Тема 3. Основи теорії вимірювань

3.1. Основні поняття про процес вимірювання.
3.2. Види та етапи системи вимірювань.
3.3. Одиниці вимірювань.
3.4. Фактори, що впливають на якість вимірювань.
3.4. Вимірювальні шкали.
3.5. Точність вимірювання.
3.6. Засоби вимірювань.
3.7. Єдність вимірювань.

Поняття про вимірювання

- *Вимірювання* - сукупність дій, виконуваних за допомогою засобів вимірювань з метою знаходження числового значення вимірюваної величини в прийнятих одиницях виміру.

- *Вимірюванням* - сукупність операцій, які виконуються за допомогою технічних засобів, що зберігають одиницю величини і дозволяють зіставити з нею вимірювану величину.

- Вимірювання - це пізнавальний процес, що полягає в порівнянні шляхом фізичного експерименту даної величини з відомою величиною, прийнятої за одиницю порівняння».

- У Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність»: *вимірювання* - відображення фізичних величин їхніми значеннями за допомогою експерименту та обчислень із застосуванням спеціальних технічних засобів.

- *Вимірювання* - це операція знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. Якщо відношення вимірюваної величини X до одиниці виміру Y позначити через n, то X = n • Y. Це рівняння називають основним рівнянням вимірювання, де: n - числове значення вимірюваної величини; добуток n • Y - результат вимірювання.

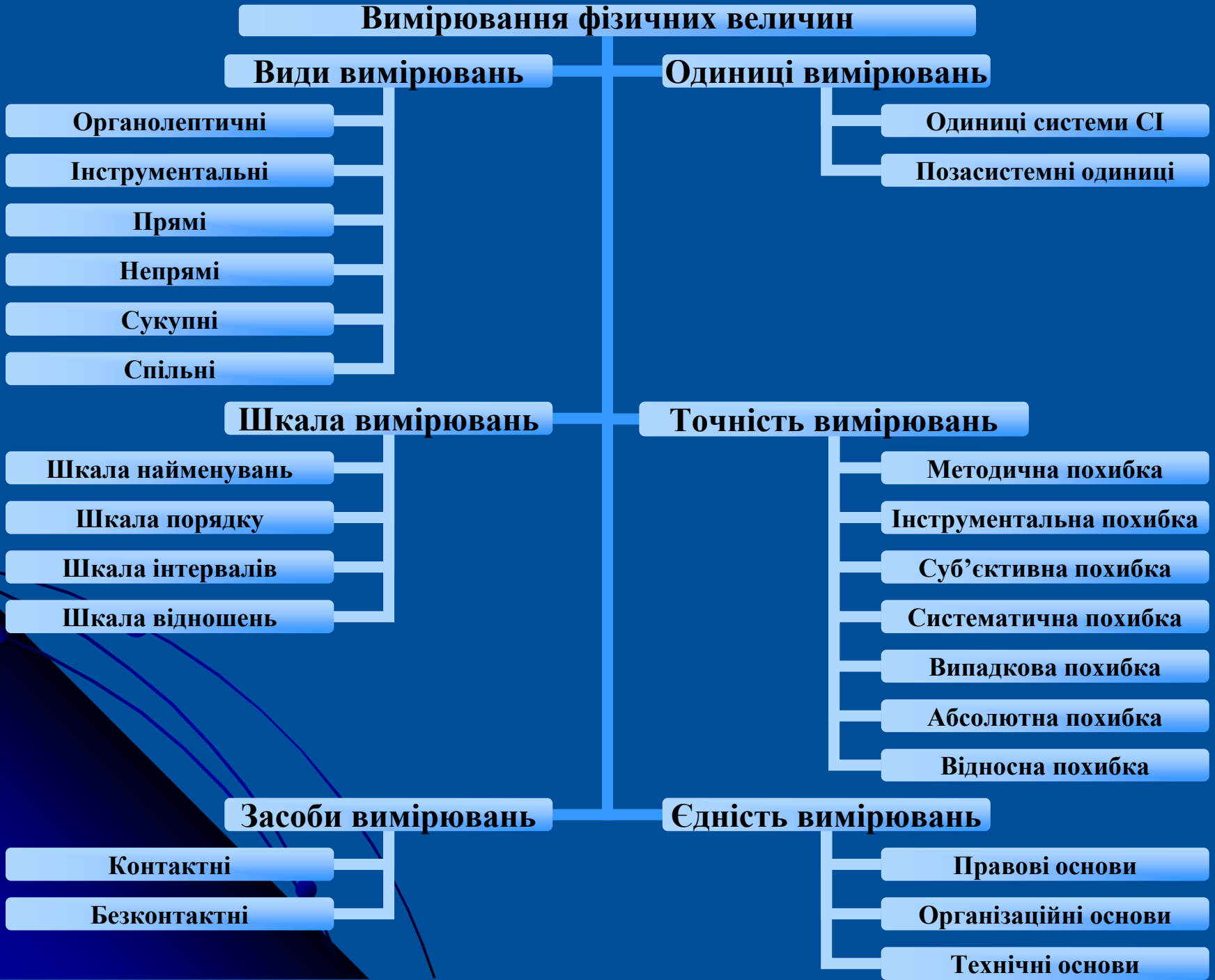
- *Вимірювання* - отримання кількісної інформації про досліджуваний об'єкт.

Класифікація видів вимірювань

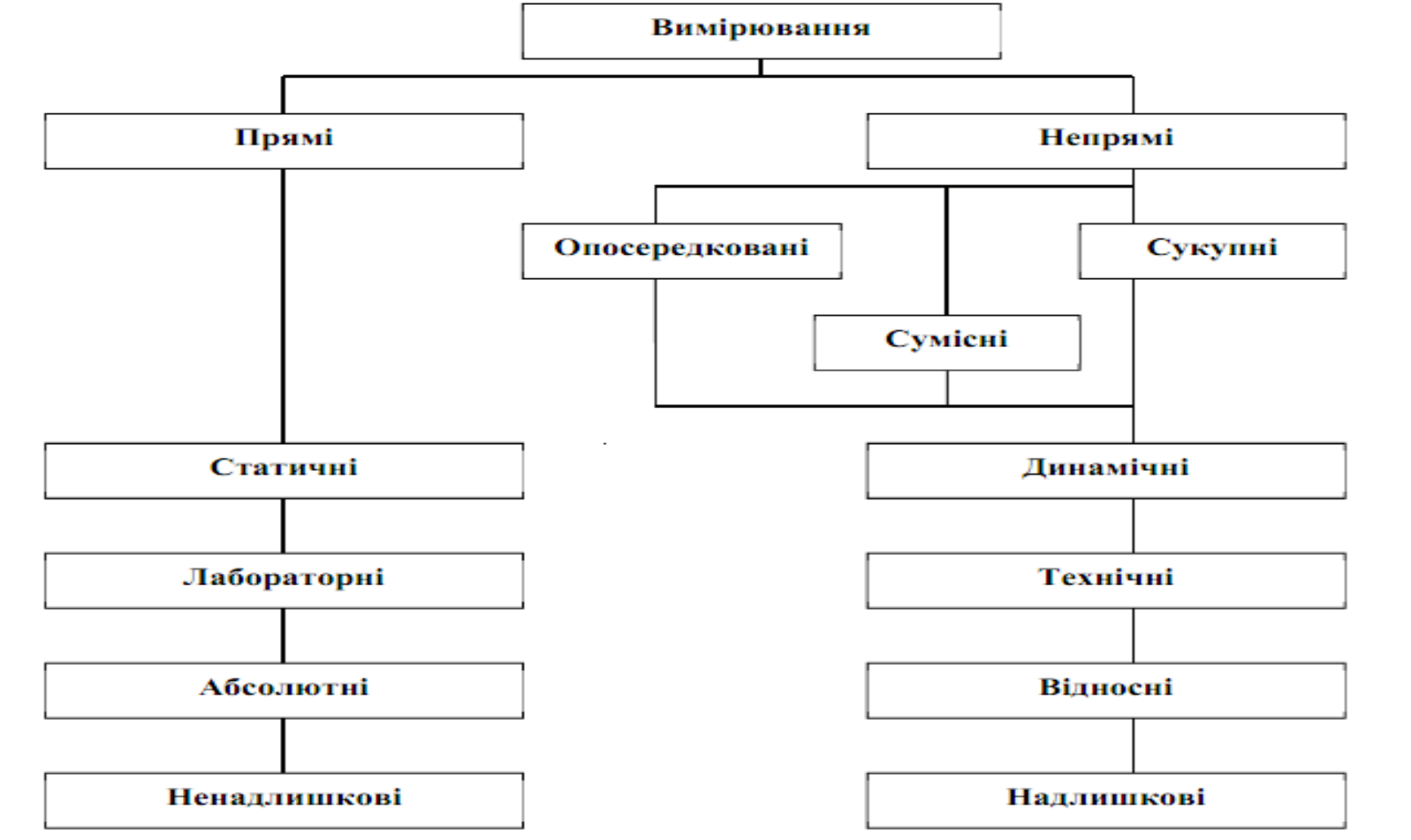
- засновані на використанні органів чуттів;
- виконувані за допомогою спеціальних технічних засобів;
- за способом одержання числового значення вимірювань;
- за характером вимірюваної величини в процесі вимірювань;
- за кількістю вимірюваної інформації;
- по відношенню до основних одиниць вимірювання.

Основні показники спортивних вимірювань

- спортивні результати;
- стан здоров'я спортсмена;
- тренувальні навантаження;
- фактори спортивної майстерності (фізична, технічна, психічна, тактична, теоретична підготовленість спортсмена);
- фізичні якості спортсмена (витривалість, сила швидкість, спритність, гнучкість);
- ефективність тренувального процесу та змагальної діяльності;
- взаємини в групі спортсменів;
- якість спортивного інвентарю тощо.


Вимірювання фізичних величин
Види вимірювань
Органолептичні
Інструментальні
Прямі
Непрямі
Сукупні
Спільні
Одиниці вимірювань
Одиниці системи СІ
Позасистемні одиниці
Шкала вимірювань
Шкала найменувань
Шкала порядку
Шкала інтервалів
Шкала відношень
Точність вимірювань
Методична похибка
Інструментальна похибка
Суб'єктивна похибка
Систематична похибка
Випадкова похибка
Абсолютна похибка
Відносна похибка
Засоби вимірювань
Контактні
Безконтактні
Єдність вимірювань
Правові основи
Організаційні основи
Технічні основи

Основні **види спортивних вимірювань**



Види вимірювань			
За способом отримання числового значення	**За характером вимірювальної величини**	**За кількістю вимірювальної інформації**	**За відношенням до основних одиниць вимірювання**
1. Прямі: а) *безпосередньої оцінки;* б) *порівняння*: - нульове; - диференціальне; - збігу. 2. Непрямі (за формулами). 3. Сукупні (П+К, система рівнянь). 4. Спільні (П+К декількох величин).	- статичні; - динамічні; - статистичні.	- однократні; - елементні; - комплексні.	- абсолютні; - відносні.

Етапи вимірювань

Назва	Завдання, реалізація
Перший	**Постановка вимірювальних завдань, що включає: збір даних про вимірювання і дослідження фізичних величин, їх аналіз; формування моделі об'єкта і визначення вимірюваної величини; постановку вимірювального завдання на основі прийнятої моделі об'єкта вимірювання; вибір конкретних величин, за допомогою яких буде знаходитись значення вимірювальної величини; формулювання рівняння вимірювання.**
Другий	**Планування вимірювання, яке відбувається в такій послідовності: вибору методів вимірювань безпосередньо вимірюваних фізичних величин і можливих видів системи вимірювань; апріорна оцінка похибки вимірювань; визначення вимог до метрологічних характеристик системи вимірювань і умов вимірювань; вибір системи вимірювань у відповідності до вказаних вимог; вибір параметрів вимірювальної процедури; підготовка системи вимірювань до виконання експериментальних досліджень; забезпечення відповідних умов для вимірювання та створення можливості їх контролю.**
Третій	**Вимірювальний експеримент: взаємодія засобів і об'єкта вимірювань; переформування сигналу вимірювальної інформації; відтворення сигналу заданого розміру; порівняння сигналів і реєстрація результатів.**
Останній	**Обробка експериментальних даних: попередній аналіз інформації; розрахунок і внесення можливих поправок на систематичні погрішності; формулювання та аналіз математичного завдання обробки даних; побудова можливих алгоритмів обробки експериментальних даних; проведення розрахунків відповідно прийнятому алгоритму; аналіз та інтерпретація одержаних результатів.**

Основні і додаткові одиниці системи СІ

Величина	Одиниці		
	Найменування	Позначення	
		українське	міжнародне
Основні			
Довжина	Метр	м	m
Маса	Кілограм	кг	kg
Час	Секунда	с	s
Сила електричного струму	Ампер	А	A
Термодинамічна температура	Кельвін	К	K
Кількість речовини	Моль	моль	mol
Сила світла	Кандела	кд	cd
Додаткові			
Плоский кут	Радіан	рад	rad
Тілесний кут	Стерадіан	ср	sr

Деякі похідні одиниці системи СІ

Величина	Одиниці	
	Найменування	Позначення
Частота	Герц	Гц
Сила	Ньютон	Н
Тиск	Паскаль	Па
Енергія, робота	Джоуль	Дж
Потужність	Ватт	Вт
Електрична напруга	Вольт	В
Електричний опір	Ом	Ом
Освітлюваність	Люкс	лк
Швидкість споживання кисню		мл×хв$^{-1}$
Метаболічний еквівалент (кількість кисню, що споживається в 1 хв на 1 кг маси тіла)	МЕТ	мл
Частота серцевих скорочень	ЧСС	уд×хв$^{-1}$
Легенева вентиляція	ЛВ	л×хв$^{-1}$
Аеробна потужність	АП	ккал×хв$^{-1}$
Максимальне споживання кисню	МСК	л×хв$^{-1}$; мл×кг$^{-1}$×хв$^{-1}$
Концентрація глюкози в крові	КГК	мг%
Максимальний кисневий борг	МКБ	мл×кг$^{-1}$
Життєва ємність легенів	ЖЄЛ	л

Фактори, які впливають на якість вимірювань

Під час проведення вимірювань у метрологічній практиці повинен ураховуватися вплив:

- об’єкту вимірювання;
- суб’єкту (експерти, експериментатор);
- способу вимірювання;
- засобу вимірювання;
- умов вимірювання.

Основні термінологічні поняття вимірювань

Метод вимірювання – це прийом порівняння вимірюваної фізичної величини з її одиницею у відповідності до реалізованих принципів вимірювання. Методи вимірювання за можливості повинні мати мінімальну похибку.

Засіб вимірювання – це технічні засоби, що використовуються при вимірюваннях і мають нормовані метрологічні властивості. До засобів вимірювання відносяться міра та вимірювальні прилади.

Міра – засіб вимірювання, призначений для відтворення фізичної величини заданого розміру (гиря – міра маси).

Вимірювальний прилад – це засіб вимірювання, який дозволяє одержати вимірювальну інформацію у формі, що є доступною для безпосереднього сприйняття її спостерігачем.

Точність вимірювання *– якість вимірювання, яка характеризує близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини. Це поняття асоціюється з такими поняттями спортивної метрології, як достовірність, правильність вимірювання, відтворюваність результатів вимірювання.*

Достовірність вимірювань *визначається ступенем довіри до результату вимірювання і характеризується ймовірністю того, що істинне значення вимірюваної величини знаходиться у вказаних межах.*

Правильність вимірювань *– це якість вимірювання, що відображає близькість один до одного результатів вимірювання, виконаних на однакових умовах.*

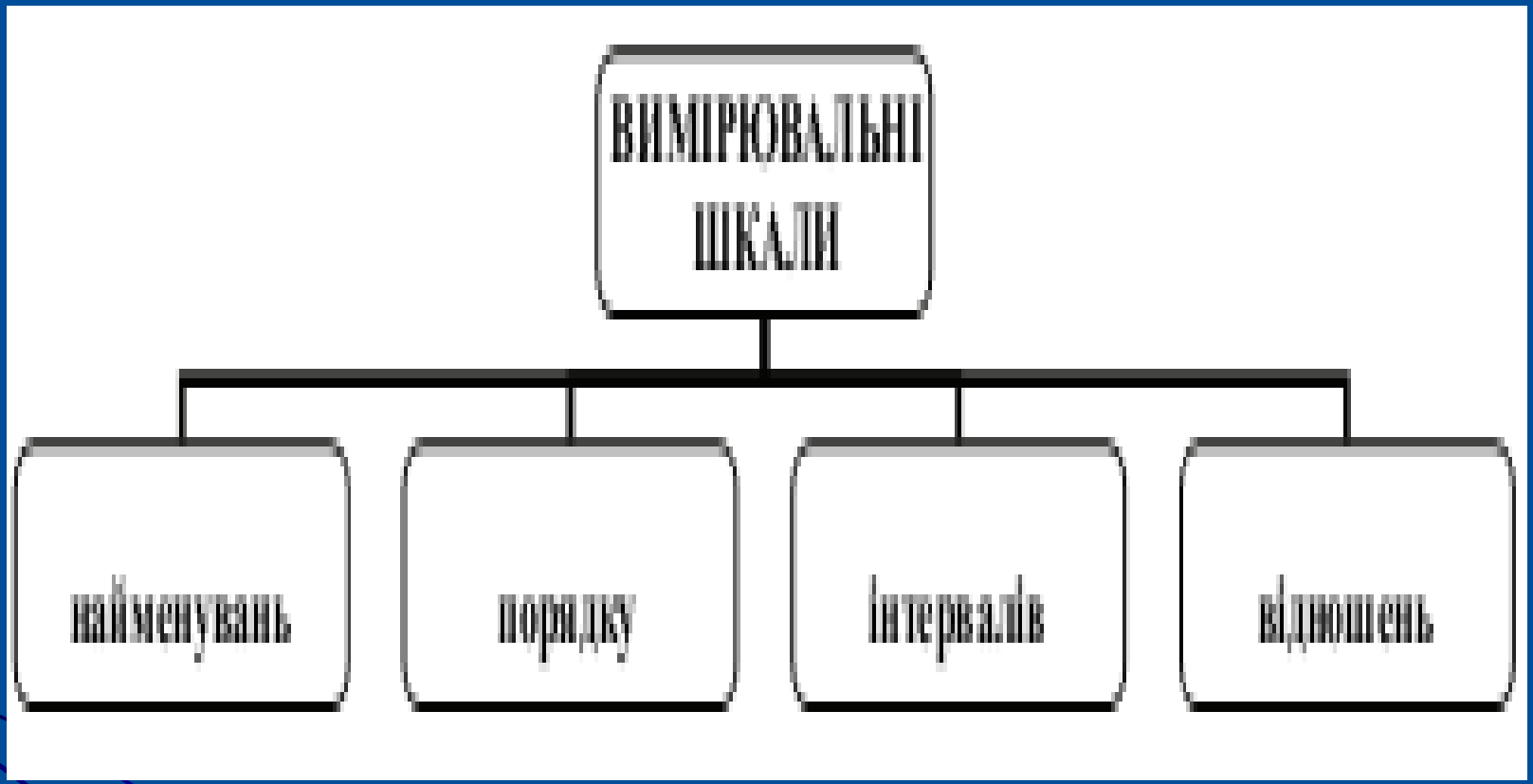
Відтворюваність результатів вимірювання *– це якість вимірювання, що відображає близькість один до одного результатів вимірювання, одержаних за різних умов.*

Похибки вимірювань *є відхиленням результатів вимірювання від істинного значення вимірюваної величини.*

Еталон *– це засіб вимірювання, який слугує для збереження та передачі розміру одиниці фізичної величини іншим засобам вимірювання.*

Основні принципи вимірювання

- об’єктивності вимірювання, який вирішує проблему співвідношення об’єктивного та суб’єктивного компонентів у науковому пізнанні;
- багаторівневого вимірювання об’єкта (визначення сутності об’єкта можуть стосуватись різних рівнів його існування);
- вивчення явищ в їх розвитку, який ґрунтується на розумінні природи особистості як динамічного явища, реалізація цього принципу дає можливість шляхом екстраполяції прогнозувати розвиток явищ у майбутньому;
- творчий підхід у реалізації етапності вимірювань, підборі методів вимірювань.


ВИМІРЮВАЛЬНІ ШКАЛИ
найменувань
порядку
інтервалів
відношень

Характеристики шкал вимірювання

Шкала	Властивості	Можливості	Арифметична дія
Найменувань (номінальна)	Не має ні початку відліку, ні строгих поділів між числами шкали, ні певного порядку в їх розташування.	Забезпечує тільки угруповання вимірюваних об'єктів на класи (за подібністю, ідентичності).	Визначення частки або відсотка одних об'єктів в загальній масі інших об'єктів і т. п.
Порядку (рангів)	Не має абсолютного початку відліку, а лише відносне (тобто нуль шкали не означає повної відсутності вимірюваного якості); не має строгих відстаней між числами шкали, але має певний порядок в числах.	Дозволяє розрізняти об'єкти по інтенсивності властивості, шляхом їх ранжування.	Додавання і віднімання рангів, але рівні суми і різниці рангів не означають рівності сум у вимірюваній якості.
Інтервалів	Не має абсолютного нуля, а лише умовний, але має порядок і відстань (одиниці виміру).	Дозволяє встановити, на яку величину об'єкти відрізняються по інтенсивності прояву вимірюваного якості.	Віднімання і додавання. Різниці чисел відповідають відмінностям двох об'єктів по вимірюваному якістю.
Відношень	Має абсолютний нуль, порядок і одиниці виміру.	Дозволяє визначити, на скільки і у скільки разів один об'єкт відрізняється від іншого.	У цій шкалі відомо положення абсолютного нуля і всі чотири арифметичні дії правомірні.

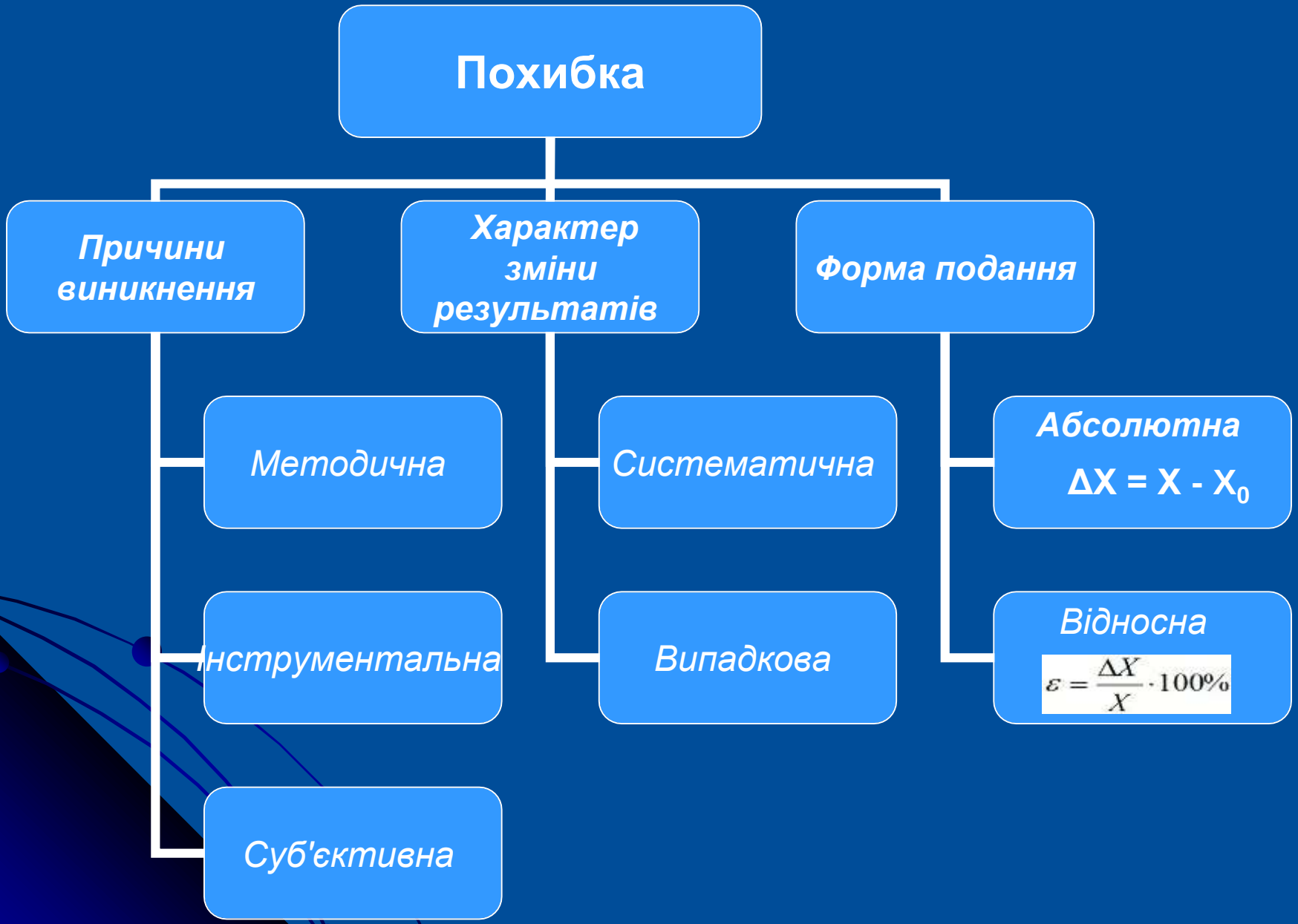
Шкала	Характеристики	Математичні методи	Приклади
Найменування	Об'єкти згруповані, а групи позначені номерами. Те, що номер однієї групи більший або менший від іншого, свідчить лише про те, що їх властивості розрізняються	Кількість випадків, мода, тетрахорічні і поліхорічні коефіцієнти кореляції	Номер спортсмена, амплуа тощо
Порядку	Числа, привласнені об'єктам, відображають кількість властивості, що належить їм. Можливе встановлення співвідношення "більше" або "менше"	Медіана, рангова кореляція, рангові критерії, перевірка гіпотез непараметричною статистикою	Результати ранжирування спортсменів у тесті
Інтервалів	Існує одиниця вимірювань, за допомогою якої об'єкти можна не тільки впорядкувати, але і приписати їм числа так, щоб рівні різниці відображали різні відмінності в кількості властивості, яку вимірюють	Усі методи статистики, крім визначення відношення	Температура тіла, суглобові кути тощо.
Відношень	Числа, привласнені предметам, мають усі властивості інтервальної шкали. На шкалі існує абсолютний нуль, який указує на повну відсутність цієї властивості об'єкта. Відношення чисел, привласнених об'єктам після вимірювань, відображають кількісні відносини властивості	Усі методи статистики	Довжина і маса тіла, сила рухів, прискорення тощо.

Точність і похибка вимірювань

Точність вимірювання - це ступінь наближення результату вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини.

Похибка вимірювання - різниця між отриманим при вимірюванні значенням і дійсним значенням вимірюваної величини.

Терміни «точність вимірювання» і «похибка вимірювання» мають протилежний зміст і рівною мірою використовуються для характеристики результату вимірювання.


Похибка
Причини виникнення
Характер зміни результатів
Форма подання
Методична
Інструментальна
Суб'єктивна
Систематична
Випадкова
Абсолютна
ΔX = X - X0
Відносна
ε = ΔX/X · 100%

Засоби вимірювань

Еталони	Засоби вимірювальної техніки для практичного застосування: зразкові, робочі (лабораторні, виробничі, польові)		
	Міри (однозначні, багатозначні). Набори мір. Магазини мір.	Вимірювальна апаратура	
		Прилади (прямої дії, порівняння). Вимірювальні установки. Вимірювальні системи.	Датчики. Перетворювачі. Вимірювальні приладдя. Допоміжні засоби вимірювання.
•міжнародний; •державний; •робочий; •вихідний. •повірочні схеми.			

Питання для самоконтролю:

1. Що називають вимірюванням?
2. Які елементи включає в себе система вимірювання фізичних величин?
3. На які види діляться вимірювання?
4. Які одиниці вимірювань входять до Міжнародної системи одиниць?
5. Як розрізняються вимірювання за характером зміни вимірюваної величини?
6. На які види ділять вимірювання за способом отримання числового значення?
7. Які позасистемні одиниці вимірювань найбільш часто використовуються в спортивній практиці?
8. Якими бувають вимірювання за кількістю вимірювальної інформації?
9. Як ділять вимірювання по відношенню до основних одиницям?
10. Що таке шкала вимірів?
11. Як утворюється шкала порядку?
12. Що називається шкалою інтервалів?
13. Які особливості шкали відносин?
14. Що таке шкала найменувань?
15. Що таке точність і похибка вимірювань?
16. Які існують види похибки вимірювань?
17. Як усунути або зменшити похибку вимірювань?
18. Як розрахувати похибка і записати результат прямого вимірювання?
19. Як знайти кількість вимірювань для отримання результату із заданою точністю?
20. Які існують засоби вимірів?
21. Як знизити вплив об'єкта вимірювань на точність вимірювального експерименту?
22. Як впливають на процес вимірювання суб'єкти вимірів?
23. Що можна віднести до умов вимірів?
24. Як знизити вплив об'єкта вимірювань на точність вимірювального експерименту?
25. Що є основами забезпечення єдності вимірювань?