

Лекція № 10 - 11

Електричні властивості гірських порід.

Загальні положення.

Електродинаміка вивчає взаємодію електричних і магнітних полів з гірською породою.

Електричне поле виявляється в силовій дії на заряджені тіла і частинки. Величина і напрям дії електричних сил в будь-якій точці простору визначається напруженістю електричного поля E .

Електричне поле характеризується так - же роботою, яку воно може вчинити. Як показник цієї роботи прийнято користуватися потенціалом γ .

Різниця потенціалів між двома точками поля називається напругою U .

Напруженість поля E залежить від властивостей середовища, вплив якої враховується в законі Кулона:

$$F = Q_1 * Q_2 * r^2 / 4\pi\epsilon a,$$

де F – сила взаємодії двох зарядів Q_1 і Q_2 ;

ϵa – коефіцієнт, що враховує властивості середовища і називається абсолютною діелектричною проникністю;

r – відстань між зарядами.

$$\epsilon a = \epsilon * \epsilon_0, \text{ де}$$

ϵ – відносна діелектрична проникність досліджуваної речовини;

ϵ_0 – коефіцієнт пропорційності між силою взаємодії і величиною зарядів, розташованих у вакуумі = 8,85, вона показує в скільки разів напруженість поля в породі менше ніж у вакуумі. Перенесення зарядів з однієї точки провідника в іншу здійснюється електронами і іонами, називається струмом провідності.

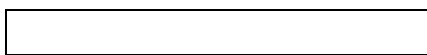
Електропровідність гірських порід.

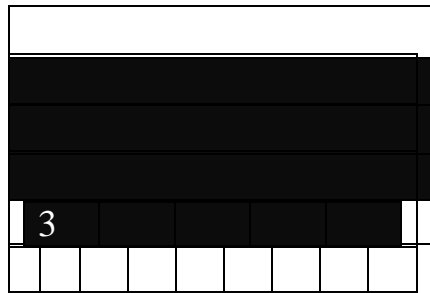
Проходження струму через породи може здійснюватися з перенесенням (іонна і іонно-електронна провідність) і без перенесення речовини (електронна і дірчаста провідність).

По величині електропровідності всі речовини діляться на провідники, напівпровідники і діелектрики.

Квантова теорія пояснює різну електропровідність відмінностями в енергетичній схемі кристалів

1							
2							





- а) провідники б) напівпровідники в) діелектрики
- 1 – валентна зона
2 – зона провідності
3 – заборонена зона.

Вільним носієм струму може стати або електрон, видалений від ядра атома на велику відстань і що знаходиться в зоні провідності. Для того, щоб електрон міг потрапити в зону провідності необхідно, деяка енергетична дія. Величина цієї дії залежить від ширини забороненої зони, що відділяє валентну зону від зони провідності. В провідниках ця зона відсутня, вони легко переходять в зону провідності і стають здатними переносити заряди.

В напівпровідниках ця зона має певну ширину, визначена кількістю енергії затрачуваної електроном для того, щоб він перейшов в зону провідності. Для напівпровідників 1 – 3 електрон-вольти. При цьому електрони можуть перейти в зону провідності, перевищуючи енергію Q .

В діелектриках заборонена зона має ширину, роботою, яка перевищує роботу, що вимагається на відрив іона від вузла кристалічних ґрат, що характеризується (до 8 електрон-вольта і більш).

Тому провідність металів і напівпровідників – електронна, а провідність діелектриків – іонна. Будь-які домішки в діелектриках збільшують їх електропровідність.

Підвищення температури зменшує електропровідність провідників, оскільки збільшені теплові коливання іонів ґрат гальмують рухи електронів. В діелектриках відбувається зворотнє явище. З підвищенням температури рухливість іонів збільшується, зростає їх кінетична енергія і полегшується відрив іонів від ґрат.

Поняття про поляризації гірської породи.

Види поляризації.

Явище виникнення електричного поля на поверхні гірської порід внесених в електричні поля називається поляризацією.

Чисельно поляризація рівна різниці електричних індукцій в даному середовищі і у вакуумі

$$P = \epsilon_0 \epsilon E - \epsilon_0 E = \epsilon_0 E (\epsilon - 1), \text{ або}$$

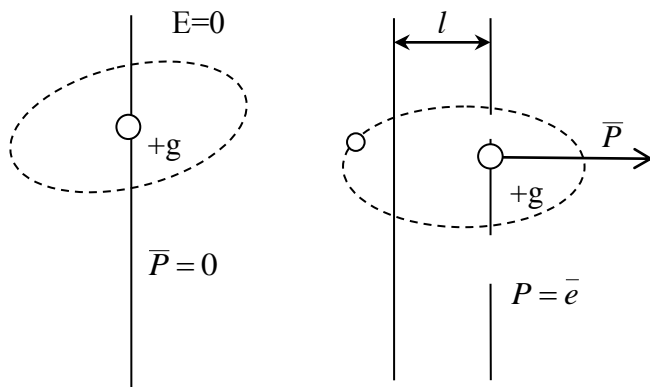
$$P = D - D_0$$

ϵ – міра поляризації породи.

Поляризація відбувається за рахунок зсуву зв'язаних зарядів, як ці заряди можуть виступати як атоми і іони кристалічних ґрат, так і цілі об'єми порід, що опинилися в особливих структурних умовах.

Залежно від механізму поляризації і частинок, виділяють 5 видів поляризації:

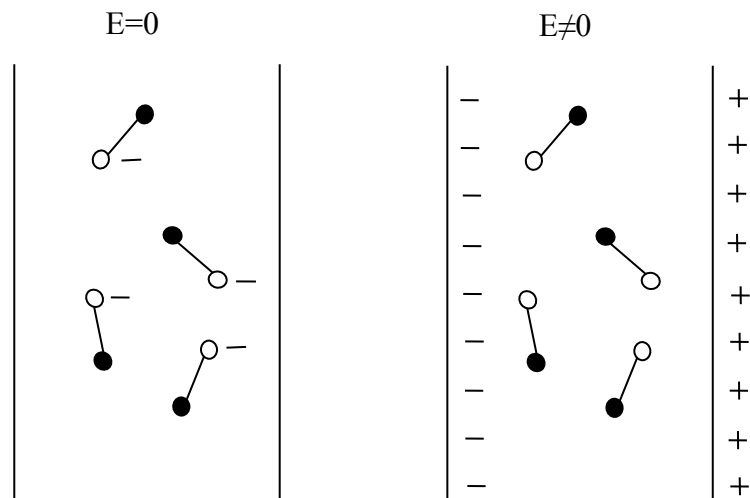
1. Електронна. Р_е., виникає при дії зовнішнього поля в атомах в результаті зсуву електронних орбіт відносно позитивно заряджених ядер.



Електронною поляризацією володіють всі атоми і молекули, вона є найшвидшим видом поляризації.

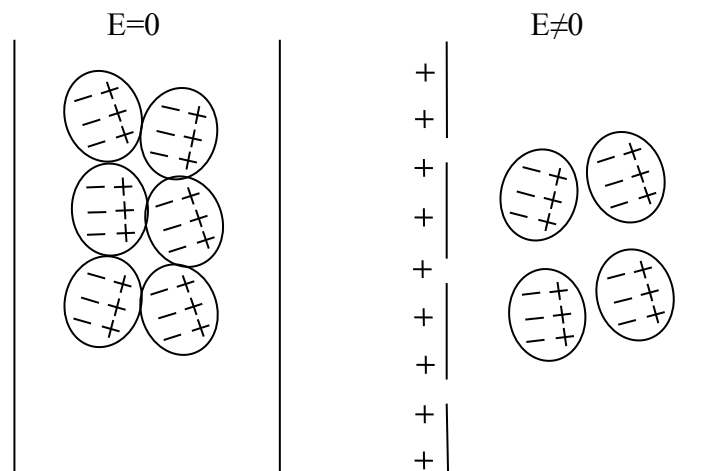
2. Іонна поляризація. $P_{и.}$, утворюється за рахунок зсуву в електричному полі іонів або частинок електричних ґрат з ковалентним зв'язком. При цьому під дією напруги зсовуються вже не електрони, а позитивні і негативні іони.

3. Дипольна поляризація. P_d .



Спостерігається за наявності в породах полярних зв'язків іонів; в цьому випадку, кожна молекула має деякий дипольний момент, не залежний від напруженості зовнішнього поля. Якщо таку породу внести в зовнішнє електричне поле, то диполі орієнтуюватимуться по силових лініях зовнішнього поля, і при цьому поляризуватиметься весь об'єм породи.

4. Макроструктурна (об'ємна). P_m . Поляризація виникає в багатозфазній системі, що складається з кристалів, що володіють різними електричними властивостями, і порожнистості заповнених рідиною і повітрям.



При внесенні породи в електричне поле вільні електрони і іони, що містяться провідних і напівпровідних включеннях, починають переміщатися в межах кожного включення. В результаті кожне включення придбаває дипольний момент і поводить себе подібно великій молекулі.

5. В гірських породах має місце також повільна електрохімічна поляризація. Рэх. причиною, якою є:

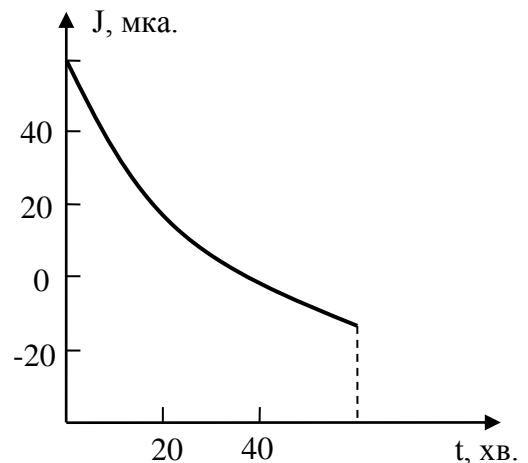
1. окислювально-відновні процеси;
2. процеси, характерні появою в місцях виходу і входу струму продуктів електролізу, газів і ін.

Електрохімічна поляризація викликає спад струму в зразку гірської породи з часом.

Сумарна поляризація породи ϵ , середній дипольний момент одиниці її об'єму і рівна

$$P = P_{\epsilon} + P_{и} + P_{д} + P_{м} + P_{эх};$$

Під впливом електричного поля в породах виникає явище електрострикції – це явище виникнення механічних напружень в гірських породах під дією зовнішніх електричних полів. Вона пропорційна квадрату напруженості зовнішнього поля і обернено пропорційна абсолютній діелектричній проникності.



Діелектричні втрати.

У зв'язку із запізнюванням повільних видів поляризації в породах при змінному струмі розсівається енергія і вони нагріваються. Розсіювану таким чином потужність називають діелектричними втратами релаксацій. Ці втрати характеризуються кутом діелектричних втрат, який можна уявити як кут, доповнюючий кут зсуву фаз. Між повним змінним струмом, що проходить через конденсатор, заповнений діелектриком і напругою між обкладаннями конденсатора.

Особливі електричні явища в гірських породах.

Як відомо, існує 32 кристалографічних класи мінералів.

З них 11 мають центр симетрії. Ці мінерали не володіють ніякими особливими електричними властивостями і підкоряються розглянутим закономірностям. Ним, як і всім твердим тілам, властива електрострикція. Мінерали решти кристалографічних класів ацентричні – для них характерний п'єзоелектричний ефект.

Явище п'єзоелектрики полягає в поляризації кристала додатком до нього механічних напружень. Так, навантаживши монокристал кварцу, одержують різнойменні заряди на його протиставлених площинах. Цей ефект, на відміну

від електрострикції, обернемо: додаток до кварцу електричного поля викликає деформацію кристала (значно більшу, ніж при електрострикції).

Десять кристалографічних класів з числа п'єзоелектриків мають особливі осі, в позитивному і негативному напрямках, яких властивості кристалів різні. Ці кристали мимовільно поляризовані. Величина їх поляризації залежить від температури. Вони називаються поліелектриками.

При нагріванні кристала поліелектрика один його кінець заряджає позитивно, а інший – негативно.

У частинок піроелектриков напрям мимовільної поляризації можна змінити зовнішнім електричним полем. Ця група мінералів носить назву сегнетоелектриков. Сегнетоелектричеськіє властивості можуть проявляти мінерали кубічної, тетрагона, ромбічної і моноклінною сингонії.

Практично всі мінерали – діелектрики і слабкі напівпровідники здатні поляризуватися при терті. Це явище називається трибоелектричністю.

Існує загальна закономірність, згідно якої при терті двох діелектриків один об одного позитивний заряд придбає той діелектрик, у якого діелектрична проникність більше.