

УЛИТИН И.Б.  
КУЗНЕЦОВА С.В.

# БИОМЕХАНИКА

---

*ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КУРСА*

*НИЖНИЙ НОВГОРОД  
2014*

---

## ВВЕДЕНИЕ

В *курсе* биомеханики рассматриваются механические свойства тканей, органов и систем живого организма и механические явления, сопровождающие процессы жизнедеятельности.

*Цель курса* - ознакомление студентов с биомеханическими основами техники двигательных действий и тактики двигательной деятельности, вооружение будущих учителей теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для научно-обоснованного планирования отбора, тренировки, моделирования соревновательной деятельности в физическом воспитании и спорте.

*Задачи курса* – научить студентов анализировать технику и тактику движений, сформировать представление о способах моделирования и оптимизации обучения двигательным действиям, помочь приобрести навыки использования биомеханических методов, специальных тренажеров, ознакомить с теоретическими концепциями современных направлений в биомеханике.

Изучение курса начинается с раздела *«Вводная часть»*, основная задача которого - знакомство с целями и задачами биомеханики, объективным ходом развития науки, ее современным состоянием.

В следующем разделе *«Кинематика»* рассматривается механическое движение, система отсчета; вестибулярный аппарат как инерциальная система ориентации; средняя и мгновенная скорость, временные характеристики движения; равномерное прямолинейное движение, свободное падение и его ускорение, движение по окружности; связь вращательных движений с колебательными.

Основная часть раздела *«Динамика»* посвящена рассмотрению вопросов, касающихся законов Ньютона, принципа относительности Галилея и их применение в биомеханике. Кроме того, рассматривается работа сил, действующих на тело и его кинетическая энергия, работа и мощность человека, эргометрия, закон сохранения энергии в механике, закон сохранения импульса.

В разделе *«Биомеханика двигательного аппарата человека»* изучаются вопросы, посвященные биомеханическим основам двигательного аппарата человека, методам биомеханических исследований и контроля в физическом воспитании и спорте. Рассматривается биомеханика физических качеств человека, биомеханические основы технико-тактического мастерства, половозрастные особенности моторики человека, биомеханические аспекты программированного обучения двигательным действиям, биомеханические основы физических упражнений, входящих в программу физического воспитания школьников

*Структура курса* - биомеханики предусматривает лекционные и семинарские и самостоятельные занятия.

**Задачи лекционных занятий:** ознакомить студентов с современным состоянием развития биомеханики, обобщить и углубить знания по анатомии, морфологии и физиологии человека, полученные при изучении предыдущих курсов; развить способности делать самостоятельные выводы.

**Лекционные занятия** проводятся в традиционной форме. На первом занятии преподаватель знакомит студентов с формами проведения семинарских занятий, обязательной и дополнительной литературой, другими источниками (периодическая печать, электронные лекции). Кроме того, преподаватель знакомит студентов с системой оценки их работы в течение семестра по курсу биомеханики, оговаривает условия сдачи и получения зачета.

**Задачи семинарских занятий:** проверка теоретических знаний и практических навыков студентов: работать с измерительными приборами, дополнительной литературой; уметь анализировать и обобщать полученные на лекционных и семинарских занятиях знания; развитие навыков самостоятельной работы.

Для контроля знаний предлагаются семинарские занятия, промежуточное тестирование.

**Семинарские занятия** проводятся в традиционной форме. Студенты работают в отдельных тетрадах, выполняя практические задания. В конце каждого занятия проводится контрольное тестирование, и выставляются оценки за работу на семинаре.

В рамках самостоятельной работы студенты изучают научную литературу, дополнительный материал, периодические издания, пользуются Интернет-ресурсами. Все изучаемые студентами вопросы оформляются в виде конспектов.

Преподаватель собирает конспекты на семинарских занятиях. Возможно создание студентами конспектов в электронном виде.

Результаты самостоятельной работы могут быть представлены в виде творческих работ, которые выполняются студентами в форме расширенного эссе. В данной форме студенты могут оформить ответы на вопросы семинарских занятий.

**Расширенное эссе (Реферат)** – реферативная работа, при выполнении которой на первый план выступает личное отношение автора к исследуемой проблеме (рекомендуемый объем – не менее 5000 слов). Данный вид эссе, как правило, состоит из четырех разделов:

1. Краткое содержание, в котором:

- 1.1. Определяется тема, предмет исследования или приводятся основные тезисы;
- 1.2. Краткое описание структуры и логики развития материала;
- 1.3. Формулировка основных выводов

## 2. Основная часть эссе:

2.1. Основные положения и аргументация;

## 3. Заключение:

3.1. Результаты исследования и полученные автором выводы;

3.2. Обозначение вопросов, которые не были решены и новых вопросов, которые появились в ходе исследования

## 4. Библиография

Объективная оценка успешности усвоения студентами учебного материала осуществляется, как правило, стандартизированными методами.

Правильно составленный тест представляет собой совокупность сбалансированных между собой заданий. Количество заданий в тесте по различным разделам должно быть таким, чтобы в полной мере отражать их основное содержание или содержание курса в целом. Использование тестовых заданий разной сложности обеспечивает равносложность различных вариантов тестов и измерение качества усвоения материала в широком диапазоне.

Для каждого типа заданий в тесте должно быть указано примерное количество баллов оценки, которые покажут степень усвоения студентом материала данного раздела. Сумма всех баллов может быть использована для выведения окончательной оценки за тест.

Тестируемый студент должен знать, что число верно выполненных им заданий неоднозначно определяет его итоговый балл. Степень сложности верно или неверно выполненных заданий могут повлиять на оценку результатов тестирования.

**Тестовые задания**, предусмотренные для промежуточного контроля, проводятся с целью определения уровня усвоения учебного материала по темам курса. В каждом разделе имеются задания двух уровней сложности, отмеченные условными знаками: \* - первый уровень; \*\* - второй уровень.

Оценка результатов тестирования проводится по количеству набранных в сумме баллов. Количество баллов при правильном ответе соответствует числу звездочек (\* - 1 балл; \*\* - 2 балла). В каждой теме предусмотрено свое минимальное и максимальное количество баллов, по которым выводится итоговая оценка.

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ КУРСА «БИОМЕХАНИКА»

**А** **АБСОЛЮТНО БЕЛОЕ ТЕЛО** — тело, коэффициент поглощения которого равен нулю для всех длин волн. Оно отражает все падающее на него излучения.

**АБСОЛЮТНО ЧЁРНОЕ ТЕЛО** — тело, коэффициент поглощения которого равен единице для всех длин волн.

**АГРЕГАЦИЯ** — (*aggregation*, от лат. *aggrego*- присоединяю) – это процесс объединения отдельных, возможно, разнородных частиц - молекул, мицелл, клеток - в более крупные образования. Например, в крови происходит агрегация клеток крови - эритроцитов. При нормальной агрегации эритроцитов (соединение плоскими поверхностями) образуются так называемые монетные столбики, распадающиеся в потоке крови. В патологических случаях наблюдается агглютинация – необратимое склеивание эритроцитов в комки неправильной формы. Процессы агрегации определяются взаимодействием поверхностей агрегирующих частиц и имеют физико-химическую природу. Предшествующее агрегации сближение частиц, например, в силовом поле, - это механический процесс. Биомеханика исследует процессы сближения и взаимодействия агрегирующих частиц, образование и распад агрегатов, а также прочность агрегатов.

**АДСОРБЦИЯ** — (*adsorption*, от лат. *ad*- на и *sorbeo*- поглощаю) скопление молекул газа или растворенных в жидкости твердых веществ (адсорбата) на поверхности жидкости или твердого тела (адсорбента), связанное с характером взаимодействия молекул адсорбата и адсорбента на поверхностях их раздела. Если при взаимодействии образуются прочные химические связи, процесс называется хемосорбцией, а если образующиеся межмолекулярные связи обладают поверхностной подвижностью, процесс называется физической адсорбцией. Адсорбция широко используется для разделения сложных жидких и газовых смесей (хроматография). В живой природе адсорбция сопровождает практически все процессы, связанные с жизнедеятельностью клеток и тканей.

**АКТИВНОСТЬ** — число ядер радиоактивного препарата, распадающихся за единицу времени.

**АКУСТИКА** — (*acoustics*, от греч. *akustikos*- слуховой) раздел физики, исследующий упругие колебания и волны в диапазоне частот  $f = 0 - 1013$  Гц, процессы их возбуждения, распространения и взаимодействия с различными средами. Биомеханика исследует процессы генерации и приема (восприятия) упругих колебаний и волн в звукоизлучающих и звукопринимающих органах - голосовых и слуховых аппаратах разных живых организмов. Кроме этого, изучаются процессы генерации и распространения акустических колебаний в неспецифических органах и тканях - например, в легких при дыхании, шумов сердца и сосудов при движении по ним крови. Эти звуки прослушиваются

фонендоскопом, однако задачи о точной диагностике патологии органа или системы органов по прослушиваемым шумам, а в ряде случаев даже природа шума окончательно не исследованы. Так, техническими средствами можно зарегистрировать акустическое излучение улитки уха, костей, интенсивность которого может указывать на соответствующую патологию, однако механизмы генерации и возможности диагностики окончательно неизвестны. Биомеханика изучает также процессы распространения механических колебаний экзогенной природы по тканям и органам и связанные с ними вопросы диагностики заболеваний (например, УЗ-диагностика).

**АНИЗОТРОПИЯ** — различие свойств материала по разным направлениям. я (*anisotropy*, от греч. *anisos*- неравный и *tropos*- направление) - зависимость свойств материала, среды от выделенного направления. Анизотропные свойства описываются тензорными характеристиками (тензор теплопроводности, диэлектрических и магнитных проницаемостей и т.д.). Свойства реальных биологических тканей различны в разных направлениях. Поэтому материалы в биомеханике (кость, стенки сосудов, дыхательных путей, мышцы) рассматриваются как анизотропные.

**АНИЗОТРОПИЯ КОЖИ АКУСТИЧЕСКАЯ** — различие скорости распространения поверхностной акустической волны во взаимно перпендикулярных направлениях.

**АНИЗОЦИТОЗ** — (*anisocytosis*, от греч. *anisos*- неравный и *kytos*- клетка) - наличие в крови эритроцитов разного размера, аномально маленьких и больших.

**АНТРОПОЛОГИЯ** — (*anthropology*, от греч. *anthropos*- человек и *logos*- учение) наука о происхождении и эволюции человека, о нормальных физических вариациях его строения. Биомеханика изучает механические факторы, влияющие на вариации строения и развития организма, а также ставит обратную задачу - по известным особенностям эволюционных изменений органа, системы органов, организма определить те причины изменений, которые имеют механическую природу.

**АССИМИЛЯЦИЯ** — (*assimilation*, от лат. *assimilatio*- усвоение) процесс усвоения организмами веществ, поступающих из окружающей среды, в результате чего эти вещества становятся частью тканей организма или откладываются в виде запасов.

**АТТРАКТАНТ** — (*attractant*, от лат. *attraho*- притягиваю) природные или синтетические химические вещества, привлекающие бактерий, рыб, насекомых. Используются в сельском хозяйстве для приманки вредных насекомых. В биомеханике строятся модели движения особей по направлению к аттрактанту.

**АЭРОДИНАМИКА** — (*aerodynamics*, от греч. *aer*- воздух и *dynamis*- сила) раздел механики, в котором изучаются законы движения газов, их взаимодействие с твердыми поверхностями (главным образом с используемыми в технике - с крылом самолета, с корпусом ракеты). В

биомеханике методы аэродинамики используются для изучения парения и полета птиц и насекомых, при решении задач биомеханики дыхания, связанных с движением воздушных и воздушно-капельных сред в разных отделах дыхательной системы (в полостях носа и глотки, в трахее, по ветвящейся системе бронхов), а также в связи с вопросами генерации звуков при движении воздуха в дыхательной системе (речеобразование).

**АЭРОЗОЛЬ** — (*aerosol*, от греч. *aer*- воздух) дисперсная система, состоящая из твердых частиц или капель жидкости, находящихся во взвешенном состоянии в газовой среде. Биомеханика исследует образование и движение аэрозолей в дыхательных путях при кашле, при использовании аэрозольных лекарственных препаратов.

**Б** **БАЛЛИСТОКАРДИОГРАФИЯ** — метод исследования механических проявлений сердечной деятельности, основанный на регистрации пульсовых микро перемещений тела, обусловленных выбрасыванием толчком крови из желудочков сердца в крупные сосуды.

**БИОМЕХАНИКА** — наука, изучающая механические свойства живых тканей, органов и организма, а также происходящие в них механические явления.

**БИОМЕХАНИКА ОБЩАЯ** — решает теоретические проблемы и помогает узнать, как и почему человек двигается. Этот раздел биомеханики очень важен для практики физического воспитания и спорта, ибо «нет ничего практичнее хорошей теории».

**БИОМЕХАНИКА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ** — изучает индивидуальные и групповые особенности двигательных возможностей и двигательной деятельности. Изучаются особенности, зависящие от возраста, пола, состояния здоровья, уровня физической подготовленности, спортивной квалификации и т.п.

**БИОМЕХАНИКА ЧАСТНАЯ** — рассматривает конкретные вопросы технической и тактической подготовки в отдельных видах спорта и разновидностях массовой физкультуры. В том числе в оздоровительном беге и ходьбе, общеразвивающих гимнастических упражнениях, ритмической гимнастике на суше (аэробика) и в воде (аква-аэробика) и т. п. Основной вопрос частной биомеханики - как научить человека правильно выполнять разнообразные движения или как самостоятельно освоить культуру движений.

**БИОФИЗИКА** — одна из фундаментальных биологических дисциплин, которая изучает физические и физико-химические процессы в живых организмах, а также ультраструктуру на всех уровнях организации — от субмолекулярного и молекулярного до клетки и целого организма.

**БИСЛОЙ** — (*bilayer*, от лат. *bi-* дважды) двойной слой. В биологии обычно обозначает мембрану клеток, состоящую из двух слоев липидных молекул.

**БЛОК** — диск с желобом для веревки или каната.

**БЫСТРОТА** — темп, в котором преодолевается расстояние без учета направления.

Быстрота - скалярная величина. Пусть между двумя пунктами при движении по одному шоссе одновременно движутся автомобилист, мотоциклист, велосипедист, бегун. У всех четверых одинаковы траектории, пути, перемещения. Однако их движение отличается быстротой (стремительностью), для характеристики которой и вводится понятие «скорость».

**В** **ВЕРТИКАЛЬ** — линия, вдоль которой направлена сила тяжести.

**ВЕС ТЕЛА** — сила, с которой тело действует на неподвижную относительно него горизонтальную опору (или неподвижный относительно него подвес).

**ВЛАЖНОСТЬ (ВОЗДУХА)** — величина, характеризующая содержание водяного пара в воздухе.

**ВЛАЖНОСТЬ АБСОЛЮТНАЯ** — масса водяного пара, находящегося в  $1 \text{ м}^3$  воздуха.

**ВЛАЖНОСТЬ ОТНОСИТЕЛЬНАЯ** — отношение давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного пара при данной температуре, выраженное в процентах.

**ВОЛНОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СРЕДЫ** — величина, равная произведению плотности среды на скорость распространения звука в ней.

**ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ** — колебания, которые возникают в системе при воздействии внешней периодической силы.

**ВЫСОТА ТОНА** — физиологическая характеристика звука, обусловленная прежде всего частотой основного тона.

**Г** **ГАРМОНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ** — колебания, при которых наблюдаемая величина изменяется во времени по закону синуса или косинуса.

**ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ** — разложение сложного колебания на гармонические колебания.

**ГАРМОНИЧЕСКИЙ СПЕКТР СЛОЖНОГО КОЛЕБАНИЯ** — совокупность гармонических колебаний, на которые раскладывается сложное колебание.

**ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ ПЛОСКОСТЬ** — плоскость, которая перпендикулярна вертикали.

**ГРОМКОСТЬ ЗВУКА** — число, которое показывает уровень интенсивности звука с частотой 1 кГц, вызывающего у «среднего» человека такое же ощущение громкости, какое вызывает данный звук.

**Д** **ДВИЖЕНИЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ** — движение, при котором величина мгновенной скорости изменяется.

**ДВИЖЕНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ** — движение по прямолинейной траектории.

**ДВИЖЕНИЕ РАВНОМЕРНОЕ** — движение, при котором за любые равные промежутки времени тело проходит одинаковые пути. При равномерном движении величина скорости одинакова для всех точек траектории.

**ДЕФОРМАЦИЯ** — изменение взаимного расположения частиц тела, приводящее к изменению его формы и размеров.

**ДЕФОРМАЦИЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ** — деформация, которая не исчезает после снятия нагрузки.

**ДЕФОРМАЦИЯ ТЕКУЧЕСТИ** — деформация, которая возрастает без увеличения напряжения.

**ДЕФОРМАЦИЯ УПРУГАЯ** — деформация, исчезающая сразу после снятия нагрузки.

**ДИНАМИКА** — раздел механики, в котором изучается движение тела с учетом его взаимодействия с другими телами.

**ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ** — разность моментов времени окончания и начала движения.

**ДОЗА ПОГЛОЩЕННАЯ** — величина, равная отношению энергии, переданной элементу облучаемого вещества, к его массе.

**ДОЗА ЭКВИВАЛЕНТНАЯ** — произведение коэффициента качества излучения на поглощенную дозу.

**ДОЗА ЭКСПОЗИЦИОННАЯ** — отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, созданных излучением в некотором объеме воздуха, к массе воздуха в этом объеме.

**ДОЗИМЕТРИЯ** — раздел ядерной физики и измерительной техники, в котором изучают величины, характеризующие действие ионизирующего излучения на вещества, а также методы и приборы для их измерения.

**ДОЗЫ МОЩНОСТЬ** — величина, определяющая дозу, полученную объектом за единицу времени.

**ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ** ( $\Delta t$ ) - это его временная мера, которая измеряется разностью моментов времени окончания и начала движения:

$$\Delta t = t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}$$

Длительность движения представляет собой количество времени, прошедшее между двумя ограничивающими его моментами времени. Сами моменты длительности не имеют. Зная путь точки и длительность ее движения, можно определять ее среднюю скорость.

**Е, Ж, З** **ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ** — свободные колебания, происходящие при наличии силы трения или сопротивления.

**ЗВУК** — механические колебания в упругих средах и телах (твердых, жидких, газообразных), частоты которых лежат в пределах от 16 Гц до 20 кГц. Эти частоты механических колебаний способно воспринимать ухо человека.

**ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ** — избыточное давление в среде при распространении звуковой волны.

**ЗВУКОВОЙ УДАР** — кратковременное звуковое воздействие (хлопок, взрыв, удар, гром).

**И** **ИЗЛУЧЕНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕЕ** — поток частиц или электромагнитных квантов, взаимодействие которых со средой приводит к ионизации ее атомов.

**ИЗЛУЧЕНИЕ КОСМИЧЕСКОЕ** — ионизирующее излучение, приходящее на Землю из космического пространства.

**ИМПУЛЬС СЛОЖНОГО ТЕЛА (СИСТЕМЫ ТЕЛ)** — величина, равная векторной сумме импульсов его частей.

**ИМПУЛЬС ТЕЛА** — векторная величина, равная произведению массы тела на скорость его центра масс.

**ИНЕРНОСТЬ** — свойство тела оказывать сопротивление изменению скорости его движения (как по величине, так и по направлению). Инертность - неотъемлемое свойство материи. Количественной мерой инертности является специальная физическая величина - *масса*.

**ИНТЕНСИВНОСТЬ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ** — плотность потока энергии звуковой волны.

**ИСПАРЕНИЕ** — процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное, проходящий со свободной поверхности жидкости.

**К** **КИНЕМАТИКА** — раздел механики, в котором изучается механическое движение, но не рассматриваются причины его возникновения.

**КОЛЕБАНИЕ** — движение или изменение состояния, обладающие той или иной степенью повторяемости.

**КОНВЕКЦИЯ** — теплообмен, сопровождающийся перемещением более нагретых слоев жидкости или газа под действием архимедовой силы.

**КОЭФФИЦИЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СКОРОСТИ** — величина, равная отношению скорости тела после удара к его скорости до удара в системе отсчета, связанной с центром масс сталкивающихся тел.

**КОЭФФИЦИЕНТ ПОГЛОЩЕНИЯ МОНОХРОМАТИЧЕСКИЙ** — отношение потока излучения, поглощенного данным телом, к потоку излучения, упавшему на него.

**КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ (КПД)** — отношение полезной мощности к затраченной. Коэффициент полезного действия показывает насколько эффективно используется энергия.

**КРИВЫЕ РАВНОЙ ГРОМКОСТИ** — кривые, характеризующие зависимость уровня интенсивности звука от частоты при постоянном уровне громкости.

**Л** **ЛИНИИ ЛАНГЕРА** — линии естественного натяжения кожи.

**ЛОВКОСТЬ** — способность быстро овладевать новыми движениями и перестраивать двигательную деятельность в соответствии с требованиями внезапно меняющейся обстановки. Ее критериями служат координация и точность движений.

# М

**МАССА** — количественная мера инертности тела.

В быту мы измеряем массу взвешиванием. Однако этот метод не является универсальным. *Например, невозможно взвесить планету.* Поэтому физики ввели понятие массы, основанное на закономерностях взаимодействия тел. Для этого используется следующая процедура:

- некоторое тело выбирают в качестве *эталоны массы* (т. е. его массу принимают за единицу:  $m_э = 1$ );
- для определения массы другого тела его приводят во взаимодействие с эталоном и определяют величины ускорений тела –  $a_T$  и эталона -  $a_э$ ;
- массу тела вычисляют по формуле:

$$m = (a_э / a_T) \times m_э \quad (4)$$

Единица измерения массы в СИ называется *килограмм* ( $m_э = 1$  кг).

**МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА** — тело, размерами и внутренней структурой которого в данных условиях можно пренебречь.

Ответ на вопрос о том, можно ли рассматривать тело как материальную точку, зависит от решаемой задачи. Так, при определении средней скорости бегуна ( $V = S/t$ ) его собственными размерами, безусловно, можно пренебречь. В то же время при описании движения тела прыгуна в воду его нельзя рассматривать как материальную точку, поскольку в данном случае значение имеет вид прыжка и чистота его исполнения.

**МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА** — комплекс разделов прикладной физики и биофизики, в которых рассматриваются физические законы, явления и процессы применительно к решению медико-биологических задач.

**МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА** — скалярная величина, равная произведению силы, действующей на тело, на пройденный им путь и на косинус угла между направлением силы и направлением движения.

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ** — изменение положения тела в пространстве относительно других тел.

**МОМЕНТ ВРЕМЕНИ** ( $t$ ) - это временная мера положения точки, тела или системы. Момент времени определяют промежутком времени до него от начала отсчета.

Моментами времени обозначают, начало и окончание движения или какой-либо его части (фазы). По моментам времени определяют длительность движения.

**МОМЕНТ ИМПУЛЬСА ТЕЛА (ОТНОСИТЕЛЬНО НЕКОТОРОЙ ОСИ)** — величина, равная произведению момента инерции относительно данной оси на угловую скорость вращения.

**МОМЕНТ ИНЕРЦИИ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ (ОТНОСИТЕЛЬНО НЕКОТОРОЙ ОСИ)** — величина, равная произведению массы точки на квадрат ее расстояния до оси вращения.

**МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ТЕЛА (ОТНОСИТЕЛЬНО НЕКОТОРОЙ ОСИ)** — величина, равная сумме моментов инерции всех его точек.

**МОМЕНТ СИЛЫ (ОТНОСИТЕЛЬНО НЕКОТОРОЙ ОСИ)** — произведение величины силы на ее плечо. Момент силы характеризует ее вращательное действие.

**МОЩНОСТЬ ЗАТРАЧЕННАЯ (МОЩНОСТЬ ЭНЕРГОЗАТРАТ)** — скалярная величина, равная отношению затраченной энергии ко времени, за которое она израсходована.

**МОЩНОСТЬ ПОЛЕЗНАЯ** — скалярная величина, равная отношению полезной работы ко времени, за которое она совершена:

$$P_{п} = A / t$$

**Н** **НЕВЕСОМОСТЬ** — состояние тела, при котором его вес равен нулю.

**НЕЙТРАЛЬНАЯ ПЛОСКОСТЬ** — плоскость, связанная с такими частицами деформируемого образца, расстояния между которыми в процессе деформирования не меняются. При изгибе образца расстояния между частицами, лежащими по одну сторону от нейтральной плоскости, увеличиваются (волокна образца растягиваются), а расстояния между частицами, лежащими по другую сторону от нейтральной поверхности, уменьшаются (волокна образца сжимаются).

Нейтральная плоскость при этом занимает граничное положение между зонами растяжения и сжатия.

**НЕЛИНЕЙНОВЯЗКИЕ СРЕДЫ** — среды, для которых зависимость напряжений от скоростей деформаций нелинейная (график отличен от прямой).

**НЕНЬЮТОНОВСКИЕ СРЕДЫ** — жидкие или газообразные среды, трение в которых не подчиняется закону вязкого трения Ньютона.

**НЬЮТОНА ЗАКОН I-ЫЙ:**

*Существует система отсчета, относительно которой тело (материальная точка) движется равномерно и прямолинейно или*

*сохраняет состояние покоя, если на него не действуют другие тела.*  
Такая система называется **инерциальной**

Если тело неподвижно или движется равномерно и прямолинейно, то его ускорение равно нулю. Поэтому в инерциальной системе отсчета скорость тела изменяется только под воздействием других тел. *Например, футбольный мяч, катящийся по полю, через некоторое время останавливается. В данном случае изменение его скорости обусловлено воздействиями со стороны покрытия поля и воздуха.*

Инерциальных систем отсчета существует *бесчисленное множество*, потому что любая система отсчета, которая движется относительно инерциальной системы равномерно прямолинейно также является инерциальной.

Во многих случаях *инерциальной* можно считать систему отсчета, связанную с Землей.

### **НЬЮТОНА ЗАКОН II-ОЙ:**

*в инерциальной системе отсчета ускорение тела прямо пропорционально действующей на него силе и обратно пропорционально его массе. Направление ускорения совпадает с направлением действующей силы:*

$$a = F / m$$

### **НЬЮТОНА ЗАКОН II-ИЙ:**

*взаимодействующие тела действуют друг на друга с силой, одинаковой по величине и противоположной по направлению:*

$$F_1 = - F_2.$$

**НЬЮТОНОВСКАЯ СРЕДА** — жидкая или газообразная среда, вязкие напряжения которой подчиняются закону вязкого трения Ньютона.

# **О**

**ОБМЕН ВЕЩЕСТВ** (*metabolism*) — совокупность всех химических реакций и всех видов превращений веществ и энергии в организме, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность, самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий.

Для каждого вида организмов характерен свой, генетически закрепленный тип обмена, определяемый условиями существования этого вида. В организме человека существует нервно-гормональная регуляция обмена. Любое заболевание сопровождается нарушением обмена веществ. Интенсивность обмена можно характеризовать энергией  $P$ , производимой клеткой (организмом) в единицу времени;

Единица измерения  $[P] = \text{Дж/с}$ .

**ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ЧЕЛОВЕКА** — состоит из сочлененных между собой костей скелета. Кости скелета действуют как рычаги, которые имеют точку опоры в сочленениях или во внешней среде и приводятся в движение силой тяги, возникающей при сокращении мышц, прикрепленным к костям.

*Рычаг первого рода*, обеспечивающий перемещение или равновесие головы в сагиттальной плоскости.

*Рычаг второго рода*, дающий человеку вставать на цыпочки. По принципу рычага второго рода работает предплечье человека.

Способ прикрепления мускулов, который имеется в теле человека, обеспечивает конечностям быстроту движений, более важную в борьбе за существование, нежели сила. Человек был бы крайне медлительным существом, если бы руки у него не были устроены по этому принципу.

**ОРТОТРОПНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** — (*orthotropic materials*, от греч. *orthos*- прямой, правильный и *tropos*- поворот, направление) анизотропные материалы, имеющие три ортогональные плоскости симметрии упругих коэффициентов. Например, свойства таких материалов могут отличаться в радиальном, окружном и продольном направлениях (цилиндрическая система координат). Тензор модулей упругости у таких материалов определяется девятью независимыми компонентами – тремя модулями упругости (Юнга), тремя коэффициентами Пуассона и тремя модулями сдвига. *Примеры ортотропных материалов: фанера, стенки кровеносных сосудов и дыхательных путей, костная ткань.*

**ОСТЕОСИНТЕЗ** — (*osteosynthesis*, от греч. *osteon*- кость и *synthesis*- соединение) оперативное соединение обломков кости с целью их фиксации и создания оптимальных условий для их сращения. При остеосинтезе используются металлические пластинки, винты, костные штифты.

**ОСТЕОЦИТЫ** — (*osteocytes*, от греч. *osteon*- кость и *kytos*- клетка) временно законсервированные клетки костной ткани.

**ОСЦИЛЛЯТОР** — (*oscillator*, от лат. *oscilo*- качаюсь) система или материальная точка, совершающая колебательное периодическое движение около положения устойчивого равновесия. Термин "осциллятор" применим к любой системе, если описывающие ее величины периодически изменяются во времени. Простейшие примеры осцилляторов в механике - колебания маятника, колебания груза, подвешенного на упругой пружинке.

В биомеханике рассматриваются периодические движения жгутиков, ресничек, локомоторных мышц.

## П

**ПАРЕНХИМА** — (*parenchyma*, от греч. *parenchyma*- налитое

рядом) у животных это ткань, предшествующая в филогенезе настоящей ткани. В физиологии паренхимой называют основную ткань легкого, печени, селезенки.

**ПЕЙСМЕКЕР** — (от англ. *pace maker*- задающий темп) группа нервных клеток, возбуждающихся самопроизвольно с определенной частотой и передающих свое возбуждение другим клеткам миокарда. Сердечный пейсмейкер образуют клетки, находящиеся в ушке правого предсердия и образующие синусовый узел. Эти клетки являются "водителями ритма" сокращений сердечной мышцы.

**ПЕРЕГРУЗКА** — состояние, при котором вес тела больше, чем на Земле.

**ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ТЕЛА** — вектор, соединяющий начальную точку траектории с конечной.

**ПЕРИСТАЛЬТИКА** — (*peristalsis*, от греч. *peristaltikos*- обхватывающий и сжимающий) - волнообразное сокращение стенок полых трубчатых органов (кишечник, желудок, мочеточники), способствующее передвижению их внутреннего содержимого в одном направлении.

Перистальтическое прокачивание возникает за счет скоординированного ритмичного сокращения продольной и поперечной гладкой мускулатуры в стенках органа. У человека ритм перистальтических волн в желудке составляет  $3 \text{ мин}^{-1}$ , а скорость  $v = 0.5 \text{ м/с}$ , а в кишечнике  $6 \text{ мин}^{-1}$ .

**ПЕРИОД КОЛЕБАНИЙ** — промежуток времени, за который совершается одно полное колебание.

**ПЕРИОД ОБРАЩЕНИЯ** — промежуток времени, за который тело совершает один оборот.

**ПЕРИОД ПОЛУРАСПАДА** — время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер.

## **ПЛАВАНИЕ.**

При плавании в движение вовлекаются все части тела. Биомеханика плавания связана с тем, что силы, тормозящие продвижение, значительны, переменны и действуют непрерывно. «Опора» на воду создается во время гребковых движений и остается переменной по величине.

Спортивное плавание включает 4 вида: вольный стиль, плавание на спине, брасс, баттерфляй.

**ПЛАСТИЧНОСТЬ** — (*plasticity*, от греч. *plastikos*- податливый) свойство твердых тел необратимо деформироваться под действием механической нагрузки или внутренних напряжений. При одноосном растяжении материала пластичность оценивается по величине удлинения, измеренного в момент разрушения образца. При циклической нагрузке-разгрузке образца вдали от предела прочности пластическая деформация определяется

величиной остаточной деформации ( $\epsilon$ ). Отсутствие или незначительная пластичность называется хрупкостью.

**ПЛЕЧО СИЛЫ** — кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы (лежащей в плоскости вращения).

**ПОДОМЕТРИЯ** — (*podometry*, от греч. *podos*- стопа и *metreo*- измеряю) измерение параметров различных отделов стопы – линейных размеров, конфигурации свода стопы и других данных, содержащих информацию об амортизирующих свойствах стопы.

**ПОЛОЖЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ** — положение, в котором тело может оставаться в покое сколь угодно долго.

**ПОЛОЖЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ НЕУСТОЙЧИВОЕ** — положение равновесия, при небольших отклонениях от которого возникает сила, стремящаяся увеличить это отклонение.

**ПОЛОЖЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ УСТОЙЧИВОЕ** — положение равновесия, при небольших отклонениях от которого возникает сила, стремящаяся вернуть тело в исходное состояние.

**Порог болевого ощущения** — минимальная интенсивность звука, восприятие которого сопровождается болевыми ощущениями.

**Порог слышимости** — минимальная интенсивность звука, воспринимаемая ухом человека.

**Порог неотпускающего тока** — минимальная сила тока, вызывающая такое сгибание сустава, при котором человек не может самостоятельно освободиться от проводника.

**Порог осязаемого тока** — минимальная сила тока, раздражающее действие которого ощущает человек.

**Поток излучения** — энергия, которую излучает вся поверхность тела за единицу времени.

**Потенциалы термодинамические** — функции определенного набора термодинамических параметров, позволяющие найти все термодинамические характеристики системы как функции этих параметров. Все термодинамические потенциалы связаны между собой, по каждому из них можно найти все остальные путем дифференцирования. *Примеры термодинамических потенциалов - внутренняя энергия, энтальпия, свободная энергия Гельмгольца, свободная энергия Гиббса.* Все потенциалы широко используются в биологической термодинамике, при построении моделей биологических сплошных сред.

## **ПРЫЖКИ.**

При прыжках обе ноги после сгибания в главных суставах (тазобедренном, коленных и голеностопных) выпрямляются быстрым и

сильным сокращением разгибателей и отрываются от земли толчком, который передается телу.

### **ПРЫЖКИ В ДЛИНУ С РАЗБЕГА.**

Чем быстрее человек бежит, тем дальше он может прыгнуть. Кинетическая энергия бега может также использоваться при прыжках в высоту (на этом основаны прыжки с шестом). Когда прыжок осуществляется с места, каждая из участвующих при этом мышц сокращается только один раз. Максимальная сила, развиваемая мышцей, пропорциональна площади ее поперечного сечения. Возможное укорочение мышцы пропорционально ее длине. Следовательно, работа, которую может совершить мышца при одном сокращении, пропорциональна произведению ее длины на площадь поперечного сечения (ее объему).

### **ПРЫЖКИ В ВОДУ.**

Эти прыжки относятся к технико-композиционным видам спорта и включают в себя прыжки с трамплина и с вышки. Главным элементом техники прыжка с трамплина и вышки является разбег, толчок, фаза полета и вход в воду. Выполнение прыжка зависит от толчка. Направлением толчка определяется траектория полета, которую спортсмен не может изменить в фазе полета.

**ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ** — напряжение, при котором начинается разрушение образца. Предел прочности зависит от способа деформирования.

**ПРЕДЕЛ УПРУГОСТИ** — напряжение, ниже которого деформация сохраняет упругий характер. Значение предела прочности зависит от порядка приложения нагрузок, от температуры среды и других факторов.

**ПРОЧНОСТЬ** — способность тел выдерживать без разрушения приложенную к ним нагрузку. Существуют различные количественные характеристики прочности тела - предел текучести, предел упругости и другие, проявляющиеся на графике зависимости напряжения от деформации.

**ПУТЬ, ПРОЙДЕННЫЙ ТЕЛОМ** — длина траектории.

# **Р**

**РАВНОВЕСИЕ ТЕЛА** - такое положение тела, которое сохраняется без дополнительных воздействий. Опираясь на уравнения динамики поступательного и вращательного движений, можно сформулировать следующие условия равновесия твердого тела.

• Тело не начнет двигаться поступательно, если сумма сил, действующих на него, равна нулю:

$$F_1 + F_2 + F_3 + \dots = 0.$$

• Тело не придет во вращательное движение, если для любой оси сумма моментов сил, действующих на него, равна нулю:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0.$$

Равенство называется **правилом моментов**.

Условиями равновесия покоящегося тела являются одновременное равенство нулю *суммы сил* и *суммы моментов сил*, действующих на тело.

**РАДИОАКТИВНОСТЬ** — способность некоторых атомных ядер самопроизвольно (спонтанно) превращаться в другие ядра с испусканием частиц.

**РАЗРУШЕНИЕ** — макроскопическое нарушение целостности тела (материала) в результате механических или каких-либо иных воздействий.

### **РАЗВИТИЕ ЛОВКОСТИ.**

Для развития ловкости используют спортивные игры, борьбу, спортивную гимнастику. Развитие ловкости связано с возрастом, полом и типом телосложения.

### **РАЗВИТИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ.**

*Выносливость* – способность человека выполнять работу длительное время без снижения работоспособности. Основным фактором, лимитирующим продолжение работы, является утомление. Раннее наступление утомления свидетельствует о недостаточном развитии выносливости. Более позднее развитие утомления - следствие повышения уровня развития выносливости.

Различают *общую* и *специальную* выносливость. Общая выносливость приобретает при разносторонней физической подготовке, но обязательно должны включаться тренировки (бег по пересеченной местности, ходьба на лыжах).

Выносливость имеет специфические особенности в определенном виде спорта. *Например, легкоатлеты – стайеры (лыжники-гонщики) обладают значительно большей выносливостью в беге на длинные дистанции, чем тяжелоатлеты и борцы. В то же время легкоатлеты в подъеме тяжестей менее выносливы. Мышечная деятельность легкоатлетов происходит в аэробном режиме, а у тяжелоатлетов – в близких к анаэробным условиям.*

### **РАЗВИТИЕ ГИБКОСТИ.**

*Гибкость* (подвижность суставов) – определяют как способность человека выполнять движения с большей или меньшей по величине предельной амплитудой. Если доступна большая амплитуда движений, значит мышцы-антагонисты легко растягиваются и оказывают меньшее сопротивление мощным агонистам, сокращение которых обеспечивает выполнение упражнений. Отмечено, что с ростом мышечной силы значительно уменьшается подвижность в суставах. Кроме того, на гибкость влияет

генетическая предрасположенность к гибкости, к ее развитию. Не у всех можно развивать гибкость. В связи с этим, при отборе в спортивные секции используют тест на гибкость.

**РАСТЯЖЕНИЕ - СЖАТИЕ** — виды деформации тела под действием сил, равнодействующая которых направлена по оси центров тяжести его поперечных сечений. При этом силы могут быть приложены к концам стержня или распределены по его длине.

Под действием растягивающих сил расстояния между поперечными сечениями стержня увеличиваются, а под действием сжимающих сил - уменьшаются.

Следовательно, при растяжении стержня  $L > L_0$  и  $\varepsilon = (L-L_0)/L_0 > 0$ , а при сжатии  $L < L_0$  и  $\varepsilon < 0$ .

**РЕЗОНАНС** — резкое увеличение амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы с частотой свободных колебаний.

**РЕЗОРБЦИЯ** — (*resorption*, от лат. *resorbeo*- поглощаю) процессы всасывания различных веществ в кровь и в лимфу, протекающие в пищеварительном тракте, на поверхности кожи, в полостях легких, плевры. Этим термином также называют процессы рассасывания (растворения) кости (*osteolysis*) при некоторых заболеваниях.

**РЕЛАКСАЦИЯ** — (*relaxation*, от лат. *relaxatio*- ослабление) процесс установления термодинамического равновесия (полного или частичного) в системе, состоящей из большого числа частиц. В биомеханике рассматривается релаксация как процесс установления равновесного состояния биологической ткани (материала), которое было нарушено внешними нагрузками. В физиологии под релаксацией понимают расслабление или резкое падение тонуса мышц.

**РЕОЛОГИЯ** — (*rheology*, от греч. *rheos*- течение, поток) область науки, посвященная исследованию свойств течений и деформаций реальных сред, обладающих, как правило, целым рядом свойств - упругостью, вязкостью, пластичностью и другими. Реология изучает процессы, связанные с остаточными деформациями тел (последствие), процессы, развивающиеся во времени (релаксация, "память" материалов).

**РИТМ ДВИЖЕНИЙ** — мера соотношения частей движений. Он определяется по соотношению промежутков времени (длительностей частей движений):

$$\Delta t_{2-1} : \Delta t_{2-3} : \Delta t_{4-3} \dots$$

**РИТМ РАБОТЫ** — определенная последовательность чередования рабочих операций и их отдельных элементов в процессе деятельности.

**РЫЧАГ** — твердое тело чаще в виде стержня, которое может вращаться (поворачиваться) вокруг неподвижной оси или опоры. При *равновесии рычага* под действием двух параллельных сил ось вращения делит

расстояние между точками приложения сил на отрезки обратно пропорциональные величинам сил.

Равновесие рычага наступает при условии, что отношение приложенных к его концам параллельных сил обратно отношению плеч и моменты этих сил противоположны по знаку. Поэтому, прикладывая небольшую силу к длинному концу рычага, можно уравновесить гораздо большую силу, приложенную к короткому концу рычага. В зависимости от взаимного расположения точек приложения сил и оси различают рычаги 1-го и 2-го рода:

**РЫЧАГ 1-ГО РОДА.** Силы расположены по обе стороны от оси. Подобными рычагами являются длинный шест, с помощью которого поднимают тяжелый камень.

**РЫЧАГ 2-ГО РОДА.** Силы расположены по одну сторону от опоры. К данному виду относится, н-р, *тачка, при использовании которой усилие рук приложено на «максимальном» расстоянии от оси колеса (максимальное плечо), что позволяет перевозить большие грузы.*

Применение рычага в механизмах дает выигрыш в силе, при этом столько же проигрывается в перемещении. Рычаг не дает выигрыша в работе.

Многие суставы работают по принципу рычага второго рода. При этом мышцы, действуют на *меньшее плечо* рычага. Это приводит к *проигрышу в силе*, и к *выигрышу в перемещении и скорости*. В результате, при сравнительно малом по протяженности движении мышцы, звено или конечность описывают значительно большую траекторию.

Эта особенность в строении костно-мышечных узлов должна вызвать дополнительные осложнения в центральном регулировании движения, так как увеличение траектории перемещения звеньев сочетается с большим количеством степеней свободы подвижности, присущих человеческому телу как кинематической цепи.

**С СВОБОДНОЕ ПАДЕНИЕ** — падение тела, происходящее под действием единственной силы — силы тяжести.

**СВОБОДНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ** — колебательные движения системы, выведенной из положения равновесия вследствие начального смещения или сообщения начальной скорости.

**СВЯЗКИ** — плотные соединительнотканые нити, тяжи и пластины, соединяющие кости скелета или отдельные органы. Связки суставов укрепляют их, способствуют ограничению движений костей в суставах или же определенным образом направляют движения костей.

**СЕДИМЕНТАЦИЯ** — (*sedimentation*, от лат. *sedimentum*- оседание) оседание частиц, находящихся в жидкой или газообразной среде, вызванное внешним силовым полем (гравитацией, центробежными силами). Седиментация используется для разделения жидких биологических тканей на фракции. Седиментация эритроцитов крови в поле центробежных сил с последующим определением объема осадка позволяет оценить показатель гематокрита *Ht*. Скорость седиментации эритроцитов в поле сил тяжести является диагностическим тестом в клинике.

В биомеханике строятся модели седиментации эритроцитов в силовом поле, позволяющие адекватно трактовать результаты клинических исследований.

**СЕЙСМОКАРДИОГРАФИЯ** — метод регистрации механических колебаний тела человека, вызванных работой сердца.

**СЕРОЕ ТЕЛО** — тело, для которого коэффициент поглощения не зависит от длины волны.

**СИЛА** — векторная величина, характеризующая воздействие, оказываемое на тело другими телами или векторная величина, равная произведению массы тела на его ускорение относительно инерциальной системы отсчета:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}.$$

Единица измерения силы в системе СИ называется *ньютон*:  $\mathbf{H} = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$

**СИЛА В НЕИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОТСЧЁТА** — векторная сумма сил тяготения и инерции.

**СИЛА ИНЕРЦИИ** — векторная величина, равная произведению массы тела на ускорение системы отсчета, и направленная в сторону, противоположную ускорению системы.

**СИЛА КОНСЕРВАТИВНАЯ** — сила, работа которой при перемещении тела по замкнутому контуру равняется нулю.

**СИЛА ТРЕНИЯ ПОКОЯ** — сила, возникающая на границе соприкасающихся тел при отсутствии их относительного движения.

**СИЛА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ** — сила, возникающая на границе соприкасающихся тел при их относительном движении.

**СИЛА ТАНГЕНЦИАЛЬНАЯ** — проекция равнодействующей силы на касательную к окружности, проведенную в той точке, в которой в данный момент находится тело. Роль этой силы – обеспечение изменения *величины* скорости.

**СИЛА ТЯГОТЕНИЯ** — гравитационная сила, действующая на тело в соответствии с законом всемирного тяготения.

**СИЛА УПРУГОСТИ** — сила, возникающая при деформации тела и направленная в сторону, противоположную смещению частиц тела.

**СИЛА ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНАЯ** — проекция равнодействующей силы на тот радиус окружности, на котором в данный момент находится тело. Роль этой силы – она вызывает изменение *направления* движения.

**СИСТЕМА ОТСЧЁТА** — тело, относительно которого указывают положения других тел, связанная с ним система координат и часы для измерения времени.

Выбор тела отсчета, системы координат и точки, в которую помещается ее начало, зависит от решаемой задачи. *Например, для того, чтобы указать положение марафонца на дистанции, систему координат связывают с Землей, а начало отсчета помещают в месте старта. Если же требуется описать движение гимнаста, крутящего «солнце» на перекладине, то начало координат связывают с перекладиной.* Тип выбираемой системы координат также определяется особенностями решаемой задачи.

В *прямоугольной системе* положение тела указывается с помощью его координат по двум осям. В *полярной системе* для определения положения тела указывают его удаление от начала отсчета ( $R$ ) и угол ( $\varphi$ ), который радиус-вектор тела образует с выбранным направлением (ось  $X$ ). Понятно, что для тела, размеры которого значительны, этого не достаточно.

Во многих случаях размеры тел при описании их движения не имеют существенного значения. *Например, не имеют значения размеры планет при описании их движения вокруг Солнца.* В этих случаях тела называют *материальными точками*.

**СИСТЕМА ОТСЧЁТА ИНЕРЦИАЛЬНАЯ** — система отсчета, относительно которой тело (материальная точка) движется равномерно и прямолинейно или сохраняет состояние покоя, если на него не действуют другие тела.

**СИСТЕМА ТЕЛ ЗАМКНУТАЯ** — система, в которой тела взаимодействуют только между собой и не взаимодействуют с другими телами.

**СИНОВИАЛЬНАЯ ЖИДКОСТЬ** — вязкая прозрачная жидкость, заполняющая полости суставов, синовиальные сумки. Синовия является диализатом плазмы крови и содержит химические вещества, присутствующие в плазме крови, а также гиалуроновую кислоту, продуцируемую клетками синовиальной оболочки суставной сумки. В норме в коленном суставе содержится 1-2 мл жидкости, а при воспалении сустава - более 100 мл. В 1 мл синовии в норме содержится около 15-200 клеток - лимфоцитов, моноцитов, макрофагов.

При воспалении сустава их количество может возрасти до нескольких десятков тысяч.

**СКАЛЯР** — (*scalar*, от лат. *scalaris*- ступенчатый) - величина, каждое значение которой выражается одним действительным числом и не меняется

при переходе в другую пространственную систему координат, вследствие чего совокупность скалярных значений можно изобразить на линейной шкале (шкале - отсюда и название). Примеры скалярных величин биомеханики - линейный размер, площадь тела, время, температура, масса органа, тела, объем тела, объем вдыхаемого воздуха, артериальное давление.

**СКОРОСТЬ ВОЛНЫ** — скорость перемещения волнового фронта.

**СКОРОСТЬ МГНОВЕННАЯ** — предел, к которому стремится отношение перемещения тела в окрестности данной точки ко времени при неограниченном уменьшении интервала.

Размерность скорости в системе СИ - м/с.

Часто скорость указывают в других единицах (например, в км/ч). При необходимости такие значения можно перевести в СИ. *Например,  $54 \text{ км/ч} = 54000 \text{ м} / 3600 \text{ с} = 15 \text{ м/с}$ .*

Для одномерного случая мгновенная скорость равна производной от координаты тела по времени:

$$V = dx / dt.$$

При равномерном движении величины средней и мгновенной скорости совпадают и остаются неизменными.

Мгновенная скорость - величина векторная.

Во время забега мгновенная скорость бегуна меняется. Особенно существенны такие изменения в спринте. На рис. 3 приводится пример такого изменения для дистанции 200 м.

Бегун начинает движение из состояния покоя и разгоняется, пока не достигнет максимальной скорости. Для бегуна-мужчины время ускорения приблизительно 2 с, а максимальная скорость приближается к 10,5 м/с.

Причина того, что бегун не может долго поддерживать свою максимальную скорость движения, состоит в том, что он начинает испытывать недостаток кислорода. Тело содержит кислород, запасенный в мышцах, а в дальнейшем получает его при дыхании. Поэтому спринтер может поддерживать свою максимальную скорость до тех пор, пока не израсходует запас кислорода. Это кислородное истощение наступает на дистанции около 300 м. Следовательно, для больших дистанций бегун должен ограничивать себя скоростью меньше максимальной. Чем длиннее дистанция, тем меньше должна быть скорость, чтобы кислорода хватило на весь забег. Только спринтеры бегут на максимальной скорости всю дистанцию.

На соревнованиях бегун обычно стремится либо победить соперника, либо установить рекорд. От этого зависит стратегия забега. При установлении рекорда оптимальной стратегией будет та, при которой выбирается скорость, соответствующая полному истощению запаса кислорода к моменту пересечения финиша.

**СКОРОСТЬ ПАДЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНАЯ** — максимальная скорость, которой достигает тело в процессе падения.

**СКОРОСТЬ СРЕДНЯЯ** — отношение пройденного телом пути ко времени движения.

**СКОРОСТЬ УГЛОВАЯ** — отношение угла поворота радиус-вектора точки (тела) ко времени, за которое совершен поворот при равномерном вращательном движении.

**СПЕКТР АКУСТИЧЕСКИЙ** — совокупность всех частот с указанием их относительной интенсивности, на которые раскладывается данный сложный тон.

**СТАБИЛОГРАФИЯ** — (*stabilography*, от лат. *stabilis*- устойчивый и греч. *grapho*- пишу) метод оценки способности спортсмена удерживать проекцию центра масс в пределах координат границы площади опоры. Графическая регистрация колебаний центра тяжести человека в положении стоя.

Метод стабиллографии позволяет исследовать вестибулярный аппарат, механизмы поддержания вертикальной позы и тонус мышц. Прибор стабиллограф состоит из жесткой платформы, опирающейся на упругие элементы, деформация которых под действием давления стоящего на платформе испытуемого воспринимается тензопреобразователями, чаще тензорезистивными. Специальная электрическая схема воспринимает перераспределение усилий в опорах, вызванное перемещениями центра тяжести тела в направлениях вперед-назад и вправо-влево.

Характеристиками колебаний центра тяжести являются амплитудно-частотные параметры, запись которых осуществляется на движущуюся бумажную ленту (как в электрокардиограмме) или посредством аналого-цифрового преобразователя заносится в компьютер.

**СТАТИКА** — (*statics*, от греч. *statike*- учение о весе, равновесии) раздел механики (в ч. динамики), изучающий условия равновесия упруго деформируемых тел, жидкостей и газов под действием сил. Любую систему сил, действующих на тело, можно описать равнодействующей и общим моментом сил относительно центра приложения равнодействующей. Необходимым и достаточным условием равновесия является равенство нулю равнодействующей и общего момента. Из этих условий получают уравнения, которым должны удовлетворять силы, под действием которых тело находится в равновесии. В биомеханике рассматриваются задачи статики растений (тонких вертикальных стеблей, деревьев), отдельных элементов скелета животных, например, длительное поддержание определенной позы, удерживание груза, концентрация напряжений в отдельных участках скелета при равновесии.

**СТАТОКИНЕЗИГРАММА** — траектория, которую описывает в горизонтальной плоскости центр масс тела стоящего человека.

**СТАТОКИНЕЗИМЕТРИЯ** — метод оценки способности спортсмена сохранять вертикальную позу.

**СУСПЕНЗИЯ** — (*suspension*, от лат. *suspensio*- подвешивание) дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой (растворителем) и твердой дисперсной фазой, частицы которой достаточно крупны (инертны), чтобы противодействовать броуновскому движению. В отличие от дисперсных систем с более мелкими частицами, частицы суспензий достаточно быстро всплывают или выпадают в осадок. В биомеханике исследуется, например, суспензия крови с жидкой дисперсионной фазой (плазма крови) и дисперсными частицами (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты), окруженными плотной оболочкой (мембраной).

**СУСТАВ** — подвижное соединение костей, позволяющее им перемещаться друг относительно друга. В биомеханике исследуются условия работы сустава под действием нагрузки и без неё.

**СУХОЖИЛИЕ** — плотная соединительнотканная часть мышцы, посредством которой она прикрепляется к костям, фасциям.

**Т**

**ТАКСИС** — (*taxis*, от греч. *taxis*- расположение) – направленное движение организмов простейших, отдельных клеток или их органелл под влиянием некоторого стимула. Различают фототаксис (движение под действием света), термотаксис (движение под действием перепада температур), хемотаксис (движение под действием привлекающего вещества - аттрактанта или отталкивающего - репеллента) и других. В биомеханике строятся модели коллективных движений (таксисов) в популяциях микроорганизмов (клеток) и исследуются свойства этих движений.

**ТВЁРДОСТЬ** — сопротивление материала местной пластической деформации, возникающей при внедрении в него более твердого тела - индентора.

**ТЕМБР ЗВУКА** — физиологическая характеристика звука, определяемая его гармоническим спектром.

**ТЕМП ДВИЖЕНИЙ** — мера повторяемости движений. Он измеряется количеством движений, повторяющихся в единицу времени — частотой движений):

$$N = 1/ \Delta t.$$

В повторных движениях одинаковой длительности темп характеризует их протекание во времени. Темп - величина, обратная длительности движений. Чем больше длительность каждого движения, тем меньше темп, и наоборот.

**ТЕМП РАБОТЫ** — число последовательно выполняемых операций в единицу времени.

**ТЕНЗОДАТЧИК, ТЕНЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ** — (*tensotransmitter*, от лат. *thensus-* напряженный) - измерительный преобразователь в виде тензорезистора, сопротивление которого меняется под влиянием деформации тела. В качестве тензодатчика могут использоваться проволочная рамка, оптические, акустические, электромеханические датчики. Проволочный датчик, например, состоит из нескольких петель тонкой проволоки диаметром 10-30 мкм, наклеенных на слой бумаги или лака. Датчик крепится на объект и в результате деформации объекта омическое сопротивление проволочной детали меняется, что регистрируется с помощью соответствующих электрических схем.

**ТЕНЗОМЕТР** — (*tensometer*, от лат. *thensus-* напряженный и от греч. *metron-* мера) прибор для измерения деформаций твердых тел, содержащий тензодатчик и регистрирующее устройство. В биомеханике тензометры используются для определения напряжений, возникающих в опорно-двигательной системе при поддержании позы, в процессе движения особи.

**ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ** — электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возникающее за счет его внутренней энергии.

**ТЕПЛОВОЙ ПОТОК** — величина, равная количеству теплоты, передаваемому через данную поверхность за единицу времени.

**ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ** — процесс передачи теплоты от более нагретых частей системы к менее нагретым, происходящий без переноса массы вещества и без излучения электромагнитных волн.

**ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ УДЕЛЬНАЯ** — количество теплоты, выделяемой единицей массы тела за 1 с.

**ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ (физиологическое понятие)** — образование тепла в организме за счет обменных процессов.

**ТЕПЛООТДАЧА** — выделение организмом в окружающую среду теплоты, образующейся в процессе его жизнедеятельности или полученной извне. Теплоотдача происходит путем конвекции (у человека это около 25% общего количества отдаваемой теплоты), испарения (около 25%) и излучения (около 50%).

**ТЕПЛОПЕРЕДАЧА** — процесс переноса теплоты в объеме вещества или от одной среды к другой через разделяющую их поверхность или стенку. В биомеханике исследуются процессы теплопередачи в ткани через стенки кровеносных сосудов с потоком крови, теплопередача в легких и др..

**ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ** — процессы в организме, обеспечивающие поддержание температуры тела в пределах ограниченного диапазона температур.

**ТЕРМОРЕЦЕПЦИЯ** — (*thermoreception*, от греч. *therme*- тепло и лат. *receptio*- принятие) осуществляемое рецепторами (чувствительными нервными окончаниями) восприятие изменений температуры тела и окружающей среды.

**ТЕРМОДИНАМИКА** — раздел физики, изучающий наиболее общие свойства макроскопических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, а также процессы перехода между этими состояниями. Термодинамика базируется на основе трех фундаментальных принципов (начал, законов), являющихся обобщениями многочисленных наблюдений и экспериментов. Термодинамика неравновесных процессов - это раздел физики, посвященный изучению неравновесных процессов - вязкости, диффузии, тепло- и электропроводности - на основе законов и положений термодинамики.

Термодинамика неравновесных процессов является теоретической основой исследования открытых систем, в том числе живых организмов.

**ТИКСОТРОПИЯ** — (*thixotropy*, от греч. *thixis*- прикосновение и *tropo*- изменение) свойство дисперсных систем, связанное с разрушением внутренней структуры и "разжижением" среды при достаточно интенсивных механических воздействиях (перемешивании, встряхивании) и способностью среды восстанавливать исходную структуру (терять текучесть, "отвердевать") в покое, после прекращения воздействия. В таких средах вязкость  $\eta$  зависит от параметров, характеризующих структуру среды. Степень разрушения и восстановления структуры определяется длительностью действия нагрузки и временем, прошедшим после снятия последней. Поэтому для тиксотропных сред характерны временные свойства (изменение свойств со временем) и такие среды называют средами с памятью. Тиксотропия - это характерное свойство сред, частицы которых способны слипаться, образовывать агрегаты, коагулировать. В биомеханике исследуются тиксотропные свойства крови, связанные со способностью эритроцитов образовывать агрегаты, тромбы, сложные пространственные структуры, разрушающиеся при движении крови и вновь возникающие при ее остановке.

**ТОН** — звук, представляющий собой периодический процесс.

**ТРАЕКТОРИЯ** — линия, которую описывает движущаяся точка по отношению к данной системе отсчета.

**ТРОМБОЭЛАСТОГРАФ** — прибор для изучения реологических свойств крови в процессе ее свертывания, устройство которого сходно с устройством ротационного вискозиметра. В промежуток между двумя коаксиально расположенными цилиндрическими стаканчиками помещается порция крови без антикоагулянта. Один стаканчик колеблется с заданной угловой частотой и небольшим углом отклонения (порядка нескольких градусов), а на другом регистрируется изменение угла колебаний в течение свертывания крови.

Интерпретация результатов графической регистрации тромбоэластограммы является задачей биомеханики.

**ТУРБУЛЕНТНОСТЬ** — явление возникновения хаотических флуктуаций гидродинамических и термодинамических характеристик жидкостей и газов - скорости, давления, температуры и других. Вследствие этого параметры среды меняются с течением времени и от точки к точке среды нерегулярно, хаотично. Этим турбулентные течения отличаются от ламинарных течений, имеющих регулярный характер и изменяющихся во времени лишь при изменении действующих сил или внешних условий. Турбулентность возникает при определенных условиях вследствие гидродинамической неустойчивости ламинарного течения при превышении некоторого критического числа Рейнольдса ( $Re > Re^*$ ). При переходе числа Рейнольдса через критическое значение ламинарное течение теряет устойчивость и развивается турбулентность. Для течения вязкой жидкости в цилиндрической трубе кругового сечения  $Re^* \sim 1200$ . Вследствие нерегулярности гидродинамического течения при турбулентности применяется статистическое описание характеристик движущейся среды.

**У**

**УДАР** — столкновение между двумя телами, при котором силы взаимодействия столь велики, что можно пренебречь всеми остальными силами.

**УДАР АБСОЛЮТНО НЕУПРУГИЙ** — удар, после которого столкнувшиеся тела движутся как единое целое.

**УДАР АБСОЛЮТНО УПРУГИЙ** — удар, при котором не происходит необратимых преобразований кинетической энергии во внутреннюю энергию тел.

**УРОВЕНЬ ИНТЕНСИВНОСТИ** — величина, равная десятичному логарифму отношения интенсивности данного звука к интенсивности звука на пороге слышимости.

**УСКОРЕНИЕ ЛИНЕЙНОЕ** — векторная величина, равная пределу, к которому стремится отношение изменения вектора скорости ко времени этого изменения, при неограниченном уменьшении интервала времени.

**УСКОРЕНИЕ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЕ** — составляющая полного ускорения, направленная по касательной к траектории.

**УСКОРЕНИЕ УГЛОВОЕ** — предел, к которому стремится отношение изменения угловой скорости ко времени этого изменения при неограниченном уменьшении интервала времени.

**УСКОРЕНИЕ ЦЕНТРОСТРЕМИТЕЛЬНОЕ** — ускорение, направленное к центру при равномерном движении по окружности.

**УСТАЛОСТЬ** — процесс накопления повреждений в материале под действием циклически меняющихся напряжений, которые по своей величине не превышают предела упругости  $\sigma_e$ . Сопротивление материала усталости называется выносливостью.

**УПРУГОСТЬ** — это свойство макроскопических тел сопротивляться изменению их объема или формы под действием механических напряжений и самопроизвольно восстанавливать исходное состояние при прекращении воздействия. При статической нагрузке упругость проявляют все твердые тела. При быстрых резких воздействиях (время воздействия  $t$  много меньше времени релаксации касательных напряжений  $\tau : t \ll \tau$ ) упругость проявляют жидкости. Состояние упругодеформируемого тела характеризуется компонентами тензора деформаций  $\varepsilon_{ik}$  в каждой точке тела. Упругие свойства описываются модулями упругости Юнга ( $E$ ), Пуассона ( $\nu$ ) и модулем сдвига ( $G$ ).

## Ф, Х, Ц

**ФАЗА** — совокупность частей термодинамической системы, одинаковых по всем химическим и физическим свойствам, независящим от количества вещества. Например, система лед-вода-пар состоит из трех фаз, совпадающих с агрегатными состояниями вещества. Системы, состоящие из помещенных в жидкость биологических клеток, например, суспензии бактерий, кровь, - являются двухфазными (одна фаза - клетки, другая - жидкость).

**ФАРМАКОЛОГИЯ** — (*pharmacology*, от греч. *pharmakon*- лекарство и *logos*- учение) - наука, изучающая действие лекарственных веществ на организм человека и животных.

**ФАСЦИЯ** — (*fascia*, от лат. *fascia*- повязка, полоса) - соединительнотканная оболочка, покрывающая органы, кровеносные сосуды, нервные волокна, образующая чехлы (футляры) мышц у позвоночных животных и человека.

**ФЕНОМЕНОЛОГИЯ** — (*phenomenology*, от греч. *phainomenon*- являющееся, феномен и *logos*- закон) учение о явлениях, феноменах.

В физике рассматриваются феноменологические модели - это модели, основанные на эмпирическом опыте, использующие эмпирически полученные зависимости. Область использования таких зависимостей обычно довольно широка. Так, например, закон упругости тел, полученный Гуком для твердых тел, имеющих кристаллическую решетку, может использоваться для моделирования свойств твердых тел с другой структурой, вязкоупругих твердых тел и др. При этом основанием для использования закона Гука при построении моделей сред со сложными свойствами является эмпирический опыт.

**ФЕРРОМАГНЕТИКИ** — вещества, обладающие ферромагнитными свойствами - параллельной ориентацией магнитных моментов атомных носителей магнетизма. В биомеханике исследуются вопросы использования ферромагнетиков в качестве носителей лекарственных препаратов для прямой доставки их к пораженному органу при помощи внешнего магнитного поля, вопросы использования ферромагнитных приспособлений для коррекции искривлений грудной клетки, сужения артерий, пищевода, а также магнитные свойства крови, связанные с присутствием в эритроцитах ферромагнитных атомов железа в составе молекул гемоглобина.

**ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ** — в термодинамике, функция состояния независимых параметров, определяющих состояние термодинамической системы. К характеристическим функциям относятся потенциалы термодинамические и энтропия. Посредством характеристической функции и ее производных по независимым параметрам (объему, температуре и др.) могут быть выражены все термодинамические свойства системы. Характеристическая функция аддитивна: характеристическая функция всей системы равна сумме характеристических функций ее частей.

**ЦЕНТР МАСС (ЦЕНТР ИНЕРЦИИ)** — точка, характеризующая распределение масс в механической системе. При движении системы центр масс движется как материальная точка, в которой сосредоточена масса всей системы и на которую действуют все внешние силы, приложенные к системе.

**ЦЕНТР ТЯЖЕСТИ ТЕЛА** — точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести, действующих на все частицы тела, равна нулю. Если поле тяжести однородно, то центр тяжести совпадает с центром масс.

# Ч

**ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ** — число оборотов, совершаемых телом за единицу времени.

**ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ** — число колебаний, совершаемых телом за единицу времени.

**ЧИСЛО РЕЙНОЛЬДСА** — (Reynolds number)

$Re = \rho v L / \eta$ , где  $\rho$  и  $\eta$  - плотность и вязкость жидкости,  $v$  - скорость ее движения,  $L$  - характерный размер задачи, например, диаметр кровеносного сосуда или трубки, размах крыльев птицы или длина тела рыбы.

Если течения жидкостей с разными плотностями и вязкостями происходят с разными значениями скорости, но при одинаковых числах Рейнольдса, то такие течения подобны, то есть движения соответствующих частиц жидкостей происходят сходным образом, по подобным траекториям. Число Рейнольдса определяет также характер течения жидкости. Если значение  $Re$  не превышает некоторое критическое значение  $Re^*$ , то есть  $Re < Re^*$ , то

течение ламинарное. При  $Re > Re^*$  течение становится турбулентным. Для широкого класса жидкостей  $Re^* = 1200$ .

Число Рейнольдса очень полезно с точки зрения моделирования потоков в различных жидкостях и газах, поскольку их поведение зависит не от реальной вязкости, плотности, скорости и линейных размеров элемента потока, а лишь от их соотношения, выражаемого числом Рейнольдса. Благодаря этому можно, например, поместить в аэродинамическую трубу уменьшенную модель самолета и подобрать скорость потока таким образом, чтобы число Рейнольдса соответствовало реальной ситуации полномасштабного самолета в полете. (Сегодня, с развитием мощной компьютерной техники, нужда в аэродинамических трубах отпала, поскольку воздушные потоки можно смоделировать на компьютере. В частности, первым гражданским авиалайнером, полностью спроектированным исключительно с использованием компьютерного моделирования, стал «Боинг-747». В этой связи любопытно отметить, что при проектировании гоночных яхт и высотных зданий до сих пор практикуется их «обкатка» в аэродинамических трубах.)

## Ш, Щ

### ШКАЛА ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ

— принятая по соглашению последовательность значений, присваиваемых физической величине по мере ее возрастания (или убывания). Обычно эта последовательность определяется принятым методом измерений величины. *Например: температурные шкалы, шкалы твёрдости по Роквеллу, Виккерсу, Бринеллю.*

**ШКАЛА ТЕМПЕРАТУРНАЯ.** Система сопоставимых числовых значений температуры. Температура не является непосредственно измеряемой величиной; её значение определяют по температурному изменению какого-либо удобного для измерения физического свойства термометрического вещества. Выбрав термометрическое вещество и свойство, необходимо задать начальную точку отсчёта и размер единицы температуры — градус.

**ШУМ** — звук, имеющий сложную, неповторяющуюся временную структуру, сочетание беспорядочно изменяющихся сложных тонов.

## Э

**ЭРГОМЕТР** — прибор предназначенный для измерения работы человека. *Например, велоэргометр предназначен для измерения полезной работы и мощности при езде на велосипеде. Для этого через обод колеса, которое вращает испытуемый, перекинута стальная лента. Сила*

*трения между лентой и ободом колеса измеряется динамометром. Вся работа испытуемого затрачивается на преодоление трения. Умножая длину окружности колеса на силу трения, находят работу, совершенную при каждом обороте. Зная число оборотов и время испытания, определяют полную работу и среднюю мощность.*

### **ЭНЕРГЕТИКА БЕГА.**

Предположим, что бегун передвигается с постоянной скоростью по горизонтальной поверхности. Работа, которая при этом совершается, сводится к преодолению трения и сопротивления воздуха. При беге действие трения невелико, но, тем не менее, бег с постоянной скоростью связан со значительными затратами энергии. Энергия тратится на движение тела бегуна вверх-вниз и на отталкивание ногами от почвы. Кроме того, тело бегуна превращает энергию в теплоту. Дополнительная причина потери энергии заключается в том, что ноги бегуна, масса которых составляет примерно 40% от массы тела, в процессе бега постоянно ускоряются и тормозятся. Поэтому работа, выполняемая мышцами ног для поддержания движения тела вперед с постоянной скоростью, велика.

### **ЭНЕРГЕТИКА ПЛОВЦА.**

Когда человек плавает, он сообщает некоторое количество энергии воде, чтобы продвинуться в ней. Это создает волну, которая, в конечном счете потеряет свою сообщенную ей энергию в виде тепла, и поверхность воды снова станет спокойной. Затраченная таким образом при плавании энергия представляет собой совершенную работу и тепло, потерянное телом пловца.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СВЕТИМОСТЬ** — энергия теплового излучения, испускаемая с единичной поверхности тела за единицу времени.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СВЕТИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ (ИСПУСКАТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ)** — отношение энергетической светимости в узком участке спектра к ширине этого участка.

**ЭНЕРГИЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОЛНАЯ** — сумма потенциальной и кинетической энергий тела или системы тел.

**ЭНЕРГИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕЛА** — скалярная величина, равная работе, совершаемой консервативной силой, при переходе тела из данного положения на выбранный уровень отсчета.

**ЭНЕРГИЯ ТЕЛА КИНЕТИЧЕСКАЯ** — энергия, которой тело обладает вследствие движения.

**ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ БИОМЕХАНИКА** — раздел биомеханики, изучающий движения человека. Данные эргономической биомеханики используются при рационализации управляющих движений человека, выборе формы и размеров органов управления, конструировании рабочих сидений. Эргономическая биомеханика изучает также влияние вибраций на человека. Большое внимание уделяется моделированию движений человека в

целом и отдельных его органов (*например, руки, глаза, туловища и др.*). Для моделирования рабочих движений большое значение имеет установление зависимости изменения суставных углов в суставах руки от времени. Знание аналитических зависимостей изменения суставных углов в процессе движения позволяет вычислить любое промежуточное значение исследуемого угла в каждый момент времени. Это имеет большое значение для рационализации рабочих движений.

**Ю, Я ЮСТИРОВКА** — (от лат. *justus*- правильный), совокупность операций по приведению средств измерений в состояние, обеспечивающее их правильное функционирование. Юстировкой устраняют погрешности, выявленные при контроле или поверке средств измерений. Основные юстировочные операции: проверка состояния средства измерения; регулирование взаимного расположения деталей и узлов при помощи винтов, прокладок и т.д.; устранение дефектов при помощи шлифовки, притирки, доводки; замена отдельных деталей и узлов. Юстировка оптических систем заключается, главным образом, в регулировании взаимного расположения оптических деталей (линз, призм, зеркал) с целью их центрирования и обеспечения высокого качества изображения. В оптических системах обычно предусматриваются устройства, регулирующие положение оптических деталей и их закрепление при юстировке. Термин «Юстировка» обычно применяется в отношении измерительных приборов, в частности оптикомеханических; в отношении механизмов чаще применяют термин «регулировка».

**ЯДЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ** — совокупность методов исследования атомных ядер по их излучению, сопровождающему ядерные превращения и переходы ядер из одного состояния в другое. Измерение энергии, интенсивности, углового распределения и поляризации излучений, испускаемых ядром либо в процессе радиоактивного распада ( $\alpha$ - и  $\beta$ -спектроскопии), либо при переходе ядра из возбуждённого состояния в менее возбуждённое ( $\gamma$ -спектроскопия), либо в ядерных реакциях (прямых ядерных реакциях, реакциях кулоновского возбуждения ядра и резонансных реакциях) даёт информацию о спектре ядерных состояний — энергиях, спинах, чётностях, изотопических спинах и др. квант, характеристиках. Особое место занимает нейтронная спектроскопия.

Арсенал технических средств современной ядерной спектроскопии разнообразен. Он включает в себя магнитные спектрометры для измерения энергий заряженных частиц, кристалл-дифракционные спектрометры для измерения энергий  $\gamma$ -излучения, различные детекторы частиц, позволяющие регистрировать и измерять энергию частиц и  $\gamma$ -квантов по эффектам взаимодействия быстрых частиц с атомами вещества (возбуждение и ионизация атомов). Среди приборов этого типа большое значение приобрели

твердотельные детекторы (Сцинтилляционный счётчик, Полупроводниковый детектор), сочетающие хорошую энергетическую разрешающую способность ( $\approx 1-10\%$ ) с высокой «светосилой» (долей эффективно используемого излучения), достигающей в некоторых приборах величин, близких к 1. Благодаря появлению ПП детекторов и развитию ускорительной техники (Ускорители заряженных частиц), а также применению ЭВМ (для накопления и обработки экспериментальных данных и для управления экспериментом) возникли автоматизированные измерительные комплексы, позволяющие получить большие объёмы систематизированной прецизионной информации о свойствах ядер.

Методы ядерной спектроскопии применяются практически во всех ядерных исследованиях и за пределами физики — в биологии, химии, медицине, технике; например, активационный анализ опирается на данные о схемах распада радиоактивных ядер; Мёссбауэра эффект (испускание или поглощение  $g$ -квантов атомными ядрами в твёрдом теле (обусловленное ядерными переходами), не сопровождающееся изменением колебательной энергии тела, т.е. испусканием или поглощением фононов (без отдачи). Открыт Р.Мёссбауэром (*R.Mossbauer*) в 1958 г.), первоначально использовавшийся в ядерной спектроскопии как метод измерения времён жизни возбуждённых состояний ядер, применяется для исследования электронной структуры твёрдого тела, строения молекул и др. Данные ядерной спектроскопии необходимы также при химических, биологических и др. исследованиях методами изотопных индикаторов.

Итоговый контроль по курсу «Биомеханика» осуществляется в форме экзамена по билетам (НА ОЧНОМ ОТДЕЛЕНИИ) или зачета (НА ОЧНО-ЗАОЧНОЙ и ЗАОЧНОЙ ФОРМЕ ОБУЧЕНИЯ) по билетам. В каждом билете содержится два вопроса.

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО КУРСУ «БИОМЕХАНИКА»**

1. Предмет и задачи биомеханики. Развитие биомеханики. Особенности механического движения человека.
2. Направления развития биомеханики. Задачи биомеханики спорта.
3. Телосложение и моторика человека. Влияние размеров и пропорций тела человека на его двигательные возможности. Учение о конституции.
4. Онтогенез моторики (роль созревания и научения, двигательный возраст, двигательные предпочтения). Прогностическая информативность показателей моторики.
5. Биомеханические особенности костной системы.
6. Понятие о нагрузках. Виды нагрузок.
7. Тело человека как многозвеньевая система. Биокинематические пары. Кинематические цепи, их разновидности.
8. Степени свободы движений в кинематических цепях.
9. Звенья тела как рычаги и маятники. Виды рычагов. Составляющие рычага. Условия равновесия и движения костных рычагов. Действие мышц на костные рычаги. «Золотое правило механики».
10. Геометрия масс тела человека. Основные показатели, характеризующие распределение масс в теле человека. Общий центр тяжести тела. Половые и возрастные особенности расположения общего центра тяжести.
11. Геометрия масс тела человека. Основные показатели, характеризующие распределение масс в теле человека. Центр объема и центр поверхности тела.
12. Биомеханические особенности мышечной системы. Свойства мышц. Режимы работы мышц. Анатомические и физиологические условия, определяющие величину тяги мышцы.

13. Биомеханика мышечной системы. Механика мышечного сокращения. Последовательность механических явлений при мышечном сокращении. Энергия, работа, мощность мышечного сокращения.
14. Биомеханика мышечной системы. Режимы сокращения мышц и разновидности работы мышц. Групповое взаимодействие мышц.
15. Биомеханика мышечной системы. Кривая Хилла сокращения мышцы.
16. Пространственные кинематические характеристики движений человека.
17. Временные кинематические характеристики движений человека.
18. Пространственно-временные кинематические характеристики движений человека.
19. Биомеханическая характеристика силовых качеств.
20. Внешние силы в движениях спортсмена (сила упругой деформации, сила тяжести, силы инерции, сила реакции опоры, сила трения, сила сопротивления среды).
21. Биомеханическая характеристика скоростных качеств.
22. Энергетические динамические характеристики движений тела человека.
23. Рекуперация энергии в движениях человека. Способы осуществления рекуперации энергии.
24. Эргометрия. Основные переменные двигательного задания. Правило обратимости двигательного задания.
25. Биомеханика ходьбы. Задачи ходьбы. Параметры ходьбы. Фазы ходьбы. Силы, действующие на человека при ходьбе.
26. Биомеханика бега. Фазовый состав бега. Зависимость энергозатрат от скорости передвижения.
27. Биомеханика прыжков в высоту. Характеристика фаз прыжка. Эволюция прыжка в высоту.
28. Биомеханика прыжка в длину с разбега. Способы. Фазы.
29. Биомеханика передвижения на лыжах. Классификация лыжных ходов. Кинематика лыжных ходов.
30. Биомеханика передвижения на лыжах. Динамика и энергетика лыжных ходов. Оптимальные режимы перемещения на лыжах.
31. Биомеханика плавания. Кинематика плавания (кроль, брасс). Динамика плавания. Силы, действующие на человека при плавании. Энергетика плавания.
32. Биомеханика технико-эстетических видов спорта. Эстетический идеал и его эволюция.

33. Биомеханическая характеристика гибкости. Виды гибкости, способы измерения.
34. Биофизические функции элементов сердечно-сосудистой системы. Схематическое изображение основных ее составляющих.
35. Динамика движения крови в капиллярах. Фильтрационно-реабсорбционные процессы.
36. Спортивно-техническое мастерство. Объем и разносторонность спортивной техники и тактики. Эффективность и рациональность техники и тактики.
37. Биомеханический контроль. Шкалы измерений (шкалы наименований, отношений, порядка).
38. Биомеханический контроль. Точность измерений, оценка погрешности.
39. Биомеханика общеразвивающих упражнений.
40. Туризм. Виды туристических походов. Особенности техники и тактики двигательной деятельности в пешем походе. Наиболее распространенные способы переноса груза.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ПО КУРСУ «БИОМЕХАНИКА»**

- 1) В каких областях науки возможно применение знаний по биомеханике?
- 2) Опишите уровни биомеханики, предмет их изучения.
- 3) Основные исторические фигуры внесшие вклад в развитие биомеханики.

- 4) Перечислите основные достижения отечественных ученых в области биомеханики.
- 5) Опишите примеры мгновенной скорости в спорте.
- 6) Перечислите виды ускорения, приведите примеры их осуществления в спорте.
- 7) Приведите примеры биомеханики в различных видах спорта
- 8) Какие необходимы условия для развития гибкости, быстроты, ловкости и выносливости?
- 9) Перечислите основные методы исследований в биомеханике.
- 10) Назовите основные элементы измерительной системы.
- 11) Вестибулярный аппарат как инерциальная система отсчёта.

## **ПРИМЕРЫ ВАРИАНТОВ ТЕСТОВ**

### **ТЕСТ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПО КУРСУ «БИОМЕХАНИКА»**

- 1. Что является основным элементом в двигательной системе?**
  - а. твердая основа (кости)**

- b.** подвижные соединения (суставы, сращения, сухожилия, связки)
- c.** мышцы
- d.** мотонейроны и чувствительные нервные окончания
- e.** все перечисленное выше

**2. Что нового привнес Н.А. Бернштейн в развитие биомеханики?**

- a.** маятниковую теорию
- b.** теорию управления движением
- c.** теорию мышечного сокращения
- d.** теорию акцептора действия

**3. Важнейшая сенсорная информация в управлении вертикальным положением тела**

- a.** вестибулярная
- b.** соматосенсорная
- c.** зрительная
- d.** все вышеперечисленные

**4. Ремоделирование кости лучше всего осуществляется в результате**

...

- a.** систематических нагрузок
- b.** нагрузок большой мощности
- c.** статических нагрузок
- d.** отсутствия нагрузок

**5. Мышечное усилие складывается из ...**

- a.** суммы потоков эфферентной импульсации
- b.** разности мембранных потенциалов
- c.** произведения удельного натяжения на площадь поперечного сечения  
мышцы
- d.** отношения удельного натяжения к площади поперечного сечения  
мышцы

мышцы

**6. Сколько имеет степеней свободы движения, совершенно свободное тело?**

- a. 2
- b. 4
- c. 6
- d. 8

**7. Что из нижеперечисленного не отражает существа общего центра тяжести тела?**

- a. точка, к которой приложена равнодействующая всех сил тяжести частей тела
- b. точка, во все стороны от которой силы тяжести взаимно уравниваются
- c. точка, во все стороны от которой силы тяжести не одинаковые
- d. точка, вокруг которой равномерно распределены все части тела

**8. Когда скорость имеет максимум, каким будет ускорение?**

- a. минимальным
- b. максимальным
- c. нулевым
- d. положительным
- e. отрицательным

**9. Что не является единицей измерения ускорения?**

- a. рад/с
- b. рад/с<sup>2</sup>
- c. м/с<sup>2</sup>

**10. К динамическим характеристикам не относится ...**

- a. масса тела
- b. темп движения
- c. инерция тела

d. сила тяжести тела

**11. Мерой вращательного действия силы на тело является ...**

- a. центростремительная сила
- b. момент количества движения
- c. импульс силы
- d. момент силы

**12. Что не влияет на силу лобового сопротивления среды?**

- a. Миделево сечение (мидель)
- b. масса тела
- c. коэффициенты ламинарного и турбулентного потоков среды
- d. плотность среды
- e. скорость среды относительно объекта

**13. За счет чего происходит накопление потенциальной энергии?**

- a. падения тела
- b. подъема тела
- c. перемещения ОЦТ ближе к горизонтальной плоскости
- d. поддержания равновесия тела

**14. Эффективность приложения сил рассчитывается из ...**

- a. произведения полезной и затраченной работы
- b. разности между затраченной и полезной работой
- c. отношения полезной ко всей затраченной работе
- d. отношения всей затраченной работы к полезной

**15. Что является наилучшим определением устойчивости тела?**

- a. механическое равновесие
- b. восстановление равновесия после возмущения
- c. максимальное опорное основание
- d. неподвижная система, которая не перемещается

- 16. При каких локомоциях возникает безопорное положение тела?**
- a. ходьба
  - b. ходьба на лыжах
  - c. бег на коньках
  - d. бег в легкой атлетике
- 17. Какой оптимальный угол отталкивания в прыжках в длину?**
- a.  $25^\circ$
  - b.  $35^\circ$
  - c.  $45^\circ$
  - d.  $55^\circ$
- 18. Что обуславливает ускорение тела при спортивном плавании?**
- a. движущие силы
  - b. тормозящие силы
  - c. инерционные силы
  - d. разность сил движущих и тормозящих
- 19. Какие мышцы наиболее подвержены деформации (травме)?**
- a. суставные мышцы
  - b. односуставные
  - c. двусуставные мышцы
  - d. мышцы-агонисты
- 20. Какие стимулы в большей мере влияют на количество и качество мышечной ткани?**
- a. гормональные
  - b. электрические
  - c. метаболические
  - d. механические
- 21. Почему мышечная масса и сила с возрастом уменьшаются?**

- a.** заболевания ведут к мышечной атрофии
- b.** мышца подвергается недостаточной нагрузке, чтобы поддерживать высокие уровни синтеза белков
- c.** двигательные нейроны отмирают и лишают мышечные волокна нервной иннервации.

## **ТЕСТ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПО ТЕМЕ «ВВЕДЕНИЕ В КУРС БИОМЕХАНИКА»**

- 1. Основу рефлексорной теории создал:**
  - а) Леонардо да Винчи
  - б) Р. Декарт
  - в) Д. Борелли
  - г) Л. Фишер
- 2. Начало биомеханики как отрасли науки, заложил:**
  - а) Р. Декарт
  - б) К. Кекчеев
  - в) В.С. Гурфинкель
  - г) Д. Борелли
- 3. Биомеханика физических упражнений разработана:**
  - а) Р. Декартом
  - б) Л. Фишером
  - в) П.Ф. Лесгафтом
  - г) К. Кекчеевым
- 4. Теоретическое обоснование процессов управления движениями дал:**
  - а) К. Кекчеев
  - б) П.Ф. Лесгафт
  - в) Н.А. Бернштейн
  - г) Л. Браун
- 5. Выявили принцип синергии в организации работы скелетной мускулатуры:**
  - а) Н.А. Бернштейн
  - б) В.С. Гурфинкель
  - в) Т. Шванн
  - г) Р. Броун
- 6. Работы о физиологической лабильности живых тканей и возбудимых систем принадлежат:**
  - а) Н.Е. Введенскому

- б) Н.А. Бернштейну
- в) В.С. Гурфинкелю
- г) А. А. Ухтомскому

**7. Доминанту в деятельности нервных центров открыл:**

- а) А.Н. Крестовиков
- б) А. А. Ухтомский
- в) Н.Е. Введенский
- г) Р. Гук

**8. Координации движений, формирования двигательных условных рефлексов подробно изучал:**

- а) А. А. Ухтомский
- б) К. Кекчеев
- в) Н.Е. Введенский
- г) А.Н. Крестовиков

**9. Функциональную (динамическую) анатомию применительно к задачам физкультуры и спорта разработал:**

- а) К. Кекчеев
- б) Л.В. Чхаидзе
- в) М.Ф. Иваницкий
- г) Н.М. Сеченов

**10. Разделом биомеханики не является:**

- а) динамическая биомеханика
- б) общая биомеханика
- в) дифференциальная биомеханика
- г) частная биомеханика

**11. В биомеханике выделяют уровней:**

- а) 6
- б) 4
- в) 3
- г) 8

**12. Совершенную методику регистрации движений разработал:**

- а) Д.Д. Донской
- б) Л. Фишер
- в) Ф.А. Северин
- г) Р. Гранит

**ТЕСТ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПО ТЕМЕ  
«БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА»**

- 1. По форме различают мышцы:**
  - а) поверхностная
  - б) одноперистая
  - в) отводящая
  - г) веретенообразная
  
- 2. Отводящая мышца называется:**
  - а) сфинктером
  - б) абдуктором
  - в) антагонистом
  - г) аддуктором
  
- 3. Оттягивает дистальный отдел конечности назад:**
  - а) протрактор
  - б) ротатор
  - в) ретрактор
  - г) абдуктор
  
- 4. Мышцы, выполняющие однотипные движения - это:**
  - а) синергисты
  - б) антагонисты
  - в) протракторы
  - г) аддукторы
  
- 5. Сокращение мышцы, при котором ее волокна укорачиваются, но напряжение остается постоянным, называется:**
  - а) инерционным
  - б) изометрическим
  - в) изотоническим
  - г) синергетическим
  
- 6. Для исследования вестибулярного аппарата используют пробу:**
  - а) К. Коллена
  - б) Р.И. Айзмана
  - в) Л. Брауна
  - г) Д. Ромберга
  
- 7. Тест, позволяющий определить порог чувствительности вестибулярного анализатора, называется тестом:**
  - а) Д. Ромберга
  - б) Л. Брауна
  - в) А. Яроцкого
  - г) А. Баранова

8. **Совокупность согласованных движений человека (животных), вызывающих активное перемещение в пространстве, называется:**
- а) двигательной реакцией
  - б) двигательной активностью
  - в) ходьбой
  - г) локомоцией
9. **Сокращение, при котором мышца укоротиться не может (оба конца неподвижно закреплены), а напряжение возрастает, называется:**
- а) изометрическим
  - б) изотоническим
  - в) статическим
  - г) инерционным
10. **Естественные локомоции (ходьба, бег, лазание, прыжки) и их координация формируются в возрасте:**
- а) до 2 лет
  - б) до 1,5 лет
  - в) от 2 до 5 лет
  - г) от 7 до 12 лет
11. **Формирование координационных механизмов движений заканчивается:**
- а) в 7 лет
  - б) в 16-17 лет
  - в) в 5 лет
  - г) в 20-25 лет
12. **Двигательные действия, выполняемые за минимальный отрезок времени - это:**
- а) ловкость
  - б) сила
  - в) выносливость
  - г) быстрота
13. **Наибольший эффект в развитии быстроты достигается в возрасте:**
- а) от 8 до 16 лет
  - б) от 3 до 5 лет
  - в) от 7 до 12 лет
  - г) от 12 до 20 лет
14. **Способность быстро овладевать новыми движениями и перестраивать двигательную деятельность в соответствии с требованиями внезапно меняющейся обстановки - это:**
- а) быстрота
  - б) подвижность
  - в) выносливость
  - г) ловкость

**ТЕСТ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ПО ТЕМЕ  
«ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ»**

- 1. Количественная мера инертности тела - это:**
  - а) инерциальная система
  - б) сила
  - в) масса
  - г) объем
  
- 2. Массу тела вычисляют по формуле:**
  - а)  $F = m \times a$
  - б)  $m = (a_3 / a_T) \times m_3$
  - в)  $F_0 = F_1 + F_2 + \dots$
  - г)  $m \times a = F$
  
- 3. Единица измерения силы в системе СИ - это:**
  - а)  $a_T$
  - б)  $H = \text{кг} \cdot \text{м} / \text{с}^2$
  - в)  $a_3$
  - г)  $m_3 = 1$
  
- 4. Проекция равнодействующей силы на тот радиус окружности, на котором в данный момент находится тело - это:**
  - а) центростремительная сила
  - б) тангенциальная сила
  - в) сила
  - г) динамическая сила
  
- 5. Произведение величины силы на ее плечо называется:**
  - а) инерцией
  - б) моментом инерции
  - в) моментом силы
  - г) силой
  
- 6. Момент инерции определяется по формуле:**
  - а)  $M = \pm F h$
  - б)  $J = m R^2$
  - в)  $\dot{\epsilon} = M / J$
  - г)  $F_{ц} = m \times a_{ц}$
  
- 7. Работа, совершаемая мышцами при выполнении активных движений, называется:**
  - а) неизменной
  - б) силовой
  - в) динамической
  - г) энергозатратной
  
- 8. Моментом силы (М) относительно оси вращения называется:**

- а) произведение величины силы на ее плечо
- б) кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы
- в) сумма моментов инерции всех его точек
- г) величина, равная произведению момента инерции относительно данной оси на угловую скорость вращения

**9. Точка, относительно которой сумма моментов сил тяжести, действующих на все частицы тела, равна нулю - это:**

- а) правилом моментов
- б) безразличным ускорением
- в) равновесным положением тела
- г) центром тяжести тела

**10. Твердое тело, чаще в виде стержня, которое может вращаться (поворачиваться) вокруг неподвижной оси - это:**

- а) балансир
- б) блок
- в) рычаг
- г) неподвижный блок

**11. Рычаг, обеспечивающий перемещение или равновесие головы в саггитальной плоскости:**

- а) рычаг второго рода
- б) рычаг первого рода
- в) рычаг третьего рода
- г) рычаг четвертого рода

**12. Не дает выигрыша в силе, но позволяет изменять ее направление:**

- а) рычаг первого рода
- б) неподвижный блок
- в) рычаг второго рода
- г) балансир

**13. В балансирующем маятнике, использующемся в механотерапии применяется:**

- а) рычаг второго рода
- б) рычаг первого рода
- в) блок
- г) балансир

**14. Предплечье человека работает по принципу:**

- а) рычага первого рода
- б) подвижного блока
- в) рычага второго рода
- г) балансира

**15. Сила, работа которой при перемещении тела по замкнутому контуру равняется нулю, называется:**

- а) консервативной
- б) константной

- в) статической
- г) динамической

**16. Скалярная величина, равная работе, совершаемой консервативной силой, при переходе тела из данного положения на выбранный уровень отсчета, называется:**

- а) полной механической энергией
- б) неполной механической энергией
- в) потенциальной энергией тела
- г) статической энергией тела

**17. Полная механическая энергия рассчитывается по формуле:**

- а)  $A_{1-2} = - A_{2-1}$
- б)  $E = E_K + E_{II}$
- в)  $E = E_K - E_{II}$
- г)  $A_{1-2} = + A_{2-1}$

**18. Кинетическая энергия системы и ее импульс свободных тел сохраняется при:**

- а) абсолютно неупругом ударе
- б) абсолютно упругом ударе
- в) реальном ударе
- г) векторном ударе

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Васильева Л.Ф. Мануальная диагностика и терапия. Клиническая биомеханика и патобиомеханика: руководство для врачей / Л.Ф. Васильева. - СПб.: Фолиант, 2001. – 400 с.
2. Донской Д.Д. Биомеханика: Учебное пособие для студентов факультетов физвоспитания педагогических ВУЗов. – М.: Просвещение, 1975. – 239 С.
3. Донской Д.Д. Биомеханика с основами спортивной техники: Учебник для институтов физической культуры. – М.: Физкультура и спорт, 1971. – 287 с.
4. Донской Д.Д., Зациорский В.М. Биомеханика: Учебник для институтов физической культурой. – М.: Физкультура и спорт, 1979. – 268 с.
5. Дубровский, В.И. Биомеханика: учебник для вузов / В.И. Дубровский, В.И.Федорова. - М.: Владос-пресс, 2003. – 672 с.
6. Зациорский В.М., Аринин А.С., Селуянов В.Н. Биомеханика двигательного аппарата человека. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 141 с.
7. Назаров В.Т. Движения спортсмена. – Полымя, 1984. – 176 с.
8. Инсарова, Н.И. Элементы биомеханики: учеб.-метод. пособие / Н.И. Инсарова, В.Г. Лещенко. - Минск: БГМУ, 2005. - 43 с.
9. Капилевич Л.В. Общая и спортивная анатомия: учебное пособие / Л.В. Капилевич К.В. Давлетьярова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 98 с.
10. Попов Г.И. Биомеханика: учебник - 3-е изд. стер.- / Г.И. Попов. - М.: Академия, 2008. – 256 с.
11. Уткин В.М. Биомеханика физических упражнений / В.М. Уткин - М.: Просвещение, 1989. - 210 с.
12. Bartlet R. Introduction to sports biomechanics / R. Bartlet. – London: Spon Press, 2002. – 289 p.

13. Bergman T.F. Joint anatomy and basic biomechanics. In: Chiropractics. Principles and procedures. – 3d Ed. - / T.F. Bergman, D.H. Peterson. – Mosby, 2010. – 496 p.
14. Drake R.L. Gray's anatomy for students / R.L. Drake, W.Vogl, A.W.M. Mitchell. Elsevier Inc, 2005. – 1058 p.
15. Guyton A.C. Textbook of medical physiology - 11-th Ed. - / A.C. Guyton, J. E. Hall. Elsevier Inc, 2006. – 1116 p.
16. Grimshaw P. Sport and exercise biomechanics / P. Grimshaw, A. Durden. – Taylor and Francis Group, 2007. – 392 p.
17. Fung Y.C. Biomechanics: mechanical properties of living tissues. – 2nd Ed. - / Y.C. Fung. – NY.: Springer-Verlag, 1993. – 577 p.
18. Nagavani C. Textbook of biomechanics and exercise therapy: e-book / C. Nagavani. – [www.bieap.gov.in/biomechanics.pdf](http://www.bieap.gov.in/biomechanics.pdf).

#### **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:**

АТФ – аденозинтрифосфорная кислота  
БПГМ – большие полушарии головного мозга  
ДД – двигательные действия  
ДН – двигательный навык  
ДС – дыхательная система  
ДУ – двигательное умение  
ЖЕЛ – жизненная емкость легких  
ЗОЖ – здоровый образ жизни  
ИП – исходное положение  
ЛГ – лечебная гимнастика  
МПК – минутное потребление кислорода  
ОДА – опорно-двигательный аппарат  
ОФП – общефизическая подготовка  
ППФП – профессионально-прикладная физическая подготовка  
ССС – сердечно-сосудистая система  
СФВ – система физического воспитания  
СФП – специальная физическая подготовка  
Т и М ФВ и С – теория и методика физического воспитания и спорта  
ТФК – теория физической культуры  
ФВ – физическое воспитание  
ФК – физическая культура  
ФУ – физическое упражнение  
ЦНС – центральная нервная система  
ЧД – частота дыхания  
ЧСС – частота сердечных сокращений

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**

### Масса тела (кг) мужчин и женщин в зависимости от возраста

Рост, см	Возраста (годы)					
	18—24		24—35		35—44	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
145		53		51		57
147		49		50		54
150		51		54		51
152		53		56		53
155		55		54		54
157	60	57	64	58	66	54
160	63	55	68	58	72	57
163	58	57	67	60	72	57
165	63	60	71	61	75	55
168	69	62	73	62	73	60
170	68	61	74	67	74	60
173	69	59	72	67	72	59
175	73		79		79	
178	74		81		81	
180	74		82		84	
183	75		85		83	
185	83		85		87	
188	79		83		96	

## Масса органов условного человека

	Масса	
	грамм	доля общей массы тела, %
Все тело	70000	100,0
Мышцы	28000	40,0
скелетные		
Кожа:	2600	3,7
эпидермис	100	0,14
дерма	2500	3,6
Подкожн. жир. клетчатка	7500	11,0
Скелет:		
костная ткань	5000	7,2
кортикальная ткань	4000	5,7
трабекулярная ткань	1000	1,5
красный костный мозг	1500	2,1
желтый костный мозг	1100	1,6
хрящ	900	1,3
Периартикулярная ткань	900	1,3
Кровь	3500 (5200 мл)	7,8
плазма	3100 (3000 мл)	4,4
эритроциты	2400	(2200 мл) 3,4
Желуд.-кишечный тракт:	1200	1,7
пищевод	40	0,06
желудок	1500	0,21
кишечник	1000	1,4
кишечник тонкий	640	0,91
кишечник толстый	370	0,53
Печень	1800	2,6
Легкие	1000	1,4
Почки	310	0,44
Сердце	330	0,47
Селезенка	180	0,26
Мочевой пузырь	45	0,064
Щитовидная железа	20	0,029

### Площадь поверхности тела условного человека

Пол	Площадь, см <sup>2</sup>
Мужчины	18000
Женщины	16000

### Поверхность отдельных участков тела

Участок тела	Доля
Голова и шея	9%
Верхние конечности (каждая 9%)	18%
Нижние конечности (каждая 19 — 20%)	36%
Передняя часть туловища	18%
Задняя часть туловища	18%
Ладонь и пальцы	1%

### Коэффициенты Стьюдента

$\alpha = 0,68$		$\alpha = 0,95$		$\alpha = 0,99$	
$n$	$t_{\alpha, n}$	$n$	$t_{\alpha, n}$	$n$	$t_{\alpha, n}$
2	2,0	2	12,7	2	63,7
3	1,3	3	4,3	3	9,9
4	1,3	4	3,2	4	5,8
5	1,2	5	2,8	5	4,6
6	1,2	6	2,6	6	4,0
7	1,1	7	2,4	7	3,7
8	1,1	8	2,4	8	3,5
9	1,1	9	2,3	9	3,4
10	1,1	10	2,3	10	3,3
11-15	1,1	11-15	2,1	11-15	3,0
16-20	1,1	16-20	2,1	16-20	2,9
21-30	1,1	21-30	2,0	21-30	2,8
31-100	1,0	31-100	2,0	31-100	2,6

**Характеристики элементов двигательного режима с энергозатратами, эквивалентными профессиональным для условного человека массой 70 кг**

Вид упражнения	Энергозатраты, кДж/мин	Вид упражнения	Энергозатраты, кДж/мин
Ходьба со скоростью, км/ч		Плавание со скоростью, м/мин	
3,2	13	10 20 50	15
4,0	16		21
4,8	18		51
5,6	21	Гребля со скоростью м/мин	
6,0	21		
6,4	24	50	13
7,0	28	80	26
Бег со скоростью, км/ч		Волейбол	15
6	34	Бадминтон	27
8	40	Теннис	33
9	45	Настольный теннис	20
Бег на месте, с		Футбол	37-55
50—60 80	34	Баскетбол	47
	37	Упражнения на велоэргометре мощностью	
Езда на велосипеде со скоростью, км/ч		50 Вт	14
		75 Вт	21
3,5	13	100 Вт	28
8,5	21	125 Вт	36
15	29	150 Вт	43
20	41	175 Вт	50

### Основные единицы системы СИ

Величина	Единица	Обозначение	Величина	Единица	Обозначение
Длина	Метр	м	Термодинамическая температура	Кельвин	К
Масса	Килограмм	кг			
Время	Секунда	с	Сила света	Кандела	кд
Электрический ток	Ампер	А	Количество вещества	моль	моль

### Единицы, не относящиеся к системе СИ, но употребляемые в настоящее время

Единицы	Обозначение	Эквивалент в СИ
Грамм	г	$1 \text{ г} = 10^{-3} \text{ кг}$
Литр	л	$1 \text{ л} = 10^{-3} \text{ м}^3$
Минута	мин	$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$
Час	ч	$1 \text{ ч} = 3,6 \text{ кс}$
День (сутки)	сут.	$1 \text{ сут.} = 86,4 \text{ кс}$
Градус Цельсия	°С	$t \text{ °С} = (T - 273,15) \text{ К}$

### Приставки и обозначения часто используемых множителей, являющихся степенью десяти

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
$10^{-1}$	деци-	д	10	дека-	да
$10^{-2}$	санти-	с	$10^2$	гекто-	г
$10^{-3}$	милли-	м	$10^3$	кило-	к
$10^{-6}$	микро-	мк	$10^6$	мега-	М.
$10^{-9}$	нано-	н	$10^9$	гига-	Г
$10^{-12}$	пико-	п	$10^{12}$	тера-	Т
$10^{-15}$	фемто-	Ф	$10^{15}$	пэта-	п

## Производные единиц системы СИ

Величина	Единица	Обозначение
Частота	Герц	Гц
Сила	Ньютон	Н
Давление	Паскаль	Па
Энергия	Джоуль	Дж
Мощность	Ватт	Вт
Электрический заряд	Кулон	Кл
Разность электрических потенциалов	Вольт	В
Электрическое сопротивление	Ом	Ом
Электрическая проводимость	Сименс	См
Магнитный поток	Вебер	Вб
Плотность магнитного потока (магнитная индукция)	Тесла	Тл
Индуктивность (магнитная проводимость)	Генри	Гн
Световой поток	Люмен	лм
Освещенность	Люкс	лк
Активность радионуклеидов	Беккерель	Бк

## ПЕРЕВОДНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ЕДИНИЦ ИЗМЕРЕНИЯ Сравнение температурных шкал

Шкала	Точка таяния льда	Точка кипения воды	Интервал
Цельсий (Ц, или С)	0	100	100
Абсолютная (К)	273,16	373,16	100
Реомюр (Р, или R)	0	80	80
Фаренгейт(Ф, или F)	32	212	180

**Формулы перехода:**

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (t^{\circ} - 32)^{\circ}\text{F},$$

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4} t^{\circ}\text{R},$$

$$t^{\circ}\text{K} = (t^{\circ} + 273,16)^{\circ}\text{C}$$

**Таблица переводных коэффициентов количества тепла, энергии и работы**

дж	кгм	Футо-фунты	квт-час	л. с.-час	л. атм.	ккал	брит. тепл. ед. (БТЕ)	кал
1	0,10197	0,7376	$0,2778 \cdot 10^{-6}$	$0,3725 \cdot 10^{-6}$	0,009869	0,0002390	0,0009486	0,239
9,80597	1	7,233	$0,2724 \cdot 10^{-5}$	$0,36553 \cdot 10^{-5}$	0,09678	0,002344	0,009296	2,3438
1,356	0,1383	1	$0,3766 \cdot 10^{-6}$	$0,50505 \cdot 10^{-6}$	0,01338	0,0003241	0,001286	0,3241
$3,6 \cdot 10^6$	$3,671 \cdot 10^{-5}$	$2,655 \cdot 10^{-6}$	1	1,341	35,528	859,98	3,415	860,445
$2,684 \cdot 10^6$	$2,7375 \cdot 10^{-5}$	$1,98 \cdot 10^{-6}$	0,7457	1	26,494	641,7	2,545	641,659
101,33	10,333	74,73	0,00002815	0,00003774	1	0,02422	0,09612	24,218
4,183	426,9	3,086	0,001162	0,0011558	41,29	1	3,968	999,936
1,054	107,5	778,1	0,0002928	0,0003930	10,40	0,25200	1	252

**Таблица переводных коэффициентов мощностей**

НР	КВТ	л. с.	кгм/сек	футо-фунт/сек	кал/сек	БТЕ/сек	кал/сек
1	0,7457	1,014	76,04	550	0,1783	0,7074	178,26
1,341	1	1,360	102,0	737,6	0,2390	0,9486	238,98
0,9863	0,7355	1	75	542,3	0,1758	0,6977	175,82
1,315	0,9807	1,333	100	723,3	0,2344	0,9303	234,43
0,01315	0,009807	0,01333	1	7,233	0,002344	0,009305	2,3444
0,00182	0,001356	0,00184	1,1383	1	0,033241	0,001286	0,3241
5,610	4,183	5,688	426,6	3086	1	3,968	1000
1,414	1,054	1,433	107,5	777,5	0,2520	1	252

**Таблица перевода значений вязкости по различным шкалам  
вискозиметров**

Кинематическая вязкость, см <sup>2</sup> /сек	Шкалы			Кинематическая вязкость, см <sup>2</sup> /сек	Шкалы		
	Редвуда, секунды	Сейболита, секунды	Энглера, градусы		Редвуда, секунды	Сейболита, секунды	Энглера, градусы
0,01	28,8	31,6	1,05	0,22	92,5	105	3,22
0,02	31,0	34,2	1,13	0,24	99,6	113	3,46
0,03	33,3	36,9	1,21	0,26	107	122	3,71
0,04	35,7	39,5	1,29	0,28	114	131	3,96
0,05	38,2	42,4	1,37	0,30	121	139	4,21
0,06	40,8	45,3	1,46	0,325	131	150	4,53
0,07	43,5	48,5	1,55	0,350	140	161	4,85
0,08	46,3	50,5	1,65	0,375	149	172	5,16
0,09	49,2	54,9	1,74	0,40	158	183	5,49
0,10	52,3	58,5	1,85	0,45	177	206	6,14
0,12	58,5	66,5	2,06	0,50	196	228	6,78
0,14	65,0	72,9	2,29	0,55	215	251	7,44
0,16	71,6	80,6	2,51	0,60	234	274	8,10
0,18	78,5	88,6	2,74	0,65	253	296	8,76
0,20	85,4	96,7	2,98	0,70	292	319	9,43

*Примечание.* Кинематическая вязкость — вязкость/плотность.

**Таблица переводных коэффициентов давления**

Магабары (мегадины) на 1 см <sup>2</sup>	г/см <sup>2</sup>	Фунты на кв. дюйм	Американская тонна на кв. фут	атм.	мм рт. ст.	Дюймов рт. ст.	м. вод. ст.	Дюймов вод. ст.	Футов вод. ст.	Фунты на кв. фут	кг/м <sup>2</sup>
1	1,0197	14,50	1,044	0,9869	750,044	29,53	10,21	401,8	33,48	2088	10197
0,9807	1	14,22	1,024	0,9678	735,514	28,96	10,01	394,0	32,84	2047,17	10000
0,06895	0,07031	1	0,072	0,06804	51,710	2,036	0,7037	27,70	2,309	144	703,1
0,9576	0,9765	13,89	1	0,9450	718,20	28,28	9,773	384,8	32,06	2000,16	9765
1,0133	1,0333	14,70	1,058	1	760	29,92	10,34	407,2	33,93	2116,8	10333
1,3333	1,3596	19,34	1,392	1,316	1000	39,37	13,61	535,7	44,64	2784,96	13596
0,03386	0,03453	0,4912	0,03536	0,3536	25,399	1	0,3456	13,61	1,134	70,733	345,3
0,9798	0,9991	1,421	0,1023	0,1023	73,492	2,893	1	39,281	204,624	999,1	
0,002489	0,002538	0,3610	0,002599	0,002599	1,867	0,07349	0,02540	1	0,08333	5,1984	25,386
0,02986	0,03045	0,4332	0,03119	0,02947	22,40	0,8819	0,3048	12	1	62,3808	304,5

**Таблица переводных коэффициентов скорости**

см/сек	м/сек	м/мин	км/час	фут/сек	фут/мин	миля/час	узел/час
1	0,01	0,6	0,36	0,3281	1,9685	0,02237	0,01943
100	1	60	3,6	3,281	196,85	2,237	1,943
1,667	0,01667	1	0,06	0,547	3,281	0,03728	0,03238
27,78	0,2778	16,67	1	0,9113	54,68	0,6214	0,53960
30,48	0,3048	18,29	1,097	1,	60	0,6818	0,59209
0.5080	0,005080	0,3048	0,01829	0,01667	1	0,01136	0,00987
44,70	0,4470	26,82	1,609	1,467	88	1	0,86839
51,49	0,5149	30,898	1,8532	1,6889	101,337	1,15155	1

**Таблица перевода дюймов в сантиметры**

Дюймы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	сантиметры									
0	0,00	2,54	5,08	7,62	10,16	12,70	15,24	17,78	20,32	22,86
10	25,40	27,94	30,48	33,02	35,56	38,10	40,64	43,18	45,72	48,26
20	50,80	53,34	55,80	58,42	60,96	63,50	66,04	68,58	71,12	73,66
30	76,20	78,74	81,28	83,82	83,36	88,90	91,44	93,98	96,52	99,06
40	101,60	104,14	106,68	109,22	111,76	114,30	116,84	119,38	121,92	124,46
50	127,00	129,54	132,08	134,62	137,16	139,70	142,24	144,78	147,32	149,86
60	152,40	154,94	157,48	160,02	162,56	165,10	167,64	170,18	172,72	175,26
70	177,80	180,34	182,88	185,42	187,96	190,50	193,04	195,58	198,12	200,66
80	203,20	205,74	208,28	210,82	213,36	215,90	218,44	220,98	223,52	226,06
90	228,60	231,14	233,68	236,22	238,76	241,30	243,84	246,38	248,92	251,46
100	254,00	256,54	259,08	261,62	264,16	266,70	269,24	271,78	274,32	276,86

**Таблица перевода миль (уставных) в километры**

Ми	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ли	километры									
0	0,000	1,609	3,219	4,828	6,437	8,047	9,656	11,265	12,875	14,484
10	16,093	17,703	19,312	20,922	22,531	24,140	25,750	27,359	28,968	39,578
20	32,187	33,796	35,406	37,015	38,624	40,234	41,843	43,452	45,062	46,671
30	48,280	49,890	51,499	53,108	54,718	56,327	57,936	59,546	61,155	62,765
40	64,374	65,983	67,593	69,202	70,811	72,421	74,030	75,639	77,249	78,858
50	80,467	82,077	83,686	85,295	86,905	88,514	90,123	91,733	93,342	94,951
60	96,561	198,170	99,780	101,389	102,998	104,608	106,217	107,826	109,436	111,045
70	112,654	114,264	115,873	117,482	119,092	120,701	122,310	123,920	125,529	127,138
80	128,748	130,357	131,966	133,576	135,185	136,795	138,404	149,013	141,623	143,232
90	144,841	146,451	148,060	149,669	151,279	152,888	154,497	156,107	157,716	159,325
100	160,935	162,544	164,153	165,763	167,372	168,981	170,591	172,200	173,809	175,419

**Таблица перевода английских фунтов в килограммы**

Фунты	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	килограммы									
0	0,000	0,4536	0,9072	1,3608	1,8144	2,2680	2,7216	3,1751	3,6287	4,0823
10	4,5359	4,9895	5,4431	5,8967	6,3503	6,8039	7,2575	7,7111	8,1647	8,6183
20	9,0719	9,5254	9,9790	10,433	10,886	11,340	11,793	12,247	12,700	13,154
30	13,608	14,061	14,515	14,969	15,422	15,876	16,329	16,783	17,237	17,690
40	18,144	18,597	19,051	19,504	19,958	20,412	20,865	21,319	21,772	22,226
50	22,680	23,133	23,587	24,040	24,494	24,948	25,401	25,855	26,308	26,762
60	27,216	27,669	28,123	28,576	29,030	29,484	29,937	30,391	30,844	31,298
70	31,751	32,205	32,659	33,112	33,566	34,019	34,483	34,927	35,380	35,834
80	36,287	36,741	37,195	37,648	38,102	38,555	39,009	39,463	39,916	40,370
90	40,823	41,277	41,731	42,184	42,638	43,091	43,545	43,998	44,452	44,906
100	45,359	45,813	46,266	46,720	47,174	47,627	48,081	48,534	48,988	49,442

## Величины жесткости различных мышечных групп человека

Автор	Объект исследования (группа мышц)	Активность, сила, сопротивление мышцы	<i>n</i>	Метод	Характеристика	Зарегистрированная величина	Пересчитанная величина Н/м
Wilkie, 1950	Сгибатели предплечья	3710 Н 50 Н 100 Н 150 Н	5	Изометрического напряжения	Эквивалентная	2,0x10 <sup>-6</sup> см/дин 0,94x10 <sup>-6</sup> см/дин 0,56x10 <sup>-6</sup> см/дин 0,4x10 <sup>-6</sup> см/дин	0,5x10 <sup>3</sup> 1,06x10 <sup>3</sup> 1,78x10 <sup>3</sup> 2,5x10 <sup>3</sup>
Goubel, 1974	Эквивалентный сгибатель предплечья	Активная 500 Н 1000 Н 1500 Н	5	Внезапного освобождения	Податливость	1,65x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,7x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,6x10 <sup>-4</sup> м/Н	0,6x10 <sup>4</sup> 1,42x10 <sup>4</sup> 1,66x10 <sup>4</sup>
Pertuzon, 1972	То же	Пассивная	5	Пассивных движений	—»—	7,4x10 <sup>-4</sup> м/Н	0,14x10 <sup>4</sup>
Goubel, 1974	—»—	Активная 100 Н 200 Н 300 Н	6	Латентный	— » —	0,37x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,21x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,18x10 <sup>-4</sup> м/Н	2,7x10 <sup>4</sup> 4,76x10 <sup>4</sup> 5,55x10 <sup>4</sup>
Goubel, 1974	—»—	Активная 50 Н 100 Н 200 Н	3	Динамический	—»—	1,0x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,7x10 <sup>-4</sup> м/Н 0,3x10 <sup>-4</sup> м/Н	1,0x10 <sup>4</sup> 1,42x10 <sup>4</sup> 3,3x10 <sup>4</sup>
Soechting et al., 1971	—»—	Активная	Не изв.	Баллистических движений	Жесткость	2500 кг/м	2,45x10 <sup>4</sup>
Viviani et al., 1973	Эквивалентный сгибатель предплечья	Активная	4	Баллистических движений	Жесткость	8800 кг/м 6300 кг/м 5300 кг/м	8,63x10 <sup>4</sup> 6,18x10 <sup>4</sup> 5,19x10 <sup>4</sup>
Matsumoto et al., 1976	Плечелучевая м. Длинный лучевой разгибатель кисти	Пассивная Активная	1 1	Резонансный	Упругость	0,18x10 <sup>6</sup> дин/см 0,94x10 <sup>6</sup> дин/см 0,2x10 <sup>6</sup> дин/см	0,18x10 <sup>3</sup> 0,94x10 <sup>3</sup> 0,2x10 <sup>3</sup>
Savagna, 1970	Сгибатели стопы	Активные	5	Затухающих колебаний	Жесткость	3,80 кг/мм	3,73x10 <sup>4</sup>
Г.Я. Пановко, 1973	Сгибатели стопы	Неопределенная	5	Резонансный	Эквивалентная жесткость	3710 кг/м	3,63x10 <sup>4</sup>
Boon et al., 1972	Сгибатели предплечья	Пассивная	5	Синусоидальных пассивных движений	Угловая жесткость	1,5 ÷ 4,0 Нм/рад	—
Федоров В.Л., 1970	Четырехглавая мышца бедра	Активн. Пассивн.	1 1	Затухающих колебаний	Упругость	57,1 Гц 25,8 Гц	— —