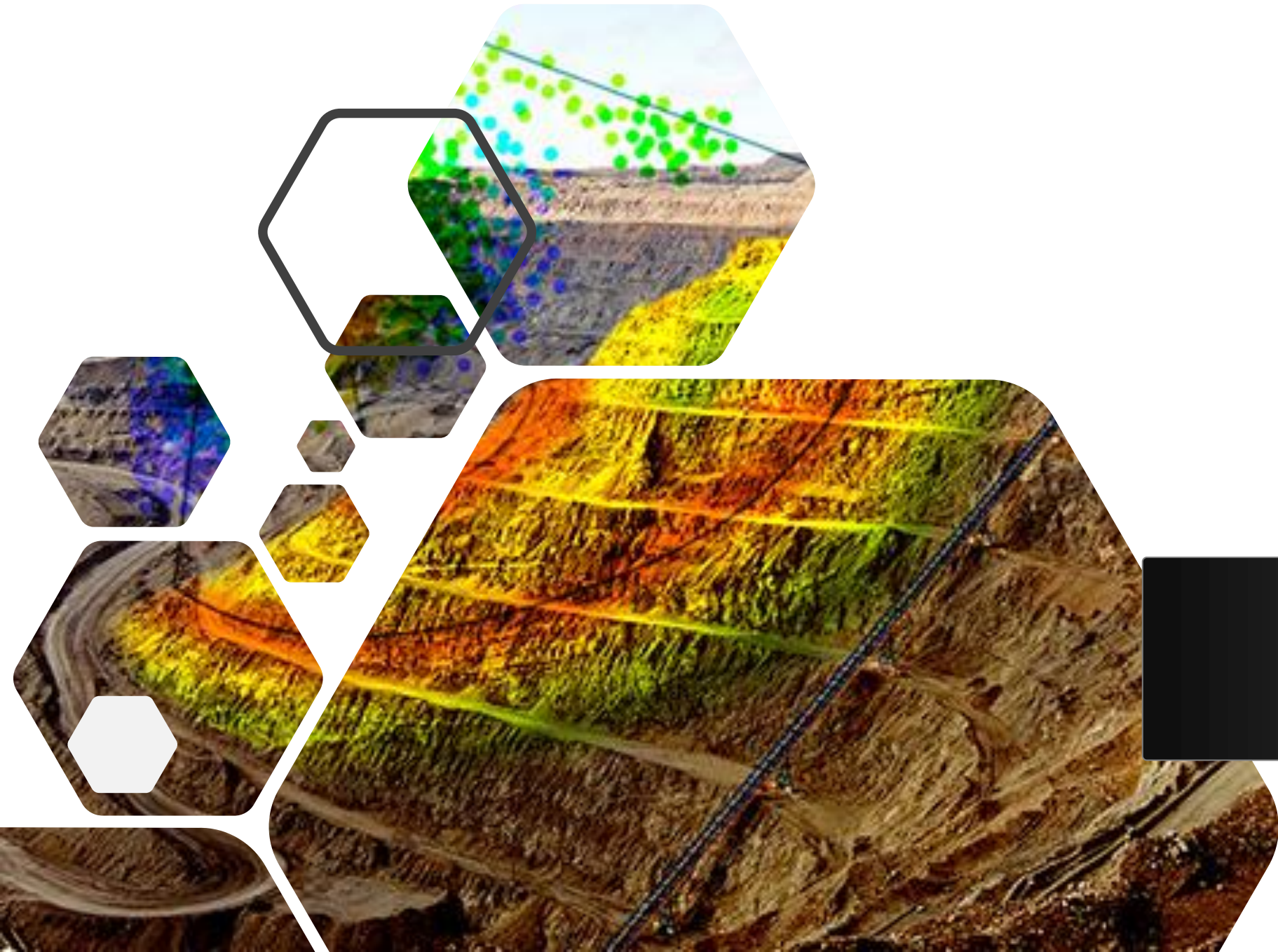


Механіка гірських порід



Силабус

Загальна характеристика дисципліни



Метою навчальної дисципліни є формування у студентів знань про основні гіпотези та закономірності геомеханіки.

Задачі дисципліни – навчити студентів експериментально визначати механічні властивості гірничих порід, моделювати та прогнозувати геомеханічні процеси в породних масивах.

	ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ
1	Вступ до механіки гірських порід	Напруженість та деформація в гірських породах
2	Напруженість та деформація в гірських породах	
3	Методи оцінки міцності гірських порід	Побудова паспорту міцності гірської породи
4	Реологічні властивості гірських порід	
5	Початкові поля напружень у гірських породах	Реологічні властивості гірських порід
6	Напружений стан гірських порід навколо виробок	
7	Розрахунок коефіцієнта запасу стійкості (метод алгебраїчних сум)	Визначення початкового поля напружень
8	КМР 1	
9	Поверхні ковзання відколу: Геометричні методи	Оцінка напруженого стану гірських порід в масиві навколо гірничої виробки
10	Ізотропна відколова поверхня	
11	Стійкість гірських порід: Метод дотичних напружень	Розрахунок коефіцієнта запасу стійкості методом складання алгебраїчних сил
12	Взаємозв'язок фізико-механічних властивостей гірських порід	
13	Довготривала деформація та руйнування	Визначення поверхні ковзання відколу за допомогою геометричних побудов
14	Аналіз стійкості виробок в реальних умовах	
15		Визначення положення поверхні ковзання в ізотропному відкосі та розрахунок коефіцієнта запасу стійкості методом дотичних напружень
16	КМР 2	

Структурний план навчальної дисципліни

Розподіл балів за лекційні та практичні заняття

Практичні роботи

- №1 – 8 балів
- №2 – 5 балів
- №3 – 5 балів
- №4 – 6 балів
- №5 – 6 балів
- №6 – 10 балів
- №7 – 10 балів
- №8 – 10 балів

Контрольні роботи

- Робота №1 – 20 балів
- Робота №2 – 20 балів

Корисні посилання

Для доступу
до
додаткових
матеріалів

<https://learn.ztu.edu.ua/course/view.php?id=319>

Для доступу
до журналу
успішності

https://docs.google.com/spreadsheets/d/11EKshDE5hMptvhZfEIsQ1Q_BDw2xz8G73Qv48e6xcV8/edit?usp=sharing

Для зв'язку з
викладачем

<https://t.me/IgorGHOST> / ihor@ztu.edu.ua



Лекція 1. Основні властивості гірських порід

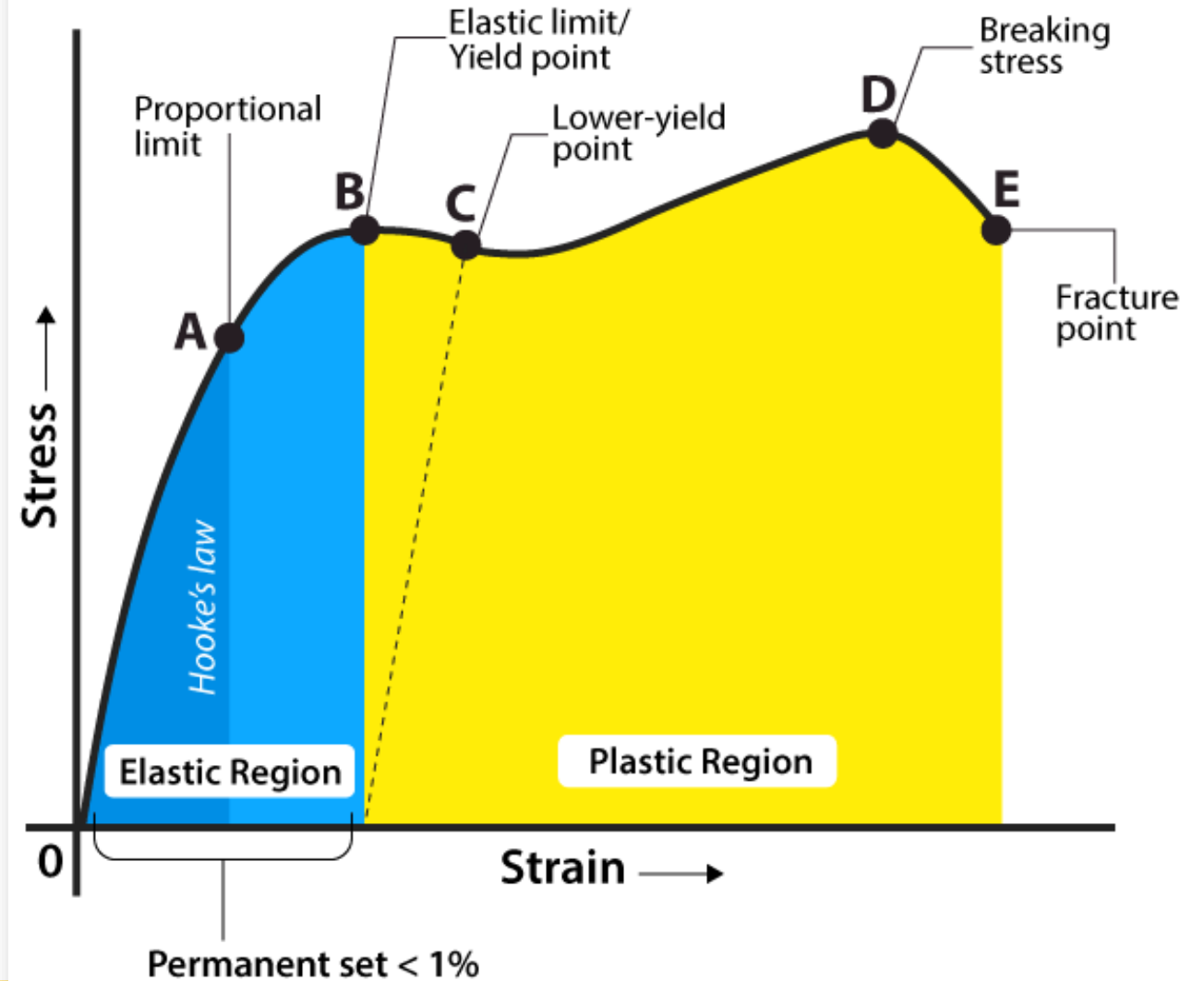
Механічні напруження – міра внутрішніх зусиль, які виникають у тілі під дією механічних сил, і визначається як відношення цих сил до площі перерізу тіла у точці, де визначаються напруження.

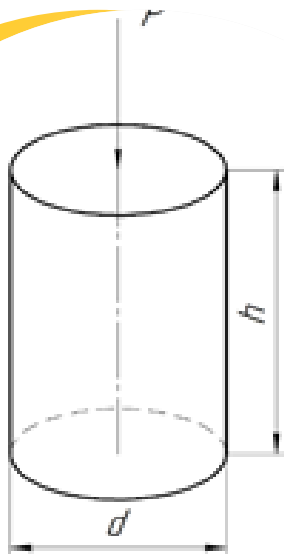
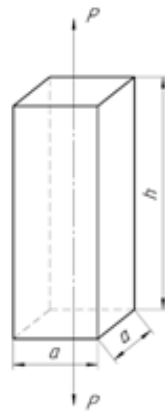
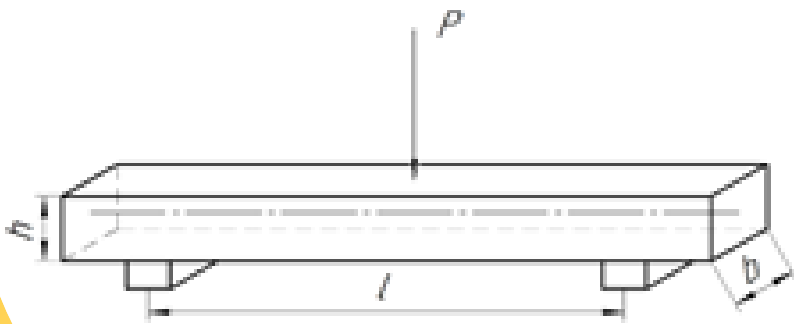
Межею міцності, називають найбільші значення напружень, які здатна витримати гірська порода до руйнування, [Па]:

$$[\sigma] = \frac{P}{F}$$

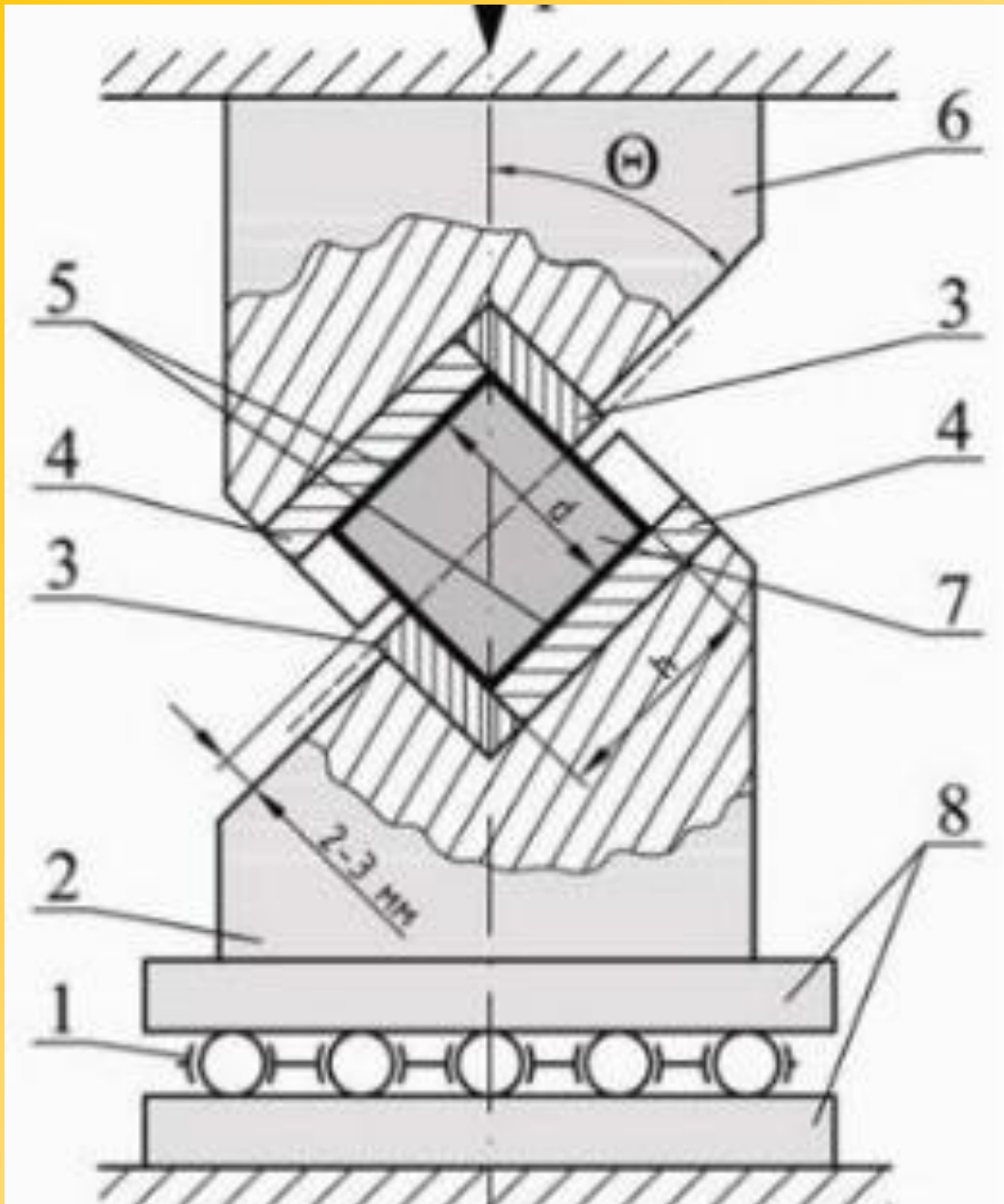
де P – зусилля, при якому руйнується зразок породи,

F – площа поперечного зразка цієї породи





Залежно від виду прикладеного зусилля, розрізняють межу міцності на стиск або міцність на стиск $[\sigma_{\text{ст}}]$ та межу міцності на розтяг або міцність на розтяг $[\sigma_{\text{р}}]$ та межу міцності на згин $[\sigma_{\text{зг}}]$.



Міцність на зсув (зріз) може бути виражена за допомогою аналітичної залежності, яка сформульована теорією міцності Кулона-Мора:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c, [\text{Па}]$$

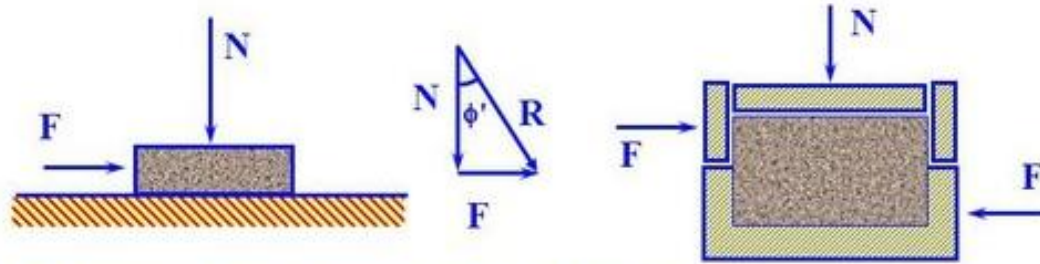
де τ – дотичні напруження при зсуві; σ – нормальні напруження при зсуві; φ – кут внутрішнього тертя; c – зчеплення.

При зрізі порода чинить опір прикладеним навантаженням за рахунок двох факторів: сил зчеплення мінеральних частинок (зчеплення) та сил тертя між цими частинками (кут внутрішнього тертя).

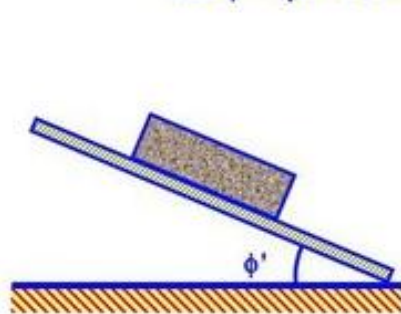
Пристрій випробування на зріз із стисненням:

- 1 – роликоне ліжко; 2 – нижня матриця;
 3 – вкладки; 4 – обойми; 5 – фольга; 6 – верхня матриця;
 7 – зразок; 8 – плити

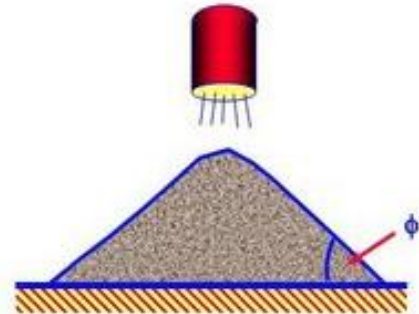
Soil Strength: Angle of Internal Friction ϕ'



ϕ' : Angle of internal friction; μ : coefficient of friction
 $\tan \phi' = \mu = F/N$



ϕ' : Angle of plank when block slides



ϕ' : Angle of repose of sand heap

Кут внутрішнього тертя – кут, який визначає залежність напружень зрізу від прикладених нормальних напружень. (Даний кут характеризує опір породи зрізу за рахунок тертя між частинками гірської породи).

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{dr}{d\sigma}$$

Strain

$$\Delta L/L$$

Stress

$$F/A$$



Young's modulus

$$E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

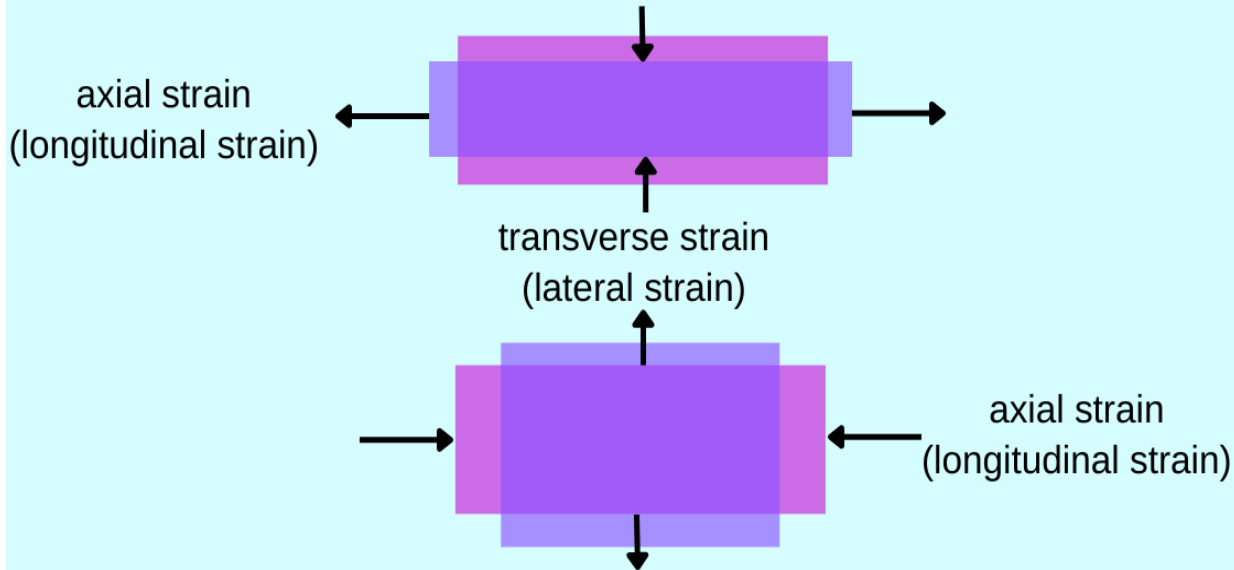
Young's modulus can be used to predict the elongation or compression of an object as long as the stress is less than the yield strength of the material

Пружність – властивість порід змінювати свою форму й об'єм під дією зовнішнього навантаження і відновлювати первісний стан після усунення впливу.

Модуль пружності (модуль Юнга), E – відношення нормальних напружень до відносної лінійної деформації зразка, яка виміряна за напрямом прикладення навантаження:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_1}, [\text{МПа}]$$

$$\nu = -\frac{d\varepsilon_{\text{trans}}}{d\varepsilon_{\text{axial}}} = \frac{\text{lateral strain}}{\text{longitudinal strain}}$$



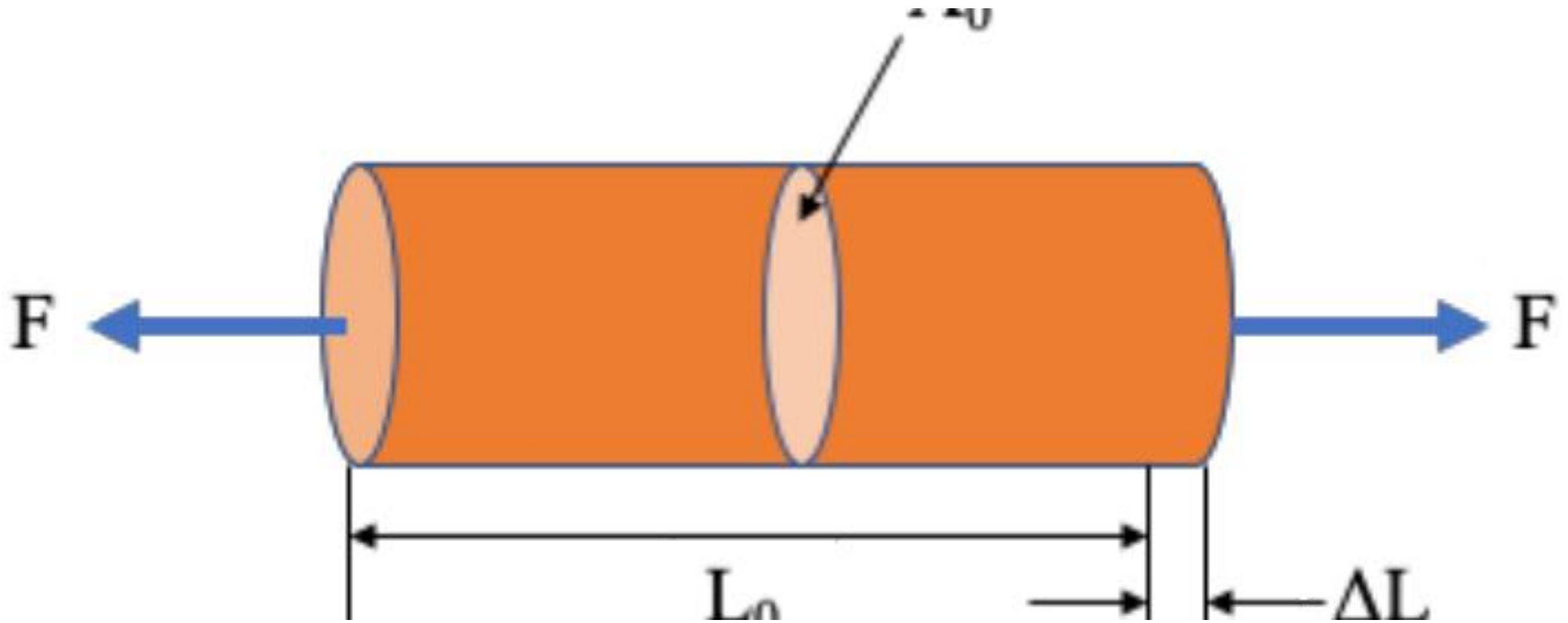
Коефіцієнт Пуассона – це відношення
відносних поперечних $\varepsilon_{\text{поп}}$ і повздовжніх

$\varepsilon_{\text{пов}}$ деформацій:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{\text{поп}}}{\varepsilon_{\text{пов}}} = \frac{\Delta d \cdot l_0}{d_0 \cdot \Delta l}$$

де d_0 і l_0 – поперечний і повздовжній
розміри зразка до деформації, мм;

Δd і Δl – абсолютні поперечна і
повздовжня деформації, мм.

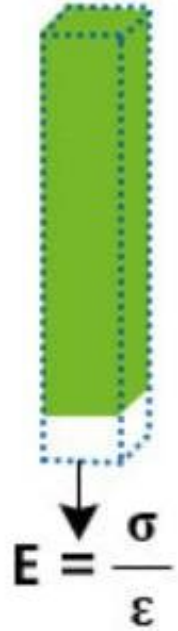


Відносна лінійна деформація – відношення абсолютної лінійної деформації, взятої по модулю, до відповідного розміру зразка:

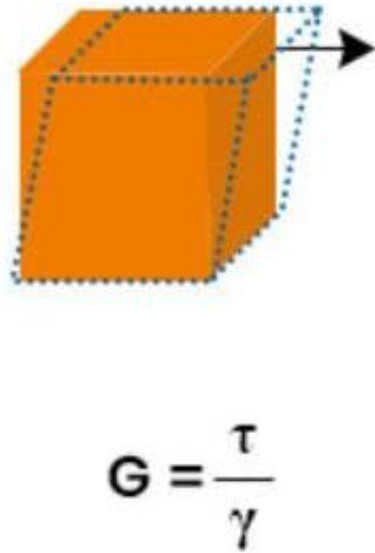
$$\varepsilon_1 = \frac{|\Delta l|}{l} = \frac{|l_d - l|}{l}$$

де Δl – абсолютна деформація; l – початкова довжина зразка; l_d – довжина деформованого зразка.

Young's Modulus



Shear Modulus



$$G = \frac{\tau}{\Theta}$$

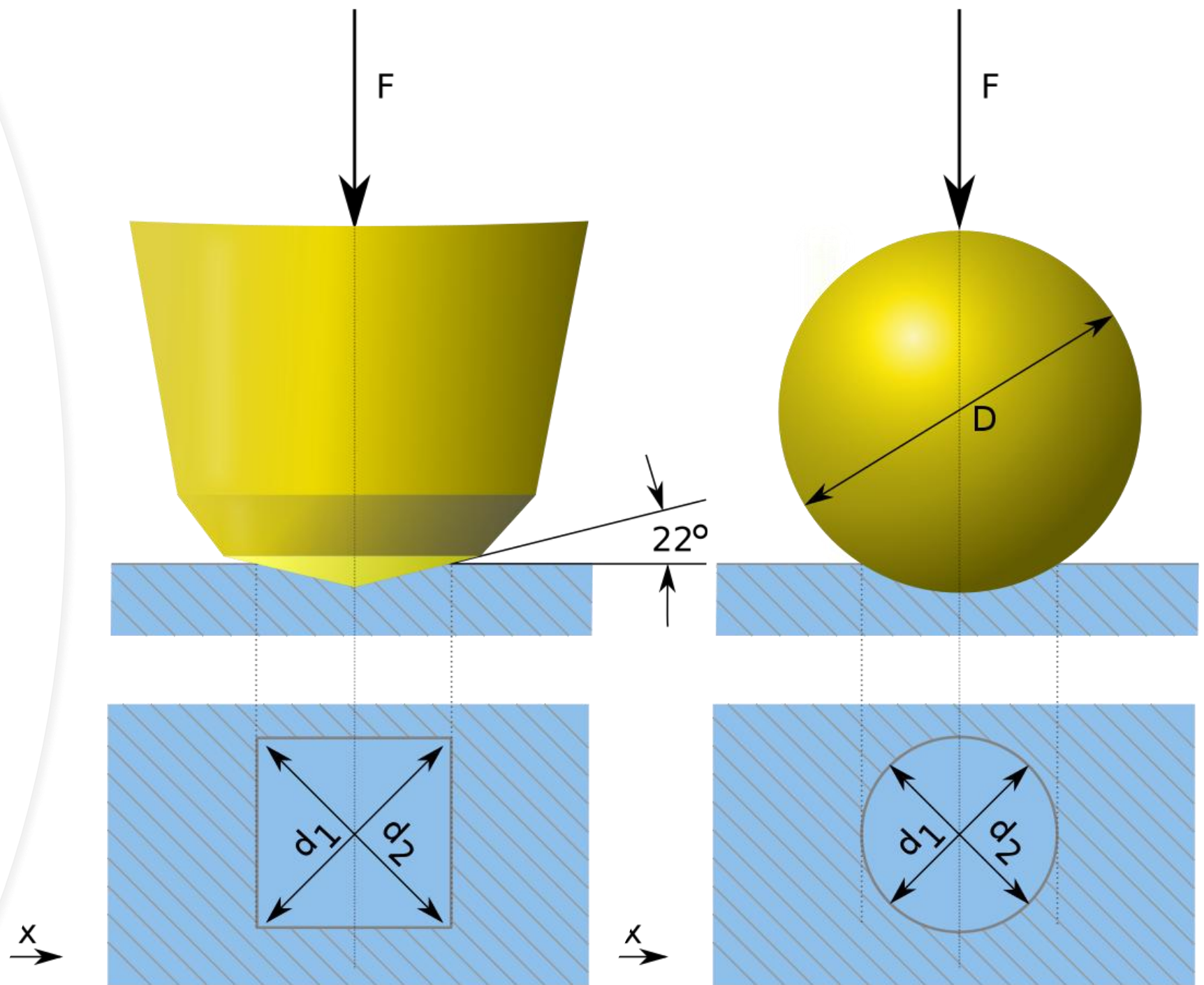
$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

$$\Theta = \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha}{\frac{\pi}{2}}$$

де α - кут нахилу грані зразка після деформування зусиллями зсуву (в радіанах)

Модуль зсуву, G – відношення дотичних напружень до величини відносного зсуву (Θ), МПа.

Твердість – опір породи
вдавлюванню в неї іншого
більш твердого тіла
(індентора), пружною
деформацією якого можна
знехтувати.



Пластичність – властивість порід необоротно деформуватися під дією зовнішніх сил або внутрішніх напружень, тобто зазнавати пластичну (залишкову) деформацію без порушень суцільності матеріалу.

Крихкість – здатність гірських порід набувати незворотніх (залишкових) деформацій після зняття навантаження.

Пружність – властивість порід змінювати свою форму й об'єм під дією зовнішнього навантаження і відновлювати первісний стан після усунення впливу.

Стійкість гірських порід

дуже нестійкі (не допускають оголення покрівлі та боків виробки без кріплення — сипкі, пухкі та пливунні породи)

нестійкі (допускають невеликі за площею оголення покрівлі, боків виробки та вимагають підтримання безпосередньо за вийманням)

середньої стійкості (допускають оголення на відносно невеликій площі без підтримання безпосередньо за вийманням, вимагають підтримання через деякий час),

стійкі (допускають значне оголення та вимагають кріплення лише в окремих місцях)

дуже стійкі (допускають великі площі оголення та не вимагають підтримання)

Додаткові відеоматеріали:

https://www.youtube.com/watch?v=WSRqJdT2COE&ab_channel=TheEfficientEngineer

