

Державний заклад «ПІВДЕННОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. К.Д. УШИНСЬКОГО»

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ФІЗИЧНОЇ КУЛЬТУРИ,
СПОРТУ та РЕАБІЛІТАЦІЇ

Кафедра спортивних ігор і менеджменту фізичної культури

Лілія ПРОКОФ'ЄВА

Біомеханічний аналіз фізичних вправ

методичні рекомендації

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності

017 Фізична культура і спорт

Одеса
2024

УДК: 378.013+371.320.81+571.43
ББК:74.58+74.26+28.91

Рекомендовано до друку рішенням ученої ради **Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет ім. К.Д. Ушинського»** (протокол № 1 від _____ 2024р.)

Методичні рекомендації «Біомеханічний аналіз фізичних вправ» до проведення практичних занять та організації самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 017 Фізична культура і спорт

Укладач:

Прокоф'єва Лілія Анатоліївна – кандидат педагогічних наук, старший викладач кафедри спортивних ігор і менеджменту фізичної культури

Рецензенти:

Панасюк Ірина В'ячеславівна – кандидат педагогічних наук, доцент, керівник фізичного виховання, спеціаліст вищої категорії, Одеського торговельно-економічного фахового коледжу.

Холодов Сергій Анатолійович – педагогічних наук, доцент, приват-професор кафедри фізичної реабілітації, біології і охорони здоров'я.

Біомеханічний аналіз фізичних вправ. Одеса, 2024. 35с.
(Методичні рекомендації).

Методичні рекомендації містить інформацію для здобувачів освіти за спеціальністю 017 Фізична культура і спорт, яка знайомить із особливостями біомеханічного аналізу, вчить здійснювати аналіз техніки і тактики рухових дій, розкрито біомеханічні відомості про руховий апарат людини, механіку м'язового скорочення, кінематику і динаміку фізичних вправ, створює уявлення про засоби моделювання і оптимізації рухової діяльності.

Вступ

Методичні рекомендації «Біомеханічний аналіз фізичних вправ» складено згідно стандартів МОН України та спрямовані на реалізацію системи підготовки здобувачів вищої освіти за першим (бакалаврським) рівнем зі спеціальності 017 Середня освіта (Фізична культура і спорт).

Як навчальна дисципліна «Біомеханічний аналіз фізичних вправ» є профільуючим предметом спеціального призначення, навчання якому забезпечує широку теоретичну та практичну підготовку студентів Інституту фізичної культури та реабілітації до професійної діяльності в галузі «Фізична культура і спорт». Знаючи основи біомеханіки, студенти навчаються аналізувати техніку та тактику рухів, отримують уявлення про засоби моделювання і оптимізацію рухів, отримують навчальні навички практичного використання біомеханічних методів дослідження та контролю фізичних вправ. Адже основними завданнями біомеханіки є: вивчення об'єктивних закономірностей і вдосконалення рухової функції людини; оптимізація рухової діяльності людини на основі вимірювання та контролю її кількісних характеристик та розробки критеріїв ефективного управління станом її рухової функції.

Усвідомлення складності рухової діяльності, оволодіння основами системного підходу до аналізу складних явищ, ознайомлення з теоретичними концепціями сучасної біомеханіки, освоєння способів кількісного опису біомеханічних систем – все це формує специфічний стиль мислення, необхідний для доцільного та ефективного побудування занять з фізичною культурою та є основою спортивної підготовки спортсменів. Засвоєння знань з предмету сприяє розвитку у здобувачів світогляду, вмінню аналізувати та мислити, формуванню спеціальної системи знань та вмінь.

У методичних рекомендаціях врахована потреба у розміреному розумінні об'єкту пізнання біомеханіки шляхом включення до нього поряд з руховими діями також і рухову діяльність людини. Практично це означає, що здобувачі отримують необхідні відомості про основи біомеханічного аналізу як технічної, так і техніко-тактичної майстерності спортсменів.

У програмний матеріал входять теми присвячені предмету, задачам та змісту біомеханіки, біомеханічному опису рухового апарату людини, основам функціонального та системно-структурного підходу до аналізу складних систем, які використовуються у біомеханіці, методам дослідження біомеханіки рухових якостей та віковим особливостям рухової діяльності.

Методичні рекомендації розкривають основні теоретичні питання біомеханіки фізичних вправ та спорту, а також новий матеріал передового сучасного наукового досвіду, не викладений в навчальних посібниках. Самостійна робота студентів включає працю над навчальними посібниками та спеціальною додатковою літературою, навчально-дослідницьку роботу з методики обраного виду фізичних вправ. Знання з біомеханіки належить

використовувати на заняттях зі спортивної спеціалізації та в період педагогічної практики.

Методичні рекомендації «Біомеханічний аналіз фізичних вправ» до проведення практичних занять та організації самостійної роботи допомагають здобувачам оволодіти матеріалом теоретичної частини яка викладається на лекціях, запропоновано практичні завдання, питання для виконання самостійної роботи, ІНДЗ та контролю, які спрямовані на закріплення теоретичних положень біомеханіки і формування передбачених програмою умінь і навичок.

Практична робота № 1

Тема: Вивчення методів реєстрації рухів.

Мета роботи: ознайомитись з методами реєстрації рухів, вивчити вимоги до організації відеозйомки.

Матеріали та обладнання: кінокамера або відеокамера.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Біомеханіка – як наука, мета і завдання.
2. Охарактеризуйте основні розділи біомеханіки.
3. Проаналізувати поняття «рух», «рухова дія», «рухова діяльність».

Теоретичні відомості: Рух тіла вважають вивченим лише тоді, коли відомий спосіб визначення положення цього тіла у будь-який момент досліджуваного проміжку часу. З цією метою рух тіла реєструють. При проведенні біомеханічних досліджень використовують різні методи реєстрації рухів і положень тіла. Серед них особливе місце займають оптичні та електричні методи, які часто застосовуються у комплексі, доповнюючи один одного.

Фотографічний метод – один із найстаріших оптичних методів. Він використовується для оцінки статичних положень тіла людини, але може використовуватись і для дослідження окремих динамічних поз рухомого тіла.

Метод кінореєстрації досить тривалий час залишався основним методом дослідження рухів у спорті. Він забезпечував послідовну зйомку рухомих об'єктів на кіноплівку. Кіноплівка являється матеріалом для виготовлення кінограм (рис. 1.1). Кінограмами називають послідовні фотографічні зображення тіла спортсмена при виконанні фізичних вправ. Кінограму друкують із негативної кіноплівки, при цьому вибирають тільки ті кадри, які містять інформацію про фази руху, про найскладніші та найважливіші елементи фізичної вправи і т.п. Кінограми являються документом, за яким проводиться оцінка поз, визначаються координати

точок тіла спортсмена та виконується побудова біокінематичної схеми досліджуваної фізичної вправи.

На кінограмі всі відбитки положень і поз спортсмена повинні бути пронумеровані у відповідності з їх порядковим номером на кіноплівці. Крім того, на кінограмі обов'язково повинна бути вказана швидкість кінозйомки (частота кадрів). Таким чином, у біомеханічних дослідженнях кінокамера використовується як вимірювальний прилад, який дозволяє одночасно вимірювати не тільки просторові, але й часові характеристики руху.



Рис. 1.1. Стрибок Р. Ахметова (кінограма В. Папанова, частота – 32 кадри/с).

Достатньо висока точність визначення координат точок та вимірювання інтервалів часу (особливо при використанні швидкісних кінокамер) являються основними перевагами кінометоду. До недоліків цього методу слід віднести високу вартість кіноплівки та затримку у часі перегляду відзнятого матеріалу через необхідність фотохімічної обробки кіноплівки. Проблеми методу кінореєстрації, що обумовлені особливостями фотографічного процесу, можуть бути оперативно вирішені через запис та відтворенням рухів за допомогою відеотехніки. Проте суттєвою перешкодою для широкого

застосування методу відеореєстрації у біомеханічних дослідженнях до останнього часу була низька роздільна здатність відеосистем, що приводило до виникнення, так званих, локалізаційно-кінематичних спотворень і проявлялось у розмиванні зображення фігури спортсмена при швидких рухах. Це знижувало точність визначення координат, а також точність розрахованих значень швидкостей і прискорень точок тіла, тобто основних кінематичних характеристик руху. Інтенсивний розвиток відеотехніки та розробка апаратного й програмного комп'ютерного забезпечення дозволяють сьогодні проводити біомеханічні дослідження на якісно новому методичному рівні – рівні відеокомп'ютерного аналізу рухів із високою точністю реєстрації та швидкістю обробки даних.

1. За завданням викладача визначити об'єкт дослідження. Розробити сценарій відеозйомки.

2. Вибрати сцену зйомки, розрахувати можливі просторові переміщення спортсмена при виконанні ним фізичної вправи (на біговій доріжці, у секторах для стрибків чи метання, на ігровому майданчику і т.п.). Скласти схему розміщення відеоапаратури.

3. Згідно до інструкції підготувати до роботи відеокамеру. Підключити енергоживлення відеокамери від електричної мережі через адаптер змінного струму або від батареї.

4. Вставити в касетний відсік відеокасету. Відеокамеру закріпити на штативі.

5. Включити живлення відеокамери, перевести її у режим «Auto» для автоматичного вибору параметрів відеозапису.

6. Записати виконання спортсменом фізичної вправи.

7. Виконати перемотування відеоплівки на початок, переглянути якість запису.

Контрольні питання

1. Дати характеристику кінометоду реєстрації фізичних вправ.
2. Що таке *кінограма*, як і з якою метою її виготовляють?
3. Дати характеристику методу відео реєстрації фізичних вправ.
4. Розкрити переваги й недоліки окремих методів реєстрації рухів.

Підведення підсумків заняття.

Визначити досягнення і недоліки у роботі здобувачів, оцінити знання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Етапи розвитку біомеханіки.
2. Біомеханічні аспекти управління активністю м'язів.
3. Групова взаємодія м'язів.

Практична робота № 2

Тема : Основи біометрії. Геометрія мас тіла людини.

Мета : ознайомитись з особливостями рухового апарату людини.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Що називають «руховим апаратом людини».
2. З чого складаються «біокінематичні ланцюги», дати визначення, приклади.
3. Проаналізуйте топографію працюючих м'язів.
4. Охарактеризувати режими роботи м'язів.
5. Охарактеризувати механічні властивості кісток і суглобів.

Теоретичні відомості:

1. Біометрія як самостійний науковий напрям, що вивчає планування та обробку результатів комплексних експериментів та спостережень за біологічними об'єктами, сформувався наприкінці XIX ст. під впливом праць

англійського вченого Френсіса Ч. Гальтона (двоюридного брата Чарльза Дарвіна), який досягнув значних результатів у галузі кореляційного та регресійного аналізу. Згодом теорію кореляції розвивав Карл Пірсон, а основи методології сучасної біометрії було розроблено у дослідженнях англійського фахівця Р.А. Фішера, який показав, що планування експериментів і спостережень за живими системами та обробка їх результатів – це єдиний процес. Також він заклав основи планування експериментів, розробив методи дисперсійного аналізу.

Сьогодні біометрія – наука про закони (засоби) фізичного вимірювання живих об'єктів (людини) та про способи обробки результатів цього вимірювання.

Біометрію складають три основні частини: *теорія вимірювань, методи вимірювань, методи обробки вимірювань*.

У біомеханіці вимірюванню підлягають фізичні, біологічні, психологічні, педагогічні, соціальні показники які характеризують рухову діяльність людини. Для цього розроблені спеціальні методи та засоби вимірювань, результати яких можуть об'єктивно характеризувати ступінь підготовленості людини до розв'язання певних рухових завдань.

2. Геометрія мас тіла людини. **Геометрією мас** називається розподіл мас між ланками тіла та всередині них.

Найважливіші з них: маса, радіус інерції, момент інерції, координати центру мас.

Положення **загального центра мас (ЗЦМ) тіла** або **загального центра ваги тіла (ЗЦВТ)** визначається тим, де знаходяться центри мас окремих ланок. А це залежить від пози, тобто від того, як частини тіла розташовані один відносно одного в просторі.

Відстань від центру маси (ЦМ) до осі проксимального суглоба біоланки називають **радіусом центра маси (R_{цм})**.

На геометрію маси впливають індивідуальні особливості людини, насамперед, маса й довжина тіла.

Користуючись спеціальною літературою виконати завдання:



ступені свободи та особливості трибології суглобів.

2. Виділити методи дослідження геометрії мас тіла людини.

Підведення підсумків заняття.

Визначити досягнення і недоліки у роботі студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Шкали вимірювань, які використовуються у фізичному вихованні та спорті.
2. У чому полягає відмінність між біомеханічними характеристиками поступального й обертового рухів?
3. Показники за якими характеризується геометрія мас тіла.

Практична робота № 3

Тема : Біомеханіка рухового апарату людини.

Мета : закріпити теоретичні знання з теми «Біомеханіка рухового апарату людини», отримати навик виміру довжини біоланок, а також навику розрахунку положення окремих центрів мас.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Розкрийте сутність поняття «руховий апарат людини».
2. З яких основних елементів складається руховий апарат людини?
3. Що таке біокінематичні ланцюги?
4. Що таке геометрія мас тіла людини?

Алгоритм виконання.

1. Скласти таблицю довжин та мас біоланок.

2. Виміряти масу власного тіла.
3. Розрахувати маси біолонок і результати занести до таблиці.
4. Виявити характерні точки біолонок, які визначають їх довжину.
5. Виміряти довжини біолонок та занести їх у таблицю.
6. Розрахувати віддалення центрів мас біолонок і результат занести у таблицю.

Методичні вказівки щодо виконання. В ході роботи кожен із студентів використовує данні, які були отримані з вимірювання власних частин тіла. Вони будуть служити вихідними для практичних робіт № 4, № 6.

Розпізнавальними точками кінців біолонок є проекції осей суглобів на профільну площину. Вони проявляються при поверненні біолонок так, що поворот біоланки у фронтальній площині не призводить до зміни його положення.

Положення ЦМ біоланки відраховується від його проксимального кінця.

Вимірювання довжин тіла проводять з точністю до 0,005м, а вимірювання маси тіла з точністю до 0,10кг.

Табл..1

Назва біоланки	Відносна маса (%)	Маса (кг)	Довжина (м)	Положення ЦМ (%)	Віддаленість ЦМ (м)
Кисть	0.614			36.9	
Передпліччя	1.615			42.7	
Плече	2.707			44.9	
Рука	4.936			--	--
Стопа	1.371			44.15	
Гомілка	4.330			40.5	
Стегно	14.165			45.5	
Нога	19.866			--	--
Голова	6.94			49.98	
Тулуб	43.456			--	--

Тіло	100			--	--
------	-----	--	--	----	----

Підведення підсумків заняття.

Перевірити виконання роботи студентами. Оцінити знання студентів.
Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Додайте значення відносних мас. Чому сума цифр не співпадає з масою тіла, яка дорівнює 100% ?
2. Якими підходами користуються при оцінці маси окремих ланок та сегментів тіла людини?
3. Моделі м'язового скорочення. Умови ефективного використання енергії м'язового скорочення.

Практична робота № 4

Тема : Геометрія мас тіла людини

Мета : набути навик аналітичного розрахунку, по фотограммам і вимірам, загального центру ваги тіла (ЗЦВТ) та окремих біокінематичних ланцюгів.

Матеріали та обладнання: фотограма руху, лінійка, олівець, калькулятор, міліметровий папір.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Що називають біоланкою в моделі тіла людини, навести приклад.
2. Охарактеризувати кінематичні характеристики.
3. Що називають траєкторією точки.
4. Як визначити положення тіла, яке рухається в просторі, на площині.

Теоретичні відомості:

Закони механіки були виведені відносно твердого тіла, а ми застосовуємо їх до тіла людини з урахуванням особливостей будови, сполучень кісток та інших чинників. В циклі практичних робіт вивчаються сили, що впливають на тіло спортсмена, кінематичні характеристики рухів. Одна з зовнішніх сил – сила ваги, прикладена до загального центра ваги тіла (ЗЦВТ) і спрямована до центра Землі. При біомеханічному аналізі сил, що діють на тіло спортсмена в будь-яких положеннях, насамперед визначають розташування ЗЦВТ. Необхідно пам'ятати, що ЗЦВТ – нематеріальна точка. Вона змінює своє місце розташування в залежності від розташування частин тіла в просторі. Тому, перед тим, як визначати розташування загального центру ваги тіла, спочатку визначають розташування центрів ваги всіх ланок тіла.

Алгоритм виконання.

1. Проаналізувати позу спортсмена і визначити характер виконуваного руху.
2. Зобразити на міліметровому папері біомеханічну схему пози.
3. Нанести на схему положення часткових центрів мас.
4. Нанести на схему координати осей X та Z.
5. Підготувати таблицю по типу:

Назва біоланки	F_i (%%)	X_i (мм)	Z_i (мм)	$F_i \cdot X_i$	$F_i \cdot Z_i$
1	2	3	4	5	6

6. По даним практичної роботи заповнити колонку 2.
7. Виміряти координати центрів мас кожної біоланки і занести в таблицю.
8. Розрахувати значення $F_i \cdot X_i$ та $F_i \cdot Z_i$ і занести в таблицю.
9. По формулам (3.1) і (3.2) розрахувати $X_{\text{зцм}}$ та $Z_{\text{зцм}}$,
10. Проаналізувати отриманий результат.

$$X_{\text{зцм}} = \frac{\sum(F_i \cdot X_i)}{\sum F_i} \quad (3.1)$$

$$Z_{\text{зцм}} = \frac{\sum (F_i \cdot Z_i)}{\sum F_i} \quad (3.2)$$

Методичні вказівки щодо виконання. Вимірювання проводити з точністю до 0,5мм. Маючи на увазі що при зображенні деяких поз верхні та нижні кінцівки можуть проектуватись одне на інше, тобто часткові центри мас двох кистей, двох передпліч і т.д. можуть проектуватись в одну точку.

Підведення підсумків заняття.

Перевірити виконання роботи студентами. Оцінити знання студентів.
Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Додайте значення відносних мас. Чому сума цифр не співпадає з масою тіла, яка дорівнює 100% ?
2. Якими підходами користуються при оцінці маси окремих ланок та сегментів тіла людини?

Практична робота № 5

Тема : Біомеханіка рухового апарату людини.

Мета : навчитися визначати ЗЦВТ та окремих біокінематичних ланцюгів графічним методом у певний момент руху.

Матеріали та обладнання: фотограма руху, лінійка, олівець, калькулятор, міліметровий папір.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Механічні властивості кісток.
2. Ланки тіла, як важіль першого і другого роду; умови їх рівноваги.

Алгоритм виконання.

Орієнтуючись на розрахунки отримані у практичній роботі № 4.нанести на міліметровий папір данні ЦМ окремих біоланок (збільшуючи масштаб вдвічі).

Використовуючи правило додавання паралельних сил, спрямованих в одну сторону (якщо дві паралельні сили, спрямовані в одну сторону, мають загальне плече (L), то меншій силі відповідає більше плече, а більшій силі - менше плече), визначити розташування ЗЦВТ, дотримуючись наступної послідовності:

- 1) визначити ЦВ плеча і передпліччя;
- 2) визначити ЦВ усієї верхньої кінцівки;
- 3) і 4) виконати те ж саме для іншої верхньої кінцівки;
- 5) визначити ЦВ двох верхніх кінцівок;
- 6) визначити ЦВ стегна і гомілки;
- 7) визначити ЦВ усієї нижньої кінцівки;
- 8) і 9) виконати те ж саме для іншої нижньої кінцівки
- 10) визначити ЦВ двох нижніх кінцівок
- 11) визначити ЦВ двох верхніх і двох нижніх кінцівок
- 12) визначити ЦВ тулуби і голови
- 13) визначити точку ЗЦВТ

(Примітка: довжина тулуба – визначається від середини осі пліч до середини осі таза.)

Для розрахунків центрів ваги використовують формули:

або , де L - загальне плече між центрами ваги;

F - величина сил ваги ланок тіла l - відстань від точки прикладання сили ваги до центра ваги даної ланки або групи ланок

Примітка: При визначенні центрів ваги на схемі положення тіла за силу (F) приймають відносну вагу ланки у відсотках ($P, \%$) за даними 6 графі таблиці, а за загальне плече (L) – відстань між центрами ваги (ЦВ) цих ланок або їх рівнодіючими

Підведення підсумків заняття.

Перевірити виконання роботи студентами. Оцінити знання студентів.
Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Педагогічна спрямованість біомеханіки.
2. Ланки тіла, як маятники. Резонансні властивості тіла людини та його частин.
3. Моделі м'язового скорочення. Умови ефективного використання енергії м'язового скорочення.

Практична робота № 6

Тема : Кінематичні характеристики рухів тіла людини.

Мета : ознайомитись з основами аналізу рухів людини по кінематичним характеристикам (положення, швидкість, прискорення, траєкторія).

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Дати визначення «кінематичні характеристики рухів», перерахувати, навести приклади.
2. Що представляє собою система відрахунку відстані.
3. Що представляє собою система відрахунку часу.
4. До якої групи характеристик відносяться: швидкість, прискорення.

Виконання завдання.

1. Здійснити кінематичний аналіз особливостей ходи і бігових рухів.
2. Вирішити задачі:

А) М'яч, який утримують над землею на висоті 1,23м, випускають із рук. Він досягає землі через 0,5 с. Необхідно визначити:

- Яка середня швидкість м'яча (напрямок, величина та одиниці вимірювання) під час падіння?
- Яке середнє прискорення у м'яча під час падіння?

Б) По наведеним нижче даним положення – час для бігуна отриманим під час спринту на 50м. Відстань (м) -- 0 10 21 29 40
 Час (с) -- 0 3,1 4,3 5,5 6,6

Визначте для цього бігуна:

- Середню швидкість на 40-метровій дистанції;
- Прискорення на відстані 21м;
- Прискорення через 5,5с.

Підведення підсумків заняття.

Визначити позитивне та недоліки у роботі студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Які існують шкали вимірювання та їх особливості.
2. Скалярні та векторні величини.

Практична робота № 7

Тема: Кінематичні характеристики рухів тіла людини. Побудова біокінематичної схеми фізичної вправи і траєкторії ЦВ ланки та ЗЦВТ за кінограмою.

Мета: Навчитися визначати положення тіла спортсмена в просторі та пересування його в часі відносно певної системи відліку (побудова траєкторії руху).

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Чому кінематику називають геометрією руху.

Теоретичні відомості: Траєкторія – це геометричне місце послідовних положень точки, що рухається, відносно певної (заданої) системи відліку. Для більш глибокого вивчення техніки фізичної вправи необхідно вивчити траєкторії якомога більшої кількості точок руху тіла спортсмена. Вивчення траєкторії дозволяє робити висновки про форму і характер руху. Існує поняття відносності руху. Ми розглядаємо рухи тіл лише відносно нерухомих тіл – орієнтирів. В бігу для цього використовують лінії старту і фінішу, в стрибках у довжину, висоту – планку. В багатьох видах спорту вивчають кіно-фотозйомку, щоб поліпшити дрібні рухи, деталі виконання вправи і пересування тіла в просторі й часі. Для цього накреслюють біокінематичні схеми.

Алгоритм виконання.

1. Роздрукувати окремі фотограми виконання фізичної вправи через однакові часові інтервали. Підписати номер кадру на звороті фотограми.
2. На фотографіях визначити точки центра ваги (ЦВ) махової ноги та точки загального центру ваги тіла (ЗЦВТ).
3. Переглянути кінограму фізичної вправи та визначити на всіх кадрах загальні орієнтири (як мінімум – 2), по відношенню до яких відбувається пересування тіла спортсмена.
4. Нанести вибрані орієнтири на лист міліметрового паперу, з'єднати їх прямою лінією (провести лінію через увесь лист).
5. При співпаданні орієнтирів на кадрах кінограми з орієнтирами на листі паперу, одночасно перенести точки центрів ваги (ЦВ) ланок тіла та точки ЗЦВТ. Поруч з перенесеними точками проставити номер кадру кінограми.
6. З'єднати отримані точки відрізками. В результаті ми одержимо 2 траєкторії - траєкторію пересування ЗЦВТ (верхня траєкторія) і траєкторію пересування ЦВ махової ноги (нижня траєкторія)

Підведення підсумків заняття.

Визначити позитивне та недоліки у роботі студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Які є види реєстрації рухів?
2. Що таке біокінематичні схеми руху і для чого їх використовують?

Практична робота № 8

Тема : Кінематичні характеристики рухів тіла людини.

Мета : проаналізувати основні рухи людини за кінематичними характеристиками (положення, швидкість, прискорення, траєкторія) у обраному виді спорту.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Кінематика рухів людини.
2. Просторові характеристики: координати точки, тіла та його частин, переміщення, траєкторія.
3. Просторово-часові характеристики: швидкість та прискорення.
4. Часові характеристики: тривалість руху, лінійне та кутове переміщення, темп та ритм.

Виконання завдання.

1. Здійснити кінематичний аналіз особливостей основних рухів спортсмена у обраному виді спорту. Підготувати реферат (презентацію).
2. Тестовий контроль за темою:
 1. Які характеристики дозволяють виявити зовнішню картину руху?

2. Що називають мірою руху, уявним слідом руху точки?
3. Що є мірою повторності руху?
4. Що є мірою зміни руху, яка характеризує швидкість і напрям зміни швидкості точки у даний момент часу?
5. Що називають мірою положення точки, системи на початку у ході руху і наприкінці (мить)?
6. Що називають мірою зміни місцезнаходження точки у даний момент часу?
7. Що є мірою співвідношення частин руху?

Підведення підсумків заняття.

Визначити позитивне та недоліки у роботі студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Що таке біокінематичні схеми руху і для чого їх використовують?
2. Особливості обертальних рухів.

Практична робота № 9

Тема : Динамічні характеристики рухів тіла людини.

Мета : проаналізувати взаємозв'язок зовнішніх сил та їх вплив на спортсмена в момент виконання рухових дій.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Що таке сила ?
2. Дати визначення «динамічні характеристики руху», навести приклади.
3. Перерахувати всі зовнішні сили діючі на тіло спортсмена.

4. Що таке інерція, правила і приклади.
5. Перерахувати закони руху Ньютона, навести приклади.

Виконання завдання.

1. Задача. Опір середовища, який відчуває об'єкт, залежить від того, наскільки об'єкт втручається у середовище. Із рівняння ($F_f = kAv^2$) визначити, які дві змінні здійснюють суттєвий вплив на дане втручання.

2. Показати схематично зовнішні сили, що діють на тіло спортсмена у момент виконання певної рухової дії:

- відштовхування у стрибках в довжину з місця;
- удару по нерухомому м'ячу у футболі;
- нападаючого удару у волейболі;
- виконанні вправи вис кутом;
- ловлі набивного м'яча, стоячи на місці;
- відштовхування від гімнастичного містка у стрибках через коня;
- виконанні вправи «ковзання» у воді.

Підведення підсумків заняття.

Визначити позитивне та недоліки у роботі студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Вплив сили тертя на виконання рухових дій.
2. Управління стійкістю тіла. Види рівноваги.
3. Величина м'язової сили, від чого вона залежить.
4. Основні закони механіки: закон інерції, пропорційної залежності, дії та протидії, та їх реалізація у динаміці.
5. Кінетична енергія матеріальної точки.
6. Закони збереження енергії і руху матеріальної точки

Практична робота № 10

Тема: Динамічні характеристики рухів людини.

Мета: Придбання навичку аналітичного визначення сил тяги м'язів та оцінки м'язових зусиль у статиці на основі розрахунку моментів сил, які діють на біоланку.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор, міліметровий папір.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Як організована рухова дія, і як нею оволодіти?
2. Що впливає на величину лобового опору і як вона залежить від швидкості руху?
3. Що таке рекуперація енергії?
4. Охарактеризувати динамічні характеристики.
5. Закони збереження енергії і руху матеріальної точки.

Виконання завдання:

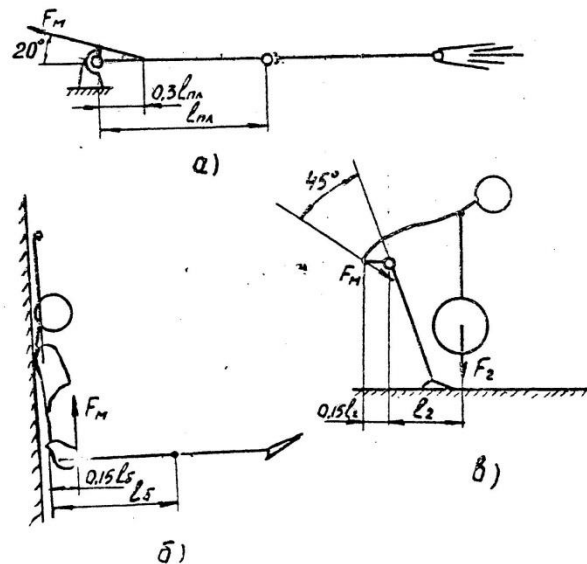
Студенти отримують роздатковий матеріал із схематичним зображенням пози людини, яка виконує фізичну вправу: утримання руки у горизонтальному положенні; утримання «кута» у висі на гімнастичній драбині; утримання штанги. Як вихідні використовують данні отримані у лабораторній роботі № 3

Алгоритм виконання.

1. Перенести на міліметровий папір схеми положення біоланок по масштабу за розмірами отриманими у лабораторній роботі № 1.
2. Нанести на схеми положення центрів мас.
3. Скласти рівняння рівноваги для поз.
4. Використовуючи данні отримані у роботі № 1, визначити значення м'язових зусиль.
5. Зробити аналіз отриманих даних.

Методичні вказівки. При складанні рівняння рівноваги звернути увагу на те, що сила тяги в позі утримання руки у горизонтальному положенні та утримання штанги не паралельна дії сили тяжіння. Плече « l » цієї сили повинно бути визначене через $\cos$ кута.

Звернути також увагу на те, що момент сили F має напрям зворотній напрямку моментів сил тяжіння



Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Управління стійкістю тіла. Види рівноваги.
2. В якому режимі м'язового скорочення проявляється максимальна сила і як це пов'язано з небезпекою отримання травми.

Практична робота № 11

Тема: Динамічні характеристики рухів людини.

Мета: перевірка знань з теми «Динамічні характеристики рухів людини».

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Які сили діють на тіло спортсмена у момент виконання рухів?
2. Які є енергетичні характеристики рухів?
3. Назвати сили внутрішні по відношенню до тіла спортсмена.
4. Дайте визначення обертальному моменту.

Виконання завдання.

1. Здійснити динамічний аналіз особливостей основних рухів спортсмена у обраному виді спорту. Підготувати реферат (презентацію).
2. Тестовий контроль за темою:
 1. Що є мірою механічної дії одного тіла на інше?
 2. Як називають властивість фізичних тіл, яка проявляється у поступовій зміні швидкості на протязі певного часу під дією сил?
 3. Що називають точкою прикладення рівнодіючої усіх фіктивних сил інерції?
 4. Які характеристики визначають причини виникнення і зміни руху?
 5. Що є мірою дії сили на тіло при деякому його переміщенні під дією цієї сили?
 6. Що є мірою інертності тіла при поступальному русі?
 7. Що називають точкою перехрещення ліній дії усіх сил, які приводять тіло до поступального руху не викликаючи обертання тіла?

Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Класифікація сил, що діють на механічну систему.
2. Сили зовнішні та внутрішні по відношенню до людини.

Практична робота № 12

Тема : Біомеханічні аспекти спортивного тренування.

Мета : описати за етапами біомеханічного аналізу техніки фізичних вправ у циклічних та ациклічних видах спорту.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Як організована рухова дія, і як нею оволодіти?
2. Що таке «період» рухової дії, «фаза», «цикл»?
3. Що впливає на величину лобового опору і як вона залежить від швидкості руху?
4. Що таке рекуперація енергії?
5. Критерії «оптимізації» руху.
6. Як визначити зону економічних режимів.
7. Визначити види топографії працюючих м'язів.
8. Охарактеризуйте роботу м'язів-синергістів, м'язів-антагоністів.

Виконання завдання:

1. Здійснити біомеханічний аналіз техніки фізичних вправ у видах спорту з циклічною структурою руху:

- ходьба;
- біг;
- плавання.

2. Здійснити біомеханічний аналіз техніки фізичних вправ у видах спорту з ациклічною структурою руху:

- гімнастика;
- спортивні ігри;
- метання м'яча.

Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Рухові помилки в спорті.
2. Психологічний аспект управління руховими якостями.
3. Морфометрія м'язів.

Практична робота № 13

Тема : Біомеханічні аспекти спортивного тренування.

Мета : придбати навик аналізу часової структури фізичної вправи, розділення його на періоди, цикли, фази, а також навики побудови лінійної хронограми рухової діяльності.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор, міліметровий папір.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. Що таке фаза і період фізичної вправи.
2. Що називають циклом у фізичній вправі.
3. Біомеханічний аналіз рухової діяльності.

Виконання завдання:

Відповідність часової структури руху модельним характеристикам є однією з основних умов високої ефективності фізичної вправи або високої результативності спортивної дії. При виконанні роботи студенти отримують навик оцінки структури вправи за допомогою кінограми. Для наочності вони будують лінійну хронограму рухів, яка відображує систему паралельних і послідовних елементів руху.

Алгоритм виконання.

1. Послідовно, кадр за кадром вивчити кінограму руху. Виділити періоди, цикли і фази.
2. Описати період руху, визначаючи його назву і функцію.
3. Визначити відмітні особливості пози початку і кінця періоду.
4. Ті ж операції повторити з циклами.
5. Ті ж операції повторити з фазами.
6. По формулі (9.1) розрахувати тривалість періодів, циклів і фаз.
7. Побудувати хронограму всього руху, циклу і фаз.

$$t = \frac{N_k - N_n}{K} \quad [c] \quad (9.1)$$

N_n – номер кадру кінограми, на якому зафіксовано момент початку досліджуваного руху або його частини;

N_k – номер кадру кінограми, які відповідають моменту кінця досліджуваної частини руху;

K – частота зйомки кінограми, кадр/сек.

Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. Техніка і тактика розбігу при стрибках у довжину та висоту.
2. Біомеханічні закономірності ударів, кидків (махів). Фазовий склад. Механізми передачі енергії.
3. Біомеханіка техніко-естетичних видів спорту.
4. Біомеханіка вправ, які мають вплив на гнучкість та поставу (нахилів, обертів, стійок та ін.).
5. Оздоровча ходьба і біг: оптимальні режими, принцип комфортабельності.
6. Біомеханіка спеціальних вправ, які допомагають розвитку апарату зовнішнього дихання

Практична робота № 14

Тема : Біомеханічні основи рухових якостей.

Мета : здійснити аналіз біомеханічних особливостей прояву рухових якостей людини під час виконання рухових дій.

Матеріали та обладнання: лінійка, олівець, калькулятор.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Усне опитування, для виявлення готовності групи до занять.

1. З яких фракцій складається механічна робота, що здійснюється людиною при виконанні фізичних вправ?
2. Перелічіть способи підвищення економічності рухової діяльності.

3. Поясніть, яким чином взаємопов'язані силові та швидкісні якості?
4. Від яких основних чинників залежить сила тяги м'яза й сила, яку демонструє людина?

Теоретичні відомості: Для того щоб підвищити витривалість, швидкість, гнучкість, спритність і силу, недостатньо реєструвати зовнішні показники. Потрібно постаратися зрозуміти сутність життєвих процесів, що забезпечують кожен рухову якість.

Ефективність сформованої рухової навички залежить не лише від технічної досконалості, але й від здатності її виконання з належною силою, швидкістю, витривалістю, спритністю. Ці можливості людини прийнято називати руховими, або *фізичними якостями*.

Поняття «рухова якість» поєднує, зокрема, ті сторони моторики людини, які виявляються нею в одних і тих самих біомеханічних характеристиках, мають один і той самий вимірювач (наприклад, максимальну швидкість) та мають схожі анатомічні, біологічні та психічні механізми забезпечення та реалізації. Тому методики удосконалення певної рухової якості мають загальні риси незалежно від конкретного виду руху. Наприклад, витривалість у плаванні та у ковзанярському спорті розвивають схожими шляхами, проте самі рухи значно різняться. Вимірювачами таких рухових якостей, як м'язова сила, швидкість, витривалість, є сила, швидкість і тривалість (час) руху. Сила (F), швидкість (v) і тривалість (t) руху знаходяться у певному співвідношенні один з одним. Це співвідношення є різним у різних рухових завданнях.

Руховим завданням називають рух з чітко обумовленими умовами (параметрами) його виконання.

Параметри – перемінна величина, яка в умовах конкретного завдання залишається постійною. Параметри потрібно відрізняти від *констант* – величин, значення яких залишаються постійними завжди. Наприклад, не біг або штовхання ядра взагалі, а конкретно біг на 200 м або штовхання ядра вагою 7257 г. Біг 200 і 400 м або штовхання ядра 4 і 5 кг є різними руховими

завданнями. У деяких спробах спортсмен може поставити перед собою завдання показати найкращий результат. Зареєстровані при цьому значення називають максимальними (сила, швидкість, тривалість рухового завдання. Вони залежать від умов (параметрів) руху, які задаються. Такими параметрами є, зокрема, довжина дистанції, вага снаряда. Якщо параметри рухових завдань змінюються, то змінюються і названі значення. Залежності між показниками максимальної сили, швидкості і тривалості в різних рухових завданнях, які відрізняються значеннями своїх параметрів (вагою снаряда, довжиною дистанції, заданою швидкістю пересування тощо), називають *параметричними залежностями*. Часто цікаво знати чи взаємопов'язані, наприклад, сила розгиначів ніг і швидкість відштовхування у стрибках, або чи залежать результати в бігу на 800 м від максимальної швидкості бігу? Подібні залежності називають *непараметричними*.

Виконання завдання:

1. Скласти конспект теми «Біомеханічні основи рухових якостей».
2. Навести приклади тренажерів, які використовуються у вашому виді спорту.

Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів. Повідомити домашнє завдання.

Питання для самостійної підготовки.

1. За якими критеріями обирається тренажер для розвитку швидкісних і силових якостей в конкретному виді спорту?
2. Біомеханічні умови забезпечення стійкості тіла спортсмена?

Практична робота № 15

Тема : Підсумковий контроль з дисципліни «Біомеханічний аналіз фізичних вправ.

Мета : перевірити рівень знань здобувачів з дисципліни.

Хід роботи:

Організація заняття.

Перевірка відвідування заняття. Повідомлення теми, мети і завдань заняття.

Виконання завдання: Тестовий контроль

1. Скалярна величина є векторною величиною.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

2. Напрямок прискорення і напрям руху завжди співпадають.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

3. Прискорення завжди дорівнює нулю, коли швидкість рівна нулю.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

4. Гравітаційне прискорення дорівнює $9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

5. Скалярна змінна характеризується як величиною так і напрямком

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

6. Кутова швидкість є вектором.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

7. При ходьбі у крайньому разі одна нога завжди торкається землі.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

8. При прискоренні швидкості руху опорний час скорочується.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

9. Траєкторія по якій слідує снаряд у повітрі пряма лінія.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

10. Траєкторія снаряду є гіперболічною.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

11. Сила це вектор.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

12. Закон інерції стверджує, що необхідна сила для початку кінця або зміни руху.

ПРАВИЛЬНО НЕПРАВИЛЬНО

13.Одиниці вимірювання інерції – грамм.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

14. Маса є мірою інертності тіла.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

16. Закон дії – протидії стверджує що $\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a}$

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

17. Вага – це сила.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

18. Центр ваги не є фіксованою точкою.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

19. Динамічний коефіцієнт тертя більший ніж статичний.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

20. Найбільш суттєвим чинником у опорі рідини є відносна швидкість взаємодії об'єкту і середовища.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

21.Одиниці вимірювання сили в системі СИ – кілограм.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

22. Центр ваги тіла можна визначити за допомогою аналітичного аналізу.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

23. Кількість рухів – величина векторна.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

24.Імпульс викликає зміну кількості рухів системи.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

25.Кінетичний момент – момент кількості рухів.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

26.Виконання роботи пов'язано з витратою енергії.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

27. При ізометричній роботі довжина м'язу скорочується з постійною швидкістю.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

28.Важіль першого роду має прикладення сил з одного боку.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

29.Одиниці вимірювання часу - м/с.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

30.Важіль другого роду коли сили прикладені по обидва боки від точки опори?

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

31.Нульова швидкість означає, що об'єкт, по крайній мірі у даний момент, нерухомий.

ПРАВИЛЬНО

НЕПРАВИЛЬНО

Підведення підсумків заняття.

Визначити результативність роботи студентів. Оцінити знання студентів.

Рекомендована література

Основна

1. Соколова О.В., Омеляненко Г.А., Тищенко В.О. Біомеханіка фізичних вправ : навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Фізична культура і спорт» освітньо-професійних програм «Фізичне виховання» і «Спорт». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2020. 96 с.
2. Козубенко О.С., Тупсєв Ю.В. Біомеханіка фізичних вправ : навчально-методичний посібник. Миколаїв : МНУ ім. В.О.Сухомлинського, 2015. 215 с.
3. Панченко С.П. Біомеханіка. Конспект лекцій для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 132 Матеріалознавство. Дніпро : НТУ «ДП», 2022. 73 с.
4. Романенко С.С., Прокоф'єва Л.А. Теорія і методика навчання фізичної культури в ЗЗСО з основами біомеханіки фізичних вправ : навчальний посібник. Одеса, 2012. 154с.

Допоміжна

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ : навч. посіб. Житомир : ЖДПУ ім. Івана Франка, 2004. 124 с.
2. Біофізика і біомеханіка : підручник / В. С. Антонюк, М. О. Бондаренко, В.А. Ващенко та ін. Київ : НТУУ «КП», 2012. 346 с.
3. Біомеханіка спорту / За заг. ред. А.М. Лапутіна. Київ : Олімпійська література, 2001. С. 122-140.
4. Энока Р.М. Основы кинезиологии. Киев: Олимпийская литература, 1998. 400с.
5. Костюкевич В.М. Спортивна метрологія : навч. посіб. для студентів факультетів фізичного виховання пед. університетів. Вінниця : ДОВ «Вінниця» ВДПУ, 2001. 183 с.
6. Лапутін А.М., Гамалій В.В., Архипов О.А., Кашуба В.О. та ін. Біомеханіка спорту. К.: Олімпійська література, 2005. 320с.