلی
۲۷	هدفهای رفتاری
۲۸	۱. شکست سنج (رفراکتومتر)
۲۸	۲. نورسنج شعله‌ای
۲۸	۳. کوری سنج (نفلومتر)
۲۸	نورسنجی (فوتومتری)
۳۰	قانون بیر
۳۰	۴. طیف‌سنجی (طیف‌نمایی یا طیف‌بینی)
۳۱	ساختار طیف‌نما
۳۱	کاربرد زیست‌شناختی طیف‌نما
۳۱	طیف‌جذبی اکسی هموگلوبین خون
۳۲	طیف‌جذبی هموگلوبین احیا شده
۳۳	طیف کریوکی هموگلوبین
۳۳	۵. طیف - نورسنج (اسپکتروفوتومتر)
۳۴	نورسنج (فوتومتر)
۳۴	ویژگیهای طیف - نورسنج
۳۵	خودآزمایی

۳۷	فصل ۴ ته نشینی
۳۷	هدف کلی
۳۷	هدفهای رفتاری
۳۹	محاسبه وزن مولکولی از طریق سرعت ته نشینی
۴۳	خودآزمایی
۴۵	فصل ۵ چسبندگی
۴۵	هدف کلی
۴۵	هدفهای رفتاری
۴۷	واحد چسبندگی
۴۸	محاسبه چسبندگی
۴۹	عوامل مؤثر بر چسبندگی
۵۰	اندازه گیری چسبندگی به وسیله چسبندگی سنج
۵۲	چسبندگی خون و تغییرات آن
۵۳	خودآزمایی
۵۵	فصل ۶ الکتروفورز
۵۵	هدف کلی
۵۵	هدفهای رفتاری
۵۷	عوامل مؤثر بر حرکت مولکونها در الکتروفورز
۵۸	تحرك الکتروفورزی
۵۹	واحد تحرك الکتروفورزی
۵۹	روشهای الکتروفورز
۶۱	الکتروفورز منطقه‌ای
۶۴	خودآزمایی
۶۷	فصل ۷ کلوئیدها
۶۷	هدف کلی
۶۷	هدفهای رفتاری
۶۹	تهیه کلوئیدها
۶۹	روشهای شیمیایی

۷۰	روشهای فیزیکی
۷۰	خائص سازی کلوئیدها
۷۰	۱. دیالیز کردن
۷۱	۲. استفاده از میدان الکتریکی
۷۱	۳. کلیه مصنوعی
۷۲	دسته بندی کلوئیدها
۷۲	۱. کلوئیدهای آبگریز
۷۲	۲. کلوئیدهای آبدوست
۷۳	خواص کلوئیدها
۷۳	اندازه ذرات
۷۴	اثر تیندال
۷۵	جذب سطحی
۷۵	قابل دیالیز نبودن کلوئیدها
۷۶	حلال دوستی
۷۶	رفتار جنبشی
۷۶	چسبندگی
۷۷	ژل شدن
۷۷	خواص الکتروستاتیک
۷۸	pH ایزوالکتریک
۷۸	حل نمکی
۷۸	جداسازی نمکی
۷۹	تدوین مشترک
۷۹	اثر محافظتی
۷۹	اثر لخته زداها
۷۹	خودآزمایی
۸۳	فصل ۸ کشش سطحی
۸۳	هدف کلی
۸۳	هدفهای رفتاری
۸۵	واحد کشش سطحی
۸۶	اندازه گیری کشش سطحی

۸۷	کاربرد کشتش سطحی
۸۹	خودآزمایی
۹۱	فصل ۹ پروتئینها
۹۱	هدف کلی
۹۱	هدفهای رفتاری
۹۲	مشخصات عمومی و طرز تشکیل پروتئینها
۹۲	تقسیم‌بندی پروتئینها
۹۵	ساختار پروتئینها
۹۵	۱. ساختار اول پروتئین
۹۵	۲. ساختار دوم پروتئین
۹۷	۳. ساختار سوم پروتئین
۹۸	۴. ساختار چهارم پروتئین
۱۰۰	تغییر ماهیت یا واسرشتن پروتئینها
۱۰۰	خواص فیزیکی پروتئینها
۱۰۰	۱. حل‌پذیری پروتئینها
۱۰۱	۲. اثر قدرت یونی
۱۰۲	۳. نقطه ایزوالکتریک و حل‌پذیری
۱۰۳	۴. تأثیر دما
۱۰۳	۵. ثابت دی‌الکتریک
۱۰۴	روشهای جداسازی براساس اندازه مولکولی
۱۰۴	۱. دیالیز و فراپالایش
۱۰۴	۲. کروماتوگرافی ژل
۱۰۸	۳. کروماتوگرافی براساس میل ترکیبی
۱۰۹	خودآزمایی
۱۱۱	فصل ۱۰ آنزیمها
۱۱۱	هدف کلی
۱۱۱	هدفهای رفتاری
۱۱۳	کروفاکتورهای آنزیمی
۱۱۶	سینتیک شیمیایی

۱۱۹	انرژی آزاد فعال‌کنندگی و اثر کاتالیزورها
۱۲۱	سینتیک واکنشهای کاتالیز شده به وسیله آنزیم
۱۲۲	طرح ساده واکنش بین آنزیم و سوبسترا (فرمول میکائلیس - منتن)
۱۲۵	روش محاسبه سرعت براساس وضع پایدار
۱۲۸	بازدارندگی آنزیمی
۱۲۹	بازدارندگی رقابتی
۱۳۳	بازدارندگی نارقابتی
۱۳۶	عوامل فیزیکی مؤثر بر فعالیت آنزیمی
۱۳۶	اثر pH بر واکنشهای آنزیمی
۱۳۶	اثر دما بر واکنشهای آنزیمی
۱۳۸	خودآزمایی

۱۴۳	فصل ۱۱ اسیدهای نوکلئیک یا اسیدهای هسته‌ای
۱۴۳	هدف کلی
۱۴۳	هدفهای رفتاری
۱۴۵	ترکیبهای شیمیایی DNA و RNA
۱۴۷	ساختار فیزیکی مولکول DNA (فرضیه واتسون و کریک)
۱۴۸	اسید ریبونوکلئیک (RNA)
۱۴۸	۱. RNA پیکی (mRNA)
۱۴۸	۲. RNA ناقل (tRNA)
۱۵۰	۳. RNA ریبوزومی (rRNA)
۱۵۰	خواص DNA
۱۵۱	همانندسازی مولکول DNA
۱۵۱	مقدمه و آغاز همانندسازی
۱۵۲	دراز شدن رشته DNA
۱۵۴	پایان همانندسازی
۱۵۴	اثبات نیم حفاظتی بودن همانندسازی با استفاده از رادیو نوکلیدها
۱۵۵	نسخه‌برداری
۱۵۶	آغاز نسخه‌برداری یا رونویسی
۱۵۷	دراز شدن رشته RNA
۱۵۷	پایان نسخه‌برداری

۱۵۸	کد (رمز) ژنتیکی
۱۵۸	سازوکار سنتز پروتئین
۱۵۹	۱. نسخه برداری
۱۶۲	۲. آغاز سنتز پروتئین
۱۶۲	۳. انتقال اسیدهای آمینه به محل سنتز پروتئین
۱۶۲	۴. دراز شدن رشته پلی پپتید
۱۶۳	پایان یافتن و آزاد شدن زنجیره پلی پپتید
۱۶۳	اصلاح پلی پپتید آزاد شده
۱۶۳	خودآزمایی
۱۶۷	فصل ۱۲ بیوفیزیک غشاهای مصنوعی
۱۶۷	هدف کلی
۱۶۷	هدفهای رفتاری
۱۷۰	پدیده اسمز
۱۷۰	اسمز سنج فیلتر
۱۷۱	فشار اسمزی
۱۷۲	پلاسمولیز
۱۷۳	همولیز
۱۷۳	مقاومت گریجهای
۱۷۳	پدیدههای اسمز در زیست شناسی
۱۷۴	برتریهای سیستمهای غشای مصنوعی
۱۷۵	خودآزمایی
۱۷۷	فصل ۱۳ انتقال مواد
۱۷۷	هدف کلی
۱۷۷	هدفهای رفتاری
۱۷۹	انتقال مواد به وسیله انتشار
۱۷۹	انتشار ساده
۱۸۲	انتشار آسان شده
۱۸۴	تأثیر عوامل فیزیکی بر سرعت انتشار خالص
۱۸۶	اسمز

انتقال فعال

۱۸۷

انتقال فعال سدیم - پتاسیم (پمپ سدیم - پتاسیم)

۱۸۷

انتقال فعال ثانویه

۱۹۰

خودآزمایی

۱۹۱

فصل ۱۴ بیوفیزیک علایم عصبی

۱۹۳

هدف کلی

۱۹۳

هدفهای رفتاری

۱۹۳

بیوفیزیک پتانسیل غشا (ناشی از انتشار)

۱۹۴

خازنی بودن غشای سلول

۱۹۶

بیوفیزیک پتانسیل غشا (ناشی از انتقال فعال)

۱۹۸

نشت پتاسیم و سدیم از غشا (تار عصبی)

۱۹۹

پتانسیل استراحت غشا

۱۹۹

پتانسیل کار (برانگیزش غشا)

۲۰۱

مراحل پتانسیل کار

۲۰۲

انتشار پتانسیل کار

۲۰۳

قانون همه با هیچ

۲۰۴

انرژی مصرفی در پتانسیل کار

۲۰۵

اندازه‌گیری و ثبت پتانسیل غشا

۲۰۶

خودآزمایی

۲۰۷

فصل ۱۵ بیوفیزیک تولید و تبدیل انرژی

۲۰۹

هدف کلی

۲۰۹

هدفهای رفتاری

۲۰۹

کاربرد قوانین اول و دوم ترمودینامیک در انرژی سلول

۲۱۲

انتقال انرژی

۲۱۵

پیوندهای پرانرژی

۲۱۶

اکسایش و کاهش (اکسیداسیون و احیا)

۲۱۹

سیتوکرومها

۲۱۹

تبدیل مواد غذایی به انرژی موردنیاز بدن

۲۲۰

آزادشدن انرژی از گلوکوز

۲۲۲

۲۲۳	تشکیل ATP به وسیله فسفریلایسیون اکسایشی
۲۲۳	سازوکار شیمیایی - اسمزی میتوکندریها
۲۲۵	خودآزمایی
۲۲۷	فصل ۱۶ بیوفیزیک پرتوها
۲۲۷	هدف کلی
۲۲۷	هدفهای رفتاری
۲۲۹	اتم
۲۳۱	نوکلیدها
۲۳۲	رادیونوکلیدها
۲۳۲	پرتو آلفا
۲۳۳	پرتو بتا
۲۳۴	نیم عمر فیزیکی (Tp)
۲۳۷	رادیونوکلیدهای مصنوعی
۲۳۸	سریهای پرتوزا (رادیواکتیو)
۲۴۰	برهم‌کنش بین پرتو و ماده
۲۴۰	تابش الکترونها
۲۴۳	ذرات آلفا
۲۴۵	ذرات نوترون
۲۴۵	تابش الکترومغناطیسی
۲۴۵	فراورده‌های شکافت هسته‌ای
۲۴۵	پرتوهای ایکس و گاما
۲۴۹	۱. پدیده نامسون
۲۴۹	۲. پدیده کامپتون
۲۵۰	۳. پدیده فوتوالکتریک
۲۵۱	۴. پدیده تولید زوج (جفت‌سازی)
۲۵۱	مقایسه پرتوهای یوننده
۲۵۴	واحدهای تابش
۲۵۴	واحد دُز تابشی
۲۵۵	واحد دُز جذبی
۲۵۶	واحد سنجش پرتوزیستی

۲۵۶	عامل توزیع دُر (DF)
۲۵۷	تأثیر نسبی زیست‌شناختی (RBE)
۲۵۸	واحد پرتوزایی (رادیواکتیویته)
۲۵۸	آشکارسازی و اندازه‌گیری تابشها (اساس دُرسنجی)
۲۵۹	انافکهای یونش
۲۶۳	دُرسنجی (دزیمتری)
۲۶۴	تابش‌دهی دستگاههای زیستی
۲۶۸	خودآزمایی
۲۷۲	فصل ۱۷ بیوفیزیک ماهیچه‌ها
۲۷۳	هدف کلی
۲۷۳	هدفهای رفتاری
۲۷۴	تشریح ماهیچه اسکلتی
۲۷۶	سازوکار عمومی انقباض ماهیچه‌ای
۲۷۷	سازوکار لغزشی انقباض
۲۷۸	انرژی انقباض ماهیچه‌ای
۲۷۸	تغییرات الکتریکی ماهیچه در حال انقباض
۲۸۰	تغییرات مکانیکی همراه با انقباض
۲۸۳	قانون همه و هیچ
۲۸۴	خودآزمایی
۲۸۵	فصل ۱۸ بیوفیزیک شنوایی
۲۸۵	هدف کلی
۲۸۵	هدفهای رفتاری
۲۸۶	ساختار دستگاه شنوایی
۲۸۶	گوش بیرونی
۲۸۷	گوش میانی
۲۸۹	گوش درونی
۲۹۱	حساسیت گوش
۲۹۲	خودآزمایی

۲۹۵	فصل ۱۹ بیوفیزیک بینایی
۲۹۵	هدف کلی
۲۹۵	هدفهای رفتاری
۲۹۸	تشکیل تصویر در چشم
۳۰۱	اجزای چشم
۳۰۸	رنگ بینی
۳۰۹	تولید پتانسیل در گیرنده‌های نوری (سلولهای استوانه‌ای و مخروطی)
۳۱۲	تطابق با تاریکی و روشنایی
۳۱۳	اعصاب بینایی
۳۱۴	قشر بینایی
۳۱۴	خودآزمایی
۳۱۶	پاسخنامه
۳۲۹	کتابنامه
۳۳۱	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۳۳۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی

مقدمه

بیوفیزیک یا زیست فیزیک (فیزیک زیستی) از دو کلمه بیو، به معنی حیات یا زیست؛ و فیزیک، تشکیل شده است. در نتیجه بیوفیزیک به موارد فیزیکی موجودات زنده می‌پردازد. بیوفیزیک جزء جدایی‌ناپذیر تمام موجودات زنده است. به عنوان مثال، عمل تنفس در جانوران دارای شش توسط سازوکار (مکانیسم) فیزیکی انبساط ششها (دم) و بازگشت آنها به حالت اولیه (بازدم)، انتقال پیام عصبی به وسیله جریانهای الکتریکی ضعیف و عمل بینایی با شکست نور در قسمتهای مختلف چشم انجام می‌گیرد. علاوه بر جانوران، فیزیک در گیاهان نیز کاربرد دارد. عمل فتوسنتز در گیاهان یک مکانیسم کاملاً فیزیکی است.

شاید دور از انتظار باشد اگر بگوییم که ما با بیوفیزیک بیشتر از علوم دیگر یعنی فیزیک، شیمی و غیره آشنا هستیم. وقتی نوزادی متولد می‌شود، نخستین طریق شناسایی کودک متغیرهای فیزیکی طول قد و وزن نوزاد و زمان تولد (عمر) نوزاد است. جالب توجه است که همین متغیرهای فیزیکی برای شناسایی کودک در کارت مشخصات او درج می‌شوند.

فیزیک را می‌توان در تمام سطوح حیات یعنی از ساده‌ترین آن (قد، وزن و عمر) تا پیچیده‌ترین مکانیسم (الکتریسته و مغناطیس در سلولهای عصبی)، بررسی کرد.

از آنجا که این کتاب برای دانشجویان کارشناسی رشته زیست‌شناسی دانشگاه پیام نور نگاشته شده است، به مبانی نه چندان پیچیده بیوفیزیک اشاره کرده است. در نتیجه، مؤلف کوشیده است که از به کار بردن فرمولهای پیچیده فیزیکی تا حد امکان پرهیز کند و در موارد لازم نیز آنها را تا حد مقدور ساده کرده و مراحل پیاپی فرمولها را تا رسیدن به فرمول مورد نظر در کتاب منظور کند.

این کتاب در بخشهای نخستین به وسایل و تکنیکهای مورد لزوم برای مطالعه پدیده‌های

بیوفیزیکی می‌پردازد. در این راستا، وسایل و تکنیک‌هایی چون میکروسکوپ الکترونی، پراش پرتو ایکس و غیره مورد بررسی قرار می‌گیرند. بخش‌های بعدی، به ویژگی‌های فیزیکی درشت مولکول‌ها (پروتئین‌ها، آنزیم‌ها و غیره)، غشای سلولی و فیزیک منابع انرژی‌زای مورد استفاده در موجودات زنده می‌پردازد. بخش‌های پایانی به مکانیک دستگاه‌های ویژه‌ای از بدن چون ماهیچه‌ها، دستگاه شنوایی و بینایی اشاره می‌کند.

گفتنی است که برای درک بهتر مبانی بیوفیزیک، دانشجو باید بر مبانی علوم فیزیک و ریاضی کاملاً مسلط باشد. به علاوه، واحدهایی مانند شیمی، بیوشیمی، فیزیک شیمی و زیست‌شناسی نیز خواننده را در درک بهتر مطالب کتاب به گونه‌ای مؤثر کمک می‌کند.

در پایان، از اساتید محترم و دانشجویانی که این کتاب را مطالعه می‌کنند تقاضا می‌کنم که با انتقادهای سازنده خود، نگارنده را در هرچه بهتر شدن کیفیت علمی آن یاری دهند.

سید محمد مسعود شوشتریان

راهنمای مطالعه

کتابی که در دست مطالعه دارید برای یادگیری هرچه بهتر شما در نوزده فصل به صورت خودآموز تهیه شده است. سازمان‌بندی، ترتیب و توالی و نوع نگارش این کتاب به گونه‌ای تنظیم شده است که بتوانید مطالب مورد بحث را آسانتر درک کنید و بهتر به ذهن بسپارید. به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و درک بهتر مفاهیم کتاب لازم است به پیشنهادهای زیر دقیقاً توجه کنید:

۱. مطالعه را در محیطی آرام و عاری از عوامل مخل تمرکز و توجه آغاز کنید.
 ۲. پیش از آغاز مطالعه، هدف کلی و هدفهای رفتاری هر فصل را بخوانید و آنها را درک کنید. این هدفها به شما می‌آموزند که ضمن مطالعه کتاب باید در پی فهم چه مطالبی باشید. اگر بتوانید به مجموعه هدفهای هر فصل دست یابید، در حقیقت به هدف نهایی کتاب رسیده‌اید. در بعضی موارد، در نگاه اول ممکن است درک معنا و مفهوم هدفها برای شما دشوار باشد؛ در هر صورت، انتظار نداریم که همان بار اول آنها را درک کنید، در طول مطالعه هر گفتار باید چندین بار به هدفها مراجعه کنید. این هدفها در حقیقت همانند استاد درس به شما می‌آموزند که باید روی چه نکاتی تأکید ورزید و آن را چگونه مطالعه کنید.
 ۳. متن هر فصل را یک بار به‌طور سریع مطالعه کنید، لازم نیست در این مطالعه تمام مطالب را فراگیرید. بار دیگر با توجه و دقت کامل، با در نظر گرفتن هدفهای هر فصل، به مطالعه و فهم جزئیات آن بپردازید.
 ۴. با پاسخ دادن به پرسشهای پایان هر فصل، که با توجه به هدفهای رفتاری به صورت تستی و تشریحی تنظیم شده‌اند، میزان دانسته‌های خود را مورد ارزیابی قرار داده و پاسخهای خود را با پاسخهای مندرج در بخش پاسخنامه مطابقت دهید.
- به امید موفقیت شما