

**Фізика – наука, що
вивчає загальні
властивості і закони
руху речовини і поля.**

А.Ф. Іоффе



ЗМІСТ

Передмова.....	4
Лекція № 1. Вступ	6
РОЗДІЛ I. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МЕХАНІКИ	14
Лекція № 2. Вступ до механіки. Елементи кінематики.	14
Лекція №3. Динаміка точки і системи матеріальних точок	22
Лекція № 4. Динаміка обертального руху	29
Лекція № 5. Закон збереження енергії	40
Лекція № 6. Елементи механіки суцільних середовищ	48
Лекція № 7. Елементи спеціальної теорії відносності	56
РОЗДІЛ II. ЕЛЕКТРИКА І МАГНЕТИЗМ	65
Лекція № 8. Електростатичне поле у вакуумі та в речовині.	65
Лекція № 9. Провідники та діелектрики в електростатичному полі ...	78
Лекція № 10. Постійний електричний струм.....	90
Лекція № 11. Електричний струм у металах, рідинах і газах	99
Лекція № 12. Магнітне поле. Рух заряджених частинок в магнітному полі	111
Лекція № 13. Закон Біо-Савара-Лапласа	124
Лекція № 14. Електромагнітні явища	133
Перелік рекомендованих підручників	147

ПЕРЕДМОВА

Серед різноманітних форм організації навчальної роботи у вищому навчальному закладі важливе місце належить лекції. Навчальна лекція (від лат. *lectio* – читання) – логічно завершений, науково-обґрунтований, послідовний і систематичний виклад певного наукового або науково-методичного питання, теми чи розділу навчального предмета, ілюстрований за необхідності наочністю демонструванням дослідів. Вона тісно пов'язана з усіма іншими формами організації навчально-виховної роботи – практичними, індивідуальними та лабораторними заняттями.

Щоб якомога ефективніше використати відведений на лекційні заняття з фізики час у будівельних вищих навчальних закладах і не втратити методичний, дидактичний та науковий зміст лекцій, ми пропонуємо ввести лекційні зошити. Ідея розробки такого зошиту полягає у тому, що він представляє собою основу, на якій будується лекція. У лекційному зошиті кожної лекції є така друквана інформація:

- тема лекції;
- загальний перелік питань, які висвітлюються під час даної лекції;
- порядковий номер і назва кожного питання;
- ключові частини означень або формулювань (наприклад, «Хвильовим процесом називається ...», «Суцільним вважають середовище ...»); назви законів чи формул (формула швидкості поширення хвиль у рідинах: ..., ... – формула Лапласа);
- виведення формул, на які неефективно чи недоцільно витратити лекційний час;
- координатні площини чи вісі (бажано проградуйовані), на яких впродовж лекції студент будуватиме графіки;
- заготовки під рисунки та їх пояснення (наприклад, при поясненні механізму виникнення електромагнітних коливань у коливальному контурі студенти багато часу гають на малювання п'яти однакових коливальних контурів і через брак часу не встигають грамотно виконати рисунки, а тим більше записати пояснення);
- фотографії, схеми дослідів або демонстрацій;
- цікаві приклади та факти;
- приклади застосування фізичних знань у будівельній галузі;
- чітке формулювання завдань, які студент мусить виконати самостійно або питань для самостійного опрацювання;

- список рекомендованої літератури.

Студенту, який має такий дидактичний матеріал, простіше зрозуміти структуру розділу і теми взагалі та лекції зокрема. Крім того студент може самостійно опрацювати необхідну частину теоретичного матеріалу, навіть якщо пропустить лекційне заняття. Перевіряючи за лекційним зошитом відпрацьоване заняття, викладач буде мати можливість об'єктивно оцінити ступінь самостійності та якість опрацювання навчальної інформації.

Запропонований нами лекційний зошит – це основа, яка сама по собі не виконує жодної навчальної функції. Але використання його як допоміжного засобу під час лекційних занять забезпечує такі можливості:

- економія лекційного часу, що дозволяє вносити у лекцію додаткові пояснення чи наводити більше прикладів, фактів тощо;
- активізація розумової діяльності студентів, що спонукає їх до спільного пошуку істини, міркувань, дискусій;
- стимулювання внутрішньої мотивації при вивченні фізики;
- формування у студентів вмій і навичок самостійного опрацювання навчального матеріалу;
- перетворення стенографічного конспекту на логічно викладену та певним чином структуровану навчальну інформацію.

Аудиторний час необхідно використовувати максимально ефективно. Витратити цей час на суто механічну роботу – це недозволена розкіш, особливо в умовах його значної обмеженості. На сьогоднішній день виникла необхідність створення допоміжних друкованих засобів навчання, які забезпечать звільнення студента від механічної праці і одночасно стимулюватимуть ефективну розумову діяльність.

Лекція №1. Вступ

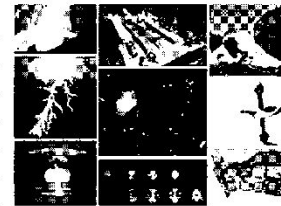
1. Предмет фізики
2. Методи фізичних досліджень
3. Зв'язок фізики з іншими науками. Взаємозв'язок фізики та техніки
4. Структура та мета викладання курсу фізики
5. Фізичні величини та їх вимірювання. Міжнародна система одиниць

1. Предмет фізики

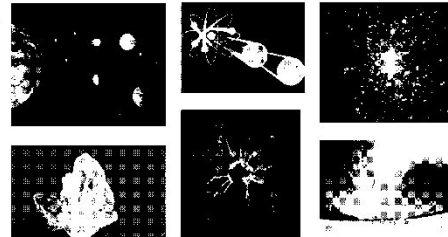
*Фізика наука,
що вивчає загальні
властивості і закони
руху речовини і поля.*
А.Ф. Іоффе



Фізика (від грец. *φύσις* природа) – _____

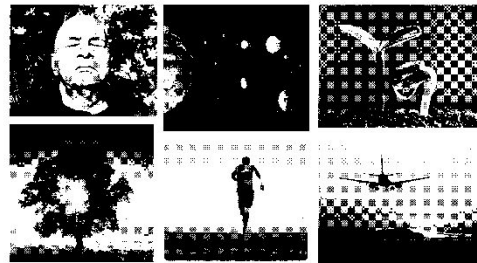


Матерія – _____



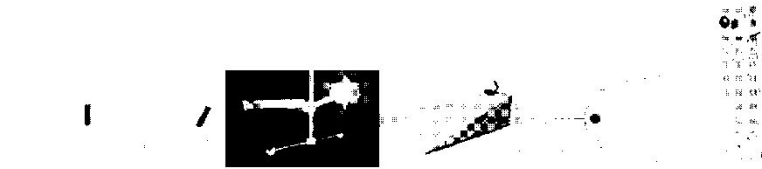
Невід'ємною властивістю і формою існування матерії є рух.

Рух – _____

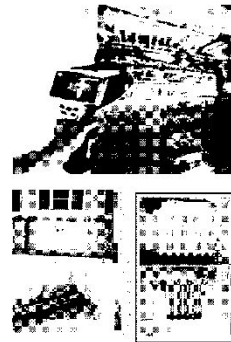


2. Методи фізичних досліджень

Основним методом дослідження у фізиці є дослід – _____



Фізичні методи дослідження – _____



Фізичні методи дослідження дозволяють досліджувати такі властивості будівельних матеріалів:

1) **фізичні властивості:**

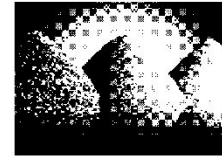
- структурно-фізичні – _____

- гідрофізичні – _____

- теплофізичні – _____

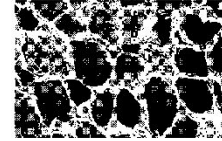
2) *фізико-механічні:*

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____



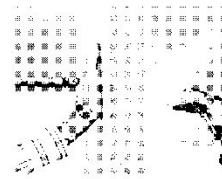
3) *фізико-хімічні:*

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____



4) *хімічні:*

- _____
- _____
- _____



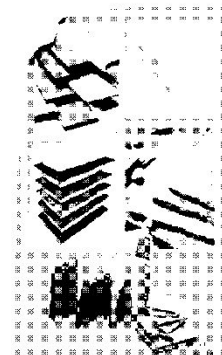
5) *технологічні:*

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____



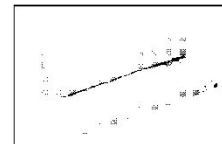
6) *спеціальні властивості:*

- _____
- _____
- _____
- _____



7) *експлуатаційні властивості:*

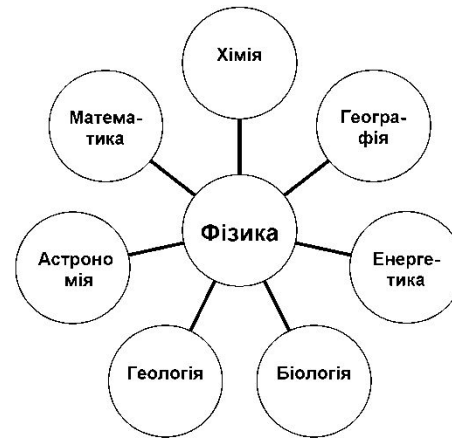
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____



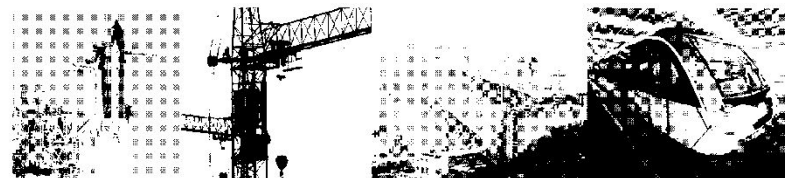
Всі властивості будівельних матеріалів пояснюються їх фізичними властивостями, наприклад, абразивність матеріалу – _____, звукоізоляція – _____, морозостійкість – _____

3. Зв'язок фізики з іншими науками. Взаємозв'язок фізики та техніки

Фізика тісно пов'язана з іншими природничими науками, такими як _____



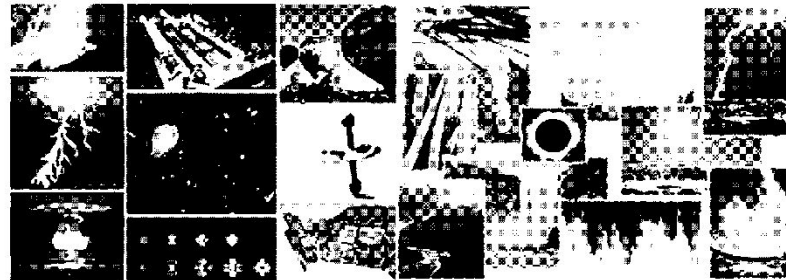
Фізика має міцний зв'язок і з технікою. З одного боку фізика розвивалась на потреби техніки (наприклад, _____), а техніка визначає напрямок фізичних досліджень (наприклад, _____). З іншого боку, від розвитку фізики залежить технічний рівень виробництва. Фізика – база для створення нових галузей техніки (_____).



Дисципліна “Фізика” у вищих будівельних навчальних закладах викладається після засвоєння студентами початків математичного аналізу та паралельно іншим розділам „Математики” та „Хімії” і перед вивченням дисциплін “Теоретична механіка”, “Опір матеріалів”, “Будівельна механіка”, “Електротехніка”, “Будівельне матеріалознавство”, “Машини та обладнання технологічних процесів”, “Метеорологія”, „Нарисна геометрія, інженерна і комп’ютерна графіка”, „Теорія машин і механізмів”, „Деталі машин”, “Основи охорони праці”, “Безпека життєдіяльності”.

4. Структура та мета викладання курсу фізики

Основною метою викладання дисципліни “Фізика” є _____

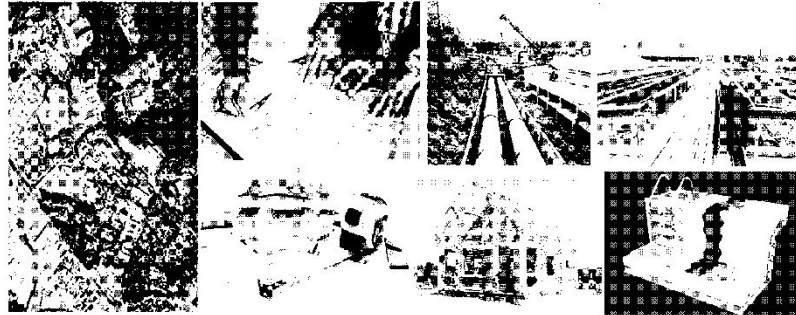


Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка студентів за розділами:

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Згідно вимог освітньо-професійної програми з фізики для вищих будівельних навчальних закладів *студенти мають уміти* _____

В умовах виробничої діяльності, при проектуванні елементів господарських мереж та будівельних споруд, майбутній *спеціаліст має* *уміти* _____



5. Фізичні величини та їх вимірювання. Міжнародна система одиниць

Всі об'єкти матеріального світу мають притаманні тільки їм характерні властивості, які можуть бути задані фізичними величинами.

Фізична величина – _____

Вимірюванням називають _____

Всі фізичні величини систематизують та утворюють системи фізичних величин. З 1 січня 1963 р. було введено Міжнародну систему одиниць (The International System of Units), яку скорочено позначають СІ.

Система СІ містить 7 основних одиниць – метр, кілограм, секунда, Ампер, Кельвін, моль, кандела та 2 допоміжні одиниці – радіан та стерадіан.

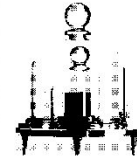
1. *Метр. 1 м* – _____

Вперше 1 метр був визначений в 1891 р. як 1/40 000 000 частина паризького меридіану на основі вимірювання частини дуги меридіану. В 1799 р. було виготовлено еталон метра у вигляді платинової кінцевої міри з точністю 0,1 мікрон.



2. *Кілограм. Прототипом 1 кг є* _____

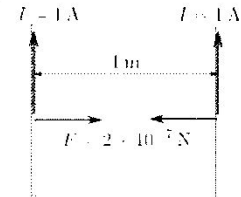
Маса виготовленого еталона на 0,000028 кг є більшою за масу 1 дм³ чистої води при температурі її найбільшої густини 4°C.



3. *Секунда. 1 с* – _____

До останнього часу секунду пов'язували з обертанням Землі навколо осі та визначали як 1/86 400 частину середньої сонячної доби. Спостереження показали, що швидкість обертання Землі зменшується, а тривалість доби за кожних 100 років зростає на 0,002 с. Тому похибка визначення секунди досягає величини 10^{-7} с, що є непридатним для сучасної техніки.

4. *Ампер. 1 А* – _____



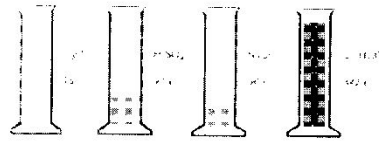
5. *Кельвін. 1 К* – _____

Кельвін на основі другого начала термодинаміки побудував термодинамічну шкалу, яка не залежить від роду термометричної речовини.

Нижньою границею цієї шкали є температура абсолютного нуля, експериментальною точкою – потрійна точка води (температура рівноваги між льодом, водою та водяним паром), яка лежить вище температури плавлення льоду на $0,01\text{ K}$.

В 1742 р. Цельсій запропонував термодинамічну шкалу, в якій відстань по шкалі термометра між точками плавлення льоду та кипіння води при нормальному атмосферному тиску ділиться на 100 частин. Недоліком цієї шкали є залежність показів термометра від природи термометричної речовини (ртуть, спирт, вода тощо) внаслідок відмінності їх коефіцієнтів об'ємного розширення. Залежність між температурою за шкалою Кельвіна та шкалою Цельсія: $T\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273,15$.

6. **Моль. 1 моль** – _____

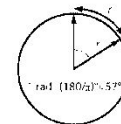


7. **Кандела. 1 кд** (від лат. *Candela* – свічка) – _____

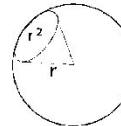


Допоміжні одиниці:

8. **Радіан. 1 рад** – _____



9. **Стерадіан. 1 ср** – _____



Лекція №1. Вступ

1. Предмет фізики
2. Методи фізичних досліджень
3. Зв'язок фізики з іншими науками.
Взаємозв'язок фізики та техніки
4. Структура та мета викладання курсу фізики
5. Фізичні величини та їх вимірювання.
Міжнародна система одиниць

1. Предмет фізики

Фізика – наука, що вивчає загальні властивості і закони руху речовини і поля.

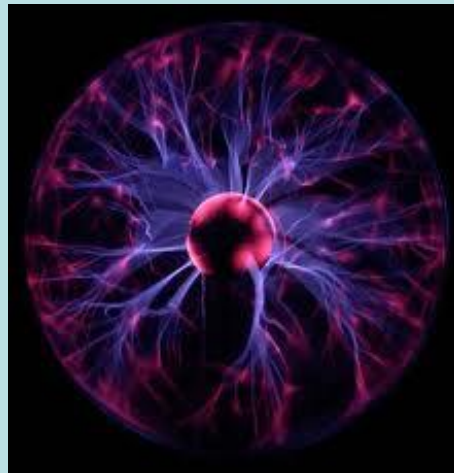
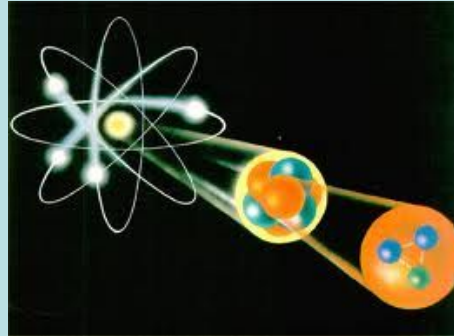
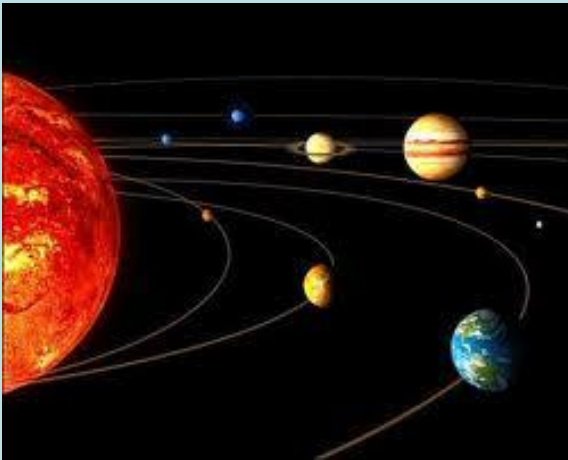
А.Ф. Іоффе



Фізика (від грец. *φύσις* природа) – наука, що вивчає найпростіші і разом з тим найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості і будову матерії та закони її руху.

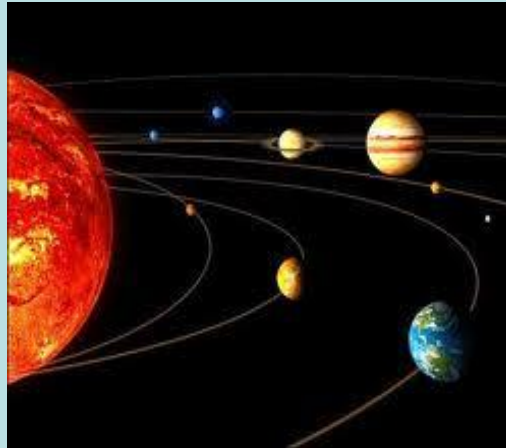
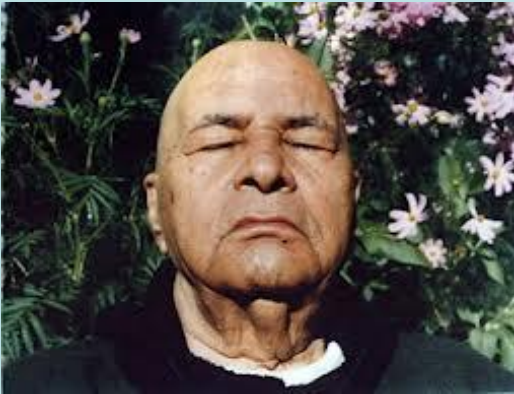


Матерія – це фундаментальне фізичне поняття, пов'язане з усіма об'єктами, що існують у природі та сприймаються людиною через відчуття, проявляється у вигляді речовини і поля.



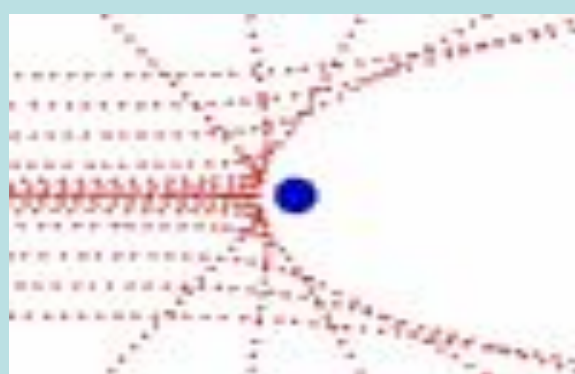
Невід'ємною властивістю і формою існування матерії є рух.

Рух – це різноманітні форми зміни матерії (від простого переміщення до складних процесів мислення).



2. Методи фізичних досліджень

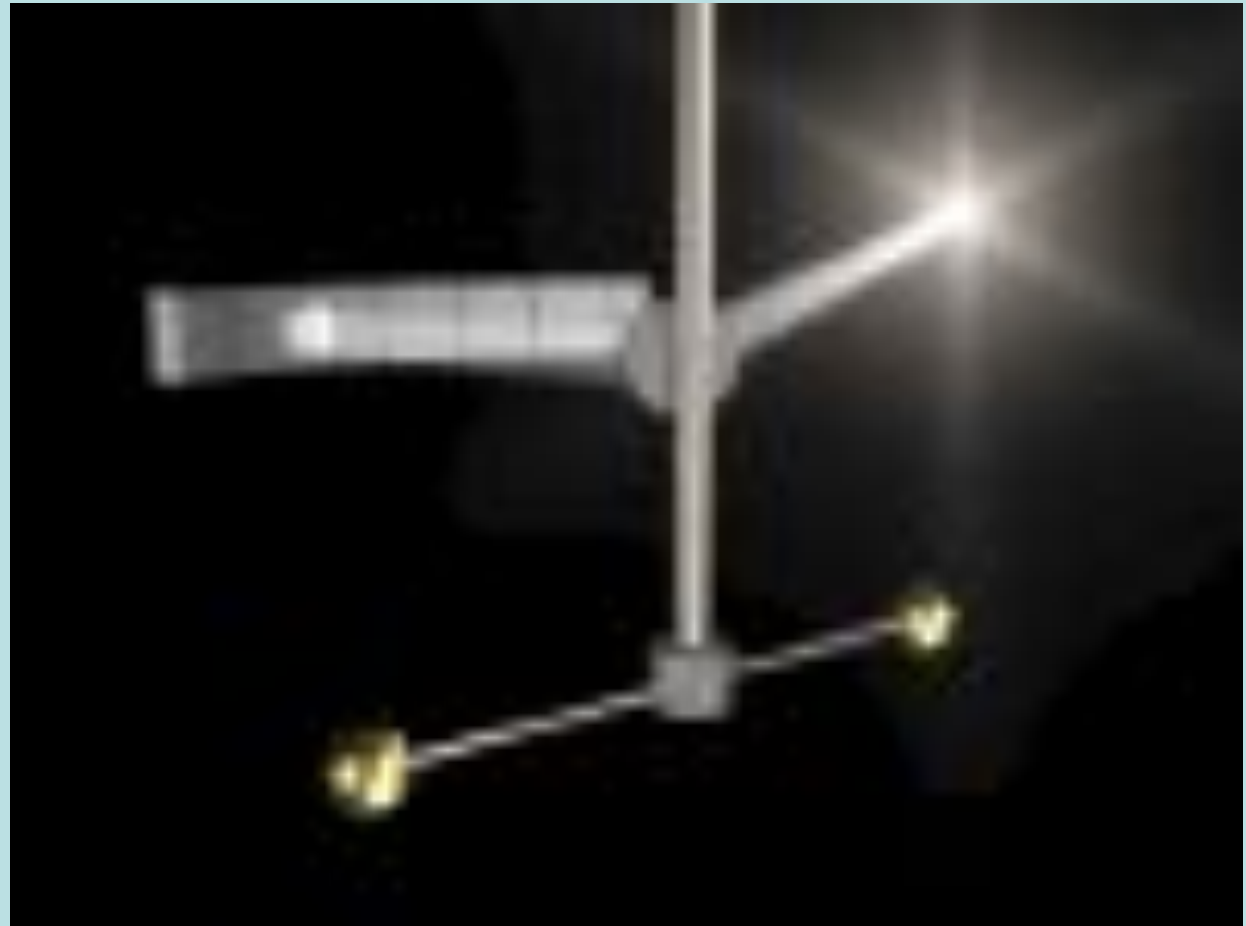
Основним методом дослідження у фізиці є дослід – спостереження явищ природи у відповідних умовах.



Ератосфен Кіренський (III ст. до н.е.) вимірявши довжини тіней від двох однакових стовпчиків опівдні в день літнього сонцестояння у містах Сієн і Олександрія вперше визначив радіус земної кулі



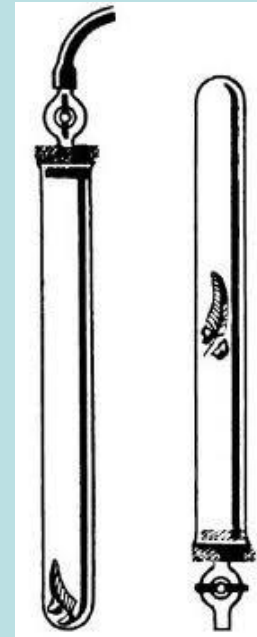
Англ. фізик Генрі Кавендіш експериментально визначив гравітаційну сталу, що дало можливість вперше визначити і масу Землі



Використовуючи похилу площину з гладенькою канавкою посередині, Галілей з'ясував, що швидкість скочування кульки від часу залежить квадратично, чим спростував думку Аристотеля про сталість швидкості



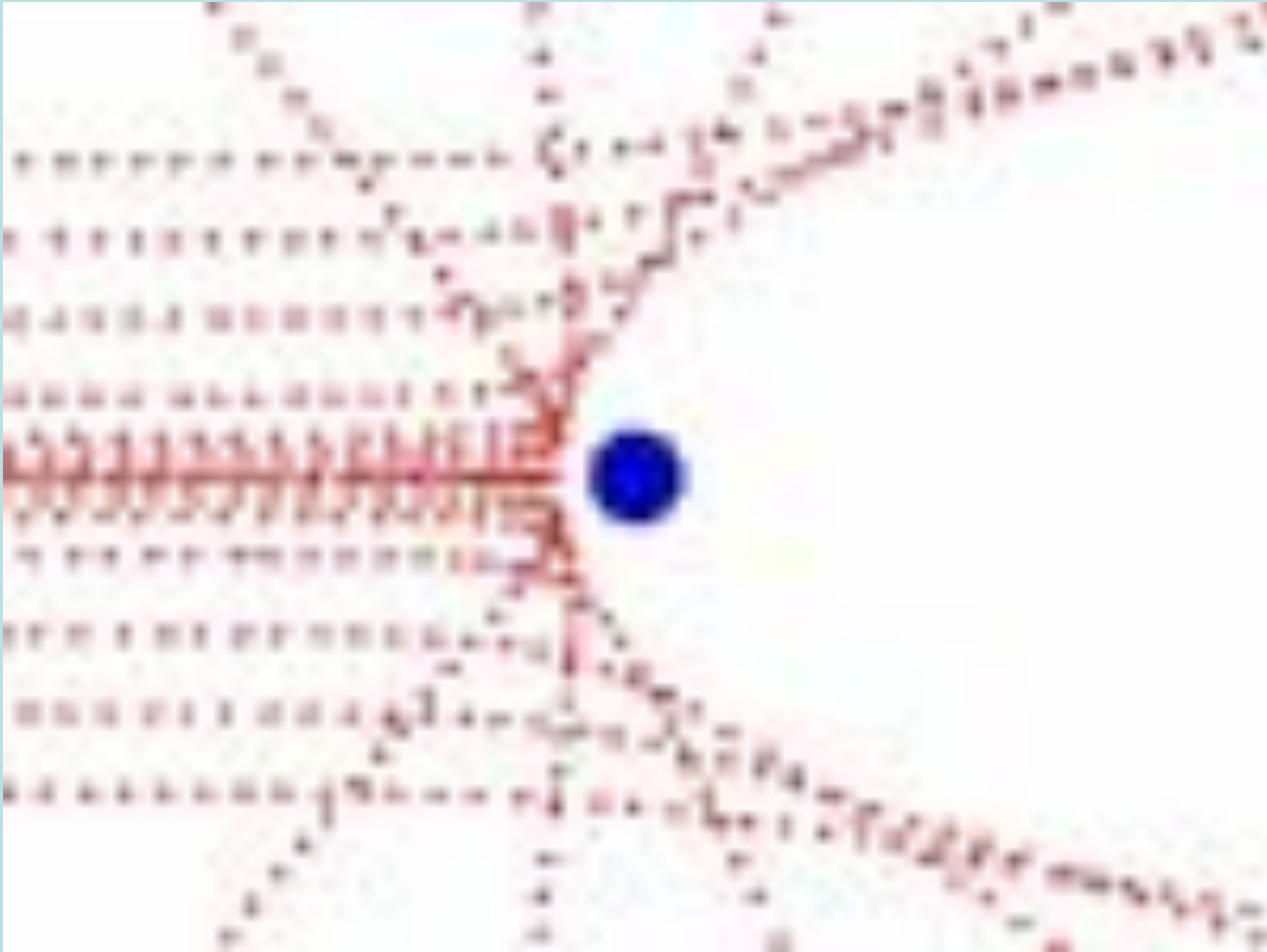
Згідно легенди, Галілео Галілей одночасно кидаючи з Пізанської башти гарматне ядро і кулю дійшов висновку, що в середовищі, повністю позбавленого тертя, всі тіла падали б з однаковою швидкістю



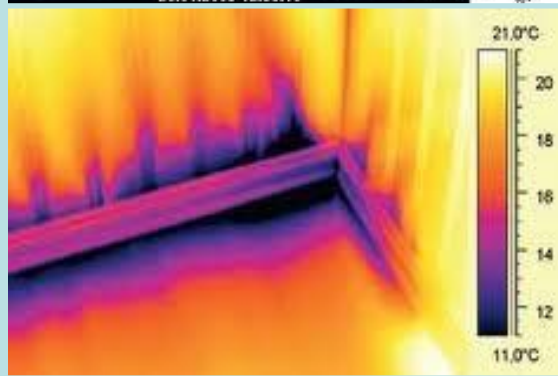
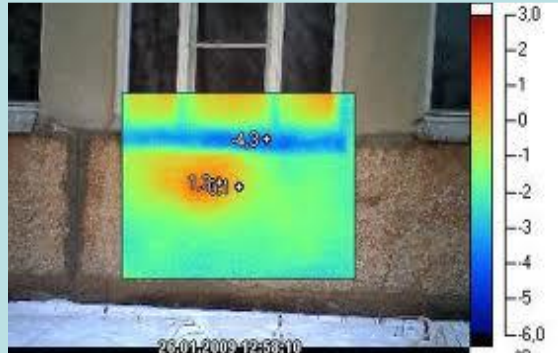
Експеримент І. Ньютона по розкладанню білого світла в спектр при пропусканні через призму



Досліди Резерфорда по розсіянню α -частинок на атомах металеві фолії довели наявність в атомі позитивно зарядженого ядра малих розмірів і великої густини



Фізичні методи дослідження – методи наукових досліджень, що базуються на фізичних законах та явищах, широко застосовуються в різноманітних областях техніки та будівництва, дають можливість отримувати значення різноманітних характеристик властивостей речовин та виробів.



Фізичні методи дослідження дозволяють досліджувати такі властивості будівельних матеріалів:

1) фізичні властивості:

- **структурно-фізичні** – істинна густина, питома вага, середня густина, насипна густина, пористість, порожнистість, будова та структура;
- **гідрофізичні** – гігроскопічність, капілярне всмоктування, водопоглинання, водостійкість, вологість, водовіддача, водо- та паропроникність, гідрофільність, гідрофобність, деформації при зміні вологи (набухання та усадка), морозостійкість;
- **теплофізичні** – теплопровідність, теплоємність, теплостійкість, термічна стійкість, температурні деформації, температуропровідність, теплосвоєння, вогнестійкість, вогнетривкість, жаростійкість;

2) фізико-механічні

- міцність при стиску, розтягу та вигині,
- твердість,
- стиранність,
- опір удару,
- опір зношуванню,
- властивості деформації – пружність, пластичність, крихкість, повзучість, втома, релаксація;

3) фізико-хімічні:

- дисперсність,
- пластичність мінерального тіста,
- когезія,
- адгезія,
- здатність до твердіння та емульгування;

4) хімічні:

- СТІЙКІСТЬ ЩОДО ДІЇ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ,
- КИСЛОТО- та ЛУГОСТІЙКІСТЬ,
- ТОКСИЧНІСТЬ ТОЩО;

5) технологічні:

- технологічність,
- полірувальність,
- подрібнюваність,
- пробійність,
- оброблюваність,
- розпилюваність,
- абразивність,
- формовність,
- розшаровуваність,
- злежуваність тощо;

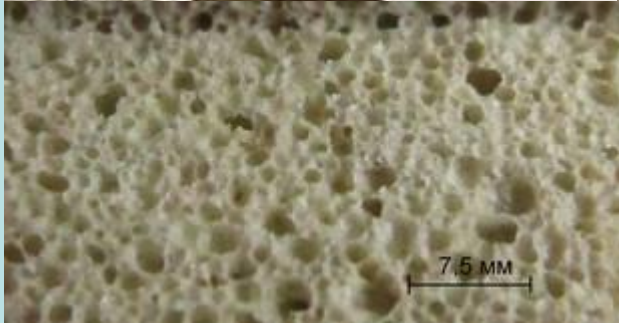
б) спеціальні властивості:

- декоративність (колір, блиск, фактура),
- акустичні властивості (звукопоглинання, звукопроникність, звукоізоляція),
- електропровідність,
- прозорість,
- газопроникність,
- радіаційна непроникність;

7) експлуатаційні властивості:

- атмосферо- та повітростійкість,
- біостійкість,
- корозійна стійкість,
- старіння,
- надійність тощо.

Всі властивості будівельних матеріалів пояснюються їх фізичними властивостями, наприклад, абразивність матеріалу – кристалічною будовою тіла, звукоізоляція – пористою структурою матеріалу, морозостійкість – капілярною будовою тощо.



3. Зв'язок фізики з іншими науками.

Взаємозв'язок фізики та техніки

Фізика тісно пов'язана з іншими природничими науками, такими як астрономія, геологія, хімія, біологія тощо, в результаті чого утворився ряд суміжних дисциплін як астрофізика, біофізика та ін.





Фізика має міцний зв'язок і з технікою. З одного боку фізика розвивалась на потреби техніки (наприклад, розвиток механіки у давніх греків був викликаний запитами будівельної та воєнної техніки того часу),





а техніка визначає напрямок фізичних досліджень (наприклад, задача створення найбільш економічних теплових двигунів у свій час викликала бурний розвиток термодинаміки).





З іншого боку, від розвитку фізики залежить технічний рівень виробництва. Фізика – база для створення нових галузей техніки (електротехніки, ядерної техніки, нанотехнологій тощо).



Дисципліна “**Фізика**” у вищих будівельних навчальних закладах викладається після засвоєння студентами початків математичного аналізу та паралельно іншим розділам „Математики” та „Хімії” і **перед** вивченням дисциплін “Теоретична механіка”, “Опір матеріалів”, “Будівельна механіка”, “Електротехніка”, “Будівельне матеріалознавство”, “Машини та обладнання технологічних процесів”, “Метеорологія”, „Нарисна геометрія, інженерна і комп’ютерна графіка”, „Теорія машин і механізмів”, „Деталі машин”, “Основи охорони праці”, “Безпека життєдіяльності”.

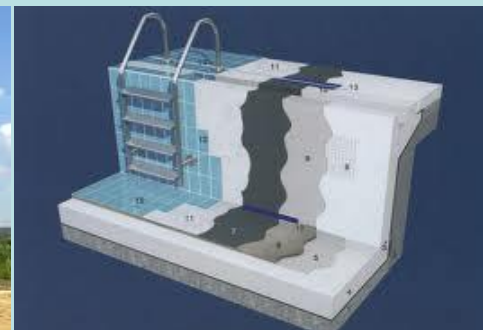
Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка студентів за розділами:

- Фізичні основи механіки.
- Молекулярна фізика і термодинаміка.
- Електрика та магнетизм.
- Коливання та хвилі. Оптика.
- Елементи квантової фізики. Ядерна фізика.

Згідно вимог освітньо-професійної програми з фізики для вищих будівельних навчальних закладів **студенти мають уміти** давати інженерну оцінку явищ і процесів, використовуючи основи фізичних знань, а також оцінювати інженерну, конструктивну та експлуатаційну надійності елементів мереж та будівельних споруд на основі фізичних випробувань і вимірювань, давати екологічну оцінку навколишнього середовища, використовуючи відповідні методи.



В умовах виробничої діяльності, при проектуванні елементів господарських мереж та будівельних споруд, **майбутній спеціаліст має уміти** робити аналіз закономірностей різних процесів на основі інженерно-технічних досліджень, а також робити вибір необхідних методик визначення технічних параметрів.



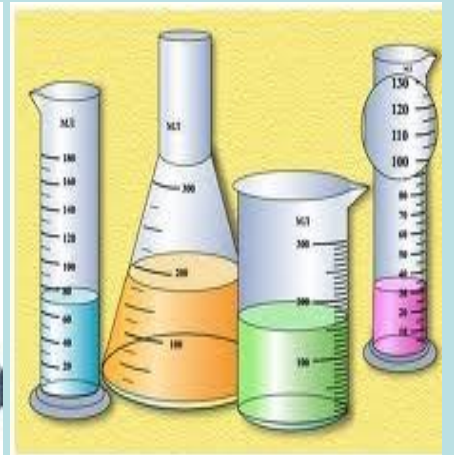
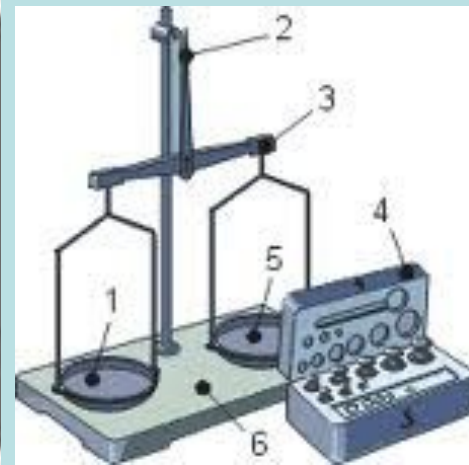
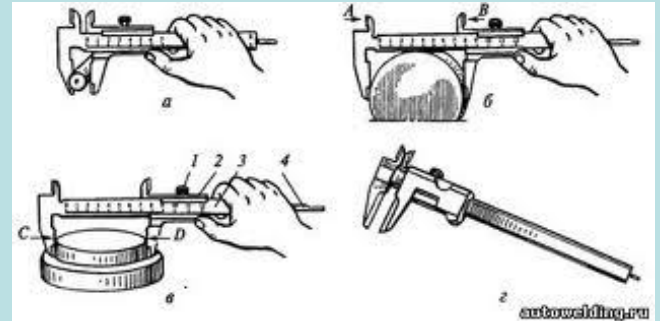
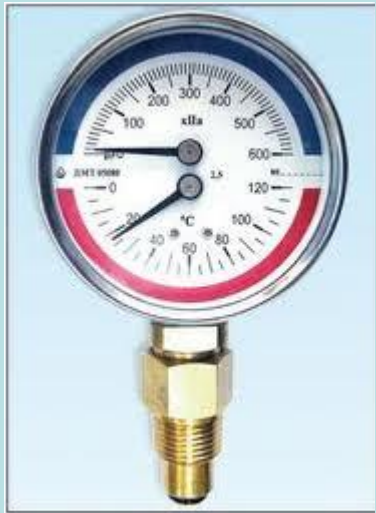
5. Фізичні величини та їх вимірювання.

Міжнародна система одиниць

Всі об'єкти матеріального світу мають притаманні тільки їм характерні властивості, які можуть бути задані фізичними величинами.

Фізична величина – властивість матеріального об'єкту, притаманна в якісному відношенні багатьом тілам, але в кількісному вимірі індивідуальна для кожного такого матеріального об'єкта (довжина, маса, електричний опір деякого тіла, робота деякої сили, тиск, густина тощо).

Вимірюванням називають знаходження чисельного значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів вимірювання.



Всі фізичні величини систематизують та утворюють системи фізичних величин.

З 1 січня 1963 р. було введено Міжнародну систему одиниць (The International System of Units), яку скорочено позначають СІ.

Система СІ містить 7 основних одиниць – метр, кілограм, секунда, Ампер, Кельвін, моль, кандела та 2 допоміжні одиниці – радіан та стерadian.

1. **Метр. 1 м** – довжина шляху, що проходить світло у вакуумі за $1/299\,792\,458$ с.

Вперше 1 метр був визначений в 1891 р. як $1/40\,000\,000$ частина паризького меридіану на основі вимірювання частини дуги меридіану. В 1799 р. було виготовлено еталон метра у вигляді платинової кінцевої міри з точністю 0,1 мікрон.



2. Кілограм. Прототипом **1 кг** є платино-іридієвий циліндр висотою і діаметром 39 мм, який зберігається в Міжнародному бюро мір та вагів в Севрі, поблизу Парижа.

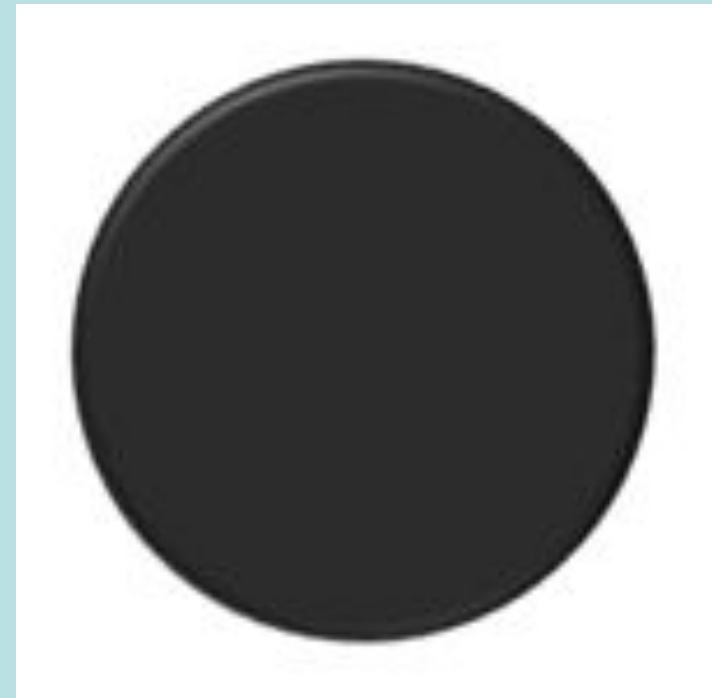
Маса виготовленого еталона на 0,000028 кг є більшою за масу 1 дм³ чистої води при температурі її найбільшої густини 4 °С.



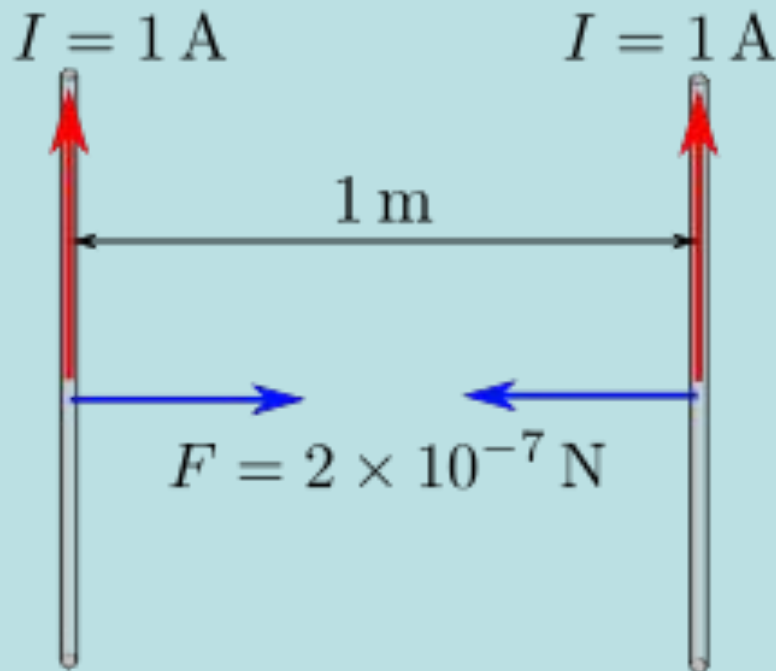
3. Секунда. 1 с – час, який дорівнює 9 192 631 770 періодам випромінювання, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію-133.

До останнього часу секунду пов'язували з обертанням Землі навколо осі та визначали як 1/86 400 частину середньої сонячної доби.

Спостереження показали, що швидкість обертання Землі зменшується, а тривалість доби за кожних 100 років зростає на 0,002 с. Тому похибка визначення секунди досягає величини 10^{-7} с, що є непридатним для сучасної техніки.



4. Ампер. 1 А – сила постійного струму, який при проходженні по двом паралельним прямолінійним провідникам нескінченної довжини та дуже малого поперечного перерізу, розташованих у вакуумі на відстані 1 м один від одного, створює між цими провідниками силу взаємодії, яка дорівнює $2 \cdot 10^{-7}$ Н на кожний метр довжини провідника.

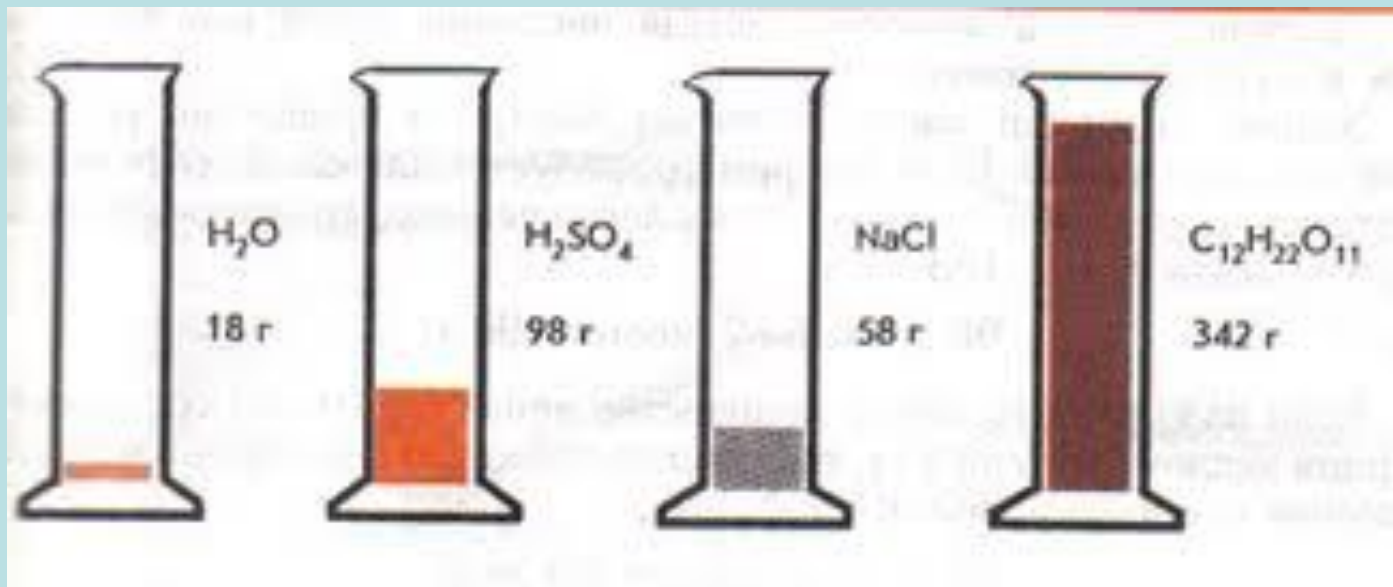


5. Кельвін. 1 K – температура за термодинамічною шкалою, що дорівнює $1/273,15$ частині термодинамічної температури потрійної точки води.

Кельвін на основі другого начала термодинаміки побудував термодинамічну шкалу, яка не залежить від роду термометричної речовини.

Нижньою границею цієї шкали є температура абсолютного нуля, експериментальною точкою – потрійна точка води (температура рівноваги між льодом, водою та водяним паром), яка лежить вище температури плавлення льоду на $0,01 K$.

6. Моль. 1 моль – кількість речовини системи, яка містить стільки ж структурних елементів (молекул, атомів, іонів), скільки атомів вуглецю міститься в 0,012 кг нукліда вуглецю C_{12} .



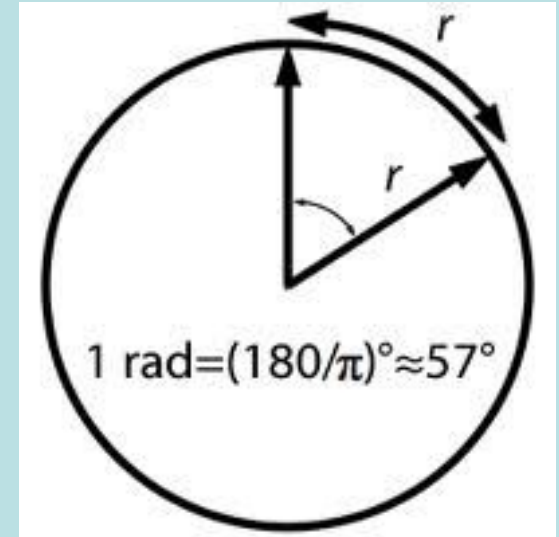
7. *Кандела. 1 кд* (від лат. *Candela* – свічка)

– сила світла в заданому напрямку джерела, яке випромінює монохроматичні промені з частотою $540 \cdot 10^{12}$ Гц, енергетична сила світла якого в заданому напрямку складає $1/683$ Вт/ср.

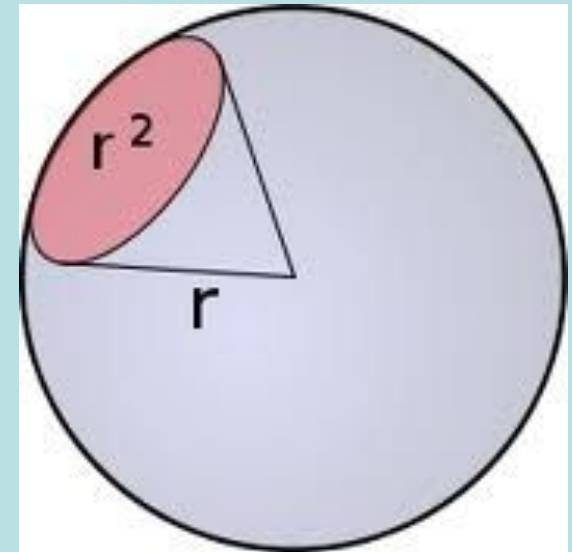


Допоміжні одиниці:

8. **Радіан. 1 рад** – плоский кут, утворений двома радіусами, довжина дуги між якими дорівнює радіусу.



9. **Стерадіан. 1 ср** – тілесний кут з вершиною в центрі сфери, який вирізає на поверхні сфери площу, що дорівнює квадрату радіуса сфери.



Лекція №1. Вступ

1. Предмет фізики
2. Методи фізичних досліджень
3. Зв'язок фізики з іншими науками.
Взаємозв'язок фізики та техніки
4. Структура та мета викладання курсу фізики
5. Фізичні величини та їх вимірювання.
Міжнародна система одиниць