МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В. А. Ващенко,
Г. В. Канашевич, Г. С. Тимчик, І. В. Яценко

БІОФІЗИКА І БІОМЕХАНІКА

Підручник

Затвердженоано Міністерством освіти і науки України
як підручникник для студентів вищих технічних навчальних закладів

Київ
«Політехніка»
2012

УДК 577.35(075.8)
ББК 28.071я73
А72

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист №1/11-11366 від 14.12.2010 р.)

А в т о р и : В. С. АНТОНЮК, д.т.н., професор,
М. О. БОНДАРЕНКО, к.т.н., доцент,
В. А. ВАЩЕНКО, д.т.н., професор,
Г. В. КАНАШЕВИЧ, к.т.н., доцент,
Г. С. ТИМЧИК, д.т.н., професор
І. В. ЯЦЕНКО, к.т.н., доцент

Р е ц е н з е н т и :

ISBN 978-966-622-459-3
Біофізика і біомеханіка [Текст]: підручник. / В.С. Антонюк, М.О. Бондаренко, В.А. Ващенко, Г.В. Канашевич, Г.С. Тимчик, І.В. Яценко. – Київ: Політехніка, 2012. – 344 с.

Систематизовано матеріали по основам біофізики, гемодинаміки, біореології та біомеханіки. В навчальному посібнику викладається фізична сутність організації та функціонування біологічних об‘єктів та систем на клітковому, тканинному та судинному рівнях; приводяться основні відомості про механічні та термодинамічні процеси, які відбуваються в біологічних об‘єктах та системах; вивчається фізична будова білків, нуклеїнових кислот та біологічних мембран; розкривається природа йонного обміну, біоелектрогенезу, біомеханіки м‘язового скорочення, дихальної системи та системи кровообігу; особливостей функціонування нервової та зорової систем людини. Особливу увагу приділено методам моделювання біологічних процесів; розглянуті проблеми взаємодії біосфери та фізичних полів навколишнього світу; обговорюються питання власних випромінювань організму людини.

Для студентів, магістрів та аспірантів спеціальності «Медичні прилади та системи» вищих технічних закладів освіти України. Навчальний посібник може бути корисним викладачам ВИШів, науковим співробітникам та фахівцям, що спеціалізуються в області медичного приладобудування.

УДК 577..3(07.8)5
ББК 28.071я73

ISBN 978-966-622-459-3
© Колектив авторів, 2012

З М І С Т

Передмова ……...……..…….. 6

Вступ …… 7

Розділ 1 ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ ……..... 10

1.1 Будова та властивості твердих біологічних тіл ……..…….. 10

1.2 Деформація та еластичність біологічних тканин ..…….…… 13

1.3 Пружні властивості біологічних тканин ……..…… 15

1.4 Будова та властивості біологічних рідин. Поняття біореології …… 18

1.5 Рух в'язких рідин в біологічних систем ……... 25

1.6 Поняття механічних та звукових коливань і хвиль ……..…... 34

Контрольні питання та завдання ……... 44

Задачі для самостійного розв‘язання …… 46

Розділ 2 ТЕРМОДИНАМІКА БІОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА СИСТЕМ ……...48

2.1 Термодинаміка рівноважної системи. Перший закон термодинаміки .. 48

2.2 Поняття ентальпії. Закон Гесса …… 50

2.3 Другий закон термодинаміки… Поняття ентропії …..…… 55

2.4 Термодинамічні потенціали. Поняття хімічного та електрохімічного потенціалів ……..... 56

2.5 Основні положення лінійної нерівноважної термодинамічної біосистеми ...…….…… 57

2.6 Елементи синергетики у відкритих медико-біологічних системах …... 61

Контрольні питання та завдання ……... 66

Задачі для самостійного розв‘язання …… 67

Розділ 3 МОЛЕКУЛЯРНА БІОФІЗИКА …… 68

3.1 Фізична будова білків ……68

3.1.1 Первинна та вторинна будова білків ……..... 68

3.1.2 Домени і третинна будова білків ……..... 71

3.2 Поняття ферментного каталізу. Вплив температури на швидкість біохімічних реакцій ……..... 72

3.3 Поняття нуклеїнових кислот. Їх основне призначення та біофізична функція 74
3.4 Біологічні мембрани 77
3.4.1 Функції, структура та властивості біологічних мембран 77
3.4.2 Динаміка біологічних мембран 80
3.4.3 Фізичний стан і фазові переходи ліпідів в мембранах 82
3.4.4 Радіоспектроскопічні методи дослідження біологічних мембран 85
3.5 Транспорт речовини через біологічні мембрани 88
3.5.1 Поняття пасивного транспорту речовини 89
3.5.2 Поняття активного транспорту речовини 92
3.5.3 Перенесення заряджених частинок через мембрани 94
3.6 Біофізика нервового імпульсу 97
3.6.1 Поняття потенціалу спокою 97
3.6.2 Рівновага та потенціал Доннана. Потенціал дії 101
3.6.3 Розповсюдження збудження по нервовому волокну 103
3.7 Біопотенціали зорової системи людини 105
3.7.1 Властивості зорової системи 105
3.7.2 Обробка інформації, яка поступає через органи зору 106
3.7.3 Система зору та генезис потенціалів дії 107
3.7.4 Принцип та типи електроретинографії 109
3.7.5 Електроокулографія. Генезис та зчитування електроокулограм 111
Контрольні питання та завдання 112
Задачі для самостійного розв‘язання 113

Розділ 4 БІОФІЗИКА СКЛАДНИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ 115

4.1 Математичне моделювання складних біологічних систем 115
4.1.1 Модель росту чисельності популяції 116
4.1.2 Модель «хижак-жертва» 118
4.1.3 Фармакокінетична модель 119
4.1.4 Задачі на подібність 120
4.1.5 Механічне моделювання опорно-рухового апарату 123
4.2 Передача інформації в сенсорних системах організму 124
4.3 Зорова система 127
4.3.1 Будова та функції оптичного апарату ока 128

4.3.2 Нервові шляхи й зв'язки в зоровій системі 132
4.3.3 Електрична активність центрів зорової системи 133
4.3.4 Адаптація зору 135
4.3.5 Дефекти зору 138
4.4 Особливості керування руховою функцією організму 139
4.5 Сталість внутрішнього середовища організму та його регулювання ... 144
4.6 Біофізика системи кровообігу 145
4.6.1 Основні закони гемодинаміки 145
4.6.2 Транспорт кисню кров'ю 146
4.6.3 Рух крові по судинах. Артеріальний тиск крові та методи його визначення 147
4.6.3.1 Інвазивний (прямий) метод вимірювання 148
4.6.3.2 Методи неінвазивного вимірювання 148
4.6.3.2.1 Пальпаційний метод 148
4.6.3.2.2 Аускультативний метод 149
4.6.3.2.3 Осцилометрічний метод 151
4.6.3.3 Переваги і недоліки аускультативного і осциллометрічного методів ... 153
4.7 Біофізичні функції елементів серцево-судинної системи 154
4.8 Показники фізіологічного стану дихальної системи людини 155
4.8.1 Будова та основні функції дихальної системи 155
4.8.2 Газообмін у легенях і тканинах. Робота дихання 156
4.8.3 Механізм дихання людини. Дихальні рухи 159
4.8.4 Особливості подиху в різних умовах 161
4.8.5 Функціональність та тестування дихальної системи людини 161
4.8.6 Методи та засоби дослідження зовнішнього подиху 163
4.8.6.1 Газоаналітичні методи дослідження 164
4.8.6.2 Пневмографія 167
4.8.6.3 Спірометрія 169
4.8.6.4 Рентгенографія 172
4.8.7 Методи та засоби діагностики і лікування пневмотораксу 173
4.8.8 Принципи та засоби штучної вентиляції легенів 174
Контрольні питання та завдання 176
Задачі для самостійного розв‘язання 177

Розділ 5 БІОСФЕРА ТА ФІЗИЧНІ ПОЛЯ ЖИВОГО ОРГАНІЗМУ …. 178

5.1 Взаємодія людини з фізичними полями оточуючого середовища …… 178

5.2 Поняття про фізичні поля організму людини …….. 179

5.2.1 Електромагнітні поля …… 180

5.2.2 Біологічне поле …… 183

5.2.3 Акустичне поле …….. 186

5.2.4 Інформаційне поле …….. 187

5.2.5 Нейромагнітне поле …… 190

5.2.6 Теплове поле ……..…… 192

5.2.7 Радіохвилі надвисоких частот 193

5.2.8 Оптичне поле …….. 194

5.3 Особливості адаптації організму людини до техногенних факторів сучасного мегаполісу …… 195

Контрольні питання та завдання ……... 198

Глосарій …… 199

Перелік посилань ……... 205

ПЕРЕДМОВА

На сьогодні викладання біофізики в університетах здійснюється на основі біологічної або фізичної освіти. Проте, у будь-якому випадку, метою загального курсу повинно бути послідовне викладання основ біофізики як самостійної науки, що має свій предмет і методи дослідження, власну теоретичну концептуальну базу і області застосування. Завдання загального курсу полягає також у виявленні фізичних механізмів в біологічних явищах шляхом розкриття загальних молекулярних механізмів взаємодій, які лежать в основі біологічних процесів з погляду фізичних законів.

Шляхи вирішення цієї задачі необхідно розглядати в світлі сучасного стану проблеми фундаментальності та спеціалізації вищої освіти. Швидкий темп розвитку науки і виробництва, інтеграція і виникнення нових (прикордонних) галузей науки приводять до того, що конкретних знань, отриманих у ВИШі, не цілком достатньо і вистачає фахівцеві на досить обмежений час. Тому успішна робота після закінчення ВИШу залежить від того, наскільки випускник може постійно поновлювати запаси первинних знань і підвищувати тим самим свій професійний рівень. Основною метою такої самоосвіти на сьогодні є розвиток творчого мислення, уміння самостійно застосовувати і цілеспрямовано поповнювати свої знання, швидко орієнтуватися у вирішенні нових проблем. Це залежить від ступеня засвоєння основ науки і принципів їх застосування в наукових дослідженнях та на виробництві.

Дисципліна «Біофізика і біомеханіка» достатньо складна і багатогранна, її викладання вимагає залучення не лише матеріалів з різних розділів біології, але й широкого використання сучасних методів в різних розділах фізики, математики, фізичної хімії. У цьому полягає одна з головних труднощів вивчення біофізики. Від студента, який приступив до вивчення цієї дисципліни потрібно оволодіти фундаментальними поняттями і логічними концептуальними схемами, характерними для біології та фізики, тобто уміння мислити «біологічно» і «фізично».

Тому, в посібнику широко використовуються не лише відомості з існуючих університетських курсів по хімії, фізиці, математиці, фізичній хімії для студентів-електромеханіків, але й надається досить детальне викладання необхідних для розуміння основ біофізики додаткового матеріалу, який не знайшов свого відображення у відповідних курсах. Розгляд цих питань оснований на конкретних прикладах, які приводяться по ходу викладання основного матеріалу посібника.

Навчальний посібник написаний відповідно до програми курсу. «Біофізика і біомеханіка» для студентів приладобудівних факультетів технічних університетів і орієнтований, головним чином, на підготовку спеціалістів-електромеханіків спеціальності «Медичні прилади та системи» напряму 6.051003 – «Приладобудування» , які читаються студентам у рамках загальних курсів на 1-4 роках навчання. Цей посібник також буде цікавий широкому колу читачів різного профілю, включаючи магістрів та аспірантів, а також наукових співробітників, які спеціалізуються в областях сучасної фізичної біології.

Все вищесказане узагальнює зміст навчального посібника, який складається з таких п'яти розділів: основи біомеханіки; термодинаміка біологічних процесів та систем; молекулярна біофізика; біофізика складних біологічних систем; біосфера та фізичні поля людини.

ВСТУП

Біофізика (від давньогрецьких βios – життя, Φύσις – природа):

- розділ фізики і сучасної біології, що вивчає фізичні аспекти існування живої природи на всіх її рівнях, починаючи від молекул і клітин і закінчуючи біосферою в цілому;
- це наука про фізичні процеси, що протікають в біологічних системах різного рівня організації та про вплив на біологічні об'єкти різних фізичних чинників. Біофізика покликана виявляти зв'язки між фізичними механізмами, які знаходяться в основі організації живих об'єктів і біологічними особливостями їхньої життєдіяльності.

Узагальнено можна сказати, що біофізика вивчає особливості функціонування фізичних законів на біологічному рівні організації речовини [37].

Біофізика – наука міждисциплінарна і для роботи в ній необхідні знання фізики, біології, хімії і медицини. Згідно номенклатури ЮНЕСКО (Proposed| international standard nomenclature for fields of science and technolocy) в біофізиці виділяються такі основні розділи: біоакустика; біоелектрика; біоенергетика; біомеханіка; біооптика; медична фізика [8].

Біомеханіка – одна з найстаріших гілок біології. Її витоками були роботи Аристотеля, Галена, Леонардо да Вінчи [13].

Вважається, що у витоків біофізики як науки стояла робота Нобелевського лауреата Ервіна Шредінгера «Що таке життя з погляду фізики» (1945) [107], де розглядалося декілька найважливіших проблем, таких як термодинамічні основи життя, загальні структурні особливості живих організмів, відповідність біологічних явищ законам квантової механіки тощо.

Вже на початкових етапах свого розвитку біофізика була тісно пов'язана з ідеями і методами фізики, хімії, фізичної хімії та математики і використовувала в дослідженні біологічних об'єктів точні експериментальні методи (спектральні, ізотопні, дифракційні, радіоспектроскопічні). Основний підсумок цього періоду розвитку біофізики – це експериментальні докази застосовності основних законів фізики до біологічних об'єктів [15, 86, 96].

Розвиток і становлення біофізики як прикордонної науки, що стоїть на стику біології, фізики, хімії і математики проходило через ряд стадії. Вже на початкових етапах розвитку біофізика була тісно пов'язана, з ідеями і методами фізики, хімії, фізичної хімії і математики. Досить нагадати про застосування фізико-хімічної теорії розчинів електролітів, принципів хімічної кінетики, представленні колоїдної хімії до аналізу деяких біологічних процесів, що дало на початку XX ст. ряд ланцюгових результатів.

Основний підсумок початкового періоду розвитку біофізики – це висновок про принципіальну застосовність в області біології основних законів фізики як фундаментальної природної науки про закони руху матерії. Важливе загальнометодологічне наукове значення для розвитку різних областей біології мають отримані в цей період експериментальні доведення закону збереження енергії (перший закон термодинаміки), застосовність принципів хімічної кінетики як основи динамічної поведінки біологічних систем, концепції відкритих систем і другого закону термодинаміки в біологічних системах.

Історія біомеханіки нерозривно пов'язана з історією техніки, фізики, біології і медицини, а також з історією фізичної культури і спорту. Багато досягнень цих наук визначали розвиток вчення про рух живих істот. Сучасну біомеханіку не можна

представити, як без законів механіки, відкритих Архімедом, Галілеєм, Ньютоном, законів фізіології Павлова, Сеченова, Анохіна, так і без сучасних комп'ютерних технологій.

Основником науки біомеханіки по праву вважається Джованні Бореллі, італійський натураліст, професор університетів в Мессіні (1649) і Пізі (1656) [39]. Окрім робіт в області фізики, астрономії і фізіології, він розробляв питання анатомії і фізіології з позицій математики і механіки. Він показав, що рух кінцівок і частин тіла у людей і тварин при піднятті вантажу, ходьбі, бігу, плаванні можна пояснити принципами механіки, вперше пояснив рух серця як м'язове скорочення, вивчаючи механіку руху грудної клітки встановив пасивність розширення легенів. Найбільш відома праця вченого «Рух тварин» («De Motu Animalium»). Його вчення основане на біомеханічних принципах: в своїй роботі він описав принципи мускульного скорочення і вперше представив математичні схеми руху. Він також вперше використовує механічну модель для пояснення руху в біомеханічній системі.

Новий поштовх у розвитку біомеханіки був пов'язаний з винаходом методу кінофотографування руху людини. Французький фізіолог, винахідник і фотограф. Ет‘єнн Лободі (1830–1904) вперше застосував кінофотографування для вивчення рухів людини. Також ним вперше був застосований метод нанесення маркерів на тіло людини – прототип майбутньої циклографії. Важливою віхою в історії біомеханіки з'явилися виконані Еріком Майбріджем (1830-1904) (США) цикли фотографій, знятих декількома камерами з різних точок зору. Серія фотографій ("Галопуючий кінь", 1887), показала надзвичайну красу пластики реальних рухів. З тих пір кінофотографування застосовується для аналізу рухів як один з основних методів біомеханіки. Початок аналізу руху людини був покладений братами Вебер (1836) в Германії. Перший тривимірний математичний аналіз людської ходи проведений Вільгельмом Брауном і його студентом Отто Фішером в 1891 році. Методологія аналізу ходьби не змінилася по сьогоднішній день. Крім того, Браун і Фішер вперше вивчили масу, об'єм і центр мас людського тіла (провівши дослідження на трупах), і отримали дані, які тривало використовувалися як біомеханічний стандарт. Ними був також запропонований метод визначення маси сегментів тіла і його об'єму, використовуючи занурення частин тіла у воду. Так були отримані дані вікових змін центрів мас. Дослідження Брауна і Фішера поклали початок нової епохи біомеханіки – біомеханіки ходьби, а період з другої половини XIX сторіччя почали називати сторіччям ходьби.

На сучасному етапі розвитку біофізики відбулися принципові зрушення, пов'язані, передусім, з бурхливим розвитком біофізики складних систем і молекулярної біофізики. Саме у цих областях, що займаються закономірностями динамічної поведінки біологічних систем і механізмами молекулярних взаємодії в біоструктурах, отримані загальні результати, на основі яких в біофізиці сформувалася власна теоретична база. Теоретичні моделі, що розробляються в таких розділах, як кінетика, термодинаміка, теорія регуляції біологічних систем, будова біологічних тканин та їх електронні і конформаційні властивості, в біофізиці складають основу для аналізу конкретних біологічних процесів [58].

Творцем теоретичної основи сучасної біомеханіки - вчення про рухову діяльність людини і тварин, можна по праву вважати Миколу Олександровича Бернштейна (1896-1966) [67].

Створена Бернштейном теорія багаторівневого управління рухами, зокрема локомоціями людини, поклала початок розвитку нових принципів розуміння

життєдіяльності організму. Поставивши в центр уваги проблему активності організму по відношенню до середовища, Бернштейн об'єднав біомеханіку і нейрофізіологію в єдину науку фізіологію руху [23].

Поняття Бернштейна про задачу руху як психічної основи дій людини відкрило шляхи вивчення вищих рівнів свідомості в руховій діяльності людини.

Ідеї і методи біофізики не лише знаходять широке застосування при вивченні біологічних процесів на макромолекулярному та клітинному рівнях, але й розповсюджуються, особливо останніми роками, на рівень популяції та екосистемний рівень організації живої природи.

Біомеханіка (від новолатинської – biomechanics: від давньогрецької βios - життя + грецька μηχανική - наука про машини) [13, 30]:

- рух живого;
- розділ природних наук, що вивчає на основі моделей і методів механіки механічні властивості живих тканин, окремих органів і систем або організму в цілому, а також механічні явища, що відбуваються в них.

Біомеханічні дослідження охоплюють різні рівні організації живої матерії: біологічні макромолекули, клітини, тканини (біореологія), органи, системи органів, а також цілі організми та їхні співтовариства. Найчастіше, об'єктом дослідження цієї науки є рух тварин і людини, а також механічні явища в тканинах, органах і системах. Під механічним рухом розуміється рух всієї біосистеми в цілому, а також рух окремих частин системи – деформація системи. Всі деформації в біосистемах, так або інакше, пов'язані з біологічними процесами, які грають вирішальну роль в рухах тварин та людини. Це скорочення м'язів, деформація сухожилля, кісток, зв'язок, фасцій, рухи в суглобах. Окремим напрямом біомеханіки є біомеханіка дихального апарату, його еластичний і нееластичний опір, кінематика (тобто геометричні характеристики руху) та динаміка дихальних рухів, а також інші сторони діяльності дихального апарату в цілому та його частин (легень, грудної клітки); біомеханіка кровообігу вивчає пружні властивості судин та серця, гідравлічний опір судин потоку крові, розповсюдження пружних коливань по судинній стінці, рух крові, робота серця тощо.

Біомеханіка людини – наука комплексна, вона включає найрізноманітніші знання інших наук, таких як: механіка і математика, функціональна анатомія і фізіологія, вікова анатомія і фізіологія, педагогіка і теорія фізичної культури [17, 49, 61].

Біомеханіка людини вивчає, який спосіб і які умови виконання дії кращі і як оволодіти ними. Загальне завдання вивчення рухів полягає в оцінці ефективності прикладання сил для досягнення поставленої мети. Всяке вивчення рухів направлене на те, щоб допомогти краще виконувати їх.

Таким чином, метод біомеханіки – системний аналіз та системний синтез рухів на основі експериментально отриманих кількісних характеристик, зокрема кібернетичне моделювання рухів.

Тому, в першій частині навчального посібника (розділи 1-3) розглянуті основні закони та явища механіки, молекулярної фізики та термодинаміки окремих фізичних елементів та систем цих елементів з точки зору їхнього застосування в біології, фізіології та анатомії.

Друга частина посібника (розділи 4-5) присвячена питанням побудови складних біологічних систем, їхнього моделювання, а також взаємодії таких систем з оточуючим середовищем та впливу оточуючого середовища на ці системи.

ГЛОСАРІЙ

А

Анізотропія [від давньогрецької ánisos - нерівний та грецька tróрos – напрямок] - неоднаковість властивостей середовища (наприклад, фізичних: пружності, електропровідності, теплопровідності, показника заломлення, швидкості звуку або світла та інших) за різними напрямками в цьому середовищі; антонім *ізотропії*.

Б

Білок - (протеїни, поліпептиди) - високомолекулярні органічні речовини, що складаються із сполучених в ланцюжок пептидним зв'язком альфа-амінокислот. У живих організмах амінокислотний склад білків визначається генетичним кодом, при синтезі в більшості випадків використовується 20 стандартних амінокислот. Безліч їх комбінацій дають велику різноманітність властивостей молекул білків. Часто в живих організмах декілька молекул білків утворюють складні комплекси, наприклад, фотосинтетичний комплекс.

Біомеханіка [від новолатинської - biomechanics: від давньогрецької βios - життя + грецька μηχανική - наука про машини] - розділ біофізики, що вивчає на основі моделей і методів механіки механічні властивості живих тканин, окремих органів і систем або організму в цілому, а також механічні явища, що відбуваються в них.

Біореологія [від давньогрецької βios - життя + грецька ρέος - течія, потік та грецька λογία – вчення] - розділ біофізики, який вивчає деформацію та текучість біологічних речовин.

Біофізика [від давньогрецьких βios - життя, Φύσις - природа] – 1) розділ фізики і сучасної біології, що вивчає фізичні аспекти існування живої природи на всіх її рівнях, починаючи від молекул і клітин і закінчуючи біосферою в цілому; 2) це наука про фізичні процеси, що протікають в біологічних системах різного рівня організації та про вплив на біологічні об'єкти різних фізичних чинників.

В

В'язкість (внутрішнє тертя) - одне з трьох явищ перенесення, властивість текучих тіл (рідин та газів) чинити опір переміщенню однієї їх частини щодо іншої.

Г

Гематокрит (гематокритна величина) - частина об'єму крові, що приходить на формені елементи. Гематокрит (Ht) виражають в літрах на літр [л/л]. Кров на 40…45% складається з формених елементів (еритроцитів, тромбоцитів, лейкоцитів), на 55…60% з плазми. Гематокрит - це співвідношення об'ємів формених елементів і плазми крові. Плазма є рідкою міжклітинною речовиною, яка на 90% складається з води і на 10% з так званого сухого залишку (білків, цукру, солей, амінокислот). У нормі гематокрит чоловіка дорівнює 0,41…0,53, а жінки - 0,36…0,46. У новонароджених гематокрит приблизно на 20% вище, а у маленьких дітей - приблизно на 10% нижче, ніж у дорослого.

Гемоглобін - [від давньогрецької αἷμα – кров, від латинської globus – шар] - складний залізовмісний білок тварин і людини, здатний оборотно зв'язуватися з киснем, чим забезпечує його перенесення в тканині. У хребетних тварин міститься в еритроцитах, у більшості безхребетних розчинений в плазмі крові (ерітрокруорін) і

може бути присутнім в інших тканинах.

Гемодинаміка - рух крові по судинах, що виникає унаслідок різниці гідростатичного тиску в різних ділянках кровоносної системи (кров рухається з області високого тиску в область низького).

Гідрофобність [від давньогрецької Υδρολογια, давньогрецької Υδωρ – вода; грецької phobos – боязнь, страх] - це фізична властивість молекули, яка полягає у зменшені її енергії взаємодії з водою. Сама молекула в цьому випадку називається гідрофобною.

Гіпоксія - [від давньогрецької ὑπό - під, знизу, від латинської oxygenium – кисень] - стан кисневого голодування як всього організму в цілому, так і окремих органів і тканин, викликане різними чинниками: вживанням алкоголю, курінням, затримкою дихання, хворобливими станами, малим вмістом кисню в атмосфері. Унаслідок гіпоксії в життєво важливих органах розвиваються необоротні зміни. Найбільш чутливими до кисневої недостатності є центральна нервова система, м'яз серця, тканини нирок, печінки. Може викликати появу нез'ясовного відчуття ейфорії, приводить до запаморочень, низького м'язового тонусу.

Д

Денатурація білків [від латинської de- - приставка, що означає видалення, латинської nature – природа] - термін біологічної хімії, що означає втрату білками їх природних властивостей (розчинності, гідрофільності тощо) унаслідок порушення просторової структури їх молекул.

Деформація [від новолатинської deformatio – искажение] - зміна відносного положення частинок тіла, яка пов'язана з їх переміщенням. Деформація є результатом зміни міжатомних відстаней і перегрупування блоків атомів. Зазвичай деформація супроводжується зміною величин міжатомних сил, мірою якого є пружне напруження.

Е

Еластичність біологічної тканини [від англійської elasticity] – фізична величина, яка характеризує зміну абсолютної деформації цієї тканини до механічного навантаження і яка показує, на скільки процентів зміниться ця деформація при зміні навантаження на 1%

Ентальпія – термодинамічний потенціал, що характеризує стан системи в термодинамічній рівновазі при виборі незалежної зміни тиску, ентропії та числа частинок.

Ентропія – [від давньогрецької ἐντροπία – перетворення] - поняття, вперше введене Клаузіусом в термодинаміці в 1865 році для визначення міри необоротного розсіювання енергії, міри відхилення реального процесу від ідеального. Визначена як сума приведеної теплоти, вона є функцією стану і залишається постійною при оборотних процесах, тоді як в необоротних - її зміна завжди позитивна.

Еритроцит - [від давньогрецької ἐρυθρός – червоний, від давньогрецької κύτος – клітка], також відомі під назвою червоні кров'яні тільця - клітини крові людини, хребетних тварин і деяких безхребетних (голкошкірих).

Ефект Доплера - зміна частоти коливань, яка сприймається приймачем, при русі джерела цих коливань і приймача один щодо одного.

Ефект Зеємана – описує явище коли у присутності магнітного поля атом набуває додаткової енергії $\Delta E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$, яка пропорційна його магнітному моменту $\vec{\mu}$. Отримана енергія призводить до зняття звироднілості атомних станів по магнітному квантовому числу m_j і розщеплюванню атомних ліній

Ефект П‘єра Кюрі - виникнення поляризації діелектрика під дією механічного напруження (прямий п'єзоелектричний ефект).

Ефект Фареуса-Ліндквіста, що виникає при русі крові по судинах різних діаметрів. Ефект виражається у зменшенні в'язкості крові із зменшенням діаметру капіляра.

Ефект Штарка - зсув і розщеплювання електронних термів (спектральний терм або електронний терм атома, молекули або йона - конфігурація (стан) електронної підсистеми, що визначає енергетичний рівень. Іноді під словом терм розуміють власне енергію даного рівня. Переходи між термами визначають спектри випускання і поглинання електромагнітного випромінювання) атомів в зовнішньому електричному полі. Дипольний момент атома в зовнішньому електричному полі набуває додаткової енергії, яка і викликає зсув термів атомів.

З

Звук - пружні хвилі в діапазоні частот 16 Гц - 20 кГц, які суб'єктивно сприймаються спеціальними органами чуття тварин або людини.

К

Калориметрична бомба – різновид калориметра - прилад для дослідного спалювання речовини з метою визначення її теплотворної здатності.

Кластер [від англійської cluster – скупчення] - об'єднання декількох однорідних елементів, яке може розглядатися як самостійна одиниця, що володіє певними властивостями.

Колоїдні системи, колоїди [від давньогрецької κόλλα – клей; давньогрецької εἶδος – вид] - дисперсні системи, проміжні між дійсними розчинами та грубодисперсними системами - суспензіями та емульсіями. Розміри колоїдних частинок варіюються в межах від 10^{-7} до 10^{-5} см. У вільнодисперсних колоїдних системах (дими, золи) частинки не випадають в осад.

Л

Ламінарний рух [від новолатинської lamina - пластинка, полоска] - рух, при якому рідина або газ переміщається шарами без перемішування та пульсацій (тобто безладних швидких змін швидкості та тиску). Дивись *турбулентний рух.*

М

Мембрана кліткова (або цитолема, або плазмалема, або плазматична мембрана) відокремлює вміст будь-якої клітини від зовнішнього середовища, забезпечуючи її цілісність; регулює обмін між клітиною і середовищем; внутрішньоклітинні мембрани розділяють клітину на спеціалізовані замкнуті відсіки - компартменти або органели, в яких підтримуються певні умови внутрішньоклітинного середовища.

Н

Нуклеїнові кислоти [від новолатинської nucleus – ядро] - високомолекулярні органічні сполуки, біополімери (полінуклеотиди), утворені залишками нуклеотидів. Нуклеїнові кислоти ДНК та РНК присутні в клітках усіх живих організмів і виконують найважливіші функції по зберіганню, передачі та реалізації спадкової інформації.

О

Осмос [від давньогрецької ὄσμος – тиск, поштовх] - процес дифузії розчинника з менш концентрованого розчину в більш концентрований розчин.

П

Плазма (крові) – [від давньогрецької πλάσμα – дещо утворене] - рідка частина крові, в якій зважені формені елементи. Процентний вміст плазми в крові складає 52…60%. Макроскопічно є однорідною прозорою або декілька каламутною жовтуватою рідиною, що збирається у верхній частині судини з кров'ю після осадження формених елементів. Гістологічно плазма є міжклітинною речовиною рідкої тканини крові.

Пневмографія - метод графічного зображення дихальних рухів в результаті якого отримується крива, яка записується непомітно від самого спостережуваного суб'єкта та дає можливість точно судити не тільки про ритм дихання, але й про силу і тривалість кожної дихальної фази - вдиху, видиху та паузи.

Поверхневе натягнення - термодинамічна характеристика поверхні розділу двох фаз, що знаходяться в рівновазі, яка визначається роботою оборотного ізотермокінетичного утворення одиниці площі цієї поверхні розділу за умови, що температура, об'єм системи та хімічні потенціали усіх компонентів в обох фазах залишаються постійними.

Поверхнево-активна речовина (ПАР) - хімічні сполуки, які, концентруючись на поверхні розділу фаз, викликають зниження поверхневого натягнення.

Потенціал дії - хвиля збудження, що переміщається по мембрані живої клітини в процесі передачі нервового сигналу. По суті своїй представляє електричний розряд - швидка короткочасна зміна потенціалу на невеликій ділянці мембрани збудливої клітки (нейрона, м'язового волокна або залізистої клітини), в результаті якого зовнішня поверхня цієї ділянки стає негативно зарядженої по відношенню до сусідніх ділянок мембрани, тоді як його внутрішня поверхня стає позитивно зарядженої по відношенню до сусідніх ділянок мембрани. Потенціал дії є фізичною основою нервового або м'язового імпульсу, що грає сигнальну (регуляторну) роль.

Потенціал електрохімічний – фізична величина, що зв'язує хімічний потенціал (μ) і електричний потенціал ($\tilde{\mu}$) деякої електрохімічної системи співвідношенням: $A = \mu + e \cdot \varphi$ де A - робота, що порушує електрохімічну рівновагу системи; e - елементарний заряд частинки.

Потенціал спокою - мембранний потенціал збудливої клітини в незбудженому стані.

Потенціал хімічний – μ - один з термодинамічних параметрів системи, а саме енергія

додавання однієї частинки в систему без здійснення роботи.

Пружність - властивість речовини чинити силі, що діє на нього, механічний опір і набувати після її спаду початкової форми. Протилежність пружності називається пластичність.

Р

Реверберація - процес поступового зменшення інтенсивності звуку при його багатократних віддзеркаленнях.

Резонанс [від французької resonance; від латинської resono – відгукуюся] - явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань, яке наступає при наближенні частоти зовнішньої дії до деяких значень (резонансної частоти), яка визначається властивостями системи.

Реологія - [від давньогрецької ρέος, течія, грецька λογία – вчення] - розділ фізики, що вивчає деформацію та текучість речовини.

Рецептор - складні утворення, що складаються з терміналей (нервових закінчень) і дендрітів чутливих нейронів, глії та спеціалізованих клітин інших тканин, які в комплексі забезпечують перетворення впливу чинників зовнішнього або внутрішнього середовища (роздратування) на нервовий імпульс.

Реципієнт - це об'єкт, який отримує (приймає) що-небудь від іншого об'єкту, який називається донором. Наприклад, в медицині реципієнтом крові або органів називається пацієнт, що отримав переливання крові від донора або підданий операції пересадки органу від донора.

С

Синергія - синергізм [від давньогрецької συνεργία Synergos - (syn) разом (ergos) дія] - це взаємодія двох або більшої кількості чинників, що характеризується тим, що їхня дія істотно перевершує ефект кожного окремого компоненту у вигляді їх простої суми.

СКВІД [від англійської SQUID, Superconducting Quantum Interference Device - надпровідний квантовий інтерферометр] - надчутливі магнетометри, які використовуються для вимірювання дуже слабких магнітних полів. СКВІД-магнетометри мають рекордно високу чутливість, що досягає $5 \cdot 10^{-33}$ Дж/Гц.

Спірографія - метод графічної реєстрації змін об'єму легенів, визначення частоти і глибини дихання, споживання кисню.

Спірометрія - метод дослідження функції зовнішнього дихання, що включає вимірювання об'ємних та швидкісних показників дихання.

Т

Турбулентність [застаріле турбуленція; від новолатинської turbulentus - бурхливий, безладний], турбулентний рух - явище, яке полягає в тому, що при збільшенні інтенсивності

руху рідини або газу в середовищі мимоволі утворюються численні нелінійні хвилі та звичайні, лінійні різних розмірів, без наявності зовнішніх, випадкових сил. Дивись *ламінарний рух.*

Ф

Ферменти або ензіми [від латинської fermentum, від давньогрецької ζύμη, ἔνζυμον - дрожі, закваска] - зазвичай білкові молекули або молекули РНК (рібозіми) або їх комплекси, які пришвидшують (каталізують) хімічні реакції в живих системах. Реагенти в реакції, що каталізується ферментами, називаються субстратами, а речовини, що виходять - продуктами. Білкові ферменти синтезуються на рібосомах, а РНК - в ядрі.

Фрактал [від латинської fractus - дроблений, зламаний] - термін, що означає складну геометричну фігуру, яка має властивість самоподобія, тобто складену з декількох частин, кожна з яких подібна до всієї фігури цілком.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. … // Журнал физической химии, 1983, №10, С.2528-2530.
2. *Franzke C.W.,* Bruckner P., Bruckner-Tuderman L. Collagenous transmembrane proteins: recent insights into biology and pathology. J Biol Chem. 2005 Feb 11;280(6):4005-8.
3. *Hoppe H.J.*, Reid K.B. Collectins--soluble proteins containing collagenous regions and lectin domains--and their roles in innate immunity. Protein Sci. 1994 Aug;3(8):1143-58.
4. *http://www.biopolimer.ru/biblio/18/* // Электронный учебник «Биополимер» (2010).
5. *http://www.ortho.ru/1_Part/nanocolloidy.htm#2* // Микрокластеры кремнезема в ортомолекулярной медицине (2010).
6. *http://www.top-water.ru/articles/115/* // Структура воды (2010).
7. *J. D. Watson*, F. H. C. Crick (1953). «Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid». Nature 171: 737 - 738.
8. *Proposed international standard nomenclature for fields of science and technolocy* / United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization. // UNESCO/NS/ROU/257 rev.1, Paris, 5.12.1988. – P.5.
9. *V.F.Weisskopf*, American Journal of Physics, 53 (1985). – P.19-20; P.618-619.
10. *W. Ross Ashby*, Design for a Brain, Chapman & Hall, 2nd edition, 1966 ISBN 0-412-20090-2.
11. *Абакумов В. Г.,* Рибін О.І., Сватош Й. Біомедичні сигнали. Генезис, обробка, моніторинг.
12. *Агеев Е.П.* Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах. Учебное пособие. 2001. – 136 с.
13. *Александер Р.* Биомеханика. – М.: Мир, 1970. – 340 с.
14. *Антомонов Ю. Г.* Моделирование биологических систем. Киев, 1977.
15. *Антонов В.Ф.,* Черныш А.М., Пасечник В.И. Биофизика. Учеб. для студ. ВУЗов. – М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС», 2000. – 288 с.
16. *Антонов В.Ф.,* Черныш А.М., Пасечник В.И. Практикум по биофизике. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 352 с.
17. *Аруин А.С.,* Зациорский В.М. Эргономическая биомеханика. - М.: Машиностроение, 1989. – 252 с.
18. *Базаров И.П.* Термодинамика. Учебник. 2-е изд. 1991. – 376 с.
19. *Белов И.А.,* Исаев С. А. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие / Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2001. 108 с.
20. *Белов И.А.,* Исаев С. А., Коробков В. А. Задачи и методы расчета отрывных течений несжимаемой жидкости. Л. Судостроение, 1989, 256 с.
21. *Бергельсон Л.Д.* Биологические мембраны: Факты и гипотезы. - М.: Наука, 1975.- 183 с.
22. *Березов Т.Т.,* Коровкин Б.Ф. Биологическая химия, М.: «Медицина», 1998. – 704 с.

23. *Бернштейн Н.А.* Физиология движений и активность, М.: Наука, 1990. – С.373-392.

24. *Биологические мембраны*: Методы/ Под ред. Дж.Б.Финдлея, У.Г.Эванза - М.: Мир, 1990. – 424 с.

25. *Биофизика*: Учеб. пособие/ Под ред. В.Ф.Антонова. - М.: Арктос-Викапресс, 1996. - 256 с.

26. *Биофизика*: Учебник/ Под ред.П.Г.Костюка. - Киев: Выща шк., 1988. - 504 с.

27. *Біофізика*: Підруч. для студ. біолог., медичних та фізичних факультетів ВУЗів / Під ред. П.Г.Костюка. - К.: Обереги, 2001. – 544 с.

28. *Блинков С. М.,* Глезер И. И. (1964) Мозок людини в цифрах і таблицях. Л., 180 с.

29. *Болдырев А.А.* Ведение в биохимию мембран. - М.: Высш. шк.. 1986. - 109 с.

30. *Бранков Г.* Основы биомеханики. – М.: Мир, 1981. – 255 с.

31. *Быковцев Г.И.,* Ивлев Д.Д. Теория пластичності, Владивосток: Дальнаука, 1998. - 529 с.

32. *Варенинов А.А.* Транспорт ионов через клеточные мембраны. - Л.: Наука, 1978. - 276 с.

33. *Варенинов А.А.,* Марахова И.И. Транспорт ионов у клеток в культуре. - Л.; Наука, 1986. – 292 с.

34. *Варфоломеев С.Д.,* Гуревич К.Г., Биокинетика. Практический курс. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 720 с.

35. *Введение в биомембранологию*: Учеб. Пособие / Под ред. А.А.Болдырева. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 208 с.

36. Винтайкин Б. Физика твердого тела, М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2006.

37. *Волькенштейн М.В.* Биофизика: Учебник. - М.: Наука, 1988. – 592 с.

38. *Геннис Ю.Р.* Биомембраны. Молекулярная структура и функции. - М.: Мир, 1997. – 622 с.

39. *Глазер Р.* Очерк основ биомеханики. -М.:Наука, 1988. – 129 с.

40. *Годик Э.Э.,* Гуляев Ю.В. Физические поля человека и животных // В мире науки. - 1990. - №5. - С.75-83.

41. *Готовский М.Ю.,* Перов Ю.Ф.,Чернецова Л.В. Биорезонансная терапия.– М.: «Имедис», 2008.– 176 с.

42. *Гудим Д.И.* Оптическая спектроскопия воды в растворах солей // Фундаментальные прикладные аспекты применения миллиметрового электромагнитного излучения в медицине, 1989. – С.60-62.

43. *Гудим Д.И.* Особенности строения води в растворах // Геологический журнал, 1984, №1. - С.28-34.

44. *Гудим Д.І.* Особливості ІЧ-спектрів поглинання водних розчинів солей // ДАН УРСР. – Сер.А. – 1972, №10. – С.904-911.

45. *Гудим Д.І.* Спектральні особливості водних розчинів солей // ДАН УРСР. – Сер.А.

– 1984, №1, С.28-34.

46. *Гуляев Ю.В.,* Годик Э.Э., Петров А.В., Тараторин А.М. О возможностях дистантной функциональной диагностики биологических объектов по их собственному инфракрасному излучению // Докл. АН СССР. - 1984. - Т.277, - №6. - С.1486-1491.
47. *Гуревич М.И.,* Берштейн С.А. Основы гемодинамики. - Киев: Наук.думка, 1979. – 232 с.
48. *Зацепина Г.Н.* Электрическая система регуляция процессов жизнедеятельности. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. - 160 с.
49. *Зациорский В.М.* Биомеханические основы выносливости. – М.:Физкультура и спорт, 1982. – 207 с.
50. *Иваницкий Г.Р.,* Кринский В.И., Сельков Е.Е. Математическая биофизика клетки. – М.:Наука, - 1978. – 310с.
51. *Иваницкий М.Ф.* Анатомия человека, М.: Олимпия-Пресс, 2008. – 624 с.
52. *Измайлов И.В.,* Пойзнер Б.Н., Раводин В.О. Синергия, конкуренция, хаос в модели взаимодействия двух научных направлений. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 100 с.
53. *Илюшин Б.Б.* Моделирование процессов переноса в турбулентных течениях: Учебное пособие / Новосибирск. Гос. Ун. Новосибирск, 1999
54. *Ишлинский А.Ю*. Прикладные задачи механики, М.: Наука, 1986, Т.2. – 416 с.
55. *Ишлинский А.Ю.,* Ивлев Д.Д. Математическая теория пластичності, М.: Физматлит, 2001.
56. *Кагава Я.* Биомембраны. - М.: Высш. шк., -1985. - 303 с.
57. *Каро К.,* Педли Т., Шротер Р., Сид У. Механика кровообращения. – М.: Мир, 1981. – 624 с.
58. *Кизилова Н.Н.* Конспект лекций по курсу «Биомеханика», Харьков: Изд-во «ХТУРЭ», 1999. – 108 с.
59. *Кокшайский Н.В.* Очерк биологической аэро- и гидродинамики. – М.:Мир, - 1974. – 93с.
60. *Константинов В.М.* Сравнительная анатомия позвоночных животных, М.: Академия, 2005. – 304 с.
61. *Коренев Г.В.* Введение в механику человека. – М.: Наука, 1977. – 264 с.
62. *К о с м и ч е с к а я биология*: Новое в жизни и науке. Сер. «Биология». 1976. № 12.
63. *Котык А.,* Яначек К. Мембранный транспорт. - М.: Мир, 1980. - 341 с.
64. *Кульский Л.А.,* Даль В.В. Вода знакомая и загадочная, К.: Радянська школа, 1982.
65. *Кухарев Л.В.* Влияние механической нагрузки на физико-химические и ферментативные свойства фибриллярных белков / Автореф. Канд.дис. - Л. - 1971 - 24 с.
66. *Лайтфут Э.Н.* Явления переноса в живых системах. – М.:Мир, - 1977.

67. *Левин*. Человек, разгадавший тайну живого движения / "Наука и жизнь", №10, 2005.

68. *Малинецкий Г.Г.* Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент: Введение в нелинейную динамику. – М.: Наука, 1997. – 255 с.

69. *Маркин В.С.,* Пастушенко В.Ф., Чизмаджев Ю.А. Физика нервного импульса.// Успехи физ. наук. - 1977. - Т. 123. - С.289.

70. *Маркин В.С.,* Пастушенко В.Ф., Чизмаджев Ю.А. Теория возбудимых сред. М.: Наука, 1981.- 162 с.

71. *Маркин В.С.,* Чизмаджев Ю.А. Индуцированный ионный транспорт. - М.: Наука, 1974,- 251 с.

72. *Марри Р.,* Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В. Биохимия человека: Пер. с англ.– М.: Мир, 1993.

73. *Медична і біологічна фізика*: Підр. для студ. вищ. мед. закладів освіти III-IV рівнів акредитації / Під ред. Чалого О.В., Т.1. – К.: ВІПОЛ, 1999. – 425 с.

74. *Медична і біологічна фізика*: Підр. для студ. вищ. мед. закладів освіти III-IV рівнів акредитації / Під ред. Чалого О.В., Т.2. – К.: ВІПОЛ, 2001. – 415 с.

75. *Мирошников М.М.* Теоретические основы оптико-электронных приборов, 1983.

76. *Нагель А.* Аномалії, рефракції й акомодації ока, 1881 / переклад з німецького д-ра Добровольского.

77. *Николас Бакалар* Цитрусовая бомба 2006. The New York Times News Service

78. *Пензов Ю.Е.* Элементы математической логики и теории множеств, Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1968. – 143 с.

79. *Перепелкин К.Е.* Структура и свойства волокон. М.: Химия, 1985. – 208 с.

80. *Плонси Р.,* Барр Р. Биоэлектричество: Количественный подход.- М.: Мир 1982,- 366 с.

81. *Пойзнер Б.Н.* Хаос, порядок, время в древних картинах мира // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 1993. – № 3,4. – С. 97-109.

82. *Покровский В.М.,* Коротько Г.Ф. Физиология человека, М.: Медицина, 2003. – 1028 с.

83. *Проблемы прочности в биомеханике* /Под ред. И.Ф.Образцова. Учеб.пос. для вузов. -М.:Высшая школа, - 1988. – 311с.

84. *Пуриня Б.А.,* Касьянов В.А. Биомеханика крупных кровеносных сосудов человека. – Рига: Зинатне, 1980. – 260 с.

85. *Регирер С.А.* Лекции по биологической механике. - М.: Изд.МГУ,1980. – 144с.

86. *Ремизов А.Н.* Медицинская и биологическая физика, М.: Высшая школа, 1999. – 616 с.

87. *Рубин А.Б.* Биофизика: Учебник для студ. біолог. спец. ВУЗов. В 2 тт. - 2-е изд. исп. и доп. - М.: «Книжный дом «Университет», Т.1, 1999. – 448 с.

88. «*Руководство по клинической физиологии дыхания*» / под.ред. Л. Л. Шика и Н. Н. Панаева, Л., 1980.

89. *Самоорганизация*: *психо- и социогенез* / Под ред. В.Н. Келасьева. – СПб: Изд-во СПбГУ, 1996. – 200 с.

90. *Сапожков М.А.* Акустика: Справочник, М.: Радио и связь, 1989.

91. *Седов Л.И.* Методы подобия и размерности в механике. -М.:Наука, - 1977.

92. *Семенов Э. В*. Фізіологія й анатомія, Москва, 1997.

93. Старовойтов Э. И. Сопротивление материалов, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - С. 384.

94. *Судаків К. В*. Вибрані лекції по нормальній фізіології, Москва, 1992.

95. *Твердислов В.А.,* Тихонов А.Н., Яковенко Л.В. Физические механизмы функционирования биологических мембран. - М.: И-во Моск. ун-та, 1987. – 212 с.

96. *Тиманюк В.А.,* Животова Е.Н. Биофизика: Учебник. - 2-е издание. - К.: ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.

97. *Уилкинсон У.Л.* Неньютоновские жидкости. – М.: Мир, 1964. – 216 с.

98. Уокер Ф. Химические и физические свойства углерода, М.: Мир, 1969. – 368 с.

99. *Физиология человека*. Том I / Под редакцией В.М.Покровского, Г.Ф.Коротько, Москва 2002.

100. *Френкель Я.И.* Кинетическая теория жидкостей, Л.: Наука, 1975. – 592 с.

101. *Ходжкин А*. Нервный импульс. - М.: Мир, 1965.- 125 с.

102. *Хоникомб Р*. Пластическая деформация металлов, М.: Мир, 1972. - 408 с.

103. *Хоффбранд В.,* Петтит Дж. Гематология. Атлас-справочник, М.: «Практика», 2007.

104. *Чернецова Л.В*. Биорезонансная терапия в системе реабилитации реконвалесцентов ГЛПС // Информационное письмо.– Ижевск, 2008.– 16 с.

105. *Чернецова Л.В*. Применение биорезонансной терапии в острый период комплексного лечения больных геморрагической лихорадкой с почечным синдромом // Информационное письмо.– Ижевск, 2008.– 28 с.

106. *Чернецова Л.В.,* Степанова М.С., Кононов Ю.Н., Кочурова Л.Г. Лечебные физические факторы в комплексном лечении в условиях санатория: Учебное пособие.– Ижевск: Экспертиза, 2004.– 168 с.

107. *Шредингер Э.* Что такое жизнь с точки зрения физики, М.: «РИМИС», 2009. – 176 с.

108. *Эволюционная биология* / Под ред. В.Н. Стегния. – Томск: ТГУ. – 2001. – Т. 1. – С. 245-263.

109. *Юсков В.Н.* Хирургия в вопросах и ответах, М.: «Медицина», 2008. – 237 с.

110. *Яблонский А.И.* Математические модели в исследовании науки. – М.: Наука, 1986. – 352 с.