

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет физической культуры



УТВЕРЖДАЮ:

Декан ФФК

В.Г. Шилько В.Г. Шилько

« 3 » сентября 20 23 г.

**Оценочные материалы дисциплины**

**БИОМЕХАНИКА ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**  
по направлению подготовки **49.03.01 Физическая культура**

Направленность (профиль) подготовки / специализация:

**«Технологии спортивной подготовки»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Т.А. Шилько Т.А. Шилько

Председатель УМК

Ю.А. Карвунис Ю.А. Карвунис

**Фонд оценочных средств (ФОС)** является элементом системы оценивания сформированности компетенций у обучающихся в целом или на определенном этапе ее формирования. Дисциплина «Биомеханика двигательной деятельности» способствует формированию ОПК-9 (способен осуществлять контроль с использованием методов измерения и оценки физического развития, технической и физической подготовленности, психического состояния занимающихся).

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 9.2. Осуществляет контроль и оценку физического развития и физической подготовленности, психического состояния занимающихся, техники выполнения физических упражнений на основе квалифицированного подбора диагностирующего материала и с учетом индивидуальных особенностей занимающихся.

ФОС разрабатывается в соответствии с рабочей программой (РП) дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности» и включает в себя набор оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **1. Компетенции и результаты обучения, формируемые в результате освоения дисциплины «Биомеханика двигательной деятельности»**

<b>Компетенция</b>	<b>Код и наименование результатов обучения</b> (планируемые результаты обучения, характеризующие этапы формирования компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

<b>ПК-9</b>	ИОПК 9.2. – Осуществляет контроль и оценку физического развития и физической подготовленности, психического состояния занимающихся, техники выполнения физических упражнений на основе квалифицированного подбора диагностирующего материала и с учетом индивидуальных особенностей занимающихся	Не способен осуществлять контроль и оценку физического развития и физической подготовленности, психического состояния занимающихся, техники выполнения физических упражнений.	Осуществляет контроль, но не способен проводить оценку физического развития и физической подготовленности, психического состояния занимающихся, техники выполнения физических упражнений с учетом индивидуальных особенностей занимающихся.	Осуществляет контроль и оценку физического развития и физической подготовленности, психического состояния занимающихся, техники выполнения физических упражнений, но не учитывает индивидуальные особенности занимающихся	Способен осуществлять контроль и оценку физического состояния и техники выполнения физических упражнений на основе квалифицированного подбора диагностирующего материала и с учетом индивидуальных особенностей занимающихся
-------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2. Этапы формирования компетенций и виды оценочных средств

№	Этапы формирования компетенций (разделы дисциплины/модуля/практики)	Код и наименование результатов в обучении	Вид оценочного средства (тесты, задания, кейсы, вопросы и др.)
1.	<b>Тема 1.</b> Предмет, цель, задачи биомеханики. Направления развития биомеханики как науки.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 1
2	<b>Тема 2.</b> Оптические методы регистрации движений.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 2
3	<b>Тема 3.</b> Инструментальные методы регистрации движений.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 3
4	<b>Тема 4.</b> Модель тела человека. Устройство опорно-двигательного аппарата.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 4
5	<b>Тема 5.</b> Особенности работы мышечного аппарата тела человека и факторы, определяющие максимальную величину мышечной силы.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 5
6	<b>Тема 6.</b> Кинематические характеристики движений тела человека	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 6
7	<b>Тема 7.</b> Динамические характеристики движений тела человека.	ИОПК 9.2.	Тесты, практическое задание № 7
8	<b>Тема 8.</b> Механизмы управления движениями спортсмена в состоянии опоры. Механизмы управления скоростью вращения звеньев тела.	ИОПК 9.2.	Тесты, контрольные вопросы
9	<b>Тема 9.</b> Механизмы управления движениями	ИОПК 9.2.	Тесты, контрольные

	спортсмена в безопорном состоянии. Механизмы управления скоростью вращения звеньев тела.		вопросы
1 0	<b>Тема 10.</b> Модели и моделирование биомеханических систем	ИОПК 9.2.	Тесты, контрольные вопросы

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки образовательных результатов обучения**

3.1. Типовые задания для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности» (тесты в виде вопросов и ответов на них, практические задания). На каждый вопрос приводятся ответы и один из них правильный, его и нужно отметить. По каждой теме представлено от 15 до 75 вопросов (в зависимости от ее сложности), из которых формируются варианты билетов для ответа, студентам предлагается ответить на 10 вопросов (по каждой теме).

#### **Тема 1. ПРЕДМЕТ, ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ БИОМЕХАНИКИ**

##### **1. Что изучает биомеханика физических упражнений?**

1. Физиологические процессы в организме.
2. Анатомические особенности строения опорно-двигательного аппарата тела человека.
3. Законы и закономерности механики движений в живых системах.
4. Закономерности формирования функциональных систем организма человека.

##### **2. Что относится к прикладным направлениям исследования в биомеханике?**

1. Генная инженерия.
2. Инженерная биомеханика.
3. Биомеханическая оптика.
4. Биомеханика взрывных усилий.

##### **3. Что относится к прикладным направлениям исследования в биомеханике?**

1. Биомеханика физических упражнений.
2. Биомеханика изменения температуры тела спортсмена при выполнении физических упражнений.
3. Биомеханика мыслительных процессов.
4. Биомеханические закономерности внешней среды.

##### **4. Что относится к прикладным направлениям исследования в биомеханике?**

1. Биомеханика механизмов.
2. Биомеханика машин.
3. Биомеханика строительного дела.
4. Медицинская биомеханика.

##### **5. Объект познания биомеханики физических упражнений это...**

1. Двигательные действия как система взаимно связанных активных движений и положений тела человека.
2. Двигательные действия как система сформированных понятий.
3. Двигательные действия как инструмент познания в биомеханике.
4. Двигательные действия как система методов исследования в биомеханике.

##### **6. Область изучения биомеханики физических упражнений это...**

1. Процессы формирования динамического стереотипа.
2. Механические и биологические причины возникновения движений и особенности построения и выполнения движений в различных условиях.

3. Научное обоснование рациональной методики обучения двигательным действиям на основе биомеханического анализа техники упражнений.
  4. Знания, необходимые для эффективного применения физических упражнений в качестве средства физического воспитания.
- 7. Цель изучения курса биомеханики заключается в том, чтобы...**
1. Выявить простые и сложные формы движения материи.
  2. Вооружить знаниями, необходимыми для эффективного применения физических упражнений в качестве средств физического воспитания, повышения технического мастерства спортсменов и уровня спортивных достижений.
  3. Научить студентов контролировать свою двигательную деятельность.
  4. Изучить биомеханические методы исследования.
- 8. Какая из форм движения материи относится к простым?**
1. Биологическая форма движения материи.
  2. Химическая форма движения материи.
  3. Социальная форма движения материи.
  4. Волновая форма движения материи.
- 9. Какая из форм движения материи относится к сложным?**
1. Биологическая.
  2. Не наблюдаемая визуально.
  3. Электронная.
  4. Космическая.
- 10. К естественным движениям относятся движения...**
1. Совершаемые по естественной криволинейной траектории.
  2. При которых движущийся объект не вырабатывает управляющих воздействий для достижения цели движения.
  3. Для изменения траектории которых, необходимо изменение величины внешних сил.
  4. В которых для изменения траектории движения и достижения цели движения со стороны движущегося объекта вырабатываются управляющие силы.
- 11. К целенаправленным движениям относятся движения...**
1. Совершаемые по целенаправленной криволинейной траектории.
  2. В которых, для изменения траектории, движущийся объект вырабатывает управляющие силы.
  3. В которых, для изменения траектории, необходимо изменение величины внешних сил.
  4. Совершаемые под влиянием изменения величины внешних сил и моментов сил.
- 12. Какой из этапов технологии решения общей задачи биомеханики является лишним?**
1. Определить все силы, действующие на тело спортсмена в процессе выполнения упражнения.
  2. Выделить силы, которые оказывают положительное и отрицательное воздействие на эффективность достижения цели движения.
  3. Сконструировать тренажерные устройства для уменьшения действия сил, оказывающих отрицательное воздействие на эффективность достижения цели движения.
  4. Сконструировать такую технику упражнений, при которой действие сил, оказывающих положительное воздействие на эффективность достижения цели движения будет максимальным, а действие сил, оказывающих отрицательное воздействие – минимальным.
- 13. Что не относится к частным задачам биомеханики физических упражнений?**
1. Строение, свойства и двигательные функции тела человека.
  2. Рациональная спортивная техника.
  3. Техническое совершенствование спортсмена.

4. Морально-волевая подготовка спортсмена.

**14. Что не относится к частным задачам биомеханики физических упражнений?**

1. Разработать более рациональную технику упражнения для конкретного исполнителя.
2. Определить уровень двигательной и физической подготовленности тренирующихся.
3. Обосновать объем планируемой нагрузки в макроцикле тренировочных занятий.
4. Построить оптимальную технику соревновательного упражнения для конкретного исполнителя.

**15. С каким научным направлением из числа биологических наук не связана биомеханика?**

1. Анатомия.
2. Спортивная морфология.
3. Физиология физических упражнений.
4. Термодинамика живых систем и организмов.

**16. С какой из технических наук не связана биомеханика?**

1. Аналитическая механика.
2. Динамика механических систем.
3. Квантовая механика.
4. Теория роботов и манипуляторов.

**17. С какой из математических наук не связана биомеханика?**

1. Планиметрия.
2. Дискретная математика.
3. Дифференциальные уравнения.
4. Математическая кибернетика.

**18. Какое из направлений развития информатики не связано с биомеханикой?**

1. Математическое моделирование.
2. Информатизация общества.
3. Теория оптимизации.
4. Теория программирования.

**19. Педагогический выход результатов биомеханических исследований заключается...**

1. В разработке эффективных методов воспитания личности.
2. В разработке эффективных методов обучения двигательным действиям.
3. В биомеханическом обосновании методов исследования техники упражнений.
4. В разработке путей мотивации занятий физическими упражнениями и спортом.

**20. Целенаправленные движения осуществляются...**

1. При отсутствии управления.
2. С наличием внешних помех.
3. С помощью управляющих воздействий, вырабатываемых движущимся телом.
4. По заданной траектории.
5. Без постановки цели движения.

**21. Для естественных движений характерно...**

1. Регулирование траектории с помощью управления.
2. Построение программы движения для достижения цели.
3. Отсутствие управления.
4. Преодоление внешних помех.
5. Отсутствие внешних помех.

**22. Объектом познания в биомеханике являются...**

1. Биологические причины изменения движений.
2. Физиологические механизмы развития двигательных качеств.

3. Двигательные действия человека.
4. Средства повышения эффективности тренировочного процесса.
5. Опорно-двигательный аппарат тела спортсмена.

**23. При решении общей задачи биомеханики изучаются...**

1. Закономерности техники вращательных движений.
2. Закономерности построения поступательных движений.
3. Силы, действующие на тело спортсмена и эффективность их использования.
4. Динамическая структура упражнений.

**24. Различие между естественными и целенаправленными движениями заключается**

**в...**

1. Большой скорости естественных движений.
2. Отсутствию управления в целенаправленных движениях.
3. Большой точности целенаправленных движений.
4. Большой амплитуде целенаправленных движений.
5. Отсутствию управления в естественных движениях.

**25. Область изучения биомеханики...**

1. Анатомические особенности опорно-двигательного аппарата тела человека.
2. Механические причины возникновения движений.
3. Особенности выполнения двигательных действий.
4. Физиологические механизмы адаптации человека.

## **ТЕМА 2. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ**

**1. Какой из биомеханических методов регистрации движений не относится к группе оптических методов?**

1. Кинорегистрация.
2. Стробоскопическая фотоциклосъемка.
3. Вектординамография.
4. Видеомагнитофонная запись движений.

**2. Какой из биомеханических методов исследования относится к группе оптических методов регистрации движений?**

1. Электротензометрия.
2. Электромиография.
3. Фотоциклосъемка.
4. Электрогониография.

**3. Какой из оптических методов регистрации движений отличается наибольшей погрешностью регистрации временных характеристик?**

1. Фоторегистрация.
2. Кинорегистрация.
3. Светодиодная фотоциклосъемка.
4. Стробоскопическая фотоциклосъемка.

**4. Какой из оптических методов регистрации движений наиболее точно регистрирует временные характеристики?**

1. Видеомагнитофонная запись движений.
2. Стробоскопическая фотоциклосъемка.
3. Фотоциклосъемка.
4. Светодиодная фотоциклосъемка.

- 5. С помощью какого из биомеханических методов исследования регистрируется внешняя картина движений спортсмена?**
1. Электротензометрия.
  2. Видеомагнитофонная запись движений.
  3. Электромиография.
  4. Вектординамография.
- 6. На основе какого из биомеханических методов исследования в дальнейшем можно получить расчетные значения угловой скорости сегментов (звеньев) тела спортсмена?**
1. Электротензометрия.
  2. Киносъемка.
  3. Электрогониометрия.
  4. Вектординамография.
- 7. На основе какого из биомеханических методов исследования в дальнейшем можно получить расчетные данные линейной скорости суставов спортсмена?**
1. Видеомагнитофонная запись движений.
  2. Вектординамография.
  3. Электрогониометрия.
  4. Электромиография.
- 8. На основе какого из биомеханических методов исследования в дальнейшем можно получить расчетные данные об угловом ускорении сегментов тела спортсмена?**
1. Электрогониометрия.
  2. Вектординамография.
  3. Фотоциклосъемка.
  4. Спидография.
- 9. На основе какого из биомеханических методов исследования в дальнейшем можно получить расчетные данные о линейном ускорении суставов спортсмена?**
1. Спидография.
  2. Электротензометрия.
  3. Электрогониометрия.
  4. Светодиодная фотоциклосъемка.
- 10. В качестве этапов выполнения упражнения по материалам киносъемки промера выделяют следующие:**
- a. Киноплёнку вставляют в фотоувеличитель и проецируют кинокадр на лист миллиметровой бумаги;
  - b. На листе миллиметровой бумаги отмечают двумя перпендикулярными линиями расположение внешней системы отсчета;
  - c. Отмечают точками каждый сустав звеньев тела спортсмена на листе миллиметровой бумаги;
  - d. Передвижением киноплёнки в фотоувеличителе совмещают внешнюю систему отсчета с системой отсчета на листе миллиметровой бумаги.

**Укажите правильную последовательность этапов при выполнении промера:**

1. a – b – c – d
2. a – d – c – b
3. a – b – d – c
4. a – c – d – b

**11. В качестве этапов выполнения упражнения по материалам киносъемки промера выделяют следующие:**



- a. Отмечают точками каждый сустав звеньев тела спортсмена на листе миллиметровой бумаги;
- b. Передвижением киноплёнки в фотоувеличителе совмещают избранную внешнюю систему отсчета с системой отсчета на листе миллиметровой бумаги;
- c. Соединяют линиями отмеченные на миллиметровой бумаге точки (суставы) и место контакта опорного звена с опорой (если упражнение выполнялось в условиях опоры);
- d. Перемещают в фотоувеличителе киноплёнку упражнения на один следующий кадр.

**Укажите правильную последовательность этапов при выполнении промера:**

1. a – b – c – d
2. b – a – c – d
3. b – c – a – d
4. c – b – a – d

**12. Какое из условий кинорегистрации лишнее?**

1. Разрабатывается схема расположения киноаппарата относительно места выполнения упражнения.
2. Выполняют маркировку (разметку) фона и объекта съемки.
3. Включают секундомер для определения длительности выполнения упражнения.
4. Для получения точного масштаба фотографируют масштабную линейку, помещенную в плоскости движения, определяют условия освещенности и частоту киносъемки для выбора чувствительности пленки и времени экспозиции.

**13. Какой из разделов использования видеоманитофонной записи движений спортсмена является лишним?**

1. Демонстрация видеопленки через видеоманитофон.
2. Оцифровка видеопленки с помощью компьютерной технологии и запись в видеофайл, что позволяет в дальнейшем выполнить промер упражнения.
3. Вычисление кинематических и динамических характеристик упражнений по результатам промера.
4. Установка видеокамеры соответственно технологии киносъемки, определение условий освещенности.

**14. С увеличением частоты киносъемки временной интервал между двумя ближайшими кинокадрами:**

1. Увеличивается?
2. Уменьшается?
3. Не изменяется?
4. Стремится к бесконечности?

**15. Меньший временной интервал между двумя ближайшими кинокадрами свидетельствует о том, что частота киносъемки:**

1. Увеличивается?
2. Уменьшается?
3. Не изменяется?
4. Стремится к нулю?

### **ТЕМА 3. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ ДВИЖЕНИЙ**

**1. Какой из биомеханических методов исследования относится к группе инструментальных методов регистрации движений?**

1. Электротензометрия.

2. Фоторегистрация.
3. Кинорегистрация.
4. Светодиодная фотоциклосъемка.

**2. Какой из биомеханических методов регистрации движений не относится к группе инструментальных методов?**

1. Электрогониография.
2. Акселерография.
3. Стробоскопическая фотоциклосъемка.
4. Электромиография.

**3. С помощью какого из биомеханических методов исследования регистрируется электрическая активность мышц?**

1. Вектординамография.
2. Электротензометрия.
3. Спидография.
4. Электромиография.

**4. С помощью какого из биомеханических методов исследования регистрируется величина силы реакции опоры?**

1. Электротензометрия.
2. Фотоциклосъемка.
3. Акселеография.
4. Электромиография.

**5. Какой из этапов выполнения тарировки при электротензометрических исследованиях является лишним?**

1. Регистрируется начальный уровень электронного луча на осциллографе при отсутствии нагрузки на тензометрическое устройство.
2. Регистрируется уровень электронного луча на осциллографе при определенной нагрузке на тензометрическое устройство.
3. Вычисляется зависимость между смещением электронного луча и величиной нагрузки и используется в дальнейшем для определения величины силы реакции опоры.
4. Пункты 1-3 повторяются с нагрузкой, уменьшенной в 2 раза.

**6. Вектординамография – метод биомеханики?**

1. Нет.
2. Да.
3. Да, если используется совместно с электротензометрией.
4. Нет, если используется совместно с киносъемкой.

**7. Какая из характеристик регистрируется при использовании метода электромиографии?**

1. Величина мышечной усталости.
2. Величина мышечного напряжения.

3. Величина электрической активности мышц.
4. Величина мышечного расслабления.

**8. Какой из следующего комплекса приборов является лишним при проведении электротензометрических исследований?**

1. Датчик ускорений.
2. Усилитель сигнала.
3. Тензометрический датчик.
4. Регистрирующее устройство.

**9. С помощью электротензометрии определяется...**

1. Сила реакции связи в суставах.
2. Сила реакции опоры.
3. Электрическая активность мышц.
4. Сила тяги мышц.

**10. Электромиография используется для определения...**

1. Силы тяги мышц.
2. Сила реакции связи в суставах.
3. Величина перемещения центра масс мышц.
4. Электрической активности мышц.

**11. С помощью полидинамометрии можно определить...**

1. Силу реакции связи в суставах.
2. Силу тяги мышц.
3. Силу сопротивления внешней среды.
4. Силу реакции опоры.

**12. Электромиография - метод биомеханики?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, если используется совместно с электротензометрией.
4. Нет, если используется совместно с кино съемкой.

**13. Математическое моделирование – инструментальный метод регистрации движений?**

1. Нет.
2. Да.
3. Нет, если не использовалась компьютерная техника.
4. Да, если использовались математические модели движений биомеханических систем.

**14. Кино регистрация движений – инструментальный метод регистрации движений?**

1. Нет, если она используется без маркировки испытуемых.
2. Да, если она используется с фоном и маркировкой испытуемого.
3. Да.
4. Нет.

**15. Гониометрия – инструментальный метод, который позволяет регистрировать...**

1. Скорость движения сегментов тела
2. Ускорение движения сегментов тела.
3. Суставные углы спортсмена.
4. Моменты мышечных сил спортсмена.

**ТЕМА 4. МОДЕЛЬ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА. УСТРОЙСТВО ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

**1. Что является активной частью опорно-двигательного аппарата тела человека?**

1. Кости.
2. Мышцы.
3. Суставы.
4. Центральная нервная система.

**2. Чем биокинематическая цепь отличается от биокинематической пары?**

1. Различным строением соединяющих элементов.
2. Массой соединяемых костных звеньев.
3. Количеством соединяемых костных звеньев.
4. Длиной соединяемых костных звеньев.

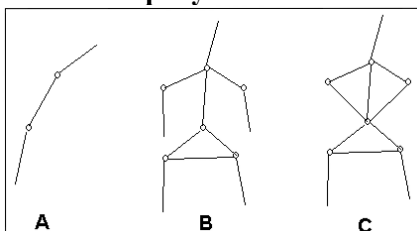
**3. Связь в биокинематической паре...**

1. Увеличивает амплитуду движения.
2. Ограничивает движение.
3. Уменьшает величину мышечного напряжения.
4. Позволяет увеличивать величину мышечного напряжения.

**4. Управляющие воздействия мышц в биокинематической паре оказывают одно из следующих влияний на связочный аппарат:**

1. Растягивают связочный аппарат.
2. Сжимают связочный аппарат.
3. Накладывают дополнительные степени связи.
4. Не оказывают никакого влияния.

**5. К какому из типов биокинематических цепей не относится цепь, изображенная на рисунке В?**



1. Неразветвленные.
2. Разветвленные.
3. Замкнутые.
4. Незамкнутые.

**6. Количество степеней свободы тела равно 6. К какому примеру это относится?**

1. Свободное материальное тело.
2. Зафиксирована одна точка свободного тела.
3. Зафиксировано две точки свободного тела.
4. Закреплены три точки (не лежащие на одной прямой) свободного тела.

**7. Количество степеней свободы тела равно 3. К какому примеру это относится?**

1. Свободное материальное тело.
2. Зафиксирована одна точка свободного тела.
3. Зафиксировано две точки свободного тела.
4. Закреплены три точки (не лежащие на одной прямой) свободного тела.

**8. Количество степеней свободы тела равно 1. К какому примеру это относится?**

1. Свободное материальное тело.
2. Зафиксирована одна точка свободного тела.
3. Зафиксировано две точки свободного тела.
4. Закреплены три точки (не лежащие на одной прямой) свободного тела.

**9. Какое из соединений не относится к суставам?**

1. Свободное материальное тело.
2. Зафиксирована одна точка свободного тела.
3. Зафиксировано две точки свободного тела.
4. Закреплены три точки (не лежащие на одной прямой) свободного тела.

**10. Свободное тело имеет...**

1. Одну степень свободы.
2. Три степени свободы.
3. Бесчисленное множество степеней свободы.
4. Шесть степеней свободы.

**11. Сколько степеней свободы у мяча в полете?**

1. Пять.
2. Три.
3. Бесчисленное множество.
4. Шесть.

**12. Спускаясь с горы, лыжник слегка приседает. Почему?**

1. Фаза амортизации.
2. Более устойчивее.
3. Способствует ловкости.
4. ОЦМ поднимается.

**13. Что такое биокинематическая пара?**

1. Два соединенных между собой сегмента тела;
2. Два сустава;
3. Последовательное соединение между собой трех и более биокинематических звеньев
4. Два последовательно соединенных рычага.

**14. Что такое биокинематическая цепь?**

1. Последовательное соединение между собой трех и более сегментов тела;

2. Два соединенных между собой звена тела
3. Два сустава
4. Два последовательно соединенных рычага

**15. Укажите несуществующий тип биокинематических цепей:**

1. Неразветвленные.
2. Разветвленные.
3. Замкнутые.
4. Разомкнутые.

## **ТЕМА 5. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МАКСИМАЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ МЫШЕЧНОЙ СИЛЫ**

**1. Укажите, к какому пункту особенностей работы мышечного аппарата тела человека относится понятие «латентный период двигательной реакции»:**

1. Инерционность процесса мышечного напряжения.
2. Зависимость «Сила - скорость»
3. Зависимость «Сила – суставной угол»
4. Факторы, влияющие на величину проявления мышечной силы.

**2. Латентный период двигательной реакции, как одна из фаз инерционности процесса мышечного напряжения, длится по времени:**

1. 0,015 – 0,025 с?
2. 0,15 – 0,25 с?
3. 1,50 – 2,50 с?
4. 15,00 – 25,00 с?

**3. Время процесса достижения максимального мышечного напряжения из состояния расслабления составляет:**

1. 0,00 – 0,025 с
2. 0,25 – 0,35 с
3. 2,50 – 3,50 с
4. 25,00 – 35,00 с

**4. Время процесса достижения состояния расслабления из состояния максимального мышечного напряжения составляет:**

1. 0 с – 0,035 с
2. 0,35 с – 0,45 с
3. 3,5 с – 4,5 с
4. 35 с – 45 с

**5. Упреждающее по времени мышечное напряжение позволяет:**

1. Добиться большего мышечного напряжения.
2. Достигнуть более раннего по времени максимального мышечного напряжения.
3. Обеспечить большую амплитуду сгибательно-разгибательных движений в суставах.

4. Не вызовет никаких последствий.

**6. Инерционность процесса мышечного напряжения заключается в том, что:**

1. Величина мышечного напряжения зависит от физиологического поперечника мышц.
2. Мышцы достигают максимального мышечного напряжения не мгновенно, а в течение определенного промежутка времени.
3. Величина развиваемого мышечного усилия является функцией суставного угла.
4. Величина развиваемого мышечного усилия является функцией скорости изменения суставного угла.

**7. Зависимость «сила – суставной угол» проявляется в том, что:**

1. Величина развиваемого мышечного напряжения зависит от величины суставного угла.
2. Величина развиваемого мышечного напряжения не является функцией суставного угла.
3. Величина развиваемого мышечного напряжения зависит от длины сегментов, образующих кинематическую пару.
4. Величина развиваемого максимального мышечного напряжения во всех суставах одинакова.

**8. Зависимость «сила – скорость» проявляется в том, что:**

1. С увеличением линейной скорости суставов в плоскопараллельном движении увеличивается величина развиваемой мышечной силы.
2. С уменьшением линейной скорости суставов в плоскопараллельном движении увеличивается величина развиваемой мышечной силы.
3. С увеличением скорости изменения суставного угла увеличивается величина развиваемой мышечной силы.
4. С уменьшением скорости изменения суставного угла увеличивается величина развиваемой мышечной силы.

**9. В каких упражнениях проявляется максимальная мышечная сила:**

1. Скоростно-силовые упражнения.
2. Динамические упражнения преодолевающего характера (модельные перемещения).
3. Статические упражнения.
4. Динамические упражнения уступающего характера.

**10. В каких упражнениях проявляется минимальная мышечная сила:**

1. Статические упражнения.
2. Скоростно-силовые упражнения.
3. Динамические упражнения преодолевающего характера.
4. Динамические упражнения уступающего характера.

**11. Соревновательное упражнение выполняется в статическом режиме работы мышц. Какие специально-подготовительные упражнения, основываясь на принципе сопряженного воздействия, будут оказывать положительное воздействие на увеличение силового потенциала спортсмена, необходимого для освоения соревновательного упражнения?**

1. Скоростно-силовые упражнения.
2. Динамические упражнения преодолевающего характера.
3. Динамические упражнения уступающего характера.
4. Статические упражнения.

**12. Соревновательное упражнение выполняется в скоростно-силовом режиме работы мышц. Какие специально-подготовительные упражнения, основываясь на принципе сопряженного воздействия, будут оказывать положительное воздействие на увеличение силового потенциала спортсмена, необходимого для освоения соревновательного упражнения?**

1. Скоростно-силовые упражнения.
2. Динамические упражнения преодолевающего характера.
3. Динамические упражнения уступающего характера.
4. Статические упражнения.

**13. Какой из пунктов не соответствует принципу сопряженного воздействия?**

1. Специально-подготовительные упражнения по характеру режима работы мышц должны соответствовать осваиваемому соревновательному упражнению.
2. Кинематическая структура специально-подготовительных упражнений должна соответствовать кинематической структуре осваиваемого соревновательного упражнения.
3. Вид нагрузки (вес тела, сила инерции и т.п.) в специально-подготовительном упражнении должен соответствовать виду нагрузки в соревновательном упражнении.
4. Динамическая структура специально-подготовительных упражнений должна соответствовать динамической структуре осваиваемого соревновательного упражнения.

**14. Укажите неверный фактор, определяющий величину проявления мышечной силы:**

1. Зависимость «сила-скорость».
2. Место прикрепления мышц к кости.
3. Величина силы реакции опоры.
4. Физиологический поперечник мышц.

**15. При наклоне головы на грудь стимулируются к работе:**

1. Мышцы задней поверхности тела.
2. Мышцы передней поверхности тела.
3. Мышцы разгибатели бедра.
4. Мышцы разгибатели плеча.

**16. При наклоне головы назад стимулируются к работе:**

1. Мышцы задней поверхности тела.
2. Мышцы передней поверхности тела.
3. Мышцы сгибатели бедра.
4. Мышцы сгибатели плеча.

**17. Для поддержания максимально возможной скорости бега на заключительных метрах дистанции спринтер ...**

1. Откидывает голову назад.
2. Наклоняет голову на грудь.
3. Просматривает соперника справа.
4. Просматривает соперника слева.

**18. Зависит ли величина развиваемых мышечных усилий от величины угла в суставах?**

1. Нет.



2. Да.
3. Да, но только в сгибательных движениях.
4. Да, но только в разгибательных движениях.

**19. Чем больше скорость изменения угла в суставах, тем большую мышечную силу способен реализовать спортсмен?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, но только в сгибательных движениях.
4. Да, но только в разгибательных движениях.

**20. Чем больше скорость изменения угла в суставах, тем меньшую мышечную силу способен реализовать спортсмен?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, но только в сгибательных движениях.
4. Да, но только в разгибательных движениях.

**21. Чем меньше скорость изменения угла в суставах, тем меньшую мышечную силу способен реализовать спортсмен?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, но только в сгибательных движениях.
4. Да, но только в разгибательных движениях.

**22. Чем меньше скорость изменения угла в суставах, тем большую мышечную силу способен реализовать спортсмен?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, но только в сгибательных движениях.
4. Да, но только в разгибательных движениях.

**23. Укажите верный фактор, определяющие величину проявления мышечной силы**

1. Физиологический поперечник мышц.
2. Социальные условия выполнения мышечной работы.
3. Химические условия выполнения мышечной работы.
4. Психические условия выполнения мышечной работы.

**24. Спортсмен поднимает ногу из основной стойки. Для решения данной двигательной задачи вовлекаются в работу ...**

1. Мышцы – антагонисты.
2. Мышцы – супинаторы.
3. Отводящие мышцы.
4. Мышцы – синергисты.

**25. Спортсмен из основной стойки отводит ногу назад. Для решения данной двигательной задачи вовлекаются в работу ...**

1. Мышцы – антагонисты.
2. Мышцы – супинаторы.
3. Мышцы – пронаторы.

4. Мышцы – синергисты.

**26. Укажите характер зависимости «сила – скорость».**

1. Зависимость прямая.
2. Зависимость обратная.
3. Зависимость линейная.
4. Зависимость аппроксимирующая.

**27. Укажите характер зависимости «сила – суставной угол» для мышц-разгибателей плеч.**

1. Зависимость прямая.
2. Зависимость обратная.
3. Зависимость линейная.
4. Зависимость аппроксимирующая.

**28. Укажите характер зависимости «сила – суставной угол» для мышц-сгибателей плеч.**

1. Зависимость прямая.
2. Зависимость обратная.
3. Зависимость линейная.
4. Зависимость аппроксимирующая.

## **ТЕМА 6. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ И СЕГМЕНТОВ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

**1. Если при биомеханическом анализе движения используют цифровые показатели, то выполняется:**

1. Количественный биомеханический анализ.
2. Качественный биомеханический анализ.
3. Кинематический биомеханический анализ.
4. Динамический биомеханический анализ.

**2. Если при биомеханическом анализе движения не используют цифровые показатели, то выполняется:**

1. Количественный биомеханический анализ.
2. Качественный биомеханический анализ.
3. Кинематический биомеханический анализ.
4. Динамический биомеханический анализ.

**3. Какая из биомеханических характеристик относится к количественным?**

1. Необходимо существенно увеличить амплитуду сгибания ног в тазобедренных суставах.
2. Необходимо значительно увеличить скорость сгибания ног в тазобедренных суставах.
3. Необходимо уменьшить время сгибания ног в тазобедренных суставах до 0,5 с.
4. Необходимо количественно увеличить кинетическую энергию сгибания ног в тазобедренных суставах до максимально возможного уровня.

**4. Какая из биомеханических характеристик относится к качественным:**

1. Необходимо существенно увеличить амплитуду сгибания ног в тазобедренных суставах.

2. Необходимо значительно, на 1 рад/с, увеличить скорость сгибания ног в тазобедренных суставах.
3. Необходимо качественно уменьшить время сгибания ног в тазобедренных суставах до 0,5 с.
4. Необходимо качественно (на 30 %) увеличить кинетическую энергию сгибания ног в тазобедренных суставах до максимально возможного уровня.

**5. В каком из вариантов биомеханического анализа не соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 0,3 м.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,5 с.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 рад/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 рад/с<sup>2</sup>.

**6. Какой из вариантов биомеханического анализа соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 30<sup>0</sup>.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,05 мин.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 м/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 м/с<sup>2</sup>.

**7. В каком из вариантов биомеханического анализа не соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 30<sup>0</sup>.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,05 мин.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 рад/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 рад/с<sup>2</sup>.

**8. Какой из вариантов биомеханического анализа соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 0,3 м.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,5 с.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 м/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 м/с<sup>2</sup>.

**9. Какой из вариантов биомеханического анализа не соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 30<sup>0</sup>.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,5 с.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 м/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 рад/с<sup>2</sup>.

**10. Какой из вариантов биомеханического анализа соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 0,3 м.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,05 мин.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 рад/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло 0,8 м/с<sup>2</sup>.

**11. Какой из вариантов биомеханического анализа не соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на  $30^0$ .
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,5 с.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 рад/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло  $0,8 \text{ м/с}^2$ .

**12. Какой из вариантов биомеханического анализа соответствует размерности в системе СИ выполняемому действию?**

1. Амплитуда сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 0,3 м.
2. Время сгибания ног в тазобедренных суставах уменьшилось до 0,05 мин.
3. Скорость сгибания ног в тазобедренных суставах увеличилась на 1 м/с.
4. Ускорение сгибательного движения ног в тазобедренных суставах достигло  $0,8 \text{ рад/с}^2$ .

**13. Какой из вариантов биомеханического анализа не является корректным по терминологии?**

1. Угловая скорость плечевого сустава.
2. Линейная скорость тазобедренного сустава.
3. Угловая скорость плеч.
4. Угловая скорость бёдер.

**14. Какой из вариантов биомеханического анализа не является корректным по терминологии?**

1. Линейная скорость плечевого сустава.
2. Линейная скорость тазобедренного сустава.
3. Линейная скорость плеч.
4. Угловая скорость бёдер.

**15. Какой из вариантов биомеханического анализа не является корректным по терминологии?**

1. Линейное ускорение плечевого сустава.
2. Угловое ускорение тазобедренного сустава.
3. Угловое ускорение плеч.
4. Угловое ускорение бёдер.

**16. Какой из вариантов биомеханического анализа не является терминологически корректным?**

1. Линейное ускорение плечевого сустава.
2. Линейное ускорение тазобедренного сустава.
3. Линейное ускорение плеч.
4. Угловое ускорение бедер.

**17. Какой из вариантов биомеханического анализа не является терминологически корректным?**

1. Линейное ускорение плечевого сустава.
2. Линейное ускорение тазобедренного сустава.
3. Угловое ускорение плеч.

4. Линейное ускорение бедер.

**18. Кинематические характеристики служат для описания...**

1. Пространственной формы движений.
2. Причин возникновения движений.
3. Причин изменения движений.
4. Энергетических показателей движения.

**19. Кинематические характеристики служат для описания...**

1. Силовой структуры движений.
2. Инерционной структуры движений.
3. Временной структуры движений.
4. Причин возникновения движений.

**20. Кинематические характеристики служат для описания...**

1. Причин изменения движений.
2. Пространственно-временной структуры движений.
3. Силовой структуры движений.
4. Энергетической структуры движений.

**21. Какая из групп биомеханических характеристик движения не относится к кинематическим?**

1. Пространственные характеристики.
2. Временные характеристики.
3. Инерционные характеристики.
4. Пространственно-временные характеристики.

**22. Какая из групп биомеханических характеристик движения не относится к кинематическим?**

1. Силовые характеристики.
2. Пространственные характеристики.
3. Временные характеристики.
4. Пространственно-временные характеристики.

**23. Какая из групп биомеханических характеристик движения не относится к кинематическим?**

1. Пространственно-временные характеристики.
2. Временные характеристики.
3. Энергетические характеристики.
4. Пространственные характеристики.

**24. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**

1. Линейная скорость точки.
2. Координаты точки.
3. Перемещение.
4. Траектория.

- 25. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**
1. Координаты точки.
  2. Линейная скорость точки.
  3. Угловая скорость сегмента.
  4. Темп.
- 26. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**
1. Координаты точки.
  2. Линейное ускорение точки.
  3. Амплитуда.
  4. Траектория.
- 27. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**
1. Темп.
  2. Координаты тела.
  3. Линейное ускорение сегмента.
  4. Линейное ускорение точки.
- 28. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**
1. Координаты точки.
  2. Координаты тела.
  3. Количество движения тела.
  4. Траектория тела.
- 29. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**
1. Количество движения системы тел.
  2. Кинетический момент системы тел.
  3. Координаты системы тел.
  4. Кинетическая энергия системы тел.
- 30. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**
1. Координаты точки.
  2. Координаты тела.
  3. Координаты системы тел.
  4. Количество движения системы тел.
- 31. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**
1. Угловая скорость плеч.
  2. Угловое ускорение плеч.
  3. Линейная скорость плечевого сустава.
  4. Линейное перемещение плечевого сустава.
- 32. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**
1. Координаты системы тел.
  2. Перемещение.
  3. Ритм.
  4. Траектория.

**33. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**

1. Длительность выполнения сгибательного движения ног в тазобедренных суставах.
2. Амплитуда выполнения сгибательного движения ног в тазобедренных суставах.
3. Темп выполнения сгибательного движения ног в тазобедренных суставах.
4. Ритм выполнения сгибательного движения ног в тазобедренных суставах.

**34. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственным характеристикам?**

1. Координаты системы тел.
2. Амплитуда.
3. Траектория.
4. Угловое перемещение плечевого сустава.

**35. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственным характеристикам?**

1. Угловое перемещение тазобедренного сустава.
2. Линейное перемещение тазобедренного сустава.
3. Ритм.
4. Темп.

**36. Какая из биомеханических характеристик относится к временным характеристикам?**

1. Длительность траектории.
2. Длительность количества движения.
3. Длительность координат системы тел.
4. Длительность выполнения упражнения.

**37. Какая из биомеханических характеристик не относится к временным характеристикам?**

1. Момент времени начала выполнения упражнения.
2. Момент времени окончания выполнения упражнения.
3. Длительность выполнения упражнения.
4. Длительность координат упражнения.

**38. Какая из биомеханических характеристик относится к временным характеристикам?**

1. Длительность количества движения.
2. Темп выполнения упражнения
3. Длительность координат системы тел.
4. Длительность траектории.

**39. Какая из биомеханических характеристик не относится к временным характеристикам?**

1. Линейная скорость тазобедренного сустава.
2. Длительность выполнения опорной части упражнения.
3. Длительность выполнения полетной части упражнения.
4. Длительность выполнения отталкивания.

**40. Какая из биомеханических характеристик относится к временным характеристикам?**

1. Амплитуда.
2. Ритм.
3. Перемещение.
4. Траектория.

**41. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейная скорость точки.
2. Линейная скорость сегмента.

3. Линейное ускорение сегмента.
4. Линейное перемещение точки.

**42. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Угловая скорость точки.
2. Линейное ускорение точки.
3. Угловое ускорение сегмента.
4. Линейная скорость точки.

**43. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейное ускорение сегмента.
2. Угловая скорость сегмента.
3. Линейное перемещение точки.
4. Линейная скорость сегмента.

**44. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейное ускорение точки.
2. Линейная скорость сегмента.
3. Линейное ускорение общего центра тяжести тела.
4. Угловое ускорение сегмента.

**45. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейное ускорение сегмента.
2. Линейная скорость сегмента.
3. Линейное ускорение точки.
4. Линейное перемещение точки.

**46. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Угловое ускорение сегмента.
2. Линейное ускорение точки.
3. Угловое ускорение точки.
4. Линейная скорость точки.

**47. Какая из биомеханических характеристик относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейное ускорение сегмента.
2. Линейное перемещение точки.
3. Линейная скорость сегмента.
4. Угловое ускорение сегмента.

**48. Какая из биомеханических характеристик не относится к пространственно-временным характеристикам?**

1. Линейная скорость точки.
2. Линейное ускорение точки.
3. Угловое ускорение сегмента.
4. Линейное ускорение сегмента.

**49. Точка расположена в декартовой системе координат. В каком из номеров квадрантов (N) знак координат точки дан неверно?**



N	X	Y
1	+	-
2	-	+
3	-	-
4	+	-

50. Точка расположена в декартовой системе координат. В каком из номеров квадрантов (N) знак координат точки дан неверно?

51.

N	X	Y
1	+	+
2	-	-
3	-	-
4	+	-

51. Точка расположена в декартовой системе координат. В каком из номеров квадрантов (N) знак координат точки дан неверно?

N	X	Y
1	+	+
2	-	+
3	+	+
4	+	-

52. Точка расположена в декартовой системе координат. В каком из номеров квадрантов (N) знак координат точки дан неверно?

N	X	Y
1	+	+
2	-	+
3	-	-
4	-	+

53. Координаты точки (K) в декартовой системе координат, расположенной на плоскости, определяются?

1.  $K(R, Q)$ .
2.  $K(x, y)$ .
3.  $K(R, x)$ .
4.  $K(R, y)$ .

Здесь: K - точка, x – длина проекции отрезка  $Kx$ , y – длина проекции отрезка  $Ky$ , R – расстояние от начала системы координат до точки K, Q – угол между линией, соединяющей точку K с началом системы координат и осью  $Ox$ .

54. Координаты точки (K) в полярной системе координат, расположенной на плоскости, определяются?

1.  $K(x, y)$ .

2.  $K(R,x)$ .
3.  $K(R,y)$ .
4.  $K(R,Q)$ .

Здесь:  $K$  - точка,  $x$  – длина проекции отрезка  $Kx$ ,  $y$  - длина проекции отрезка  $Ky$ ,  $R$  – расстояние от начала системы координат до точки  $K$ ,  $Q$  – угол между линией, соединяющей точку  $K$  с началом системы координат и осью  $Ox$ .

**55. Угловая скорость:**

1. Больше у более удаленной от оси вращения точки стержня?
2. Меньше у ближе расположенной к оси вращения точки стержня?
3. Меньше у более удаленной от оси вращения точки стержня?
4. Больше у ближе расположенной к оси вращения точки стержня?
5. Не зависит от удаленности точек стержня от оси вращения?

**56. Линейная скорость:**

1. Не зависит от удаленности точек стержня от оси вращения?
2. Больше у ближе расположенной от оси вращения точки стержня?
3. Меньше у более удаленной от оси вращения точки стержня?
4. Меньше у ближе расположенной от оси вращения точки стержня?
5. Всех точек стержня равна?

**57. Указать пространственно-временную характеристику?**

1. Положение занимающегося на снаряде.
2. Длительность выполнения упражнения.
3. Координаты звеньев тела.
4. Угловая скорость звеньев тела.
5. Начало выполнения упражнения по времени.

**58. Координаты относятся к пространственно-временным характеристикам?**

1. Да.
2. Нет.
3. Да, если это только угловые показатели.
4. Нет, если это только данные в декартовой системе координат.

**59. Длительность выполнения какой-либо фазы движения пространственно-временная характеристика?**

1. Да.
2. Нет.
3. Нет, если размерность времени выражена в секундах.
4. Да, если размерность времени выражается в минутах.

**60. Что называют траекторией?**

1. Место точки в пространстве;
2. Место точки в системе отсчета;
3. Перемещение точки;
4. Линия движения точки

**61. Когда движение называют прямолинейным?**

1. Траектория – кривая линия;

2. Траектория – прямая линия;
3. Траектория – произвольная кривая;
4. Траектория – прерывистая линия.

**62. Какое движение точки называют криволинейным?**

1. Траектория – прерывистая линия;
2. Траектория – произвольная кривая;
3. Траектория – прямая линия;
4. Неравноускоренное движение точки.

**63. Что называют координатой?**

1. Геометрическое место положений точки;
2. Местоположение точки относительно системы отсчета;
3. Положение точки в системе тел;
4. Перемещение точки в системе отсчета.

**64. Ритм движения тела – это...**

1. Пространственная мера повторности движений;
2. Временная мера повторности движений;
3. Временная мера соотношения частей движений;
4. Мера изменения быстроты движений.

**65. Что называют перемещением точки?**

1. Координаты начального положения тела;
2. Разность между конечным и начальным положением точки;
3. Координаты конечного положения тела;
4. Длину траектории движения точки.

**66. Что характеризует ускорение?**

1. Быстроту изменения пути;
2. Быстроту изменения вектора перемещения;
3. Быстроту изменения вектора скорости;
4. Приращение скорости за промежуток времени

**67. Указать единицы измерения пространственных характеристик.**

1. Гц;
2. кг;
3. Н;
4. рад.

**68. Указать единицы измерения временных характеристик.**

1. Вт;
2. сек;
3. кг;
4. м/с

**69. Указать пространственно-временные характеристики.**

1. град;
2. сек;
3. Ом;
4. м/с.

**70. Указать единицы измерения пространственных характеристик.**

1. Гц;
2. кг;
3. Ньютон;
4. метр.

**71. Указать единицы измерения пространственных характеристик.**

1. Гц;
2. метр;
3. Ньютон;
4. Джоуль.

**72. Указать единицы измерения пространственно-временных характеристик.**

1.  $\text{м/с}^2$ ;
2. метр;
3. Н;
4. Джоуль.

**73. Указать неверную единицу измерения пространственных характеристик.**

1. метр;
2. рад;
3. градус;
4. Ньютон.

**74. Указать неверную единицу измерения кинематических характеристик.**

1.  $\text{м/с}^2$ ;
2. метр;
3. рад/сек;
4. Вт.

**75. Указать единицу измерения кинематических характеристик.**

1.  $\text{м/с}^2$ ;
2. Ньютон;
3. Джоуль;
4. Кулон.

**ТЕМА 7. ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА**

**1. К внешним силам относится?**

1. Сила тяги мышц.
2. Деформация опорно-двигательного аппарата.
3. Инерционность процесса мышечного напряжения.
4. Сила тяжести.

**2. К внутренней силе относится?**

1. Сила воли.
2. Сила возбудимости нервных процессов.
3. Сила тяги мышц.
4. Сила реакции опоры.

**3. Действие внутренних сил обусловлено?**

1. Управлением со стороны анализаторов.
2. Величиной внешних сил и моментов сил.
3. Эффективностью двигательных действий.
4. Управлением со стороны центральной нервной системы.

**4. Динамические характеристики служат для описания...**

1. Причин возникновения движений.
2. Пространственной формы движений.
3. Временной структуры движений.
4. Ритмической и темповой структуры движений.

**5. Динамические характеристики служат для описания...**

1. Пространственно-временной организации движений.
2. Причин изменения движений.
3. Информационной структуры движений.
4. Рисунка движений.

**6. Динамические характеристики служат для описания...**

1. Пространственного рисунка движений.
2. Силового компонента движений.
3. Временного компонента движений.
4. Пространственно-временного компонента движений.

**7. Динамические характеристики служат для описания...**

1. Энергетического компонента движений.
2. Пространственно-временного компонента движений.
3. Временного компонента движений.
4. Пространственной структуры движений.

**7. Динамические характеристики служат для описания...**

1. Пространственного компонента движений.
2. Пространственно-временного компонента движений.
3. Временной структуры движений.
4. Инерционного компонента движений.

**9. Какая из групп биомеханических характеристик не относится к динамическим?**

1. Пространственные характеристики.
2. Инерционные характеристики.
3. Энергетические характеристики.
4. Силовые характеристики.

**10. Какая из групп биомеханических характеристик не относится к динамическим?**

1. Силовые характеристики.
2. Инерционные характеристики.
3. Временные характеристики.
4. Энергетические характеристики.

**11. Какая из групп биомеханических характеристик не относится к динамическим?**

1. Энергетические характеристики.
2. Инерционные характеристики.
3. Силовые характеристики.
4. Пространственно-временные характеристики.

**12. Какая из биомеханических характеристик не относится к четырем параметрам сегментов тела человека?**

1. Длина сегмента.
2. Координата центра масс сегмента.
3. Обхват сегмента.
4. Момент инерции сегмента.

**13. Какая из биомеханических характеристик не относится к четырем параметрам сегментов тела человека?**

1. Объем сегмента.
2. Длина сегмента.
3. Координата центра масс сегмента.
4. Масса сегмента.

**14. Какая из биомеханических характеристик не относится к четырем параметрам сегментов тела человека?**

1. Координата центра масс сегмента.
2. Ширина сегмента.
3. Масса сегмента.
4. Центральное момент инерции сегмента.

**15. Какая из биомеханических характеристик не относится к четырем параметрам сегментов тела человека?**

1. Длина сегмента.
2. Масса сегмента.
3. Центральное момент инерции сегмента.
4. Объем сегмента.

**16. Мера инертности тела в поступательном движении определяется?**

1. Объемом тела.
2. Массой тела.

3. Моментом инерции тела относительно оси вращения, проходящей через общий центр тяжести тела.
4. Моментом инерции тела относительно оси вращения, расположенной на внешней поверхности тела.

**17. Мера инертности тела во вращательном движении определяется...**

1. Массой тела.
2. Объемом тела.
3. Моментом инерции тела относительно оси вращения, проходящей через общий центр тяжести тела.
4. Моментом инерции тела относительно оси вращения, относительно которой происходит вращение тела.

**18. Массу сегментов тела человека нельзя определить ...**

1. По средне-статистическим данным.
2. Взвешиванием в условиях действия силы тяжести.
3. С использованием уравнений множественной регрессии.
4. По росту испытуемого.

**19. Массу сегментов тела человека нельзя определить ...**

1. По массе всего тела.
2. Взвешиванием в условиях действия силы тяжести.
3. По росту.
4. По росту и массе.

**20. Погрешность результатов вычислений геометрии масс тела человека по уравнениям множественной регрессии не превышает...**

1. 12%.
2. 8%.
3. 6%.
4. 4%.

**21. Погрешность результатов вычислений геометрии масс тела человека по средне-статистическим данным может максимально достигать...**

1. 500% – 700%.
2. 50,0% – 70,0%.
3. 5,00% – 7,00%.
4. 0,50% – 0,70%.

**22. По средне-статистическим данным массу сегмента можно определить из уравнения ... (обозначения в формулах:  $m$  – масса тела спортсмена,  $m_i$  – масса  $i$ -го сегмента,  $m_i\%$  – относительный весовой коэффициент для  $i$ -го сегмента)**

$$1. m_i = \frac{m}{m_i\%} 100,$$

$$2. m_i = \frac{m}{100} m_i\%,$$

$$3. m_i = \frac{m_i \%}{m} 100,$$

$$4. m_i = \frac{100}{m_i \%} / m,$$

**23. По средне-статистическим данным координату тяжести сегмента на его продольной оси можно определить из уравнения ... (обозначения в формулах:  $L_i$ - длина  $i$ -го сегмента,  $x_i\%$ - относительный коэффициент для  $i$ -го сегмента,  $Xc_i$  – координата центра тяжести  $i$ -го сегмента.)**

$$1. Xc_i = \frac{L_i}{x_i \%} 100,$$

$$2. Xc_i = \frac{x_i \%}{L_i} 100,$$

$$3. Xc_i = \frac{L_i}{100} x_i \% ,$$

$$4. Xc_i = \frac{100}{x_i \%} / L_i ,$$

**24. Мерой инертности тела в поступательных движениях является...**

1. Расстояния от центров масс звеньев тела до суставов.
2. Момент инерции.
3. Масса тела.
4. Скорость.
5. Ускорение.

**25. От каких биомеханических характеристик зависит ускорение тела в поступательных движениях...**

1. Скорости.
2. Приложенной к телу силы.
3. Пройденного пути.
4. Времени движения.

**26. Мера инертности тела во вращательных движениях обусловлена...**

1. Вращательным движением.
  2. Центральным моментом инерции.
  3. Массой.
  4. Радиусом вращения.
  5. Угловой скоростью.
6. Моментом инерции относительно оси вращения.

**27. Сила, действующая вдоль радиуса вращения физического маятника, увеличилась в два раза. Момент силы от этого фактора?**

1. Увеличился.



2. Уменьшился.
3. Не изменился.
4. Стремятся к нулю.
5. Стремятся к бесконечности.

**28. От каких биомеханических характеристик зависит величина кинетического момента биомеханической системы?**

1. Линейной скорости ц.м. звеньев.
2. Угловой скорости звеньев.
3. Линейного ускорения звеньев.
4. Углового ускорения ц.м. звеньев.

**29. Сила – это...**

1. Мера инертности тела при поступательном движении;
2. Мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени;
3. В мере вращающего действия силы на тело;
4. Мера механического действия одного тела на другое.

**30. Момент силы – это...**

1. Мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени;
2. Произведение величины силы на ее плечо;
3. Мера механического действия одного тела на другое;
4. Возникает только при линейном ускорении тела.

**ТЕМА 8. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ СПОРТСМЕНА В СОСТОЯНИИ ОПОРЫ. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ ТЕЛА**

**1. Какое из утверждений является ложным для вращательных движений в условиях опоры?**

1. Одна и та же сила может оказывать различное воздействие в различных частях упражнения.
2. Для различных упражнений сила сопротивления внешней среды может быть как вредной, так и полезной.
3. При выполнении сгибательных движений спортсмена в суставах действие кориолисовой силы инерции не проявляется.
4. При выполнении сгибательных движений спортсмена в суставах уменьшается момент инерции тела спортсмена относительно опоры.

**2. С приближением звеньев тела к оси вращения во вращательных движениях в условиях опоры потери угловой скорости ОЦМ тела...**

1. Уменьшаются.
2. Возрастают.
3. Не изменяются.
4. Стремятся к нулю.
5. Стремятся к бесконечности.

**3. Механизм кориолисовой силы инерции проявляется...**

1. В поступательных движениях.
2. При выполнении возвратно-поступательных движений на опоре.
3. Во вращательных движениях.
4. При выполнении возвратно-поступательных движений в виси.

5. В движениях в безопорном состоянии.

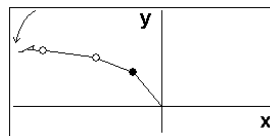
**4. Управление во вращательных движениях спортсмена в условиях опоры основано на использовании механизма...**

1. Кориолисовой силы инерции.
2. Перехода количества движения с одного звена тела на другое.
3. Инерционности процесса мышечного напряжения.
4. Зависимости «Сила-скорость».
5. Зависимости «Сила-угол».

**5. Управление в поступательных движениях спортсмена в условиях опоры основано на использовании механизма...**

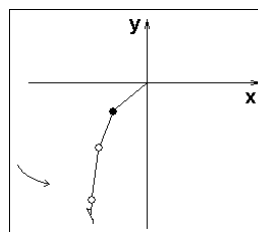
1. Кориолисовой силы инерции.
2. Перехода количества движения с одного звена тела на другое.
3. Инерционности процесса мышечного напряжения.
4. Зависимости «Сила-скорость».
5. Зависимости «Сила-угол».

**6. При выполнении большого оборота назад на перекладине спортсмен движется без изменения позы книзу от вертикали вверху до горизонтального положения. Момент силы тяжести...**



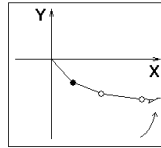
1. Увеличивается.
2. Уменьшается.
3. Не изменяется.
4. Изменяется пропорционально изменению потенциальной энергии биомеханической системы.

**7. При выполнении большого оборота назад на перекладине спортсмен движется книзу от горизонтального положения до вертикали внизу без изменения позы. Момент силы тяжести...**



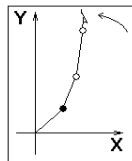
1. Не изменяется.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется пропорционально изменению угловой скорости звеньев биомеханической системы.

**8. При выполнении большого оборота назад на перекладине спортсмен движется кверху от вертикального положения под опорой внизу до горизонтали без изменения позы. Момент силы тяжести...**



1. Не изменяется.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется пропорционально изменению угловой скорости звеньев биомеханической системы.

**9. При выполнении большого оборота назад на перекладине спортсмен движется кверху от горизонтального положения до вертикали верху над опорой без изменения позы. Момент силы тяжести...**



1. Не изменяется.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется пропорционально изменению угловой скорости звеньев биомеханической системы.

**10. Спортсмен выполняет большой оборот назад на перекладине, совершая движение книзу от вертикального положения над опорой. В каком из проходящих положений ускорение больше?**

1. В вертикальном положении над опорой.
2. В горизонтальном положении.
3. В вертикальном положении под опорой.
4. Везде одинаково.

**11. Во вращательном движении в условиях опоры выполняется разгибание из согнутого положения. Кориолисовы силы инерции тормозят движение?**

1. Нет.
2. Да.
3. Нет, не тормозят, если разгибание выполнялось в направлении выше горизонтального положения.
4. Да, тормозят, если разгибательное движение направлено к оси вращения.

**12. Во вращательном движении в вися на перекладине выполняется сгибание ног в суставах после прохождения вертикального положения под опорой. Кориолисовы силы инерции способствуют ускорению движения?**

1. Нет.
2. Да.
3. Нет, не способствуют ускорению, если сгибание выполнялось после прохождения горизонтального положения.
4. Да, способствуют ускорению, если сгибательное движение направлено от оси вращения.

**13. Влияет ли сила тяжести на скорость движения ОЦМ тела спортсмена при выполнении спортсменом большого оборота назад на перекладине после прохождения вертикального положения под опорой?**

1. Нет.
2. Да, уменьшает скорость.
3. Да, увеличивает скорость.
4. Да, но результат действия (увеличение или уменьшение скорости) предсказать невозможно.

**14. В каком положении человек устойчивее?**

- а) когда ОЦМ не изменяется;
- б) когда ОЦМ ниже;
- в) когда ОЦМ выше;
- г) когда ОЦМ колеблется.

**15. В каком положении человек менее устойчив?**

- а) когда ОЦМ не изменяется;
- б) когда ОЦМ ниже;
- в) когда ОЦМ выше;
- г) когда площадь опоры больше.

**ТЕМА 9. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ СПОРТСМЕНА В БЕЗОПОРНОМ СОСТОЯНИИ. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ЗВЕНЬЕВ ТЕЛА**

**1. При разгибательных движениях спортсмена в полетной части упражнений момент инерции тела относительно оси вращения...**

1. Остается без изменений.
2. Уменьшается.
3. Увеличивается.
4. Изменяется только при разгибании ног в тазобедренных суставах.

**2. При сгибательных движениях спортсмена в полетной части упражнений момент инерции тела относительно оси вращения...**

1. Остается без изменений.
2. Увеличивается.
3. Уменьшается.
4. Изменяется только при совместных сгибательных движениях во всех суставах.

**3. При выполнении группировки в безопорном состоянии момент инерции тела спортсмена относительно оси вращения...**

1. Уменьшается.
2. Увеличивается.
3. Остается без изменений.
4. Изменяется только при совместных сгибательных движениях во всех суставах.

**4. Выполняется сальто - спортсмен в безопорном состоянии. Исполнитель из положения группировки разгибается до выпрямленного положения. Угловая скорость...**

1. Уменьшилась.
2. Осталась без изменений.
3. Изменилась по нелинейному закону.
4. Увеличилась.

- 5. При отсутствии начального вращательного импульса в безопорном состоянии спортсмен выполняет сгибание ног в тазобедренных суставах. Звенья тела совершают...**
1. Противонаправленные повороты.
  2. Однонаправленные повороты.
  3. Вращаются только ноги.
  4. Вращаются только туловище и руки.
- 6. Если расстояние от оси вращения до ОЦМ тела спортсмена увеличивается, то момент инерции тела...**
1. Уменьшается.
  2. Увеличивается.
  3. Остается без изменений.
  4. Изменяется по линейному закону.
- 7. Спортсмен выполняет сгибание ног в тазобедренных суставах в безопорном состоянии без начального вращательного импульса. Кинетический момент биомеханической системы...**
1. Увеличивается.
  2. Остается без изменений.
  3. Уменьшается.
  4. Изменяется пропорционально изменению момента инерции биомеханической системы.
- 8. Спортсмен выполняет сгибание ног в тазобедренных суставах в безопорном состоянии с наличием начального вращательного импульса. Кинетический момент биомеханической системы...**
1. Остается без изменений.
  2. Уменьшается.
  3. Изменяется пропорционально изменению момента инерции биомеханической системы.
  4. Увеличивается.
- 9. Спортсмен выполняет разгибание ног в тазобедренных суставах в безопорном состоянии без начального вращательного импульса. Кинетический момент биомеханической системы...**
1. Увеличивается.
  2. Не изменяется.
  3. Изменяется пропорционально изменению момента инерции биомеханической системы.
  4. Уменьшается.
- 10. Спортсмен выполняет разгибание ног в тазобедренных суставах в безопорном состоянии с наличием начального вращательного импульса. Кинетический момент биомеханической системы...**
1. Увеличивается.
  2. Уменьшается.
  3. Изменяется пропорционально изменению скорости звеньев биомеханической системы.
  4. Остается без изменений.

**11. Выполнение группировки в полетной части упражнения позволяет:**

1. Не изменять угловую скорость;
2. Увеличивать угловую скорость;
3. Уменьшать угловую скорость;
4. Импульсу тела изменять скорость.

**12. Выполнение разгруппировки в полетной части упражнения ...**

1. Не изменяет угловую скорость;
2. Увеличивает угловую скорость;
3. Уменьшает угловую скорость;
4. Изменяет импульс тела.

**13. Каковы способы изменения скорости вращения тела в полетной части упражнения:**

1. Изменения положения частей тела относительно оси вращения;
2. Изменение колебаний внутрицикловой скорости;
3. Изменение кривизны траектории;
4. Изменение колебаний скорости.

**14. Каковы способы увеличения скорости вращения тела в полетной части упражнения:**

1. Изменение колебаний внутрицикловой скорости;
2. Изменения положения частей тела относительно оси вращения принятием группировки;
3. Изменение кривизны траектории;
4. Изменение колебаний скорости.

**15. Каковы способы уменьшения скорости вращения тела в полетной части упражнения:**

1. Изменение колебаний внутрицикловой скорости;
2. Изменение кривизны траектории;
3. Изменения положения частей тела относительно оси вращения разгруппировкой;
4. Изменения положения частей тела относительно оси вращения принятием группировки;

## **ТЕМА 10. МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**1. Принцип структурности построения систем движений предполагает, что...**

1. Все движения в системе взаимно связаны.
2. Все движения в системе разнородны и разрознены.
3. Все движения в системе не ограничены кинематическими связями.
4. Все движения в системе не ограничены динамическими ресурсами.

**2. Принцип целостности двигательного действия предполагает, что...**

1. Все движения в двигательном действии образуют единое целое.
2. Все двигательные действия в двигательной деятельности цикличны.
3. Изменения, происходящие в одном движении, не влияют на всю систему.
4. Все движения в двигательном действии подчинены объективным законам механики и причинно обусловлены.

### **3. Принцип иерархичности в системе движений в биомеханике предполагает, что...**

1. Отдельные структуры в системе движений являются составными частями более крупных систем.
2. Отдельные структуры в системе движений не являются составными частями более крупных структур.
3. Некоторые из структур в системе движений человека являются стохастическими.
4. Некоторые из структур в системе движений человека являются детерминированными.

### **4. Принцип сознательной целенаправленности в системе движений в биомеханике предполагает, что...**

1. Человек сознательно ставит цель выполнения двигательного действия.
2. Человек использует целесообразные движения и управляет ими для эффективного достижения поставленной цели.
3. Человек использует корректирующие движения для достижения цели двигательного действия.
4. Человек сознательно ставит цель двигательного действия, применяет целесообразные движения и управляет ими для эффективного достижения поставленной цели.

### **5. Цель движения можно сформулировать...**

1. В содержательно смысловой форме.
2. Визуально.
3. В звуковой форме.
4. Тактильным образом.

### **6. Цель движения можно сформулировать...**

1. В ритмо-звуковой форме.
2. В математической форме.
3. На основе кинестезических ощущений.
4. Указанием того, что должно произойти или не произойти в процессе выполнения упражнения.

### **7. Двигательная задача отличается от цели движения тем, что двигательная задача формулируется...**

1. Для конечного результата двигательного действия.
2. Для отдельных фаз упражнения и всего упражнения в целом с указанием того, что должно произойти или не произойти в процессе выполнения упражнения.
3. Только для вращательных движений.
4. Только для поступательных движений.

### **8. Какое из математических описаний цели движения верно?**

1. Максимальная длина прыжка равно:  $F=S(\min)$
2. Максимальная длина прыжка равно:  $F=S$
3. Максимальная длина прыжка равно:  $F=S(\max)$
4. Максимальная длина прыжка равно:  $F=S(t)$

Здесь: (min) - минимум, (max) - максимум, (F) - функция, (S) - длина, (t) – время.

**9. Какое из математических описаний цели движения верное?**

1. Минимальное время бега равно:  $F=t$ .
2. Минимальное время бега равно:  $F=t(\min)$ .
3. Минимальное время бега равно:  $F=t(\max)$ .
4. Минимальное время бега равно:  $F=S/v$ .

Здесь: (min) - минимум, (max) - максимум, (F) - функция, (S) – длина дистанции, (v) – скорость бега на всей дистанции, (t) – финишное время.

**10. Какое из математических описаний цели движения верное?**

1. Минимальное время бега равно:  $F=S/v(\max)$ .
2. Минимальное время бега равно:  $F=S/v(\min)$ .
3. Минимальное время бега равно:  $F=t$ .
4. Минимальное время бега равно:  $F=t(\max)$ .

Здесь: (min) - минимум, (max) - максимум, (F) - функция, (S) – длина дистанции, (v) – скорость бега на всей дистанции, (t) – финишное время.

**11. Что относится к методам биомеханики?**

1. Киносъемка упражнений.
2. Системный анализ.
3. Электромиография.
4. Фотоциклосъемка упражнений.

**12. Что относится к методам биомеханики?**

1. Видеосъемка упражнений.
2. Стробоскопическая фотоциклосъемка.
3. Системный синтез.
4. Электротензометрия.

**13. В каком из компонентов схемы анализа движений определяются главные и корректирующие управляющие движения?**

1. Определение биомеханических характеристик.
2. Установление двигательного состава.
3. Анализ структуры движений.
4. Оценка эффективности движений.

**14. В каком из компонентов схемы анализа движений определяются подготовительная, рабочая, заключительная фазы движений?**

1. Определение биомеханических характеристик
2. Установление двигательного состава
3. Анализ структуры движений
4. Оценка эффективности движений

**15. В каком из компонентов схемы анализа движений рассматриваются кинематическая и динамическая структуры?**



1. Определение биомеханических характеристик.
2. Установление двигательного состава.
3. Анализ структуры движений.
4. Оценка эффективности движений.

**16. К какой из структур системы движений относится ритмическая структура?**

1. Кинематическая структура.
2. Динамическая структура.
3. Вещественная структура.
4. Управляющая структура.

**17. К какой из структур системы движений относится энергетическая структура?**

1. Кинематическая структура.
2. Динамическая структура.
3. Вещественная структура.
4. Управляющая структура.

**18. К какой из структур системы движений относится кинематическая схема модели опорно-двигательного аппарата тела спортсмена?**

1. Кинематическая структура.
2. Динамическая структура.
3. Вещественная структура.
4. Управляющая структура.

**19. К какой из структур системы движений относится информационная структура?**

1. Кинематическая структура.
2. Динамическая структура.
3. Вещественная структура.
4. Управляющая структура.

**20. Укажите неверный вид связи элементов вещественной структуры в биомеханической системе:**

1. Статистическая связь.
2. Физическая связь.
3. Формализованная физическая связь.
4. Законы механики.

**21. Как называются взаимосвязи, объединяющие элементы системы и придающие ей новые свойства?**

1. Иерархические.
2. Качественные.
3. Системные.
4. Количественные.

**22. В биомеханическом исследовании различают 3 этапа. Какой из нижеприведенных этапов не укладывается в схему?**

1. Регистрация данных (биомеханических характеристик).
2. Обработка результатов регистрации.
3. Биомеханический синтез движений.
4. Биомеханический анализ движений.

**23. Что относится к методам биомеханики?**

1. Оптические методы регистрации движений.
2. Инструментальные методы регистрации движений.
3. Системный анализ.
4. Киносъемка упражнений.
5. Статистический анализ биомеханических характеристик.

**24. Что относится к методам биомеханики?**

1. Системный синтез.
2. Макетное моделирование.
3. Фотоциклосъемка упражнений.
4. Электротензометрия.
5. Полидинамометрия.

**25. Какой научный подход лежит в основе понимания двигательных действий спортсмена?**

1. Структурный;
2. Системно-структурный;
3. Системно-двигательный;
4. Двигательно-целостный.

**26. Что лежит в основе метода биомеханики?**

1. Системный анализ;
2. Системный синтез;
3. Моделирование движений;
4. Все ответы правильны.

**27. Какие принципы заложены в теории структурности движений человека?**

1. Структурности;
2. Целостности;
3. Целенаправленности;
4. Все ответы правильны.

**28. Что не относится к биомеханическим методам исследований?**

1. Системный анализ.
2. Фотоциклосъемка.
3. Гониометрия.
4. Спидография.

**29. Что не относится к биомеханическим методам исследований?**

1. Гониометрия.
2. Системный синтез.

3. Киносъемка.
4. Электротензометрия

**30. В каком из компонентов схемы анализа движений определяется динамическая осанка?**

1. Определение биомеханических характеристик.
2. Анализ структуры движений.
3. Установление двигательного состава.
4. Оценка эффективности движений.

В каждом тестовом задании содержится 10 вопросов, и на каждый вопрос дается один правильный ответ

Оценка тестов осуществляется по следующим критериям:

1. Правильный ответ за каждый вопрос – 1 балл.
2. Максимальное количество баллов, которое может набрать студент – 10 баллов за каждый тест.

Перевод баллов в оценку:

Набранные баллы за каждый тест	Оценка
9-10	5
7-8	4
5-6	3
0-4	2

**ПРИМЕРНЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ  
СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ ОПК 9**

**Практическое задание №1**

**Тема:** Вес сегментов тела человека и положение их центра тяжести по среднестатистическим данным.

**Цель:** Освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения геометрии масс тела человека.

**Задачи:** Научиться определять вес звеньев тела человека и положение их центра тяжести на основе среднестатистических данных.

**Пояснение**

Тело человека можно представить в виде биомеханической системы, состоящей из отдельных сегментов: кисть, предплечье, плечо, голова, туловище, бедро, голень, стопа (рис. 1). Для количественного определения динамических характеристик (момент силы тяжести, кинетическая энергия, потенциальная энергия, кинетический момент и т.д.), характеризующих биодинамическую структуру спортивных упражнений, необходимо знать масс-инерционные характеристики биомеханической системы, включающей 4 компонента для каждого из сегментов: вес тела, положение центра масс сегментов, центральные моменты инерции отдельных звеньев. До недавнего времени экспериментальное определение геометрии масс тела человека выполнялось на трупах (Harless, 1860; Braune, Fischer, 1869; Glauser et al, 1969).

Трупы замораживались, рассекались по осям вращения в суставах, определялся вес сегментов и положение центра масс сегмента. Исследования, выполненные на большом объеме экспериментальных данных, позволили получить среднестатистические результаты о геометрии

масс тела человека. Среднестатистические показатели характеризуют усредненное значение исследуемых характеристик, которые выражаются через относительные веса сегментов и через относительные коэффициенты, определяющие положение центра тяжести сегментов.

### Сегменты тела человека

Указателями границ сегментов – местами прохождения плоскостей, отделяющих один сегмент от другого, являются антропометрические точки (рис. 1).

Выбор способов сегментирования обусловлен требованиями биомеханики: начало и конец сегмента должны касаться оси вращения в суставе, а масса сегментов при выполнении упражнений должна оставаться постоянной.

### Вес сегментов тела

Зная вес тела и относительный вес звена в процентах (весовой коэффициент по отношению к весу тела), можно определить вес отдельных сегментов по формуле

$$P_i = \frac{P \cdot K_i}{100}, \quad (1)$$

где  $P$  – вес тела испытуемого;  $P_i$  – вес определяемого сегмента;  $K_i$  – весовой коэффициент сегмента;  $i$  – номер сегмента.

Значения весовых коэффициентов звеньев тела представлены в табл. 1.

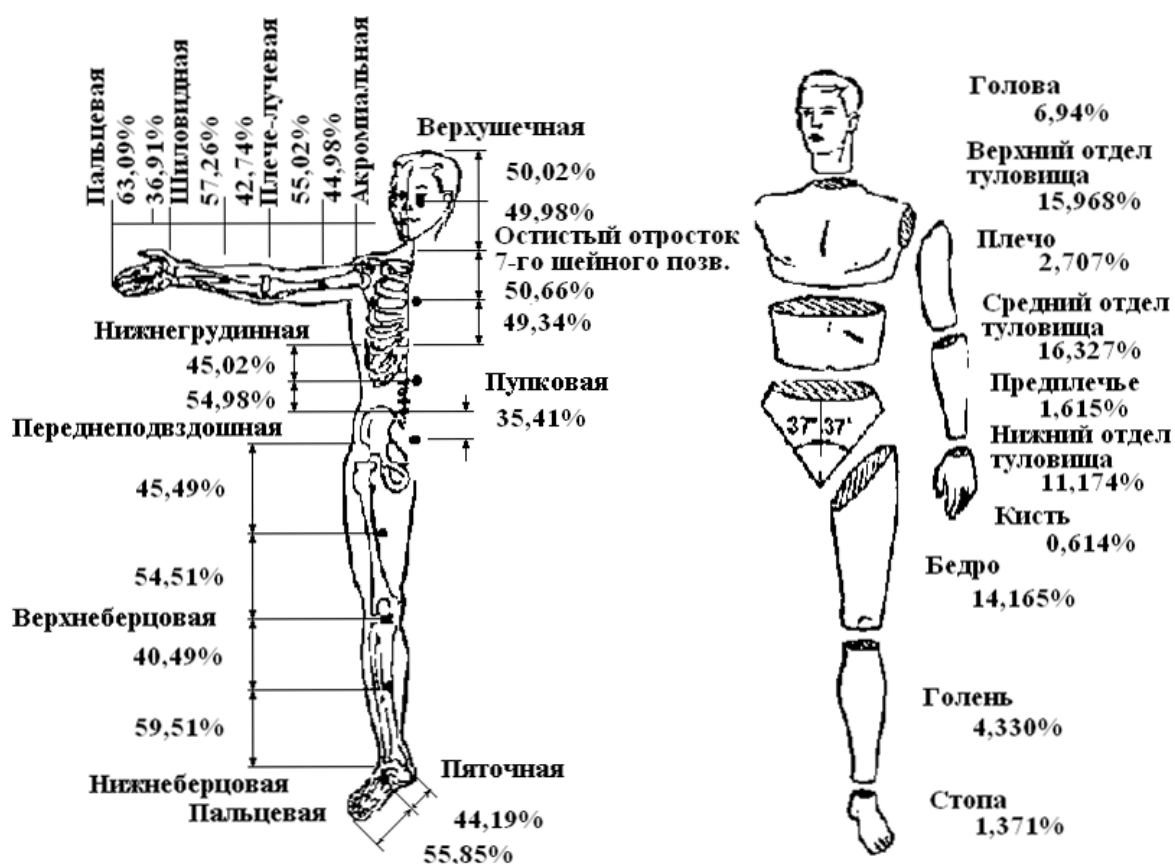


Рис. 1. Антропометрические точки, определяющие границы сегментов и среднестатистические данные прижизненного определения масс-инерционных характеристик сегментов тела человека

## Весовые коэффициенты звеньев тела

№ п/п	Название частей тела	Весовой коэффициент (%)
1	Кисть	0,614
2	Предплечье	1,615
3	Плечо	2,707
4	Голова	6,940
5	Туловище	43,457
6	Бедро	14,165
7	Голень	4,330
8	Стопа	1,371

## Пример

Допустим, вес испытуемого равен 69 кг. Тогда:

- 1) вес кисти равен 0,42366 кг  $(69 \cdot 0,614) / 100 = 0,42366$  (кг)
- 2) вес предплечья равен 1,11435 кг  $(69 \cdot 1,615) / 100 = 1,11435$  (кг)
- 3) вес плеча равен 1,86783 кг  $(69 \cdot 2,707) / 100 = 1,86783$  (кг)

Аналогично определяются веса остальных сегментов тела человека.

## Положение центра масс сегментов

Положение центра масс сегментов на их продольных осях определяется длиной сегмента и относительным коэффициентом в соответствии с формульной зависимостью:

$$X_C = \frac{L_i \cdot A_i}{100}, \quad (2)$$

где  $X_C$  – координата положения центра масс сегмента на его продольной оси;  $L_i$  – длина  $i$ -го сегмента;  $A_i$  – относительный коэффициент  $i$ -го сегмента;  $i$  – номер сегмента.

Относительный коэффициент определяет в процентном отношении положение центра масс сегмента относительно антропометрической точки. Длина сегмента принимается за 100%. Значения относительных коэффициентов для отдельных сегментов тела человека представлены в таблице 2.

Антропометрические точки, от которых отсчитывается расстояние до центра масс сегмента для определяемых звеньев тела, следующие:

1. Кисть – шиловидная точка (лучезапястный сустав).
2. Предплечье – плечелоктевая точка (локтевой сустав).
3. Плечо – акромиальная точка (плечевой сустав).
4. Голова – остистый отросток 7-го шейного позвонка.
5. Туловище – акромиальная точка (плечевой сустав).
6. Бедро – переднеподвздошная точка (тазобедренный сустав).
7. Голень – верхнеберцовая точка (коленный сустав).
8. Стопа – пяточная точка.

## Относительные коэффициенты звеньев тела

№ п/п	Название сегментов тела	Относительный коэффициент (%)
1	Кисть	36,91
2	Предплечье	42,74
3	Плечо	44,98
4	Голова	49,98
5	Туловище	44,50
6	Бедро	45,49
7	Голень	40,49
8	Стопа	44,15

### Пример

1. Длина бедра испытуемого – 50 см. В соответствии с уравнением (2) и данными табл. 2 определяем, что центр масс бедра расположен на расстоянии 22,745 см от тазобедренного сустава (антропометрическая точка – переднеподвздошная)

$$(50 \cdot 45,49) / 100 = 22,745 \text{ (см).}$$

2. Длина предплечья – 25 см. Следовательно, центр масс предплечья находится на расстоянии 10,685 см от локтевого сустава (антропометрическая точка – плечелоктевая)

$$(25 \cdot 42,74) / 100 = 10,685 \text{ (см).}$$

### Задание

1. Подготовить рабочую таблицу для определения веса сегментов тела и положения их центра масс с записью весовых (3-я колонка) и относительных (5-я колонка) коэффициентов (см. табл. 3). Здесь следует учесть, что относительные и весовые коэффициенты в табл. 3 приведены не в соответствии с данными табл. 1, 2, а взяты из источника (Braune, Fischer, 1869).

2. Зная собственный вес (P), рассчитать по формуле (1) вес отдельных сегментов тела и записать вычисленные показатели в 4-ю колонку рабочей таблицы.

3. Измерить сантиметровой лентой длину сегментов тела и вписать результаты измерения в 6-ю колонку рабочей таблицы.

4. Вычислить по формуле (2) положение центра масс сегментов тела с записью результатов вычислений в 7-ю колонку рабочей таблицы.

5. Показать на рисунке положение центров масс (ЦМ) отдельных звеньев тела с указанием:

- длины звена;
- антропометрической точки (сустава), относительно которой определяется положение центра масс сегмента;
- расстояния от антропометрической точки до ЦМ сегмента в сантиметрах.

### Пояснения для выполнения п. 5 задания

1. Для решения задачи введем обозначения:

1.  – сегмент.

2.  – сустав.

3.  – центр масс сегмента.

2. Кружками обозначить суставы, провести от границ суставов вверх одинаковой длины вертикальные линии, а сверху над сегментом написать название сегмента (рис. 2).



Рис. 2. Кинематическая схема сегментов

3. Над каждой вертикальной линией от сустава сегмента написать название сустава. Если для данного сегмента этот сустав является антропометрической точкой, надпись сделать цветной (рис. 3). На рис. 3 это показано курсивом.

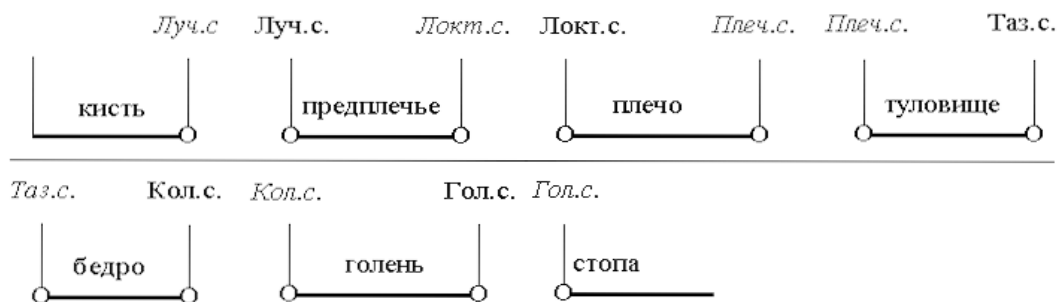


Рис. 3. Названия суставов и антропометрические точки сегментов

Обозначения названия суставов:

**Луч. с.** – лучезапястные суставы.

**Локт. с.** – локтевые суставы.

**Плеч. с.** – плечевые суставы.

**Таз. с.** – тазобедренные суставы.

**Кол. с.** – коленные суставы.

**Гол. с.** – голеностопные суставы.

4. Горизонтальными линиями со стрелками отметить над названием сегментов длину сегментов и ввести для каждого сегмента обозначения ( $L_i$ ), где  $L$  – длина сегмента в сантиметрах,  $i$  – номер сегмента (рис. 4).

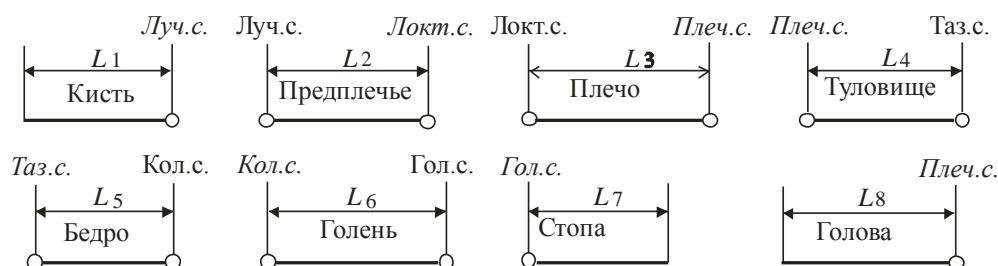


Рис. 4. Цифровая индексация длины сегмента  $L_i$

Под рисунком написать обозначения длины сегмента, а справа записать численное значение длины сегмента (после знака «=» вместо знака «?»).

Численное значение длины сегмента:

$L_1$  – длина кисти = ? см.

$L_2$  – длина предплечья = ? см.

$L_3$  – длина плеча = ? см.

$L_4$  – длина туловища = ? см.

$L_5$  – длина бедра = ? см.

$L_6$  – длина голени = ? см.

$L_7$  – длина стопы = ? см.

$L_8$  – длина головы = ? см.

5. Отметить на сегментах жирной точкой положение центра масс сегмента (рис. 5). Провести по вертикали вниз от центра масс сегментов вертикальные линии. Определить для сегмента антропометрическую точку (сустав на рис. 4, название которого написано курсивом) и провести от нее вертикальную линию вниз.

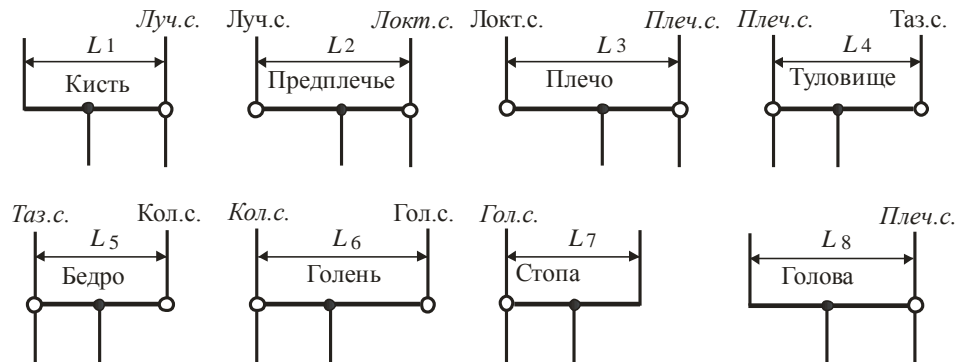


Рис. 5. Положение центра масс сегментов

6. Горизонтальными линиями со стрелками отметить под названием сегментов расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс (рис. 6). Ввести для каждого расстояния обозначения ( $S_i$ ), где  $S$  – расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс,  $i$  – номер сегмента.

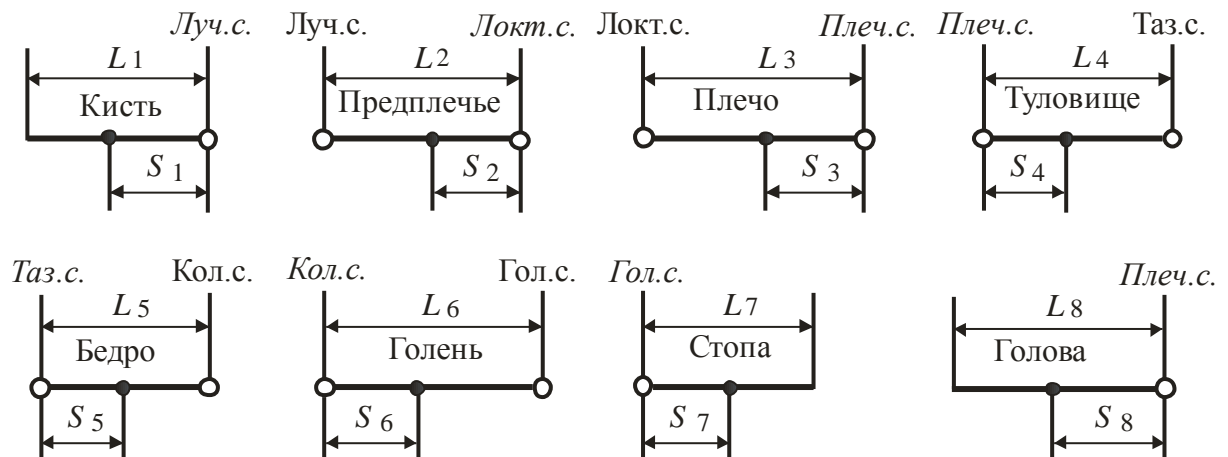


Рис. 6. Обозначения расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс через символическую запись  $S_i$

Под рисунком написать обозначения *расстояния от антропометрической точки до центра масс сегмента* ( $S_i$ ), а ниже записать их численное значение (после знака «=» вместо знака «?»).

*Обозначения расстояния от антропометрической точки до центра масс сегмента:*

$S_1$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс кисти по оси  $Ox$ .

$S_2$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс предплечья по оси  $Ox$ .

$S_3$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс плеча по оси  $Ox$ .

$S_4$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс туловища по оси  $Ox$ .

$S_5$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс бедра по оси  $Ox$ .

$S_6$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс голени по оси  $Ox$ .



$S_7$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс стопы по оси  $Ox$ .

$S_8$  – расстояние от антропометрической точки до центра масс головы по оси  $Ox$ .

Численное значение расстояния от антропометрической точки до центра масс сегмента:

$S_1 = ?$  см.

$S_2 = ?$  см.

$S_3 = ?$  см.

$S_4 = ?$  см.

$S_5 = ?$  см.

$S_6 = ?$  см.

$S_7 = ?$  см.

$S_8 = ?$  см.

Т а б л и ц а 3

**Рабочая таблица для определения массы сегментов тела  
и положения центра тяжести сегментов тела**

1	2	3	4	5	6	7
№ п/п	Название частей тела	Весовой коэффициент (%)	Масса сегмента (кг)	Относительный коэффициент (%)	Длина сегмента (см)	Положение центра тяжести сегмента
1	Кисть	1		50		
2	Предплечье	2		42		
3	Плечо	3		47		
4	Голова	7		50		
5	Туловище	43		44		
6	Бедро	12		44		
7	Голень	5		42		
8	Стопа	2		44		

*Примечание.* Необходимо помнить, что в таблице даны весовые коэффициенты отдельных звеньев тела: одной кисти, одного предплечья и т.д. Поэтому при определении веса парных конечностей (рук, ног), получаемый результат умножается на два.

В качестве примера по определению веса сегментов тела и получения координат центра масс сегментов на их продольной оси в табл. 4 приведены вычисленные показатели для испытуемого весом 80 кг и размерами длины сегментов тела, указанными в колонке 6.

Т а б л и ц а 4

**Рабочая таблица для определения веса сегментов тела  
и положения центра тяжести звеньев тела**

1	2	3	4	5	6	7
№ п/п	Название сегментов тела	Весовой коэффициент (%)	Вес сегмента (кг)	Относительны й коэффициент (%)	Длина сегмента (см)	Положение центра масс сегмента
1	Кисть	1	0,80	50	20,0	10,00
2	Предплечье	2	1,60	42	26,0	10,92
3	Плечо	3	2,40	47	24,5	11,52
4	Голова	7	5,60	50	23,0	11,50
5	Туловище	43	34,40	44	48,0	21,12
6	Бедро	12	9,60	44	43,0	18,92

7	Голень	5	4,00	42	38,0	15,96
8	Стопа	2	1,60	44	27,0	11,88

### Критерии оценивания практического задания № 1:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Проводит измерения и расчеты своего роста и веса, на основании которых правильно определяет вес сегментов тела человека и положение их центра масс с применением уравнений множественной регрессии.	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

### Практическое задание № 2

**Тема:** Определение веса сегментов тела человека и положения их центра масс с применением уравнений множественной регрессии.

**Цель:** Освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения геометрии масс тела человека.

**Задачи:** Научиться определять вес звеньев тела человека и положение их центра масс с использованием регрессионных уравнений.

#### Пояснение

Несмотря на популярность использования весовых и относительных коэффициентов, в биомеханических расчетах геометрии масс тела человека эти показатели нельзя считать достаточно точными. Они не отражают в полной мере индивидуальные конституциональные особенности строения опорно-двигательного аппарата тела человека. Это обстоятельство является следствием того, что взаимосвязь между весом сегмента и весом тела, между относительным расстоянием от проксимального конца сегмента до его центра масс и длиной сегмента не может быть выражена регрессионным уравнением вида  $Y = A \cdot X$ , где  $Y$  – вес сегмента или положение его центра тяжести,  $A$  – весовой или относительный коэффициенты,  $X$  – вес тела или длина тела.

Результаты определения геометрии масс тела человека с помощью радиоизотопной методики (В.М. Зациорский и др., 1981) свидетельствуют о том, что даже в простейшем случае искомая связь имеет вид:  $Y = A_0 + A_1 X$ . Для более точного определения значений веса сегментов можно воспользоваться уравнениями регрессии, в которых аргументом служит не только вес, но и длина тела (табл. 1). С помощью этой таблицы можно оценить и положение центра масс сегментов тела.

Положение центра масс и вес сегментов определяется по формуле

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2, \quad (1)$$

где  $X_1$  – вес тела;  $X_2$  – длина тела (рост);  $B_i$  – коэффициенты уравнений множественной регрессии.

**Коэффициенты уравнений множественной регрессии для вычисления  
масс-инерционных характеристик сегментов тела человека  
по весу ( $X_1$ ) и длине ( $X_2$ ) тела**

Сегмент	$B_0$	$B_1$	$B_2$
Масса сегмента, кг			
Кисть	-0,1165	0,0036	0,00175
Предплечье	0,3185	0,01445	-0,00114
Плечо	0,250	0,03012	-0,0027
Голова	1,296	0,0171	0,0143
Бедро	-2,649	0,1463	0,0137
Голень	-1,592	0,0362	0,0121
Стопа	-0,829	0,0077	0,0073
Положение центра масс на продольной оси сегмента, см			
Кисть	4,11	0,026	0,033
Предплечье	0,192	-0,028	0,093
Продолжение таблицы			
Плечо	1,67	0,03	0,054
Голова	8,357	-0,0025	0,023
Бедро	-2,42	0,038	0,135
Голень	-6,05	-0,039	0,142
Стопа	3,767	0,065	0,033

*Примечание.* Координата центра масс туловища определяется по относительному коэффициенту, равному 44,5%.

**Пример**

Вес испытуемого ( $X_1$ ) – 70,0 кг, длина тела ( $X_2$ ) – 165 см.

Вес голени ( $Y$ ) равен 2,9385 кг.

$Y = -1,592 + 0,0362 \cdot 70 + 0,0121 \cdot 165 = -1,592 + 2,534 + 1,9965 = 2,9385$  (кг).

Центр масс голени ( $Y$ ) находится на расстоянии 14,65 см от коленного сустава.

$Y = -6,05 - 0,039 \cdot 70 + 0,142 \cdot 165 = -6,05 - 2,73 + 23,43 = 14,65$  (см)

Для определения высоты верхушечной точки или длины тела исследователь устанавливает антропометр строго вертикально, накладывает линейку на верхушечную точку и фиксирует ее рукой. Ввиду возможного смещения головы рекомендуется производить измерение 2–3 раза и брать среднее число. Определение веса производится на медицинских весах с точностью до 50 грамм.

**Задание**

1. Определить свой рост и вес.
2. Подготовить рабочую таблицу для ее заполнения расчетными показателями (табл. 2).
3. Пользуясь формульным выражением (1) и данными табл. 1, вычислить вес сегментов тела и записать вычисленные показатели в табл. 2.

Таблица 2

**Рабочая таблица для вычисления масс-инерционных характеристик  
сегментов тела человека по весу ( $X_1$ ) и длине ( $X_2$ ) тела**

Сегмент	$B_0$	$B_1$	$B_2$	Расчетные данные
Масса сегмента, кг				

Кисть	-0,1165	0,0036	0,00175	
Предплечье	0,3185	0,01445	-0,00114	
Плечо	0,250	0,03012	-0,0027	
Голова	1,296	0,0171	0,0143	
Бедро	-2,649	0,1463	0,0137	
Голень	-1,592	0,0362	0,0121	
Стопа	-0,829	0,0077	0,0073	
Положение центра масс на продольной оси сегмента (см)				
Кисть	4,11	0,026	0,033	
Предплечье	0,192	- 0,028	0,093	
Плечо	1,67	0,03	0,054	
Голова	8,357	-0,0025	0,023	
Бедро	-2,42	0,038	0,135	
Голень	-6,05	-0,039	0,142	
Стопа	3,767	0,065	0,033	

### Контрольные вопросы

1. Почему метод весовых и относительных коэффициентов не находит широкого применения в практике при определении геометрии масс тела человека?
2. В чем заключается сущность использования регрессионных уравнений?
3. Каким образом определяются динамические характеристики звеньев тела человека с использованием уравнений множественной регрессии?

### Критерии оценивания практического задания № 2:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Проводит измерения и расчеты своего роста и веса, на основании которых правильно определяет вес сегментов тела человека и положение их центра масс с применением уравнений множественной регрессии.	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

### Практическое задание № 3

**Тема:** Определение координат суставов и центра масс сегментов тела человека в различных положениях.

**Цель:** Научиться определять координаты суставов и центра масс сегментов тела человека в различных положениях.

**Задачи:** Определить координаты суставов и центра масс сегментов тела человека в положениях:

- 1) лежа на спине – руки вверх.
- 2) вис углом на гимнастической стенке.

**Студентам необходимо выполнить одну задачу из двух на выбор.**

**Ход работы**

### Решение задачи 1 – (2 часа)

1. Нарисовать в тетради прямоугольную систему координат  $Oxy$  (рис.1).



Рис. 1. Прямоугольная система координат

2. Разместить в декартовой (прямоугольной) системе координат тело человека в положении, соответствующем решению задачи 1 (рис.2). При этом центр масс кисти расположить в начале системы координат и учесть, что в положении «Лежа на спине – руки вверх», положение рук определяется по гимнастической терминологии по отношению к туловищу. Кружками обозначить суставы, провести от границ суставов вверх и вниз одинаковой длины вертикальные линии и ввести обозначения (рис. 2).

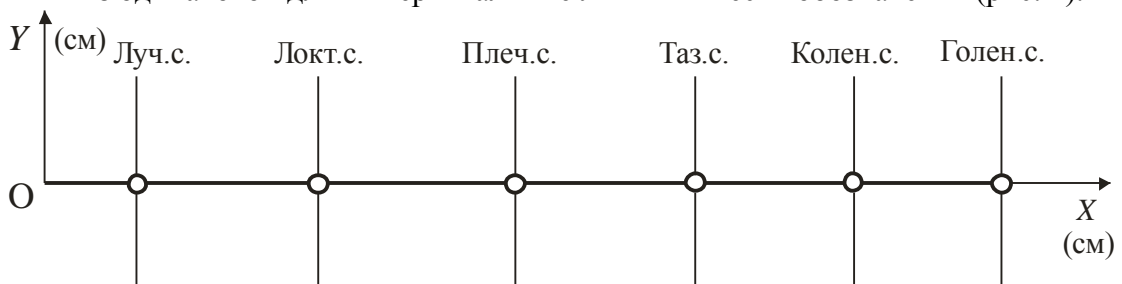


Рис. 2. Обозначения названия суставов

*Обозначения названия суставов:*

- Луч. с.** – лучезапястные суставы.
- Локт. с.** – локтевые суставы.
- Плеч. с.** – плечевые суставы.
- Таз. с.** – тазобедренные суставы.
- Колен. с.** – коленные суставы.
- Голен. с.** – голеностопные суставы.

3. Прорисовать сегменты тела человека жирной линией и отметить на сегментах жирной точкой положение центра масс сегмента (рис. 3). Записать над сегментами их название и провести по вертикали вниз от центра масс сегментов укороченные, по сравнению с суставными линиями, вертикальные линии.

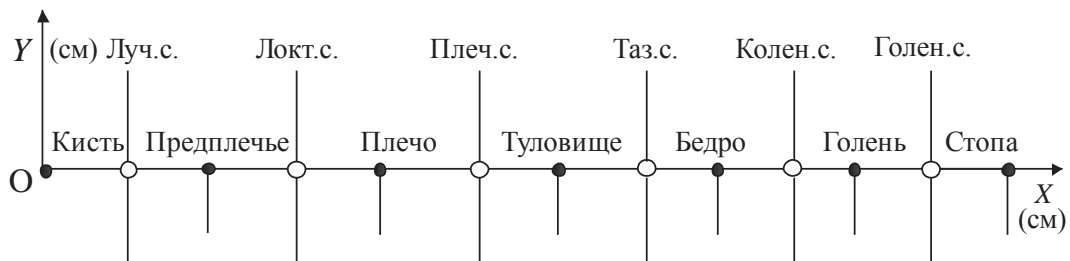


Рис. 3. Положение центра масс сегментов

4. Горизонтальными линиями со стрелками отметить над названием сегментов длину сегментов и ввести для каждого сегмента обозначения длины сегмента ( $L_i$ ), где  $L$  – длина сегмента в сантиметрах,  $i$  – номер сегмента (рис. 4).

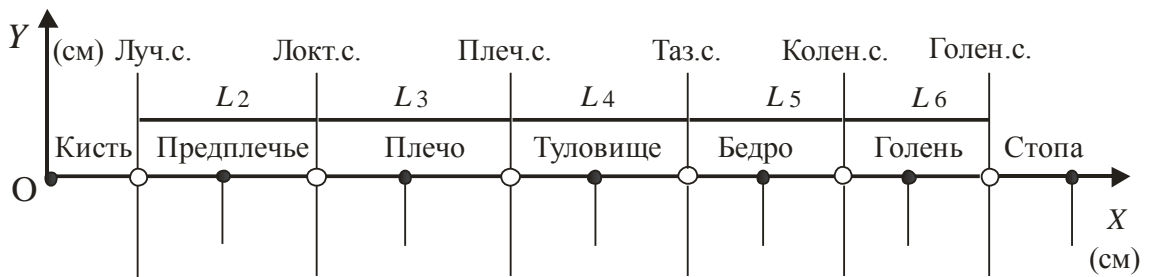


Рис.4. Индексное обозначение длины сегмента ( $L_i$ )

Обозначения длины сегмента:

- $L_1$  – длина кисти.
- $L_2$  – длина предплечья.
- $L_3$  – длина плеча.
- $L_4$  – длина туловища.
- $L_5$  – длина бедра.
- $L_6$  – длина голени.
- $L_7$  – длина стопы.

2. Горизонтальными линиями со стрелками отметить под названием сегментов расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс (рис. 5). Ввести для каждого расстояния обозначения ( $S_i$ ), где  $S$  – расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс,  $i$  – номер сегмента.

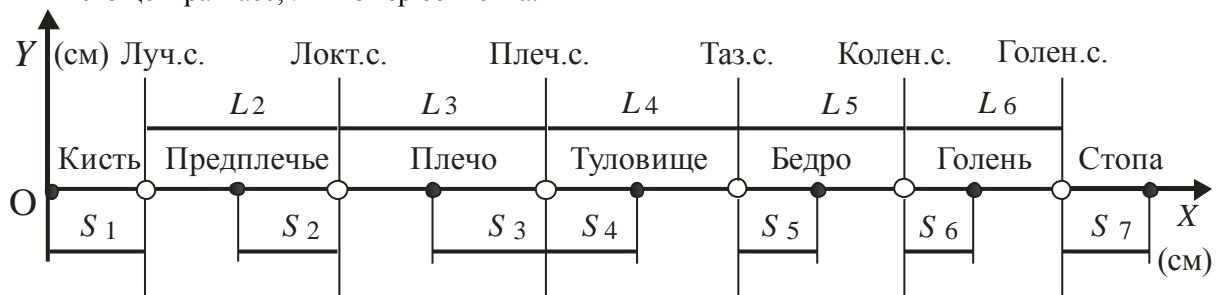


Рис. 5. Индексное обозначение расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс ( $S_i$ )

6. Обозначить на рисунке координаты центра масс сегментов через символьную запись  $X_{c_i}$ ,  $Y_{c_i}$ . Здесь  $X_c$ ,  $Y_c$  обозначает координату центра масс сегмента по осям  $Ox$ ,  $Oy$  декартовой системы координат,  $i$  – номер сегмента (рис. 6).

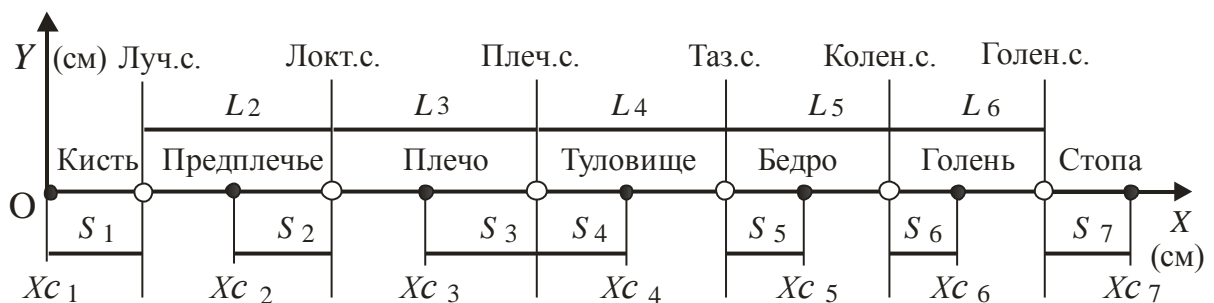


Рис. 6. Индексное обозначение координат центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ,  $Y_{c_i}$ )

Обозначения координат центра масс сегмента:

- $X_{c_1}$ ,  $Y_{c_1}$  – координата центра масс кисти по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .
- $X_{c_2}$ ,  $Y_{c_2}$  – координата центра масс предплечья по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .
- $X_{c_3}$ ,  $Y_{c_3}$  – координата центра масс плеча по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .
- $X_{c_4}$ ,  $Y_{c_4}$  – координата центра масс туловища по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$Xc_5, Yc_5$  – координата центра масс бедра по осям  $Ox, Oy$ .

$Xc_6, Yc_6$  – координата центра масс голени по осям  $Ox, Oy$ .

$Xc_7, Yc_7$  – координата центра масс стопы по осям  $Ox, Oy$ .

Так как продольная ось сегментов расположена на оси  $Ox$ , то координата центра масс всех сегментов по оси  $Oy$  равна нулю или  $Yc_i = 0; i=1, 2, \dots, 7$ .

7. Обозначить на рисунке координаты суставов сегментов через символическую запись  $X_i, Y_i$ . Здесь  $X, Y$  обозначает координату центра масс сегмента,  $i$  – номер сегмента (рис. 7). Так как продольная ось сегментов расположена на оси  $Ox$ , то координата суставов всех сегментов по оси  $Oy$  равна нулю или  $Y_i = 0; i=1, 2, \dots, 7$ .

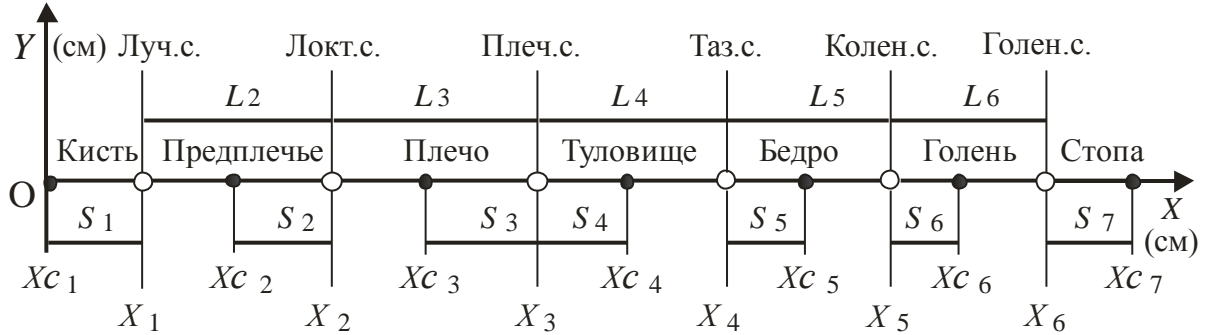


Рис. 7. Индексное обозначение координат суставов ( $X_i, Y_i$ )

*Обозначения координат суставов:*

$X_1, Y_1$  – координата лучезапястных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_2, Y_2$  – координата локтевых суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_3, Y_2$  – координата плечевых суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_4, Y_4$  – координата тазобедренных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_5, Y_5$  – координата коленных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_6, Y_6$  – координата голеностопных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

8. Осталось определить координату центра масс головы по оси  $Ox$ . Для этого от плечевых суставов в сторону кистей рук отложим расстояние  $S_8$ , равное расстоянию от антропометрической точки головы до его центра масс. Как обычно отметим положение центра масс головы на оси  $Ox$  жирной точкой (рис. 8), а координату центра масс головы по оси  $Ox$  запишем в виде  $Xc_8$ .

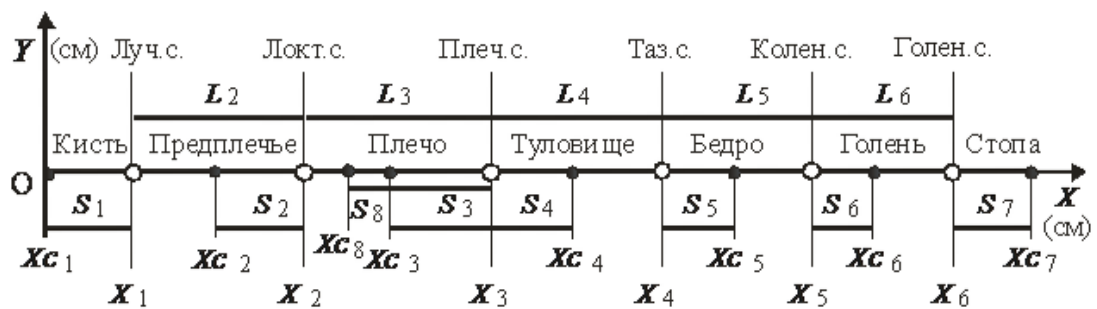


Рис. 8. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «лежа на спине – руки вверх»

9. Подготовить таблицу данных длин сегментов и расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс (табл. 1). Обозначения в таблице уже известны, поэтому они не требуют специальных пояснений. Для известных значений координат суставов и центра масс сегментов по оси  $Oy$  можно сразу записать в таблицу их нулевые значения.

### Задание

1. Изучить ход лабораторной работы и последовательно выполнить все ее этапы (с 1-го по 8-й пункты).

2. Используя измеренные при выполнении 1-й лабораторной работы данные о длинах сегментов ( $L_i$ ) и вычисленные, при выполнении 2-й лабораторной работы, значения расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс ( $S_i$ ), вписав их в табл. 1.

3. Пользуясь табл. 1 (колонки 3, 4) и рисунком 8, определить координаты суставов ( $X_i$ ) и вписать их в табл. 1 (колонка 5).

4. Пользуясь табл. 1 (колонки 4, 5) и рис. 8 определить координаты центра масс сегментов по оси  $Ox$  ( $X_{c_i}$ ) и вписать их в табл. 1 (колонка 6).

5. Пользуясь рис. 8 определить координаты суставов по оси  $Oy$  ( $Y_i$ ) и вписать их в табл. 1 (колонка 7).

6. Пользуясь рис. 8 определить координаты центра масс сегментов по оси  $Oy$  ( $Y_{c_i}$ ) и вписать их в табл. 1 (колонка 8).

Т а б л и ц а 1

**Длина сегментов ( $L_i$ ), расстояние ( $S_i$ ) от антропометрической точки сегмента до его центра масс, координаты суставов ( $X_i, Y_i$ ) и центра масс сегментов ( $X_{c_i}, Y_{c_i}$ ) по осям  $Ox, Oy$  декартовой системы координат**

1	2	3	4	5	6	7	8
№ п/п	Сегмент	$L_i$	$S_i$	$X_i$	$X_{c_i}$	$Y_i$	$Y_{c_i}$
1	Кисть						
2	Предплечье						
3	Плечо						
4	Туловище						
5	Бедро						
6	Голень						
7	Стопа						
8	Голова						

**Решение задачи 2 – (2 часа)**

1. Нарисовать прямоугольную систему координат  $Oxy$  (рис. 9).

2. Для решения задачи 2, разместить в декартовой (прямоугольной) системе координат тело человека. Ось тазобедренных суставов расположить в начале системы координат. Кружками обозначить суставы, провести от границ суставов (коленные суставы и голеностопные) вверх и вниз одинаковой длины вертикальные линии и ввести обозначения для суставов (рис. 10). Провести от границ суставов (тазобедренные, плечевые, локтевые, лучезапястные суставы) горизонтальные линии и ввести обозначения для суставов (рис. 10).





Рис. 9. Прямоугольная система координат

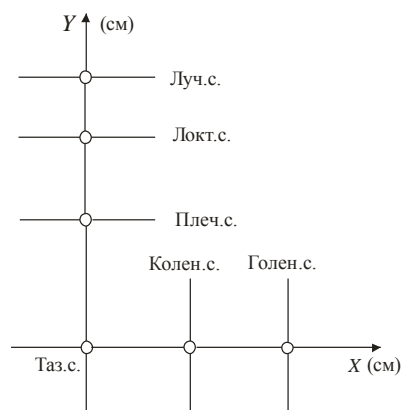


Рис. 10. Обозначения названия суставов

*Обозначения названия суставов:*

**Луч. с.** – лучезапястные суставы.

**Локт. с.** – локтевые суставы.

**Плеч. с.** – плечевые суставы.

**Таз. с.** – тазобедренные суставы.

**Колен. с.** – коленные суставы.

**Голен. с.** – голеностопные суставы.

3. Прорисовать сегменты тела человека жирной линией и отметить на сегментах жирной точкой положение центра масс сегмента (рис. 11). Записать над сегментами (и справа – на рисунке показано курсивом) их название и провести по вертикали вниз от центра масс сегментов укороченные, по сравнению с суставными линиями, вертикальные линии (для бедра, голени, стопы) и горизонтальные линии (для кисти, предплечья, плеча, туловища).

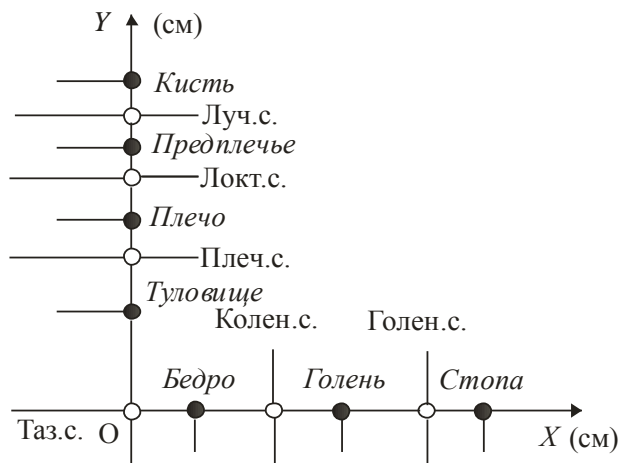


Рис. 11. Положение центра масс сегментов

3. Горизонтальными линиями (бедро, голень, стопа) и вертикальными (предплечье, плечо, туловище) со стрелками отметить длину сегментов и ввести для каждого сегмента обозначения ( $L_i$ ), где  $L$  – длина сегмента в сантиметрах,  $i$  – номер сегмента (рис. 12).

4. *Обозначения длины сегмента:*

$L_1$  – длина кисти.

$L_2$  – длина предплечья.

$L_3$  – длина плеча.

$L_4$  – длина туловища.

$L_5$  – длина бедра.

$L_6$  – длина голени.

$L_7$  – длина стопы.

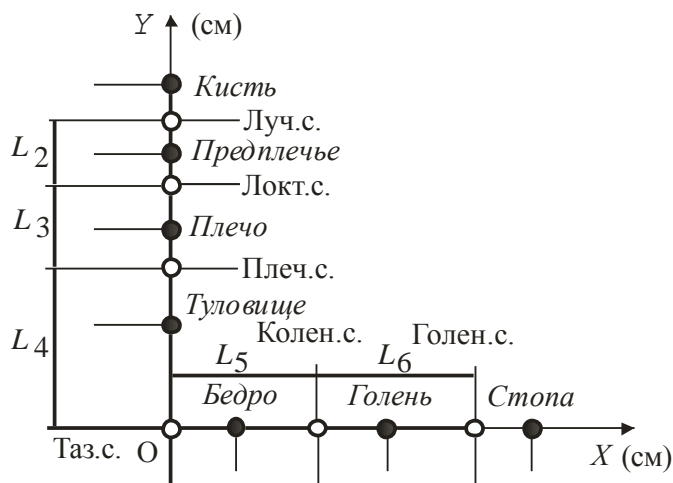


Рис. 12. Индексное обозначение длины сегмента ( $L_i$ )

5. Горизонтальными линиями со стрелками отметить под названием сегментов расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс (рис.13). Ввести для каждого расстояния обозначения ( $S_i$ ), где  $S$  – расстояние от антропометрической точки сегмента до его центра масс,  $i$  – номер сегмента.

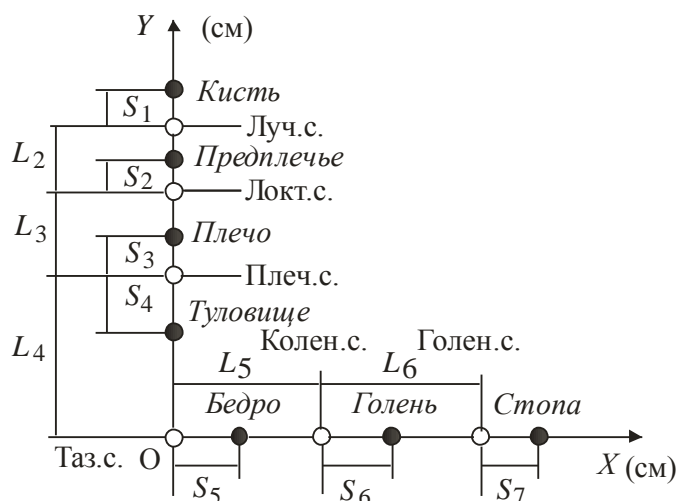


Рис. 13. Индексное обозначение расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс ( $S_i$ )

6. Обозначить на рисунке координаты центра масс сегментов через символическую запись  $X_{c_i}$ ,  $Y_{c_i}$ . (рис. 14).

Здесь  $X_c$ ,  $Y_c$  обозначает координату центра масс сегмента по осям  $Ox$ ,  $Oy$  декартовой системы координат,  $i$  – номер сегмента

*Обозначения координат центра масс сегмента:*

$X_{c_1}$ ,  $Y_{c_1}$  – координата центра масс кисти по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_2}$ ,  $Y_{c_2}$  – координата центра масс предплечья по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_3}$ ,  $Y_{c_3}$  – координата центра масс плеча по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_4}$ ,  $Y_{c_4}$  – координата центра масс туловища по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_5}$ ,  $Y_{c_5}$  – координата центра масс бедра по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_6}$ ,  $Y_{c_6}$  – координата центра масс голени по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c_7}$ ,  $Y_{c_7}$  – координата центра масс стопы по осям  $Ox$ ,  $Oy$ .

$X_{c8}, Y_{c8}$  – координата центра масс головы по осям  $Ox, Oy$ .

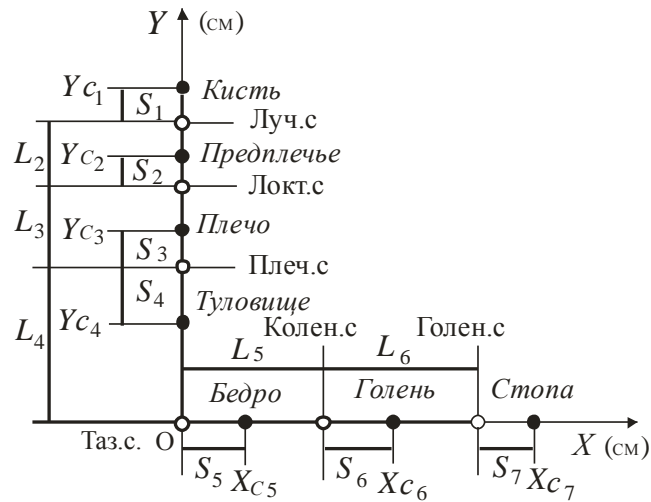


Рис. 14. Индексное обозначение координат центра масс сегментов ( $X_{c_i}, Y_{c_i}$ )

7. Обозначить на рисунке координаты суставов сегментов через символическую запись  $X_i, Y_i$ . Здесь  $X, Y$  обозначает координату центра масс сегмента,  $i$  – номер сегмента (рис. 15).

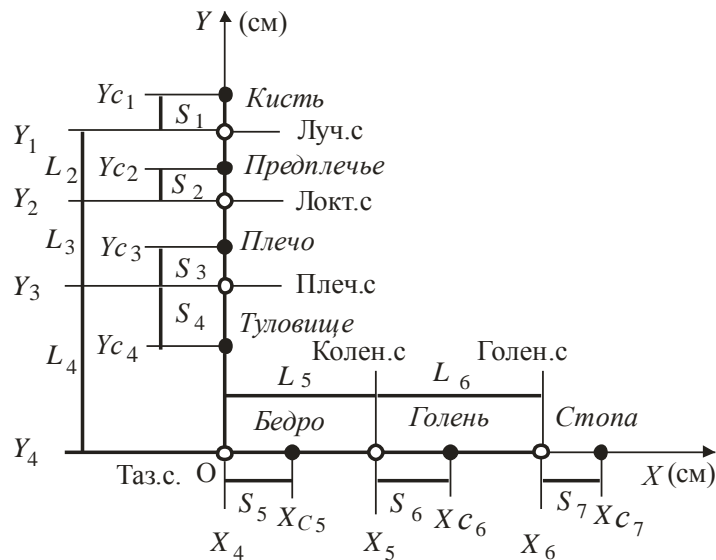


Рис. 15. Индексное обозначение координат суставов ( $X_i$ )

*Обозначения координат суставов:*

$X_1, Y_1$  – координата лучезапястных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_2, Y_2$  – координата локтевых суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_3, Y_3$  – координата плечевых суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_4, Y_4$  – координата тазобедренных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_5, Y_5$  – координата коленных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

$X_6, Y_6$  – координата голеностопных суставов по осям  $Ox, Oy$ .

8. Осталось определить координату центра масс головы по оси  $Ox$ . Для этого от плечевых суставов в сторону кистей рук отложим расстояние  $S_8$ , равное расстоянию от антропометрической точки головы до его центра масс. Как обычно отметим положение центра масс головы на оси  $Oy$

жирной точкой (рис. 16), а координаты центра масс головы по осям  $Ox$ ,  $Oy$  запишем в виде  $X_{c8}$ ,  $Y_{c8}$ .

9. Подготовить таблицу данных длин сегментов и расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс (табл. 2). Обозначения в таблице уже известны, поэтому они не требуют специальных пояснений.

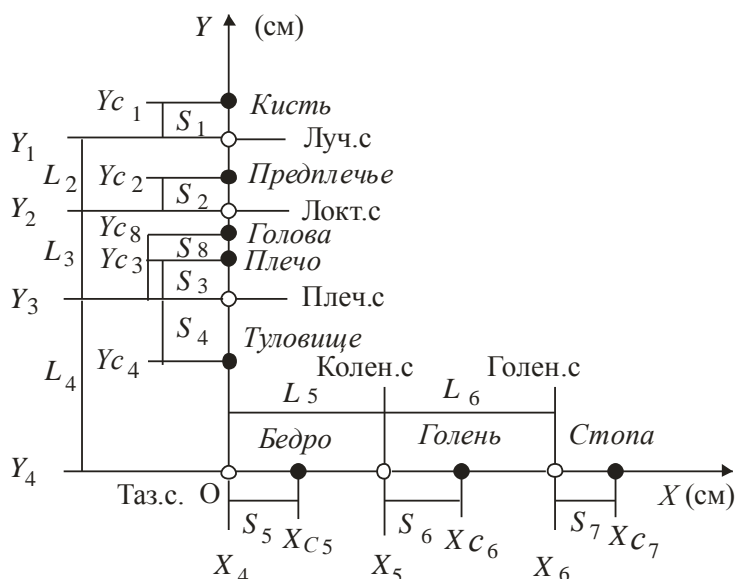


Рис. 16. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «вис углом на гимнастической стенке»

Т а б л и ц а 2

Длина сегментов ( $L_i$ ), расстояние ( $S_i$ ) от антропометрической точки сегмента до его центра масс, координаты суставов ( $X_i$ ,  $Y_i$ ) и центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ,  $Y_{c_i}$ ) по осям  $Ox$ ,  $Oy$  декартовой системы координат

1	2	3	4	5	6	7	8
№ п/п	Сегмент	$L_i$	$S_i$	$X_i$	$X_{c_i}$	$Y_i$	$Y_{c_i}$
1	Кисть						
2	Предплечье						
3	Плечо						
4	Туловище						
5	Бедро						
6	Голень						
7	Стопа						
8	Голова						

**Задание**

1. Изучить ход лабораторной работы и последовательно выполнить все ее этапы (с 1-го по 8-й пункты).

2. Используя измеренные при выполнении 1-й лабораторной работы данные о длинах сегментов ( $L_i$ ) и вычисленные значения, при выполнении 2-й лабораторной работы, расстояния от антропометрической точки сегмента до его центра масс ( $S_i$ ) вписать их в табл. 2.

3. Пользуясь табл. 2 (колонки 3, 4) и рис. 16 определить координаты суставов ( $X_i$ ) и вписать их в табл. 2 (колонка 5).

4. Пользуясь табл. 2 (колонки 4, 5) и рис. 16 определить координаты центра масс

сегментов по оси  $Ox$  ( $Xc_i$ ) и вписать их в табл. 2 (колонка 6).

5. Пользуясь рис. 16 определить координаты суставов по оси  $Oy$  ( $Y_i$ ) и вписать их в табл. 2 (колонка 7).

6. Пользуясь рис. 16 определить координаты центра масс сегментов по оси  $Oy$  ( $Yc_i$ ) и вписать их в табл. 2 (колонка 8).

### Критерии оценивания практического задания № 3:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Правильно проводит измерения и расчеты для определения координат суставов и центра масс сегментов тела человека в различных положениях.	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

### Практическое задание № 4

**Тема:** Определение координат общего центра масс (ОЦМ) тела человека в различных положениях.

**Цель:** Научиться определять координаты ОЦМ тела человека в различных положениях.

**Задачи:** Определить координаты общего центра масс тела человека в положениях:

- 1) лежа на спине – руки вверх.
- 2) вис углом на гимнастической стенке.

Студентам необходимо выполнить одну задачу из двух на выбор.

**Ход работы**

#### Решение задачи 1 – (2 часа)

Исходное положение: «лежа на спине – руки вверх»

1. Нарисовать в декартовой системе координат кинематическую схему опорно-двигательного аппарата тела человека, в положении, соответствующим решению задачи 1 (рис.1). Ввести в схему принятые в лабораторной работе 3 соответствующие обозначения для координат центра масс сегментов.

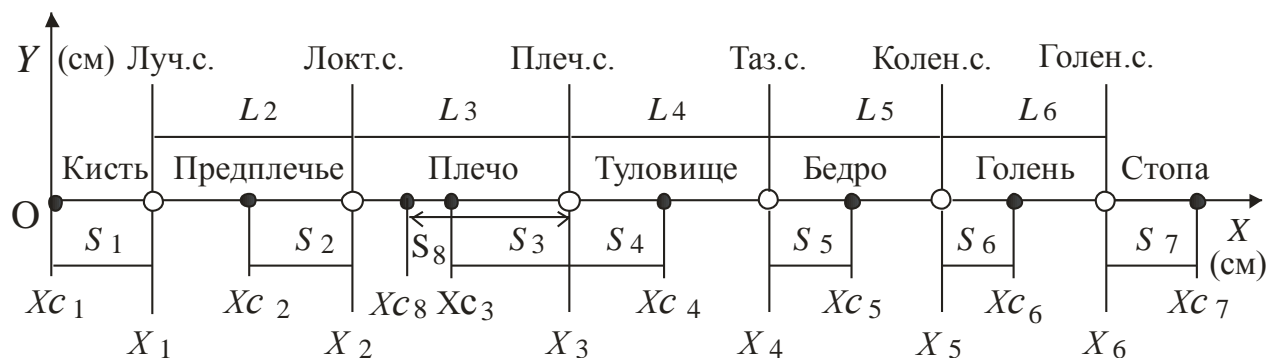


Рис. 1. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «лежа на спине – руки вверх»

2. Упростим рисунок для лучшего восприятия, оставив только обозначения координат центра масс сегментов и суставов (рис. 2).

3. Выписать, как показано ниже в таблице 1, в качестве исходных данных значения веса каждого сегмента (лабораторная работа 3) и координату его центра масс по оси  $Ox$  (лабораторная работа 3).

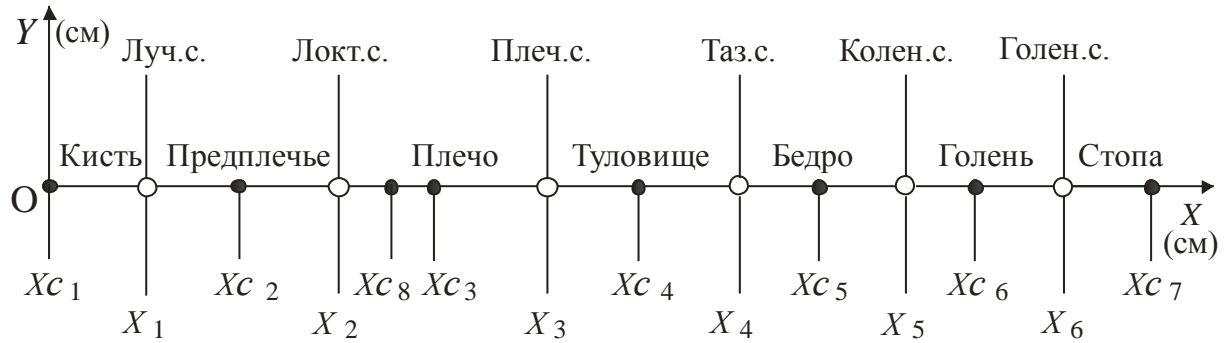


Рис. 2. Обозначения координат центра масс сегментов (•) и суставов (○) на оси  $Ox$

Т а б л и ц а 1

Вес сегментов ( $P_i$ ), координата центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ) по оси  $Ox$  декартовой системы координат

=	2	3	4	5
№ п/п	Сегмент	$P_i$	$X_{c_i}$	$P_i \cdot X_{c_i}$
1	Кисть			
2	Предплечье			
3	Плечо			
4	Туловище			
5	Бедро			
6	Голень			
7	Стопа			
8	Голова			
9	$\sum_{i=1}^8 P_i X_{c_i}$			
10	Координата ОЦМ по оси $Ox$			

Записать в колонку 3 табл. 1 значения веса сегмента, а в колонку 4 – координату центра масс сегмента по оси  $Ox$ .

4. Формульное выражение координаты ОЦМ системы тел в декартовой системе координат имеет вид

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^N X_{c_i} P_i}{\sum_{i=1}^N P_i} ; \quad Y_c = \frac{\sum_{i=1}^N Y_{c_i} P_i}{\sum_{i=1}^N P_i} . \quad (1)$$

Здесь:  $X_c$  – координата ОЦМ системы тел по оси  $Ox$ ;  $Y_c$  – координата ОЦМ системы тел по оси  $Oy$ ;  $X_{c_i}$  – координата центра масс  $i$ -го тела по оси  $Ox$ ;  $Y_{c_i}$  – координата центра масс  $i$ -го тела по оси  $Oy$ ;  $P_i$  – вес  $i$ -го тела;  $N$  – количество тел.

Для биомеханической системы вместо тел имеем сегменты тела человека, остальные обозначения остаются без изменений. В табл. 1 не приведены колонки для координаты сегментов по оси  $Oy$ . Из рис. 1, 2 видно, что их значения равны нулю и поэтому координата ОЦМ тела человека по оси  $Oy$  также равняется нулю. И здесь же следует учесть, что сумма веса отдельных сегментов (знаменатель в формульных выражениях) равняется весу тела человека, а отдельные сегменты имеют парное строение и их вес необходимо удваивать (кисть, предплечье, плечо, бедро, голень, стопа).

5. Вычислить последовательно для каждого сегмента произведение его веса на координату центра масс данного сегмента по оси  $Ox$  и записать результат в колонку 5 табл. 1. В развернутой записи для каждого из сегментов это имеет вид

№ п/п	Сегмент	$P_i \cdot X_{c_i}$
1	<i>Кисть</i>	$P_1 \cdot X_{c_1} =$
2	Предплечье	$P_2 \cdot X_{c_2} =$
<i>Продолжение таблицы</i>		
3	<b>Плечо</b>	$P_3 \cdot X_{c_3} =$
4	Туловище	$P_4 \cdot X_{c_4} =$
5	Бедро	$P_5 \cdot X_{c_5} =$
6	Голень	$P_6 \cdot X_{c_6} =$
7	Стопа	$P_7 \cdot X_{c_7} =$
8	Голова	$P_8 \cdot X_{c_8} =$

6. В развернутой записи уравнение координаты ОЦМ биомеханической системы по оси  $Ox$  для рассматриваемого случая имеет вид

$$X_c = \frac{P_1 X_{c_1} + P_2 X_{c_2} + P_3 X_{c_3} + P_4 X_{c_4} + P_5 X_{c_5} + P_6 X_{c_6} + P_7 X_{c_7} + P_8 X_{c_8}}{P}. \quad (2)$$

Здесь  $P$  – вес тела человека. Поэтому одним из заключительных этапов определения положения ОЦМ тела человека для настоящей задачи является операция сложения всех чисел колонки 5 табл. 1 и запись результата в эту же колонку в строке 9. Далее полученный результат поделить на вес тела и окончательно получим координату ОЦМ тела человека по оси  $Ox$  в декартовой системе координат в положении «Лежа на спине – руки вверх». Записать результат вычислений в колонку 5 табл. 1, строка 10.

### **Решение задачи 2 – (2 часа)**

Исходное положение: «вис углом на гимнастической стенке»

1. Нарисовать в декартовой системе координат кинематическую схему опорно-двигательного аппарата тела человека, в положении, соответствующем решению задачи 2 (рис. 3). Ввести в схему принятые в практической работе 3 соответствующие обозначения для координат центра масс сегментов.

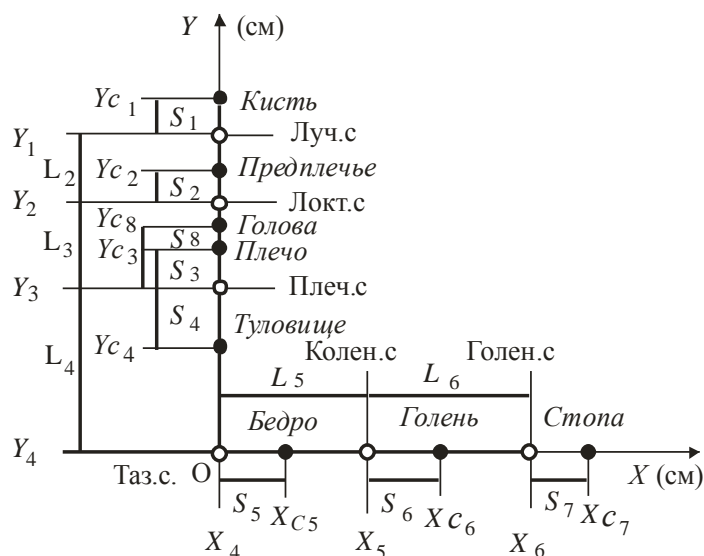


Рис. 3. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «Вис углом на гимнастической стенке»

2. Упростим рисунок для лучшего восприятия, оставив только обозначения координат центра масс сегментов и суставов (рис. 4).

3. Выписать, как показано ниже в таблице 2, в качестве исходных данных значения веса каждого сегмента (практическая работа № 3) и координату его центра масс по оси  $Ox$  и оси  $Oy$  декартовой системы координат (практическая работа № 3).

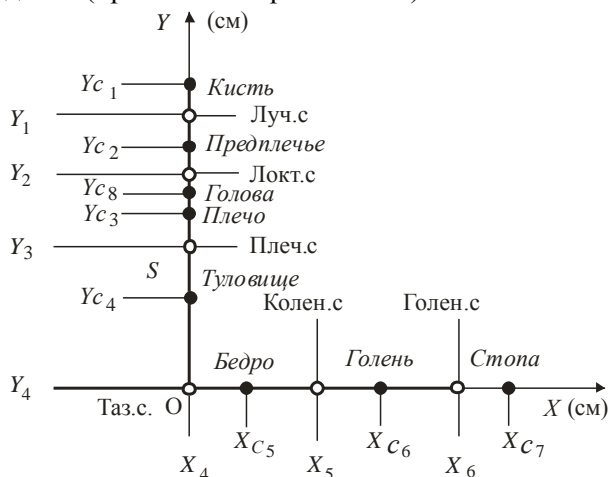


Рис. 4. Обозначения координат центра масс сегментов ( $\bullet$ ) и суставов ( $\circ$ ) на оси  $Ox$ ,  $Oy$

Таблица 2

Вес сегментов ( $P_i$ ), координата центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ) по оси  $Ox$ , ( $Y_{c_i}$ ) по оси  $Oy$  декартовой системы координат

1	2	3	4	5	6	7
№ п/п	Сегмент	$P_i$	$X_{c_i}$	$P_i \cdot X_{c_i}$	$Y_{c_i}$	$P_i \cdot Y_{c_i}$
1	Кисть		0			
2	Предплечье		0			
3	Плечо		0			
4	Туловище		0			
5	Бедро				0	
6	Голень				0	



7	Стопа				0	
8	Голова		0			
9	Формулы	$\sum_{i=1}^8 P_i X_{c_i}$			$\sum_{i=1}^8 P_i Y_{c_i}$	

Записать в колонку 3 табл. 2 значения веса сегмента, в колонку 4 координату центра масс сегмента по оси  $Ox$ , а в колонку 6 координату центра масс сегмента по оси  $Oy$ . Так как продольная ось некоторых сегментов расположена по оси  $Ox$  или оси  $Oy$ , то их соответствующие координаты имеют нулевые значения, что сразу можно и вписать в таблицу 2.

4. Формульное выражение координаты ОЦМ системы тел в декартовой системе координат имеет вид (система уравнений 1).

5. Вычислить последовательно для каждого сегмента произведение его веса на координату центра масс данного сегмента по оси  $Ox$  и записать результат в колонку 5 табл. 2. Это же выполнить и для оси  $Oy$ , с записью результатов вычислений в колонку 7. Учитывая, что координаты центра масс некоторых сегментов по оси  $Ox$  или  $Oy$  имеют нулевые значения, то естественно, что и их произведение на вес соответствующего сегмента также равно нулю. В развернутой записи для каждого из сегментов это имеет вид

№ п/п	Сегмент	$P_i \cdot X_{c_i}$	$P_i \cdot Y_{c_i}$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>7</b>
1	<i>Кисть</i>	$P_1 \cdot X_{c_1} = 0$	$P_1 \cdot Y_{c_1} =$
2	Предплечье	$P_2 \cdot X_{c_2} = 0$	$P_2 \cdot Y_{c_2} =$
3	Плечо	$P_3 \cdot X_{c_3} = 0$	$P_3 \cdot Y_{c_3} =$
4	Туловище	$P_4 \cdot X_{c_4} = 0$	$P_4 \cdot Y_{c_4} =$
5	Бедро	$P_5 \cdot X_{c_5} =$	$P_5 \cdot Y_{c_5} = 0$
6	Голень	$P_6 \cdot X_{c_6} =$	$P_6 \cdot Y_{c_6} = 0$
7	Стопа	$P_7 \cdot X_{c_7} =$	$P_7 \cdot Y_{c_7} = 0$
8	Голова	$P_8 \cdot X_{c_8} = 0$	$P_8 \cdot Y_{c_8} =$

6. В развернутой записи уравнение координаты ОЦМ биомеханической системы по оси  $Oy$  и оси  $Ox$  для рассматриваемого случая имеет вид

$$Y_c = \frac{P_1 Y_{c_1} + P_2 Y_{c_2} + P_3 Y_{c_3} + P_4 Y_{c_4} + P_5 Y_{c_5} + P_6 Y_{c_6} + P_7 Y_{c_7} + P_8 Y_{c_8}}{P}$$

$$X_c = \frac{P_1 X_{c_1} + P_2 X_{c_2} + P_3 X_{c_3} + P_4 X_{c_4} + P_5 X_{c_5} + P_6 X_{c_6} + P_7 X_{c_7} + P_8 X_{c_8}}{P} \quad (3)$$

Здесь  $P$  – вес тела человека. Поэтому одним из заключительных этапов определения положения ОЦМ тела человека для настоящей задачи является операция сложения всех чисел колонки 5 и колонки 7 табл. 2 и запись результата в эти же колонки в строке 9 («Формулы»). Далее полученный результат поделить на вес тела и окончательно получим координату ОЦМ тела человека по оси  $Ox$  и оси  $Oy$  в декартовой системе координат в положении «Вис углом на гимнастической стенке». Записать результат вычислений в колонку 5 и колонку 7 табл. 2.

#### Критерии оценивания практического задания № 4:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Правильно определяет координаты ОЦМ тела человека в различных положениях	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

#### Практическое задание № 5

**Тема:** Центральный момент инерции сегментов тела человека.

**Цель:** Освоить расчетные методы биомеханики, применяемые для определения геометрии масс тела человека.

**Задачи:** Научиться определять моменты инерции звеньев тела человека.

#### Пояснение

Одним из фундаментальных понятий в теории вращения тел является момент инерции. Мерой инертности тела в поступательных движениях является его масса, а во вращательных – момент инерции. Момент инерции дает представление о распределении массы звена относительно заданной оси и равен сумме произведений масс всех материальных точек на квадраты их расстояний от оси вращения

$$J = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2, \quad (1)$$

где  $J$  – момент инерции;  $m_i$  – масса  $i$ -го сегмента;  $r_i$  – расстояние от центра масс  $i$ -го сегмента до оси вращения;  $N$  – количество сегментов.

Если разделить стержень на  $n$  частей (рис.1), то его момент инерции относительно оси, проходящей через один из его концов перпендикулярно плоскости чертежа, равен

$$J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 + m_5 r_5^2 + m_6 r_6^2 \quad (2)$$

Момент инерции относительно оси вращения, проходящей через центр масс тела, называется центральным.

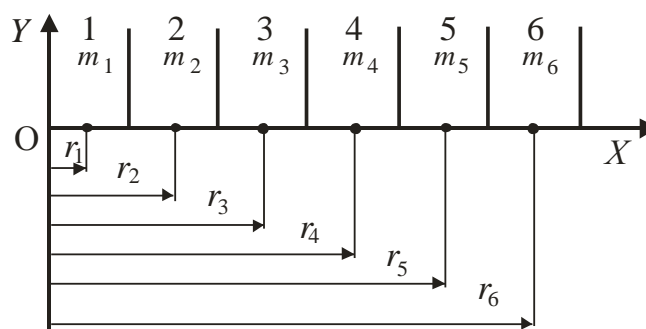


Рис.1. Определение момента инерции стержня при разделении его на  $n$  частей

Звенья человека можно лишь с большим приближением представить в виде стержней, и определение центрального момента инерции сегментов тела по формуле (2) приводит к значительным количественным погрешностям.

Исследования, выполненные в лаборатории биомеханики ГЦОЛИФК (В.М. Зацюрский и др., 1975; В.Н. Селуянов, 1978), позволили разработать радиоизотопный метод прижизненного определения масс-инерционных характеристик сегментов тела человека. Погрешность используемого метода не превышает 3%. В результате исследования с участием 100 испытуемых были определены коэффициенты ( $B_i$ ) в уравнениях множественной регрессии вида

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2, \quad (3)$$

позволяющие вычислять центральные моменты инерции сегментов тела по весу ( $X_1$ ) и длине ( $X_2$ ) тела. Значения искоемых коэффициентов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Коэффициенты уравнений множественной регрессии  
для вычисления главного центрального момента инерции  
сегментов тела относительно фронтальной оси, кг·см<sup>2</sup>**

Сегмент	$B_0$	$B_1$	$B_2$
Стопа	-97,09	0,414	0,614
Голень	-1152,00	4,594	6,815
Бедро	-3960,00	32,020	19,240
Кисть	-13,68	0,088	0,092
Предплечье	-67,90	0,855	0,376
Плечо	-232,00	1,525	1,343
Голова	-112,00	1,430	1,730

**Пример**

Вес испытуемого – 80 кг, рост – 170 см. В этом случае момент инерции бедра относительно оси, проходящей через его центр масс, равен 1872,4 кг·см<sup>2</sup> (центральный момент инерции)

$$J_C = -3960,00 + 32,02 \cdot 80 + 19,24 \cdot 170 = -3960 + 2561,6 + 3270,8 = 1872,4 \text{ (кг·см}^2\text{)}.$$

**Задание**

1. Определить рост и вес испытуемого.
2. Подготовить рабочую таблицу для записи результатов вычислений (табл. 2).
3. Пользуясь таблицей 1 и формулой (4), вычислить центральные моменты инерции звеньев тела.

4. Записать полученные результаты в колонку 5 табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Рабочая таблица для определения  
центрального момента инерции ( $J_C$ ) сегментов тела человека**

№ п/п	Сегмент	$B_0$	$B_1$	$B_2$	$J_C$
	1	2	3	4	5
1	Стопа	-97,09	0,414	0,614	
2	Голень	-1152,00	4,594	6,815	
3	Бедро	-3960,00	32,020	19,240	
4	Кисть	-13,68	0,088	0,092	
5	Предплечье	-67,90	0,855	0,376	
6	Плечо	-232,00	1,525	1,343	
7	Голова	-112,00	1,430	1,730	
8	Туловище	Вычисляется по формуле $J_C = mL^2/12$			

**Пояснение:**  $L$  – длина туловища (см). Масса туловища ( $m$ ) определяется по результатам предыдущей работы в соответствии с уравнением  $m=P/g$ , где  $P$  – вес туловища,  $g$  – ускорение свободного падения.

#### Контрольные вопросы

1. Что является мерой инертности тела во вращательных движениях?
2. От каких количественных показателей зависит величина момента инерции тела?
3. Что понимается под центральным моментом инерции?
4. Каким образом можно определить центральный момент инерции звеньев тела человека?
5. Как определить момент инерции тела относительно оси, расположенной на произвольном расстоянии от его центра масс, если известен центральный момент инерции звеньев тела, а заданная ось перпендикулярна

#### Критерии оценивания практического задания № 5:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Правильно определены моменты инерции сегментов тела человека.	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

#### Практическое задание № 6

**Тема:** Момент инерции тела человека относительно оси вращения в различных положениях.

**Цель:** Научиться определять момент инерции тела человека относительно оси вращения в различных положениях.

**Задачи:** Определить момент инерции тела человека относительно грифа перекладины в положениях:

- 1) вис на перекладине.
- 2) вис углом на перекладине.

**Инструменты и оборудование:** Тетрадь для лабораторных работ, карандаш, резинка, ручка или фломастер, линейка, микрокалькулятор.

**Пояснение:** если известен момент инерции тела относительно какой-либо оси, то можно определить и его момент инерции относительно параллельной оси, расположенной на произвольном расстоянии от первой. С этой целью можно воспользоваться формулой:

$$J_0 = J_C + mr^2,$$

где  $J_0$  – момент инерции тела относительно оси вращения;  $J_C$  – центральный момент инерции тела;  $m$  – масса тела;  $r$  – расстояние от оси вращения до центра масс тела.

**Студентам необходимо выполнить одну задачу из двух на выбор.**

### Ход работы

#### Решение задачи 1 – (2 часа)

1. Нарисовать в декартовой системе координат кинематическую схему опорно-двигательного аппарата тела человека, в положении виса на перекладине (рис.1). Поместить центр масс кистей рук и гриф перекладины в начало системы координат. Ввести в схему, принятые в лабораторной работе 3, соответствующие обозначения для координат центра масс сегментов.

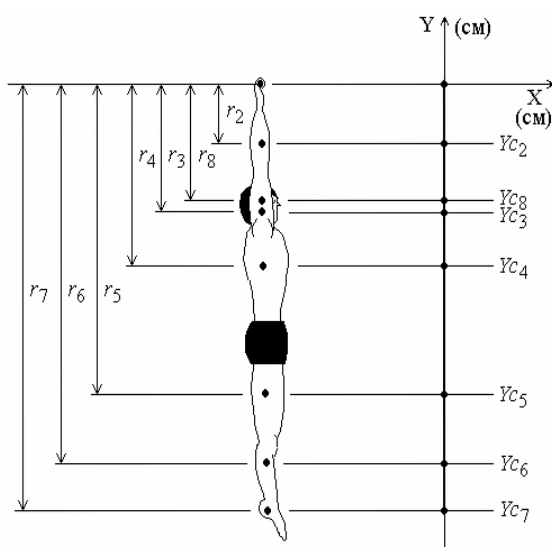


Рис. 1. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «Вис на перекладине»

2. Уравнения для определения момента инерции системы тел имеют вид

$$J_0 = \sum_{i=1}^N J_{c_i} + \sum_{i=1}^N m_i r_i^2. \quad (1)$$

Здесь  $J_0$  – момент инерции системы тел относительно оси вращения  $O$ ;  $J_{c_i}$  – центральный момент инерции  $i$ -го тела;  $m_i$  – масса  $i$ -го тела;  $r_i$  – расстояние от центра масс  $i$ -го тела до оси вращения  $O$ ;  $i$  – порядковый номер тела;  $N$  – количество тел в системе.

В развернутой записи, для рассматриваемой 8-ми звенной биомеханической системы, уравнения, определяющие момент инерции системы тел относительно оси вращения  $O$ , находятся из выражения

$$J_o = J_{c_1} + J_{c_2} + J_{c_3} + J_{c_4} + J_{c_5} + J_{c_6} + J_{c_7} + J_{c_8} + m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + m_4 r_4^2 + m_5 r_5^2 + m_6 r_6^2 + m_7 r_7^2 + m_8 r_8^2 .$$

2)

Здесь следует учесть, что  $r_i^2$  находится из выражения

$$r_i^2 = X_{c_i}^2 + Y_{c_i}^2 .$$

Здесь  $r_i^2$  – квадрат расстояния от центра масс  $i$ -го тела до оси вращения  $O$ ;  $X_{c_i}^2$  – квадрат расстояния от центра масс  $i$ -го тела до оси вращения по оси  $Ox$ ;  $Y_{c_i}^2$  – квадрат расстояния от центра масс  $i$ -го тела до оси вращения по оси  $Oy$ .

Так как  $X_{c_i}$ ,  $Y_{c_i}$  определены в ранее выполненной лабораторной работе, то их вычисление в данном случае не обязательно, а достаточно их взять из предыдущей лабораторной работы и затем подсчитать последовательно  $X_{c_i}^2$ ,  $Y_{c_i}^2$ , а затем и  $r_i^2$ .

3. Выписать, как показано ниже в табл. 1, в качестве исходных данных значения веса каждого сегмента (лабораторная работа 1) и координату его центра масс по оси  $Ox$  и оси  $Oy$  (лабораторная работа 2).

Т а б л и ц а 1

**Вес сегментов ( $P_i$ ), координата центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ) по оси  $Ox$  и ( $Y_{c_i}$ ) по оси  $Oy$  декартовой системы координат**

1	2	3	4	5	6	7	8
№ п/п	Сегмент	$P_i$	$m_i$	$X_{c_i}$	$X_{c_i}^2$	$Y_{c_i}$	$Y_{c_i}^2$
1	Кисть						
2	Предплечье						
3	Плечо						
4	Туловище						
5	Бедро						
6	Голень						
7	Стопа						
8	Голова						

Записать в колонку 3 табл. 1 значения веса сегмента, в колонку 5 координату центра масс сегмента по оси  $Ox$ , в колонку 7 координату центра масс сегмента по оси  $Oy$ . Так как продольная ось сегментов совпадает с осью  $Oy$  декартовой системы координат, то все координаты центра масс сегментов по оси  $Ox$  равны нулю, что и вписать в колонку 5 табл. 1. Кроме этого следует учитывать, что тело спортсмена расположено в минусовой области числовой оси  $Oy$ . Поэтому все значения координат центра масс сегментов по оси  $Oy$  (ось  $Ox$ , лабораторная работа №3) берутся со знаком «-» и записываются в колонку 7 табл. 1.

4. Вычислить массу отдельных сегментов, а результаты вычислений вписать в колонку 4 табл. 1. Формульное выражение массы  $i$  – го сегмента ( $m_i$ ) в технической системе мер и весов имеет вид

$$m_i = \frac{P_i}{g} . \tag{1}$$

Здесь:  $g$  – ускорение свободно падающего тела, равное 9,806 м/с<sup>2</sup>.

И здесь же следует учесть, отдельные сегменты имеют парное строение и их массу необходимо удваивать (кисть, предплечье, плечо, бедро, голень, стопа).

5. Подготовить табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Биомеханические характеристики сегментов тела человека**

1	2	3	4	5	6
№ п/п	Сегмент	$Jc_i$	$r_i^2$	$m_i \cdot r_i^2$	$Jc_i + m_i \cdot r_i^2$
1	Кисть				
2	Предплечье				
3	Плечо				
4	Туловище				
5	Бедро				
6	Голень				
7	Стопа				
8	Голова				

В колонку 3 табл. 2 вписать карандашом значение центрального момента инерции сегментов, вычисленные в предыдущей лабораторной работе. Далее, каждое из значений центрального момента инерции разделить на 9,806 (для перевода в техническую систему мер и весов), а затем, учитывая, что отдельные сегменты имеют парное строение и их центральный момент инерции необходимо умножить на два (кисть, предплечье, плечо, бедро, голень, стопа). После выполнения всех этих операций стереть карандашную запись и вписать ручкой величину центрального момента инерции сегмента в колонку 3 табл. 2.

6. Вычислить для каждого из сегментов квадрат расстояния от его центра масс до оси вращения (гриф перекладины) по формуле

$$r_i^2 = Xc_i^2 + Yc_i^2 .$$

Данные для квадрата расстояния проекции центра масс сегмента на ось  $Ox$  ( $Xc_i^2$ ) и ось  $Oy$  ( $Yc_i^2$ ) взять из табл. 1, колонки 6 и 8 соответственно.

7. Вычислить последовательно для каждого сегмента произведение его массы на квадрат расстояния до оси вращения. Для этого надо перемножить массу сегмента (колонка 4 табл. 1) на данные колонки 4 табл. 2 (для каждой из строк табл.) и вписать полученные значения в колонку 5 табл. 2.

8. В колонке 6 табл. 2 содержатся результаты сложения данных строковых элементов колонок 3 и 5.

И на заключительном этапе выполнения лабораторной работы, в соответствии с уравнениями 1,2 необходимо результаты колонки 6 табл. 2 сложить построчно. Полученная сумма и будет являться значением момента инерции биомеханической системы относительно оси вращения (гриф перекладины) для положения гимнаста: «Вис на перекладине».

### **Решение задачи 2 – (2 часа)**

1. Нарисовать в декартовой системе координат кинематическую схему опорно-двигательного аппарата тела человека, в положении, соответствующим решению задачи 2 (рис. 3).

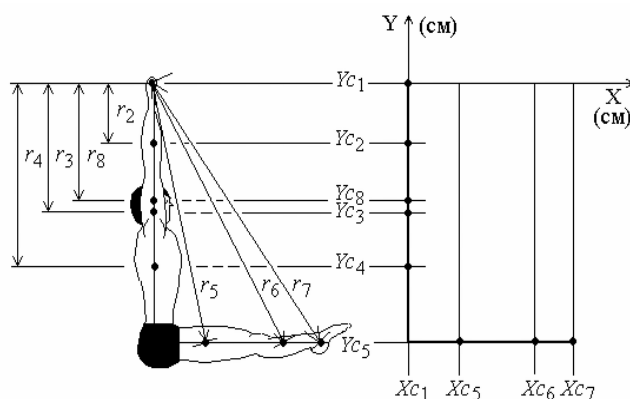


Рис. 3. Кинематическая схема опорно-двигательного аппарата тела человека в положении «Вис углом на гимнастической стенке»

Ввести в схему принятые в лабораторной работе 3 соответствующие обозначения для координат центра масс сегментов.

2. Этот этап работы полностью соответствует этому же этапу работы решения первой задачи, так как уравнения, по которым определяется момент инерции системы тел относительно заданной оси вращения, не меняются в зависимости от изменения конфигурации биомеханической системы.

3. Выписать, как показано ниже в табл. 3, в качестве исходных данных значения веса каждого сегмента (лабораторная работа 3) и координату его центра масс по оси  $Ox$  и оси  $Oy$  (лабораторная работа 3).

Записать в колонку 3 табл. 1 значения веса сегмента, в колонку 5 координату центра масс сегмента по оси  $Ox$ , в колонку 7 координату центра масс сегмента по оси  $Oy$ . Так как продольная ось сегментов 1-4, 8 совпадает с осью  $Oy$  декартовой системы координат, то все координаты центра масс сегментов 1-4, 8 по оси  $Ox$  равны нулю, что и вписать в колонку 7 табл. 3. Продольная ось сегментов 5-7 совпадает с осью  $Ox$  декартовой системы координат, поэтому координаты центра масс сегментов 5-7 по оси  $Ox$  равны нулю, что и вписать в колонку 5 табл. 3.

Здесь следует учитывать, что координаты центра масс сегментов под номерами 1-4, 8 по оси  $Oy$  совпадают с соответствующими координатами из табл. 1 лабораторной работы №6. Для сегментов же 5, 6, 7 координата центра масс по оси  $Oy$  равна координате тазобедренного сустава (лабораторная работа №3). Координата центра масс этих сегментов по оси  $Ox$  совпадает с аналогичными координатами из второй части лабораторной работы №3.

4. Вычислить массу отдельных сегментов, а результаты вычислений вписать в колонку 4 табл. 3. Напомним, что формульное выражение массы  $i$ -го сегмента ( $m_i$ ) в технической системе мер и весов имеет вид

$$m_i = \frac{P_i}{g}.$$

Здесь  $g$  – ускорение свободно падающего тела, равное  $9,806 \text{ м/с}^2$ .

И здесь же следует учесть, отдельные сегменты имеют парное строение и их массу необходимо удваивать (кость, предплечье, плечо, бедро, голень, стопа).

Т а б л и ц а 3

**Вес сегментов ( $P_i$ ), координата центра масс сегментов ( $X_{c_i}$ ) по оси  $Ox$  и ( $Y_{c_i}$ ) по оси  $Oy$  декартовой системы координат**

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---



№ п/п	Сегмент	$P_i$	$m_i$	$Xc_i$	$Xc_i^2$	$Yc_i$	$Yc_i^2$
1	Кисть						
2	Предплечье						
3	Плечо						
4	Туловище						
5	Бедро						
6	Голень						
7	Стопа						
8	Голова						

5. Подготовить табл. 4.

В колонку 3 табл. 4 вписать карандашом значение центрального момента инерции сегментов, вычисленные в предыдущей лабораторной работе. Далее, каждое из значений центрального момента инерции разделить на 9,806 (для перевода в техническую систему мер и весов), а затем, учитывая, что отдельные сегменты имеют парное строение и их центральный момент инерции необходимо умножить на два (кисть, предплечье, плечо, бедро, голень, стопа).

Т а б л и ц а 4

#### Биомеханические характеристики сегментов тела человека

1	2	3	4	5	6
№ п/п	Сегмент	$Jc_i$	$r_i^2$	$m_i \cdot r_i^2$	$Jc_i + m_i \cdot r_i^2$
1	Кисть				
2	Предплечье				
3	Плечо				
4	Туловище				
5	Бедро				
6	Голень				
7	Стопа				
8	Голова				

После выполнения всех этих операций стереть карандашную запись и вписать ручкой величину центрального момента инерции сегмента в колонку 3 табл. 4.

6. Вычислить для каждого из сегментов квадрат расстояния от его центра масс до оси вращения (гриф перекладины) по формуле

$$r_i^2 = Xc_i^2 + Yc_i^2.$$

Данные для квадрата расстояния проекции центра масс сегмента на ось  $Ox$  ( $Xc_i^2$ ) и ось  $Oy$  ( $Yc_i^2$ ) взять из табл. 3, колонки 6 и 8 соответственно.

7. Вычислить последовательно для каждого сегмента произведение его массы на квадрат расстояния до оси вращения. Для этого надо перемножить массу сегмента (колонка 4 табл. 2) на данные колонки 4 табл. 4 (для каждой из строк таблицы) и вписать полученные значения в колонку 5 табл. 4.

8. В колонке 6 табл. 6 содержатся результаты сложения данных строковых элементов колонок 3 и 5.

И на заключительном этапе выполнения лабораторной работы, в соответствии с уравнениями 1,2 необходимо результаты колонки 6 табл. 4 сложить построчно. Полученная сумма

и будет являться значением момента инерции биомеханической системы относительно оси вращения (гриф перекладины) для положения гимнаста: «вис углом на гимнастической стенке».

### Критерии оценивания практического задания № 6:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Верно определяет момент инерции тела человека относительно оси вращения в различных положениях (висе и висе углом), безошибочно проводит расчеты, на основании которых определяет момент инерции отдельного звена тела человека	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на окончательный результат.	4
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

### Практическое задание № 7

**Тема:** Определение угловой скорости звеньев тела человека.

**Цель:** Научиться определять угловую скорость звеньев тела человека при выполнении спортивных упражнений.

**Задачи:** Определить угловую скорость звеньев тела человека при выполнении гимнастических упражнений:

- 1) большой оборот назад на перекладине.
- 2) большой оборот вперед на перекладине.

**Инструменты и оборудование:** Тетрадь для лабораторных работ, карандаш, резинка, ручка или фломастер, линейка, микрокалькулятор.

**Студентам необходимо выполнить одну задачу из двух на выбор.**

### Ход работы

#### Решение задачи 1 – (4 часа)

*Угловая скорость и ускорение звеньев тела*

Первая и вторая производная от обобщенных координат (углы наклона звеньев биомеханической системы к оси  $Ox$ ) по времени, заданных в табличном виде, определяются из симметричных конечно-разностных отношений

$$\dot{\varphi}_i = \frac{\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}}{2h}, \quad \ddot{\varphi}_i = \frac{\varphi_{i-1} - 2\varphi_i + \varphi_{i+1}}{h^2}, \quad (1)$$

где  $\dot{\varphi}_i$ ,  $\ddot{\varphi}_i$  – приближенные значения первой и второй производной от обобщенных координат

$\varphi_i$  по времени в момент времени  $t = t_i$ ,  $i$  – номер кинокадра,  $h$  – интервал времени между двумя ближайшими кинокадрами, определяемый в соответствии с уравнением

$$h = \frac{1}{k}, \quad (2)$$

где  $k$  – частота киносъемки.

Учитывая, что в механике угловая скорость измеряется в рад/с, формулы для определения угловой скорости и ускорения звеньев тела на основании равенств (1) примут вид

$$\dot{\varphi}_i = \frac{\pi(\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1})}{360h}, \quad \ddot{\varphi}_i = \frac{\pi(\varphi_{i-1} - 2\varphi_i + \varphi_{i+1})}{180h^2}. \quad (3)$$

Здесь  $\pi$  – символ числа "пи". Для первой и конечной точки траектории угловая скорость и угловое ускорение звеньев тела спортсмена вычисляются по формулам Милна.

Кинетограмма второй половины большого оборота назад на перекладине показана на рис. 1.

1. Для вычисления угловой скорости звеньев тела при выполнении любого спортивного упражнения необходимо знать значения обобщенных координат биомеханической системы на всей траектории движения. Для этого по выполненному промеру, транспортиром определяют угол наклона звеньев биомеханической системы к оси  $Ox$  для каждого кинокадра упражнения и измеренные значения обобщенных координат заносят в таблицу. Определение обобщенных координат биосистемы для исследуемого упражнения выполняется следующим образом.

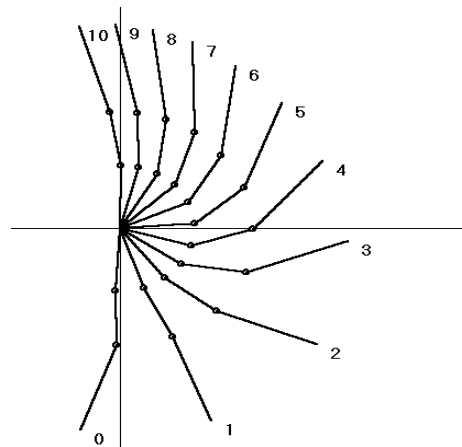


Рис. 1. Кинетограмма второй половины большого оборота назад на перекладине

Допустим, для первого кинокадра выполняемого упражнения (рис. 2, Б) построена кинетограмма (рис. 2, А).

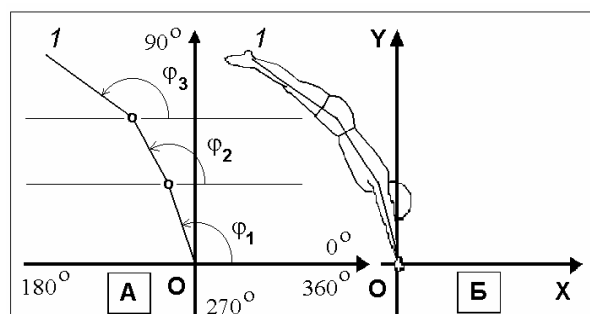


Рис. 2. Считывание обобщенных координат ( $\varphi_i$ ) в первом кинокадре (1) кинетограммы (А) по материалам кино съемки (Б)

Для определения угла наклона звеньев биомеханической системы к оси  $Ox$  необходимо от каждого сустава провести влево и вправо линии, параллельные оси  $Ox$ . Направление угла отсчитывается от положительной области числовой оси  $Ox$  против хода часовой стрелки. Величина угла изменяется от  $0^{\circ}$  до  $360^{\circ}$ , а также может изменяться в диапазоне  $360^{\circ} - 720^{\circ}$  и т.д. Величина угла наклона звена к оси  $Ox$  измеряется транспортиром и записывается в таблицу обобщенных координат, в которой колонки обозначают номер звена, а строки – номер кинокадра.

2. Подготовить таблицу обобщенных координат для трехзвенной биомеханической системы (табл. 1).

Для каждого номера кинокадра вписать в таблицу значения обобщенных координат для первого звена –  $\varphi_1$ , для второго звена –  $\varphi_2$  и для третьего звена –  $\varphi_3$ .

Т а б л и ц а 1

**Таблица обобщенных координат ( $\varphi_i$ ) трехзвенной биомеханической системы на всей траектории движения**

№ кинокадра	$\varphi_1$	$\varphi_2$	$\varphi_3$
1			
2			
3			
4			
5			
6			

3. Дополнить табл. 1 тремя колонками справа (табл. 2).

4. В колонке 5 будут записаны расчетные данные разности обобщенных координат первого звена по кинокадрам: для  $i+1$  кинокадра и  $i-1$  кинокадра, где  $i$  – номер кинокадра.

В колонке 6 будут записаны расчетные данные разности обобщенных координат второго звена по кинокадрам: для  $i+1$  кинокадра и  $i-1$  кинокадра, где  $i$  – номер кинокадра.

Т а б л и ц а 2

**Промежуточная таблица для расчета угловой скорости**

1	2	3	4	5	6	7
№ кинокадра	$\varphi_{i,1}$	$\varphi_{i,2}$	$\varphi_{i,3}$	$\varphi_{i+1,1} - \varphi_{i-1,1}$	$\varphi_{i+1,2} - \varphi_{i-1,2}$	$\varphi_{i+1,3} - \varphi_{i-1,3}$
1	365					
2	378			394-365=29		
3	394			419-378=41		
4	419			428-394=34		
5	428			435-419=16		
6	435					

В колонке 7 будут записаны расчетные данные разности обобщенных координат третьего звена по кинокадрам: для  $i+1$  кинокадра и  $i-1$  кинокадра, где  $i$  – номер кинокадра.

К примеру, для первого звена имеется таблица чисел изменения обобщенных координат биосистемы на всей траектории движения (табл. 2, колонка 2). Допустим  $i=2$ , тогда  $i+1=3$ , а  $i-1=1$ . Следовательно,  $\varphi_{i+1}=394$  (табл. 2, колонка 2, строка 3);  $\varphi_{i-1}=365$  (табл. 2, колонка 2, строка 1). Разница  $\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1} = 394 - 365 = 29$  записывается в строку 2 (так как  $i=2$ ) колонки 6 (табл. 2).

Увеличим  $i$  на 1. Тогда  $i$  станет равным 3,  $i+1=4$ , а  $i-1=2$ . Следовательно,  $\varphi_{i+1}=419$  (табл. 2, колонка 2, строка 3);  $\varphi_{i-1}=378$  (табл. 2, колонка 2, строка 2). Разница  $\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1} = 419 - 378 = 41$  записывается в строку 3 (так как  $i=3$ ) колонки 6 (табл. 2).

Снова увеличим  $i$  на 1. На это раз  $i$  станет равным 4,  $i+1=5$ , а  $i-1=3$ . Следовательно,  $\varphi_{i+1}=419$  (табл. 2, колонка 2, строка 5);  $\varphi_{i-1}=378$  (табл. 2, колонка 2, строка 3). Разница  $\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1} = 428 - 394 = 36$  записывается в строку 4 (так как  $i=4$ ) колонки 6 (табл. 2).

И этот цикл повторяется до тех пор пока  $i+1$  не станет больше, чем количество кинокадров упражнения. Затем переходят к расчету второго звена и т.д.

5. Подготовить табл. 3, в ячейки которой будут заноситься вычисленные значения угловой скорости звеньев тела.

В соответствии с уравнениями (3) каждую строчку колонок 5, 6, 7 (табл. 2) необходимо умножить на число  $\pi$  и разделить на  $360h$ , где  $h$  определяется из уравнения 2. Полученный результат вписать в соответствующую строчку колонки 2, 3 или 4 табл. 3. Это и есть угловая скорость звеньев тела.

Таблица 3

### Угловая скорость звеньев тела ( $\dot{\varphi}_i$ )

№ кинокадра	$\dot{\varphi}_1$	$\dot{\varphi}_2$	$\dot{\varphi}_3$
1			
2			
3			
4			
5			
6			

### Задание

В табл. 1 вписать обобщенные координаты одного из вариантов большого оборота назад на перекладине (номер варианта предлагается преподавателем).

1. Следуя вышеизложенному ходу выполнения работы, вычислить угловые скорости звеньев тела и занести результаты вычислений в результирующую табл. 3.

### Решение задачи 2 – (4 часа)

Логика выполнения 2-й части работы аналогична решению задачи 1. Единственное отличие – другие траектории движения. При расчете угловой скорости звеньев тела спортсмена (как при решении задачи 1, так и при решении задачи 2) следует учесть, что временной интервал ( $h$ ) между двумя ближайшими видеокдрами упражнения составляет 0,08с.

Траектории движения спортсмена при выполнении им большого оборота назад и вперед на перекладине в виде обобщенных координат звеньев тела в различных вариантах исполнения упражнения приведены ниже (по материалам исследований Д.А. Лавшука, 2002) – Приложение 1.

### Критерии оценивания практического задания № 7:

Набранные баллы за задание	Критерии	Оценка
9-10	Верно определяет угловую скорость вращения ОЦМт трехзвенной модели тела человека относительно оси вращения, безошибочно проводит расчеты, на основании которых определяет угловые скорости рук, ног, туловища	5
7-8	Допускает незначительные ошибки в ходе работы, не повлиявшие на	4

	окончательный результат.	
5-6	Слабо владение теоретическими основами биомеханики и применения их при выполнении практического задания.	3
0-4	Задание выполнено с грубыми ошибками, приведшие к ошибочному конечному результату	2

3.2. Методические материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине/модулю/практике.

Экзамен по дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности» проводится в устной форме. В экзаменационном билете представлено 2 теоретических вопроса.

Итоговое оценивание по результатам прохождения курса складывается из:

- 80% - выполнения тестов и практических заданий (170 баллов)
- 20% - проведения итоговой аттестации (экзамен) (40 баллов)

Общая сумма баллов – 210.

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО БИОМЕХАНИКЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

1. Предмет биомеханики, место и значение в физическом воспитании.
2. Цель биомеханики, объект познания и область изучения.
3. Формы движения материи.
4. Естественные и целенаправленные движения человека.
5. Общая и частные задачи биомеханики.
6. Взаимосвязь биомеханики с другими научными и учебными дисциплинами.
7. Общая характеристика биомеханических методов исследования, их классификация.
8. Оптические методы регистрации движений: киносъемка упражнений, фотоциклосъемка.
9. Оптические методы регистрации движений: светодиодная фотоциклосъемка, стробоскопическая фотоциклосъемка, видеомагнитофонная запись движений.
10. Инструментальные методы регистрации движений: электромиография, электротензометрия.
11. Инструментальные методы регистрации движений: динамография, электрогониография.
12. Характеристика анализа движений биомеханических систем как метода биомеханики.
13. Характеристика синтеза движений биомеханических систем как метода биомеханики.
14. Звенья тела как рычаги, момент силы.
15. Биокинематические цепи.
16. Кинематическая модель опорно-двигательного аппарата тела человека.
17. Инерционность процесса мышечного напряжения.
18. Зависимость "Сила - суставной угол".
19. Зависимость "Сила - скорость".
20. Факторы, влияющие на величину проявления мышечной силы.
21. Понятие о биомеханических характеристиках движений, их классификация.
22. Биомеханические характеристики звеньев тела человека: масса звеньев - способы ее определения.
23. Биомеханические характеристики звеньев тела человека: момент инерции - способы его определения.
24. Биомеханические характеристики звеньев тела человека: положение центра масс звена - методика определения.

25. Кинематические характеристики движений: их классификация, пространственные характеристики (координаты точки, тела, системы тел).
26. Кинематические характеристики движений: их классификация, пространственные характеристики - перемещение (линейное, угловое).
27. Кинематические характеристики движений: их классификация, пространственные характеристики - перемещение (линейное), траектория, амплитуда.
28. Кинематические характеристики движений: их классификация, временные характеристики - начало и окончание выполнения упражнений, длительность выполнения частей упражнения, темп, ритм.
29. Кинематические характеристики движений: их классификация, пространственно-временные характеристики - скорость (угловая, линейная).
30. Кинематические характеристики движений: их классификация, пространственно-временные характеристики - ускорение (угловое, линейное).
31. Динамические характеристики движений: классификация, силовые характеристики.
32. Динамические характеристики движений: классификация, инерционные характеристики.
33. Динамические характеристики движений: классификация, энергетические характеристики.
34. Опорное положение - механизмы управления движениями спортсмена за счет изменения внешних моментов сил.
35. Опорное положение - механизмы управления движениями спортсмена с использованием кориолисовой силы инерции.
36. Биомеханика перемещения общего центра масс тела спортсмена в полетной части упражнения.
37. Биомеханика сгибательно-разгибательных движений спортсмена в суставах в безопорном положении при отсутствии начального вращательного импульса (кинетический момент системы равен нулю).
38. Биомеханика сгибательно-разгибательных движений спортсмена в суставах в безопорном положении при наличии начального вращательного импульса (кинетический момент системы не равен нулю).
39. Закон сохранения количества движения (передача количества движения с одного звена тела на другое).
40. Управление угловой скоростью звеньев тела при наличии начального вращательного импульса (кинетический момент приобретает спортсменом в момент потери контакта с опорой).
41. Биомеханическое обоснование техники спортивных упражнений на основе моделирования.
42. Характеристика модели, классификация моделей.
43. Модели с управлением (программное управление в имитационных моделях синтеза движений человека на ПЭВМ).
44. Понятие о расчетных моделях анализа и моделях синтеза движений человека.
45. Моделирование движений человека на ПЭВМ, этапы моделирования.
46. Построение математической модели движений человека.
47. Системный подход: основные определения (элемент, связь, система, структура, управление, задача, цель).
48. Состав системы движений
49. Пространственные элементы и их подсистемы.
50. Временные элементы и их подсистемы.
51. Структура системы движений - закономерность взаимодействия подсистем движения.
52. Двигательная структура: кинематическая структура, динамическая структура

53. Информационная структура: сенсорная структура, психологическая структура, эффекторная структура.
54. Обобщенная структура: ритмическая структура, фазовая структура, координационная структура.
55. Понятие о функциональной структуре движений: двигательная задача, программы управления, оптимизация управления.
56. Самоуправление движениями, функционал - цель функционирования системы.
57. Формирование и совершенствование систем движений: интеграция и дифференциация, стабилизация и вариативность.
58. Формирование и совершенствование систем движений: стандартизация и индивидуализация, соотношение произвольности и автоматизма в управлении, фиксация и прогрессирование.
59. Условия равновесия тела и системы тел.
60. Виды равновесия тела и его устойчивость.
61. Объем технической подготовленности, рациональность техники.
62. Эффективность владения спортивной техникой: абсолютная эффективность, сравнительная эффективность, реализация эффективности.
63. Освоенность спортивной техники: стабильность и устойчивость, автоматизированность.
64. Промер исследуемого упражнения.
65. Закономерности изменения момента инерции тела при выполнении сгибательно-разгибательных движений в суставах в безопорном положении.
66. Закономерности изменения момента инерции тела при выполнении сгибательно-разгибательных движений в суставах в опорном положении.
67. Взаимосвязь скоростных и силовых качеств.

#### **Критерии оценки за ответ на экзаменационный билет:**

**40 баллов** ставится, если обучающийся при ответе на вопросы билета продемонстрировал владение на высоком уровне учебным материалом в рамках содержащихся в билете вопросов, корректное использование педагогической терминологии. Ответ обучающегося отличала полнота, конкретность и внутренняя логика.

**30 баллов** ставится, если обучающийся при ответе на вопросы билета продемонстрировал твердое владение учебным материалом в рамках вопросов билета. При этом при ответе студент допустил некоторые неточности, не имеющие принципиального характера, которые обучающийся смог исправить после соответствующих замечаний преподавателя, или незначительно была нарушена внутренняя логика ответа.

**20 баллов** выставляется, если при ответе на вопросы билета студент продемонстрировал общее понимание и владение учебным материалом, но допустил незначительное количество ошибок или, если были выявлены незначительные пробелы в знаниях основных вопросов программы. Вместе с тем студент оказался неспособен ответить на дополнительные вопросы экзаменатора, продемонстрировал недостаточное знакомство с основной и дополнительной литературой. Структура ответа не соответствовала требованию логичности изложения.

**10 баллов** выставляется, если при ответе на вопросы билета студент продемонстрировал общее понимание и владение учебным материалом, но допустил грубые ошибки. Вместе с тем студент оказался неспособен ответить на дополнительные вопросы экзаменатора, продемонстрировал недостаточное знакомство с основной и дополнительной литературой. Структура ответа не соответствовала требованию логичности изложения.

**0 баллов** ставится, если обучающийся при ответе на вопросы билета продемонстрировал незнание или непонимание учебного материала, неспособность



ответить на дополнительные вопросы преподавателя. Также оценка «неудовлетворительно» ставится в случае нарушения обучающимся процедуры экзамена.

**Итоговая аттестация по дисциплине «Биомеханика двигательной деятельности».**

185-210 баллов – оценка «отлично»

170-184,5 баллов – оценка «хорошо»

155-169,5 баллов – оценка «удовлетворительно»

менее 155 баллов - оценка «неудовлетворительно»

Приложение 1

Большой оборот назад на перекладине

Вариант 1

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	461,2	465,0	473,4
2	473,7	477,8	486,2
3	487,0	492,5	501,2
4	500,9	508,0	518,1
5	516,2	523,9	535,0
6	533,9	540,1	549,4
7	554,1	557,9	560,0
8	576,3	578,0	568,9
9	599,7	600,6	580,1
10	623,6	624,9	597,7
11	646,3	650,1	625,3
12	665,7	675,7	664,1
13	681,5	702,3	706,3
14	696,4	729,3	740,2
15	713,7	754,5	762,2
16	735,0	774,5	776,9
17	757,9	788,1	788,5
18	778,6	797,2	798,6
19	795,0	804,6	808,1

Вариант 2

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	462,8	466,1	471,7
2	476,7	477,7	482,3
3	491,5	492,3	495,4
4	508,2	510,5	511,2
5	528,0	532,4	528,6
6	551,4	556,7	545,9
7	577,4	581,5	562,4
8	603,8	605,8	579,5
9	628,1	629,6	601,5
10	649,3	653,4	636,2
11	667,8	677,5	683,4
12	684,8	702,5	728,8
13	702,3	728,1	759,8
14	721,7	752,5	779,1
15	742,8	773,2	792,6
16	763,9	788,6	802,7
17	783,3	799,5	810,8
18	800,2	807,3	817,7
19	815,7	813,9	824,4

Вариант 3

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	455,9	461,2	467,2
2	469,7	471,6	476,7
3	483,9	484,5	488,5
4	499,5	500,9	503,0
5	517,6	521,1	519,8
6	539,2	544,4	537,3
7	564,2	569,1	554,2
8	590,7	593,7	570,7
9	616,3	617,8	589,5
10	639,1	641,5	616,8
11	658,8	665,4	659,0
12	676,4	689,9	707,3
13	693,4	715,3	746,2
14	711,7	740,7	770,5
15	732,1	763,4	786,4
16	753,5	781,5	798,0
17	773,9	794,6	806,9
18	792,1	803,7	814,3
19	807,9	810,6	821,0

Вариант 4

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	443,5	450,4	453,7
2	452,6	458,4	460,9
3	461,8	467,4	468,7
4	471,5	477,2	477,4
5	482,1	488,0	487,1
6	493,8	500,0	497,8
7	507,2	513,1	509,1
8	522,6	527,5	520,6
9	540,2	543,2	532,2
10	559,7	560,1	544,1
11	580,1	578,6	557,0
12	600,5	598,7	572,5
13	619,9	620,4	593,7
14	638,3	643,2	626,5
15	655,7	666,7	669,8
16	673,0	690,5	710,7
17	690,7	713,7	738,3
18	709,2	735,1	754,8
19	728,2	753,2	765,9
20	746,4	767,7	774,1
21	762,7	778,8	780,8
22	776,6	787,4	786,8
23	788,3	794,6	792,8
24	798,5	801,1	798,9
25	807,8	807,5	804,9

Вариант 5

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	86,6	92,0	94,9
2	95,3	100,8	102,3
3	104,4	110,2	110,5
4	114,2	120,2	119,9
5	124,8	130,8	130,6
6	136,3	142,1	142,4
7	148,5	153,7	155,2
8	161,3	165,7	168,6
9	175,3	178,7	182,3
10	191,7	194,1	196,1
11	211,7	213,9	210,2
12	235,3	238,3	226,0
13	259,6	264,9	246,3
14	281,7	290,3	276,4
15	300,8	313,7	315,9
16	318,0	336,3	354,4
17	335,0	358,5	382,3
18	352,6	379,2	400,2
19	370,7	397,1	412,8
20	388,2	411,4	422,4
21	404,0	422,6	430,2
22	417,4	431,5	437,1
23	428,8	439,2	443,7
24	438,8	446,6	450,3
25	448,1	454,3	457,2

Вариант 6

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	93,1	90,2	94,8
2	100,4	97,7	103,2
3	107,8	105,7	113,0
4	116,1	114,8	124,0
5	125,5	125,6	136,1
6	136,2	138,1	149,1
7	148,7	152,0	162,9
8	163,6	167,1	177,2
9	180,8	183,6	190,8
10	199,9	202,0	203,0
11	220,3	222,5	215,0
12	242,0	244,5	230,0
13	264,1	267,2	253,3
14	284,8	290,8	288,7
15	303,2	316,1	331,3
16	320,3	342,6	370,0
17	337,9	368,2	397,8
18	356,5	390,2	415,6
19	375,5	406,6	426,4
20	393,7	417,6	432,9
21	409,8	425,0	437,5
22	423,2	431,0	441,8
23	434,1	437,0	446,5
24	443,3	443,6	451,7
25	451,2	450,6	457,0

Вариант 7

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	86,3	93,5	99,8
2	98,1	103,1	110,2
3	110,1	114,7	122,3
4	122,6	128,2	136,5
5	135,7	143,0	152,7
6	149,8	158,4	169,3
7	166,4	174,4	184,3
8	186,0	191,6	196,3
9	208,1	210,8	205,9
10	231,7	232,7	216,3
11	255,9	256,7	231,6
12	279,2	281,9	255,3
13	299,6	307,4	289,5
14	316,2	333,2	330,4
15	331,3	359,8	367,4
16	347,8	386,1	393,3
17	367,4	408,7	410,4
18	389,2	425,1	423,8
19	410,2	435,8	435,6
20	427,9	443,3	446,6
21	442,4	450,6	457,1

Вариант 8

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	92,2	98,0	104,9
2	104,0	108,6	116,0
3	116,3	121,2	129,1
4	129,1	135,4	144,4
5	142,5	150,6	161,0
6	157,7	166,3	177,1
7	175,8	182,8	190,7
8	196,8	200,9	201,2
9	219,7	221,4	210,7
10	243,8	244,5	223,1
11	267,8	269,3	242,2
12	289,9	294,7	271,1
13	308,3	320,2	309,8
14	323,8	346,4	350,0
15	339,2	373,1	381,7
16	357,2	398,0	402,6
17	378,2	417,7	417,4
18	400,0	431,0	429,8
19	419,5	439,7	441,2
20	435,5	446,8	451,9
21	448,8	454,8	462,3

Вариант 9

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	83,4	91,5	99,4
2	96,7	100,3	106,5
3	109,6	111,4	115,3
4	122,6	124,6	126,6
5	136,1	139,4	140,5
6	150,6	155,4	156,5
7	166,8	172,5	173,0
8	185,0	191,0	188,5
9	205,2	211,0	202,5
10	227,3	232,5	216,5
11	250,9	254,9	233,3
12	274,1	277,9	257,6
13	295,1	301,8	294,1
14	313,2	326,6	337,5
15	329,8	352,2	376,0
16	347,0	377,3	402,8
17	366,2	400,0	421,2
18	387,0	418,7	434,3
19	407,3	432,9	444,0
20	425,6	443,5	451,9
21	441,5	452,3	459,2

Вариант 10

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	461,3	466,8	468,3
2	470,2	476,5	478,4
3	480,4	486,6	489,4
4	492,3	497,7	501,0
5	506,6	510,1	512,2
6	522,8	524,4	522,6
7	540,5	540,8	532,2
8	559,2	559,5	542,2
9	579,2	580,2	555,1
10	600,6	602,5	574,0
11	622,2	625,9	600,5
12	642,4	650,3	633,8
13	660,3	675,2	670,3
14	676,4	700,5	704,3
15	692,3	725,4	731,3
16	709,7	748,4	750,3
17	729,4	766,9	763,4
18	749,5	779,7	773,6
19	767,0	788,2	782,7
20	780,4	794,6	791,2
21	790,7	800,8	799,2
22	799,3	807,7	807,1
23	807,1	815,7	815,1
24	814,9	824,5	823,2

Вариант 11

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	457,2	462,1	463,7
2	465,6	471,6	473,2
3	475,1	481,5	483,8
4	486,1	492,0	495,2
5	499,2	503,7	506,7
6	514,5	517,0	517,5
7	531,5	532,4	527,4
8	549,7	549,9	537,0
9	569,0	569,7	548,1
10	589,8	591,2	563,7
11	611,5	614,1	586,3
12	632,6	638,0	616,4
13	651,6	662,7	652,0
14	668,5	687,8	687,9
15	684,2	713,0	718,9
16	700,7	737,3	741,7
17	719,4	758,3	757,4
18	739,6	773,9	768,8
19	758,7	784,3	778,2
20	774,2	791,5	787,0
21	785,9	797,7	795,2
22	795,1	804,1	803,2
23	803,2	811,6	811,1
24	811,0	820,1	819,1

Вариант 12

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	82,4	87,9	91,6
2	90,9	96,3	98,5
3	99,8	105,4	106,2
4	109,2	115,1	115,1
5	119,4	125,4	125,1
6	130,5	136,4	136,3
7	142,3	147,8	148,7
8	154,8	159,6	161,8
9	168,1	172,0	175,4
10	183,1	186,0	189,2
11	201,2	203,4	203,1
12	223,2	225,6	217,8
13	247,6	251,5	235,2
14	271,1	277,8	259,8
15	291,6	302,2	295,5
16	309,5	325,0	336,0
17	326,5	347,4	369,9
18	343,7	369,1	392,2
19	361,6	388,6	407,0
20	379,6	404,7	417,8
21	396,4	417,4	426,4
22	411,0	427,3	433,8
23	423,3	435,4	440,4
24	433,9	442,8	447,0

ариант 13

Вариант 14

Вариант 15

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	112,2	118,8	117,6
2	123,6	129,4	130,8
3	135,9	141,0	142,9
4	149,9	154,2	152,8
5	165,6	169,2	159,3
6	183,0	186,0	163,9
7	201,9	204,6	171,3
8	222,2	224,9	187,1
9	243,8	247,1	212,2
10	265,7	270,6	243,5
11	286,3	294,9	278,1
12	304,1	319,9	314,3
13	319,7	345,6	348,0
14	335,3	370,6	374,3
15	353,0	392,2	392,2
16	373,2	408,5	404,3
17	393,2	419,6	413,8
18	410,2	427,0	422,5
19	423,3	432,6	430,9
20	433,5	438,2	439,0
21	441,9	444,9	447,0
22	449,5	453,0	455,1

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	455,0	459,6	467,7
2	467,4	471,1	479,5
3	480,3	485,0	493,4
4	493,8	500,2	509,5
5	508,3	515,9	526,7
6	524,7	531,9	542,6
7	543,7	548,8	555,1
8	565,0	567,6	564,5
9	587,9	589,0	574,0
10	611,7	612,6	587,9
11	635,2	637,4	610,1
12	656,5	662,8	643,6
13	673,9	688,9	685,6
14	688,9	715,8	724,8
15	704,6	742,4	752,5
16	723,9	765,3	770,2
17	746,5	782,0	783,0
18	768,8	793,0	793,7
19	787,3	800,9	803,4
20	801,7	808,4	812,7
21	813,5	817,0	822,1
22	824,5	826,4	831,5

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	76,6	87,7	96,3
2	90,1	95,6	102,8
3	103,2	105,6	110,7
4	116,1	117,7	120,6
5	129,2	131,8	133,2
6	143,2	147,2	148,3
7	158,5	163,8	164,8
8	175,6	181,5	180,9
9	194,8	200,8	195,6
10	216,0	221,6	209,4
11	239,0	243,6	224,3
12	262,6	266,3	244,1
13	284,9	289,7	274,3
14	304,4	314,1	315,7
15	321,5	339,4	358,1
16	338,2	365,0	390,8
17	356,3	389,1	412,8
18	376,5	409,9	428,2
19	397,3	426,3	439,5
20	416,8	438,5	448,1
21	433,8	448,0	455,5
22	448,8	456,6	463,0

**Вариант 16**

**Вариант 17**

**Вариант 18**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	457,2	462,8	464,7
2	466,6	472,2	473,0
3	476,7	482,5	482,2
4	487,8	493,9	492,4
5	500,3	506,4	503,4
6	514,7	520,2	514,8
7	531,2	535,2	526,4
8	549,8	551,4	538,0
9	569,9	569,1	550,3
10	590,4	588,4	564,3
11	610,3	609,4	582,1
12	629,2	631,7	608,3
13	647,1	654,9	647,6
14	664,4	678,6	691,5
15	681,7	702,2	726,3
16	699,8	724,7	747,5
17	718,7	744,6	760,9
18	737,5	760,9	770,3
19	754,9	773,6	777,6
20	769,9	783,3	783,8
21	782,6	791,1	789,8
22	793,5	797,9	795,8
23	803,2	804,3	801,9
24	812,4	810,6	807,9

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	85,1	90,9	92,9
2	95,8	98,5	101,2
3	106,8	107,2	110,6
4	117,9	117,5	121,2
5	129,3	129,1	133,2
6	141,7	141,9	146,9
7	155,6	155,7	162,3
8	170,8	170,6	178,7
9	187,4	187,5	194,5
10	205,6	206,8	208,9
11	225,6	227,9	222,5
12	247,3	249,7	237,8
13	269,1	271,3	257,8
14	289,1	293,0	286,8
15	306,2	315,6	324,9
16	321,2	339,2	364,2
17	336,3	363,2	395,1
18	353,0	386,1	415,3
19	370,9	406,0	427,9
20	388,9	421,4	435,8
21	405,7	432,3	441,2
22	420,8	440,0	446,1
23	434,5	446,2	451,5
24	447,1	451,9	457,8

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	90,3	94,6	96,9
2	101,3	102,7	105,8
3	112,3	112,1	115,7
4	123,5	123,1	127,0
5	135,4	135,4	139,8
6	148,5	148,7	154,4
7	163,0	163,0	170,5
8	178,9	178,8	186,8
9	196,3	196,9	201,9
10	215,4	217,2	215,7
11	236,3	238,8	229,8
12	258,3	260,5	246,9
13	279,5	282,1	271,0
14	298,0	304,2	305,1
15	313,8	327,3	345,1
16	328,7	351,2	381,0
17	344,4	374,9	406,4
18	361,8	396,5	422,4
19	380,0	414,3	432,3
20	397,5	427,3	438,7
21	413,5	436,4	443,6
22	427,8	443,2	448,7
23	440,9	449,1	454,6
24	453,2	454,8	461,1

**Вариант 19**

**Вариант 20**

**Вариант 21**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	82,0	90,2	89,5
2	93,6	100,1	102,2
3	105,5	110,8	114,6
4	117,7	122,6	127,5
5	130,5	135,4	142,0
6	144,7	149,4	158,1
7	160,9	165,0	174,6
8	179,0	182,7	189,2
9	198,6	202,7	200,4
10	219,7	224,6	210,3
11	242,8	247,6	224,7
12	266,7	271,2	250,5
13	288,6	296,0	291,2
14	307,5	322,9	338,7
15	325,3	350,9	380,1
16	344,2	377,8	409,6
17	364,3	401,2	429,5
18	384,5	419,5	442,6
19	403,3	432,8	451,0
20	420,2	442,7	456,8
21	435,3	451,3	461,8
22	449,1	459,7	466,8

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	87,7	95,1	95,9
2	99,5	105,3	108,4
3	111,5	116,5	120,9
4	124,0	128,8	134,5
5	137,4	142,2	149,9
6	152,6	156,9	166,5
7	169,8	173,6	182,3
8	188,6	192,5	195,2
9	208,9	213,5	205,2
10	231,0	236,0	216,5
11	254,8	259,3	235,7
12	278,0	283,4	269,3
13	298,3	309,2	314,9
14	316,4	336,9	360,8
15	334,5	364,6	396,2
16	354,2	390,1	420,5
17	374,5	411,0	436,8
18	394,1	426,7	447,2
19	412,0	438,0	454,1
20	428,0	447,1	459,4
21	442,3	455,5	464,3
22	455,9	463,9	469,3

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	64,9	94,3	102,7
2	79,7	102,0	111,1
3	94,4	110,4	121,1
4	108,6	120,2	133,0
5	122,9	131,7	147,3
6	137,6	144,9	163,8
7	153,7	159,5	181,3
8	171,9	175,7	196,9
9	192,6	193,9	208,1
10	215,1	214,6	215,2
11	238,4	237,5	222,3
12	261,2	261,0	236,3
13	282,2	284,1	264,5
14	300,2	307,7	309,1
15	315,5	332,3	359,0
16	330,6	357,7	399,0
17	348,2	383,0	424,1
18	368,1	406,2	438,8
19	388,7	424,9	447,5
20	408,7	438,1	453,8
21	427,3	447,9	459,7
22	444,3	456,5	465,9

**Вариант 22**

**Вариант 23**

**Вариант 24**

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	106,6	113,6	110,9
2	117,8	124,1	124,3
3	129,6	135,1	137,1
4	142,7	147,4	148,2
5	157,5	161,5	156,5
6	174,1	177,4	161,6
7	192,3	195,1	166,9
8	211,9	214,5	178,0
9	232,9	235,8	198,6
10	254,8	258,7	227,3
11	276,3	282,7	260,4
12	295,5	307,3	296,2
13	312,1	332,7	331,9
14	327,3	358,3	362,3
15	343,8	382,0	384,2
16	362,9	401,0	398,8
17	383,4	414,7	409,3
18	402,2	423,7	418,2
19	417,2	429,9	426,7
20	428,7	435,3	435,0
21	437,8	441,4	443,0
22	445,8	448,8	451,0
23	453,3	457,4	459,3

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	96,8	93,9	98,8
2	104,0	101,6	108,0
3	111,8	110,1	118,4
4	120,6	120,0	129,9
5	130,6	131,7	142,5
6	142,2	144,9	155,9
7	155,8	159,4	170,0
8	171,9	175,1	184,1
9	190,1	192,5	197,1
10	209,9	212,0	208,9
11	231,0	233,4	221,8
12	253,1	255,7	240,3
13	274,7	278,8	269,5
14	294,3	303,3	309,8
15	311,8	329,3	351,8
16	329,0	355,7	385,3
17	347,1	379,8	407,7
18	366,0	399,1	421,7
19	384,8	412,7	430,0
20	402,1	421,6	435,3
21	416,8	428,1	439,6
22	428,9	434,0	444,1
23	438,9	440,2	449,1

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	57,5	90,5	98,6
2	72,3	98,1	106,8
3	87,1	106,1	115,9
4	101,5	115,1	126,8
5	115,7	125,7	139,8
6	130,1	138,1	155,3
7	145,4	152,0	172,6
8	162,5	167,4	189,5
9	181,9	184,5	203,1
10	203,7	203,9	212,0
11	226,7	225,8	218,4
12	249,9	249,2	228,0
13	272,0	272,6	248,2
14	291,6	295,8	285,2
15	308,0	319,9	334,4
16	322,9	345,0	380,9
17	339,1	370,5	413,2
18	358,0	395,0	432,4
19	378,5	416,2	443,6
20	398,8	432,1	450,9
21	418,1	443,3	456,7
22	436,0	452,3	462,7
23	452,4	460,8	469,1

Большой оборот вперед на перекладине

**Вариант 1**

**Вариант 2**

**Вариант 3**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	469,7	457,0	455,0
2	478,6	468,2	466,4
3	489,5	479,5	477,6
4	502,5	491,7	488,9
5	517,5	505,0	500,7
6	534,1	519,6	514,1
7	551,5	536,4	530,6
8	569,1	555,5	552,3
9	586,7	576,5	580,8
10	604,6	598,9	613,7
11	623,9	622,6	643,3
12	645,8	646,6	662,1
13	670,6	669,1	670,0
14	696,4	688,3	672,8
15	721,6	703,5	677,6
16	745,3	715,4	688,3
17	766,3	726,2	704,6
18	783,1	738,0	723,5
19	795,8	751,4	742,1
20	805,2	765,9	759,2
21	812,1	780,4	774,7
22	817,6	794,1	789,1

Вариант 4

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	449,8	399,8	388,2
2	462,1	417,0	410,8
3	471,1	436,0	431,7
4	478,6	454,5	450,8
5	485,8	471,5	468,4
6	494,5	487,4	484,8
7	506,5	503,0	500,1
8	522,5	518,5	514,4
9	540,9	534,3	529,5
10	559,7	551,4	548,1
11	578,4	570,9	573,0
12	597,8	593,0	604,0
13	618,4	617,0	635,9
14	640,4	641,9	660,6
15	664,7	666,0	672,6
16	691,3	688,0	674,3
17	719,0	707,2	675,0
18	746,7	723,6	682,9
19	773,1	737,7	700,3
20	795,2	751,7	724,5
21	811,2	768,4	752,0
22	821,7	788,3	780,0

Вариант 5

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	456,4	408,1	399,7
2	466,9	426,4	421,5
3	475,0	445,4	441,5
4	482,1	463,2	459,8
5	489,9	479,5	476,8
6	500,0	495,2	492,6
7	514,0	510,7	507,3
8	531,5	526,3	521,7
9	550,3	542,6	538,1
10	569,0	560,8	559,7
11	588,0	581,7	588,0
12	608,0	604,8	620,3
13	629,1	629,4	649,7
14	652,2	654,2	668,3
15	677,8	677,3	674,2
16	705,1	698,0	674,2
17	732,9	715,8	677,8
18	760,3	730,8	690,5
19	784,9	744,6	711,8
20	804,0	759,6	738,1
21	817,0	778,0	766,0
22	825,7	798,8	793,7

Вариант 6

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	461,9	457,5	452,5
2	467,5	463,7	460,9
3	474,7	470,8	470,2
4	483,6	478,9	480,4
5	494,4	488,1	491,1
6	507,0	498,8	501,5
7	521,2	511,2	512,0
8	537,2	525,2	523,5
9	555,5	540,1	537,7
10	576,0	555,3	556,5
11	597,2	571,4	581,2
12	617,0	589,8	608,9
13	635,1	611,9	633,9
14	653,0	636,9	652,1
15	672,7	661,1	664,1
16	694,8	681,4	673,0
17	717,9	697,4	681,8
18	739,7	710,6	692,5
19	758,3	722,5	705,8
20	773,1	734,1	721,4
21	784,5	745,7	737,8
22	793,1	757,1	753,5
23	799,4	768,0	767,4
24	804,2	778,2	779,5
25	808,0	787,6	789,9
26	811,2	796,5	799,1

Вариант 7

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	91,4	59,4	53,0
2	96,0	72,1	67,0
3	100,8	83,8	80,5
4	106,7	94,7	93,4
5	114,3	105,1	105,7
6	123,9	115,8	117,3
7	135,4	127,5	128,6
8	148,8	140,5	140,0
9	164,1	154,6	152,1
10	180,9	170,1	166,0
11	198,7	187,3	183,6
12	216,8	206,5	207,2
13	235,5	227,4	237,6
14	255,4	250,1	269,3
15	277,0	274,3	293,8
16	300,3	298,6	307,0
17	324,8	320,3	312,2
18	349,8	337,2	315,9
19	374,6	349,6	323,9
20	397,4	359,9	338,0
21	416,0	370,9	356,1
22	430,0	383,8	375,2
23	440,2	398,3	393,2
24	447,8	412,9	409,6
25	453,9	426,6	424,1
26	459,6	439,4	437,1

Вариант 8

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	89,1	52,9	45,8
2	93,7	65,8	60,1
3	98,3	78,1	73,9
4	103,6	89,4	87,0
5	110,3	99,9	99,6
6	118,8	110,4	111,6
7	129,4	121,5	123,0
8	141,9	133,9	134,2
9	156,2	147,4	145,9
10	172,3	162,2	158,7
11	189,7	178,4	174,2
12	207,7	196,6	194,5
13	226,1	216,7	221,8
14	245,2	238,5	253,8
15	265,9	262,1	282,9
16	288,5	286,6	301,8
17	312,5	310,0	310,2
18	337,3	329,4	313,8
19	362,3	343,8	319,2
20	386,4	354,8	330,3
21	407,3	365,2	346,7
22	423,6	377,1	365,7
23	435,5	390,9	384,4
24	444,3	405,6	401,6
25	451,0	419,9	417,0
26	456,7	433,1	430,7

Вариант 9

№ кад	Обобщенные координаты		
-------	--------------------------	--	--

№ кад	Обобщенные координаты		
-------	--------------------------	--	--

№ кад	Обобщенные координаты		
-------	--------------------------	--	--

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	100,4	87,3	81,5
2	107,4	97,9	94,1
3	115,7	108,6	106,0
4	125,9	119,5	117,6
5	138,1	130,9	129,5
6	152,1	143,8	142,1
7	167,5	158,6	155,9
8	184,2	175,2	171,9
9	202,1	193,5	192,3
10	220,8	213,4	217,9
11	240,1	235,1	246,8
12	260,2	258,4	274,2
13	281,8	282,6	294,4
14	305,5	306,2	304,8
15	331,4	327,3	307,8
16	357,9	344,2	310,2
17	382,4	357,6	317,6
18	403,5	369,8	331,2
19	420,4	382,3	349,0
20	432,7	396,1	368,4
21	441,6	410,4	388,0
22	448,6	423,7	407,4
23	455,0	435,5	425,8
24	461,0	446,4	442,3

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	97,2	82,0	75,1
2	103,8	92,6	87,8
3	111,3	103,3	100,1
4	120,6	114,0	111,8
5	131,8	125,1	123,5
6	144,9	137,2	135,7
7	159,6	150,9	148,8
8	175,7	166,7	163,5
9	193,0	184,1	181,5
10	211,4	203,3	204,5
11	230,4	224,0	232,2
12	250,1	246,6	261,0
13	270,8	270,4	285,4
14	293,3	294,6	300,8
15	318,3	317,2	306,9
16	344,8	336,2	308,7
17	370,5	351,2	313,1
18	393,5	363,7	323,7
19	412,5	375,9	339,8
20	427,1	389,1	358,6
21	437,5	403,2	378,2
22	445,2	417,3	397,8
23	451,9	429,8	416,8
24	458,1	441,0	434,3

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	90,2	58,2	44,5
2	95,2	71,0	60,9
3	100,8	83,6	76,9
4	107,8	95,9	91,9
5	116,3	107,7	105,5
6	126,3	119,4	118,3
7	138,1	131,7	131,0
8	152,0	145,4	143,8
9	167,8	160,7	157,7
10	185,3	177,5	174,0
11	204,4	195,7	194,7
12	224,9	215,8	221,5
13	246,3	238,1	251,4
14	268,3	262,7	277,0
15	291,4	287,8	293,1
16	316,7	311,1	301,3
17	344,1	331,0	306,8
18	371,5	347,8	314,2
19	395,8	362,5	325,9
20	414,8	376,1	341,4
21	428,7	389,7	359,5
22	438,5	403,5	378,8
23	445,4	417,5	398,5
24	450,5	431,1	417,5

**Вариант 10**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	92,5	82,9	84,6
2	96,4	88,7	91,9
3	100,9	94,7	98,9
4	106,5	101,0	105,3
5	113,2	107,8	111,8
6	121,4	115,5	118,8
7	131,4	124,1	126,7
8	143,4	134,0	135,6
9	157,3	145,4	145,5
10	172,6	158,4	156,7
11	188,6	173,6	170,0
12	204,8	190,8	187,0
13	221,6	209,9	209,4
14	239,1	230,7	236,4
15	258,1	252,7	263,0
16	278,6	275,1	283,8
17	300,7	296,4	297,8
18	324,1	315,4	307,4
19	348,0	331,4	315,9
20	371,1	345,0	325,8
21	391,8	357,1	338,3
22	408,9	369,0	353,4
23	422,2	381,8	369,3
24	432,2	396,2	384,0
25	439,4	411,4	396,7
26	444,7	425,5	407,9
27	448,8	436,4	418,6
28	452,2	444,0	429,1
29	455,6	449,5	439,2

**Вариант 11**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	459,6	454,7	448,2
2	464,6	460,5	456,7
3	470,9	467,1	465,4
4	478,9	474,7	475,2
5	488,8	483,3	485,7
6	500,5	493,3	496,3
7	513,9	504,8	506,7
8	529,0	518,1	517,5
9	546,0	532,5	530,2
10	565,5	547,7	546,4
11	586,7	563,2	568,2
12	607,4	580,2	595,0
13	626,2	600,4	622,1
14	644,0	624,2	643,9
15	662,6	649,3	658,7
16	683,5	671,8	668,7
17	706,4	689,9	677,3
18	729,1	704,2	686,8
19	749,4	716,6	698,8
20	766,2	728,3	713,4
21	779,2	739,9	729,6
22	789,1	751,5	745,8
23	796,5	762,7	760,7
24	802,0	773,2	773,7
25	806,2	783,0	784,8
26	809,6	792,1	794,6
27	812,6	800,7	803,4
28	815,4	808,8	811,6
29	818,1	816,7	819,6

**Вариант 12**

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	90,6	80,0	80,8
2	94,4	85,8	88,3
3	98,6	91,7	95,5
4	103,6	97,8	102,1
5	109,7	104,3	108,5
6	117,1	111,5	115,2
7	126,2	119,7	122,7
8	137,2	128,9	131,1
9	150,2	139,5	140,4
10	164,8	151,7	150,9
11	180,5	165,7	163,0
12	196,7	181,9	178,0
13	213,1	200,1	197,5
14	230,2	220,2	222,6
15	248,4	241,6	250,2
16	268,1	263,9	274,3
17	289,4	286,0	291,5
18	312,2	306,3	302,9
19	336,0	323,8	311,6
20	359,8	338,5	320,5
21	381,9	351,2	331,7
22	400,8	363,0	345,6
23	416,0	375,3	361,4
24	427,6	388,8	376,9
25	436,1	403,8	390,6
26	442,3	418,7	402,4
27	446,9	431,4	413,2
28	450,5	440,6	423,9
29	453,9	446,9	434,3

**Вариант 13**

№ кад	Обобщенные координаты
-------	-----------------------

**Вариант 14**

№ кад	Обобщенные координаты
-------	-----------------------

**Вариант 15**

№ кад	Обобщенные Координаты
-------	-----------------------

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	466,0	451,3	449,1
2	473,9	462,6	460,7
3	483,8	473,8	472,0
4	495,7	485,5	483,2
5	509,7	498,2	494,6
6	525,6	512,1	507,1
7	542,7	527,7	521,9
8	560,3	545,7	540,7
9	577,9	565,8	565,7
10	595,5	587,5	597,1
11	614,0	610,6	629,5
12	634,4	634,7	654,3
13	658,0	658,2	667,1
14	683,5	679,2	671,5
15	709,1	696,4	674,6
16	733,7	709,7	682,1
17	756,2	720,8	695,9
18	775,2	731,9	714,0
19	789,9	744,5	733,0
20	800,8	758,6	750,9
21	808,9	773,2	767,1
22	814,9	787,4	782,0
23	820,1	800,6	795,9
24	825,1	812,8	809,2
25	830,2	824,3	822,3

Вариант 16

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	96,0	72,1	67,0
2	100,8	83,8	80,5
3	106,7	94,7	93,4
4	114,3	105,1	105,7
5	123,9	115,8	117,3
6	135,4	127,5	128,6
7	148,8	140,5	140,0
8	164,1	154,6	152,1
9	180,9	170,1	166,0
10	198,7	187,3	183,6
11	216,8	206,5	207,2
12	235,5	227,4	237,6
13	255,4	250,1	269,3
14	277,0	274,3	293,8
15	300,3	298,6	307,0
16	324,8	320,3	312,2
17	349,8	337,2	315,9
18	374,6	349,6	323,9
19	397,4	359,9	338,0
20	416,0	370,9	356,1
21	430,0	383,8	375,2
22	440,2	398,3	393,2
23	447,8	412,9	409,6
24	453,9	426,6	424,1
25	459,6	439,4	437,1

Вариант 17

ра	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	93,7	65,8	60,1
2	98,3	78,1	73,9
3	103,6	89,4	87,0
4	110,3	99,9	99,6
5	118,8	110,4	111,6
6	129,4	121,5	123,0
7	141,9	133,9	134,2
8	156,2	147,4	145,9
9	172,3	162,2	158,7
10	189,7	178,4	174,2
11	207,7	196,6	194,5
12	226,1	216,7	221,8
13	245,2	238,5	253,8
14	265,9	262,1	282,9
15	288,5	286,6	301,8
16	312,5	310,0	310,2
17	337,3	329,4	313,8
18	362,3	343,8	319,2
19	386,4	354,8	330,3
20	407,3	365,2	346,7
21	423,6	377,1	365,7
22	435,5	390,9	384,4
23	444,3	405,6	401,6
24	451,0	419,9	417,0
25	456,7	433,1	430,7

Вариант 18

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	93,7	82,9	79,0
2	98,7	90,3	88,8
3	104,0	98,0	98,4
4	110,1	106,1	107,9
5	117,4	114,9	117,4
6	126,4	124,6	127,1
7	137,2	135,4	137,3
8	150,2	147,6	148,5
9	165,0	161,3	161,2
10	181,5	176,9	176,2
11	199,0	194,2	193,8
12	216,6	213,4	214,4
13	234,7	234,4	237,7
14	255,4	257,0	261,5
15	280,2	280,4	282,3
16	306,7	303,2	297,6
17	331,9	323,4	307,7
18	356,7	339,3	315,4
19	381,2	351,4	324,1
20	402,0	361,9	335,8
21	416,5	373,0	350,6
22	426,2	385,4	367,1
23	433,4	398,3	383,5
24	439,0	410,6	398,9
25	443,2	421,5	413,2
26	446,5	431,0	426,3
27	449,4	439,3	438,1
28	452,4	446,6	448,8

Вариант 19

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	93,2	63,6	61,6
2	97,2	75,0	72,5
3	101,6	86,0	83,5
4	106,9	96,4	94,6
5	113,5	106,2	105,7
6	121,7	116,5	116,7
7	131,6	128,1	127,6
8	143,7	141,1	139,1
9	158,2	155,6	151,7
10	175,0	171,2	166,3
11	194,0	188,4	183,9
12	214,3	207,4	205,7
13	235,1	228,7	231,8
14	256,4	251,8	258,4
15	278,8	275,6	279,4
16	302,8	298,6	292,6
17	328,4	319,4	301,0
18	354,5	337,5	309,0
19	379,2	352,9	319,2
20	400,4	365,8	332,2
21	417,2	377,0	347,1
22	429,8	387,2	362,8
23	439,2	397,2	378,7
24	446,4	407,5	394,3
25	452,0	418,0	408,6
26	456,5	428,6	421,2
27	460,8	439,0	432,3
28	465,3	449,1	442,9

Вариант 20

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	95,2	69,3	67,1
2	99,3	80,6	78,0
3	104,1	91,3	89,0
4	110,0	101,3	100,1
5	117,4	111,3	111,2
6	126,4	122,1	122,2
7	137,3	134,4	133,2
8	150,6	148,2	145,2
9	166,3	163,2	158,7
10	184,3	179,6	174,6
11	204,0	197,6	194,2
12	224,7	217,8	218,3
13	245,7	240,1	245,4
14	267,4	263,7	269,9
15	290,6	287,3	286,9
16	315,5	309,3	297,2
17	341,5	328,9	304,8
18	367,1	345,5	313,7
19	390,3	359,6	325,4
20	409,4	371,6	339,5
21	423,9	382,2	354,9
22	434,8	392,2	370,8
23	443,1	402,3	386,6
24	449,4	412,7	401,7
25	454,3	423,3	415,1
26	458,7	433,8	426,8
27	463,0	444,1	437,6
28	467,6	453,9	448,2

Вариант 21



№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	92,7	64,6	52,7
2	97,8	77,3	68,9
3	104,1	89,8	84,6
4	111,9	101,9	98,8
5	121,1	113,5	112,0
6	131,9	125,4	124,6
7	144,7	138,3	137,3
8	159,7	152,8	150,6
9	176,3	168,9	165,4
10	194,6	186,4	183,6
11	214,5	205,5	207,4
12	235,5	226,6	236,5
13	257,2	250,2	265,2
14	279,6	275,4	286,3
15	303,8	299,8	297,9
16	330,3	321,5	304,0
17	358,0	339,8	310,0
18	384,2	355,4	319,5
19	406,0	369,4	333,3
20	422,4	382,9	350,2
21	434,1	396,5	369,0
22	442,2	410,5	388,7
23	448,1	424,4	408,1
24	452,7	437,7	426,5
25	457,1	450,3	443,1

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	90,2	61,7	48,0
2	93,8	77,1	64,6
3	98,2	91,8	80,5
4	105,0	104,9	94,5
5	115,1	116,4	106,5
6	128,3	127,2	117,5
7	143,8	138,4	128,8
8	160,3	151,2	141,3
9	177,3	166,1	156,9
10	194,7	183,4	177,1
11	212,5	202,8	203,8
12	230,5	224,2	236,7
13	248,7	247,1	270,3
14	268,4	271,1	294,8
15	291,6	295,1	303,8
16	318,2	316,8	301,5
17	346,0	334,7	298,3
18	372,4	348,9	303,4
19	396,3	360,9	318,7
20	416,1	372,8	340,6
21	430,4	386,9	364,3
22	439,5	403,4	386,5
23	445,2	420,6	406,9
24	449,5	436,7	425,4
25	453,7	451,5	441,8

№ кад ра	Обобщенные координаты		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	92,0	69,4	56,3
2	95,8	84,6	72,7
3	101,2	98,6	87,8
4	109,6	110,8	100,7
5	121,4	121,8	112,1
6	135,9	132,7	123,1
7	151,9	144,5	134,8
8	168,8	158,4	148,6
9	186,0	174,5	166,3
10	203,6	192,9	189,6
11	221,5	213,3	219,6
12	239,5	235,5	254,1
13	258,3	259,0	284,3
14	279,5	283,2	301,2
15	304,5	306,4	303,5
16	332,1	326,3	299,3
17	359,4	342,2	299,5
18	384,7	355,1	309,9
19	406,8	366,7	329,2
20	423,9	379,4	352,5
21	435,5	394,9	375,7
22	442,6	412,1	396,9
23	447,4	428,8	416,4
24	451,5	444,3	433,9
25	456,1	458,5	449,2

**Вариант 22**

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	96,2	86,6	83,9
2	101,3	94,1	93,6
3	107,0	102,0	103,2
4	113,6	110,4	112,6
5	121,7	119,6	122,2
6	131,5	129,9	132,1
7	143,4	141,3	142,8
8	157,4	154,2	154,7
9	173,1	168,9	168,4
10	190,2	185,3	184,6
11	207,8	203,6	203,7
12	225,5	223,7	225,8
13	244,5	245,6	249,7
14	267,4	268,7	272,5
15	293,5	292,0	290,7
16	319,5	313,8	303,1
17	344,2	331,9	311,6
18	369,1	345,7	319,4
19	392,3	356,7	329,5
20	410,0	367,3	342,9
21	421,8	379,0	358,8
22	430,1	391,8	375,4
23	436,4	404,6	391,3
24	441,2	416,2	406,2
25	444,9	426,5	419,9
26	448,0	435,3	432,3
27	450,9	443,1	443,6

**Вариант 23**

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	90,8	89,3	82,3
2	95,8	97,6	91,9
3	102,1	105,3	100,5
4	109,9	112,9	108,6
5	119,4	121,1	116,6
6	131,1	130,0	124,8
7	144,9	139,8	133,6
8	160,3	151,1	143,6
9	176,5	164,6	155,9
10	193,2	180,5	172,2
11	210,0	198,5	194,0
12	226,8	218,1	221,6
13	244,3	239,0	252,0
14	263,4	261,1	278,5
15	284,6	284,0	295,6
16	307,5	306,5	302,9
17	331,4	326,8	304,8
18	355,7	343,4	306,9
19	379,4	356,4	313,6
20	400,7	367,0	326,5
21	417,4	377,3	344,4
22	429,2	388,8	364,5
23	436,7	401,7	384,2
24	441,4	415,0	402,2
25	444,6	427,4	417,9
26	447,4	438,4	431,4
27	450,7	447,9	443,5

**Вариант 24**

№ кад ра	Обобщенные		
	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
1	93,2	93,5	87,3
2	98,8	101,5	96,3
3	105,8	109,1	104,6
4	114,4	116,9	112,6
5	125,0	125,5	120,6
6	137,7	134,7	129,1
7	152,4	145,2	138,4
8	168,3	157,6	149,3
9	184,8	172,3	163,5
10	201,6	189,3	182,3
11	218,4	208,1	207,1
12	235,5	228,4	236,8
13	253,6	249,9	266,2
14	273,7	272,5	288,4
15	295,8	295,5	300,2
16	319,3	317,0	304,1
17	343,5	335,6	305,5
18	367,7	350,3	309,5
19	390,5	361,8	319,3
20	409,7	372,1	335,0
21	423,9	382,8	354,3
22	433,4	395,1	374,5
23	439,3	408,4	393,5
24	443,1	421,3	410,3
25	446,0	433,1	424,9
26	449,0	443,3	437,5
27	452,6	452,2	449,3

