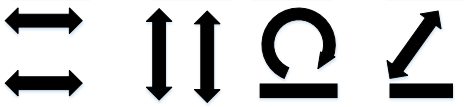
Geophysical Methods

Seismic Method

- Reflection
- Refraction
- Seismic Waves
  - Body Waves
    - P Wave
    - S Wave
  - Surface Waves
    - Rayleigh
    - Love



Electrical Methods

In geophysics, the electrical method is a technique used to study the subsurface properties of the Earth by measuring the electrical resistivity of different materials underground

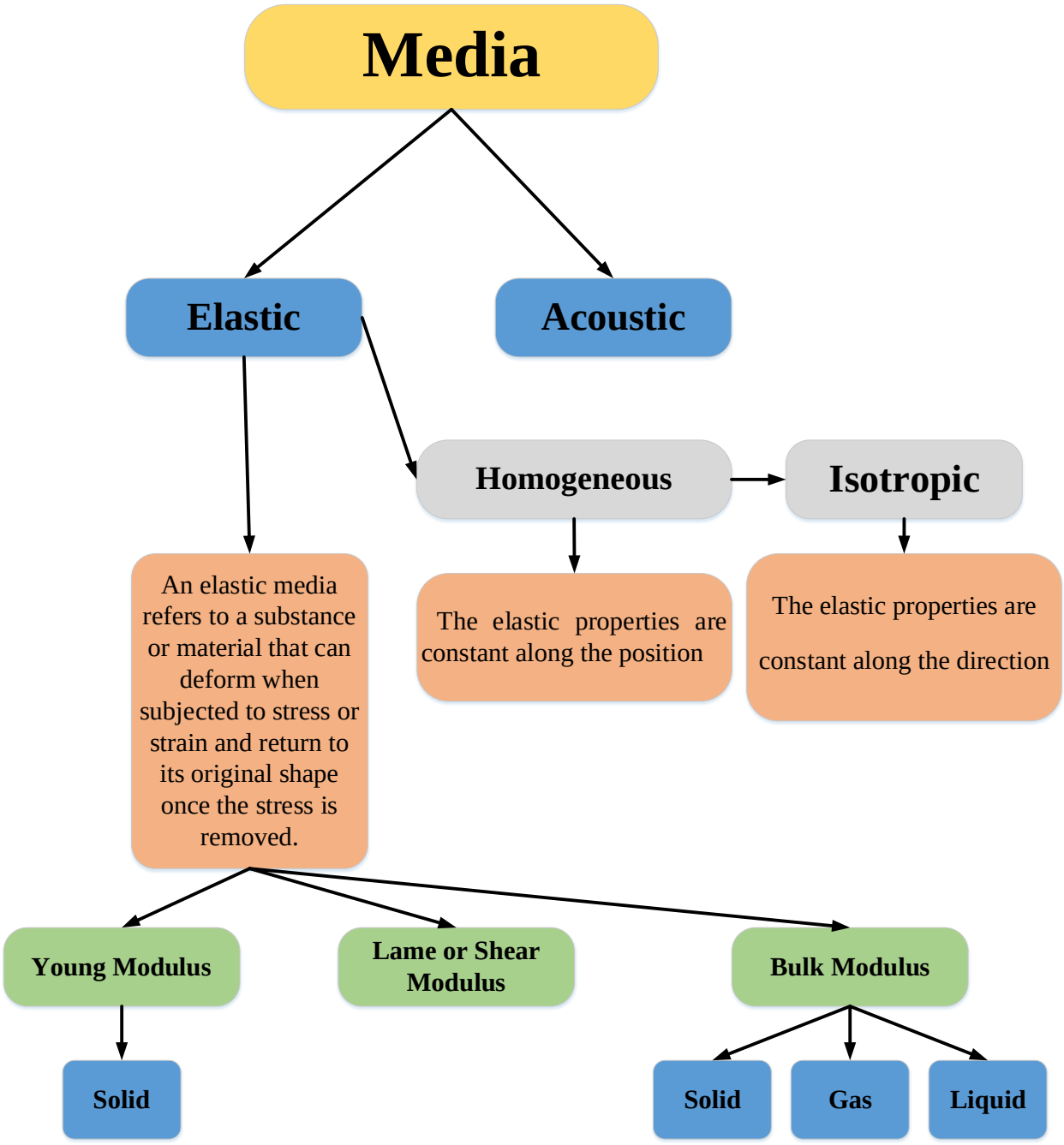
In this method, electrodes are placed on the Earth's surface, and a small electrical current is passed through the ground between them. The potential difference (voltage) is then measured between other electrodes to determine the resistivity of the subsurface materials.

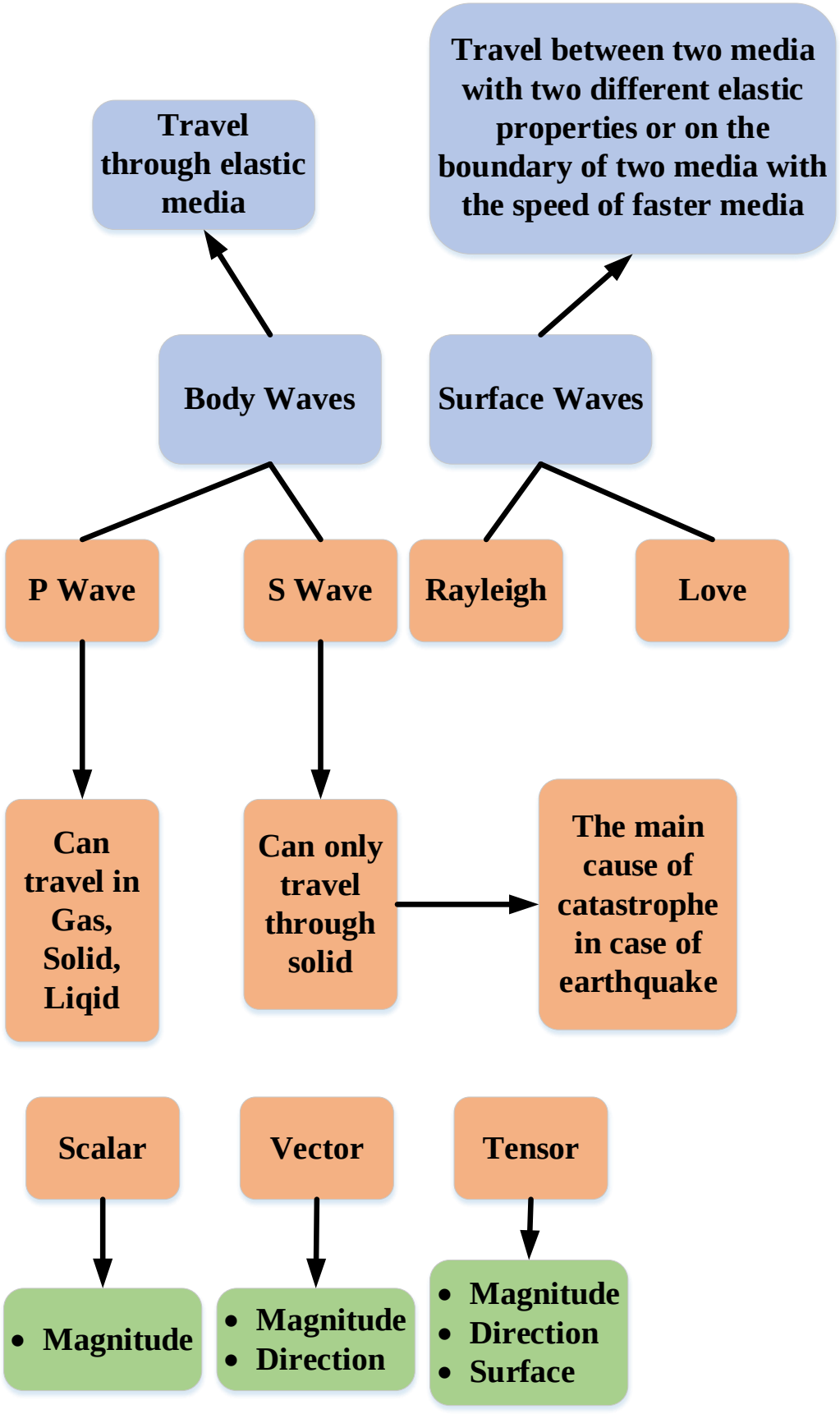
Electromagnetic Methods

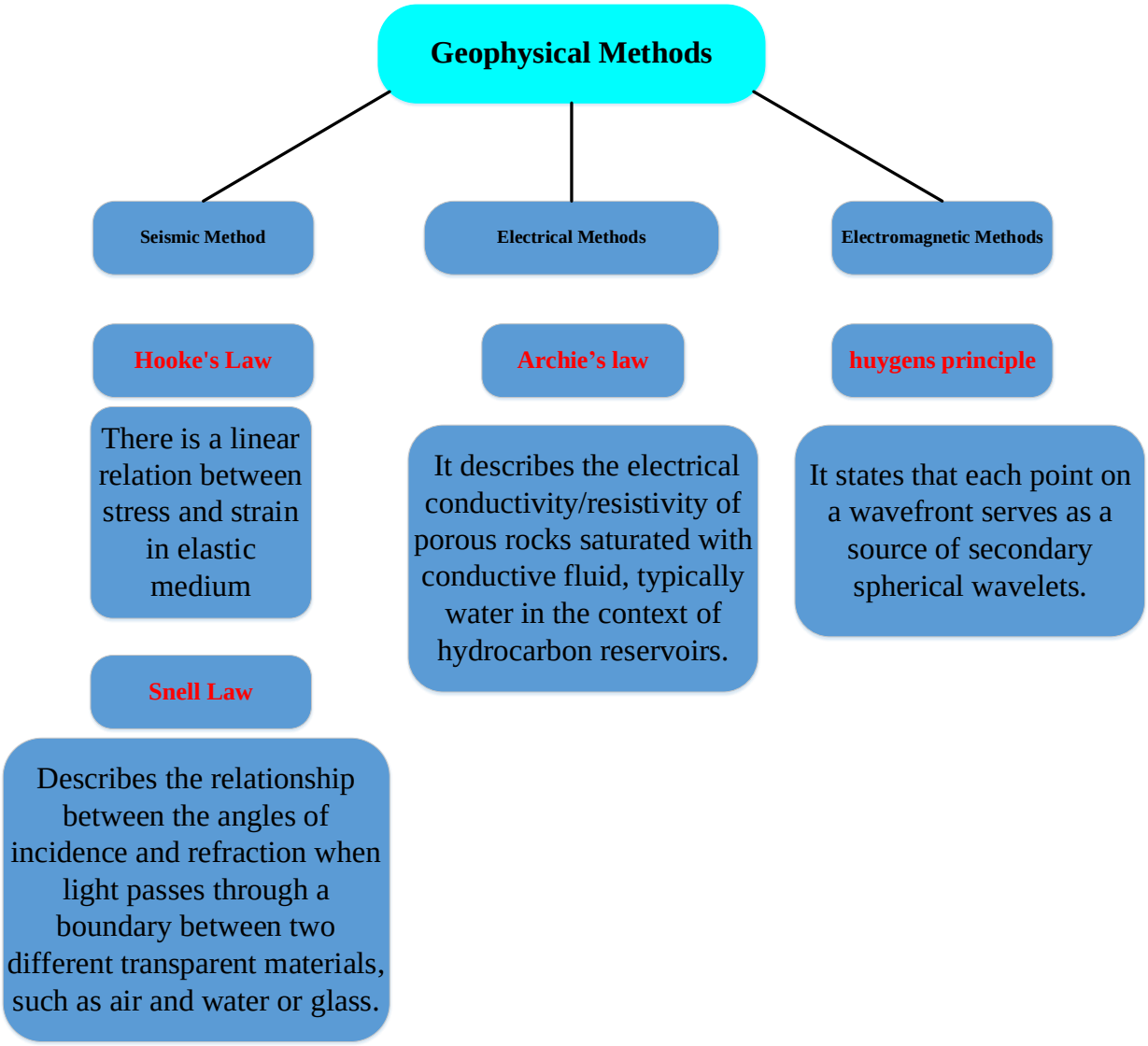
Measure the modifications produced by the conductivity of the target on an artificially or naturally generated EM field

When the electromagnetic field encounters subsurface materials with different electrical conductivity, it induces electrical currents to flow within these materials. Conductive materials, such as metal ores or saline groundwater, will produce stronger induced currents compared to less conductive materials, such as rocks or dry soil.

Geophysical Methods	Seismic Method	Electrical Methods	Electromagnetic Methods
Range of penetration	a few meters to several kilometers	a few meters to hundreds of meters	a few meters to several kilometers
Applications	• Oil and gas reservoirs • Rock layers and stratigraphy • Fault lines and fractures • Subsurface water bodies (aquifers) • Caves and underground voids	• Groundwater (variation in water content affects conductivity) • Ore bodies (conductive minerals may indicate mineral deposits) • Soil types and composition • Fractures and faults (may affect electrical conductivity)	• Groundwater (changes in water content affect electrical conductivity) • Mineral deposits (variations in conductivity or magnetic susceptibility) • Archaeological features (variations in subsurface materials) • Mapping geological structures (e.g., faults, folds) based on electrical conductivity contrasts


Media
Elastic
Acoustic
Homogeneous
Isotropic
An elastic media refers to a substance or material that can deform when subjected to stress or strain and return to its original shape once the stress is removed.
The elastic properties are constant along the position
The elastic properties are constant along the direction
Young Modulus
Lame or Shear Modulus
Bulk Modulus
Solid
Solid
Gas
Liquid


Travel through elastic media
Travel between two media with two different elastic properties or on the boundary of two media with the speed of faster media
Body Waves
Surface Waves
P Wave
S Wave
Rayleigh
Love
Can travel in Gas, Solid, Liqid
Can only travel through solid
The main cause of catastrophe in case of earthquake
Scalar
Vector
Tensor
Magnitude
Magnitude
Direction
Magnitude
Direction
Surface


Geophysical Methods
Seismic Method
Electrical Methods
Electromagnetic Methods
Hooke's Law
Archie's law
huygens principle
There is a linear relation between stress and strain in elastic medium
It describes the electrical conductivity/resistivity of porous rocks saturated with conductive fluid, typically water in the context of hydrocarbon reservoirs.
It states that each point on a wavefront serves as a source of secondary spherical wavelets.
Snell Law
Describes the relationship between the angles of incidence and refraction when light passes through a boundary between two different transparent materials, such as air and water or glass.

Geophysical Methods

Seismic Method

Reflective index

- By velocity we can find the type of material
- By intercept time we can find the thickness of layer

Electrical Methods

Materials' resistivity

- By measuring the resistance we can find out what a layer is consists of

Electromagnetic Methods

Conductivity of materials

- By induced current field properties we can find out what it is

Limitations

- **Limited Resolution**: Seismic imaging resolution is generally lower compared to other methods, making it challenging to detect small-scale features or subtle variations in subsurface properties.
- **Attenuation Effects**: Seismic waves can lose energy as they propagate through the subsurface, limiting penetration depth and resolution, particularly in highly attenuative materials.
- **Surface Accessibility**: Seismic surveys are often conducted using surface-based equipment, which may be impractical or costly in areas with difficult terrain or surface obstructions.
- **Interpretation Complexity**: Interpreting seismic data requires expertise and can be complex, especially in areas with complex geological structures or where seismic reflections are ambiguous

- **Depth Resolution**: Electrical methods may have limited depth resolution, particularly in heterogeneous subsurface conditions where electrical properties vary rapidly with depth.
- **Near-Surface Effects**: Near-surface variations in soil properties and surface infrastructure (e.g., buildings, roads) can affect electrical measurements and complicate interpretation.
- **Electrode Placement**: Achieving optimal electrode configurations can be challenging, especially in urban or densely vegetated areas, which may result in reduced data quality and interpretation uncertainty.
- **Temperature and Moisture Effects**: Changes in temperature and moisture content can affect electrical conductivity measurements, leading to inaccuracies in interpretation.

- **Depth Resolution**: The resolution of electromagnetic methods is often limited by the wavelength of the electromagnetic waves, which can restrict their ability to detect small-scale subsurface features.
- **Conductivity Variations**: Electromagnetic methods are sensitive to variations in subsurface electrical conductivity, but interpretation may be complicated by factors such as lateral changes in conductivity and the presence of conductive near-surface materials.
- **Cultural Interference**: Electromagnetic surveys can be affected by cultural interference from power lines, metal objects, and other electromagnetic sources, particularly in urban areas.
- **Depth Penetration**: The depth penetration of electromagnetic methods varies depending on the frequency and conductivity of the subsurface materials, with higher frequencies generally providing shallower penetration.

EM wave in a medium

An electric field E applied to a (homogeneous isotropic) material produces a movement of the charges in the medium. The associated current flow J [amps/m^2] is given by (in general this relation is vectorial)

$$J = \sigma E + \varepsilon \frac{dE}{dt}$$

Conduction current (ions moving…)

Displacement current (re-orientation of molecules)

where σ is the conductivity [siemens/m], and ε the dielectric constant.

EM wave in a medium

$$J = \sigma E + \varepsilon \frac{dE}{dt}$$

For a sinusoidal wave $E=E_0 \cos(2\pi f_0 t)$

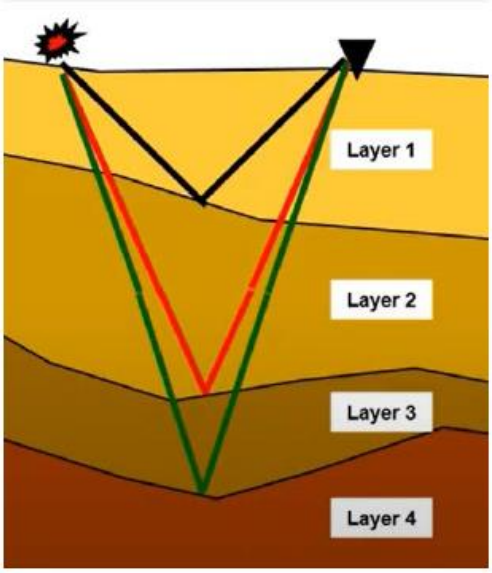
$$J = \sigma E_0 \cos(2\pi f_0 t) + \varepsilon\, 2\pi f_0 E_0 \operatorname{sen}(2\pi f_0 t)$$

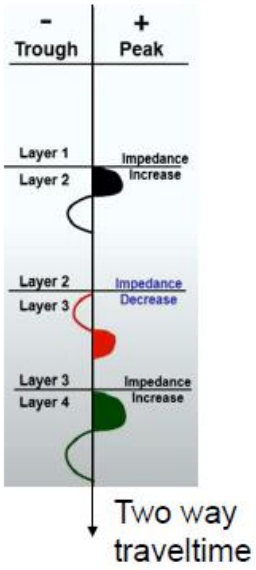
Conductivity Meters and Metal Detector $f << \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon}$ $f >> \frac{\sigma}{2\pi\varepsilon}$ **Ground Penetrating Radar**

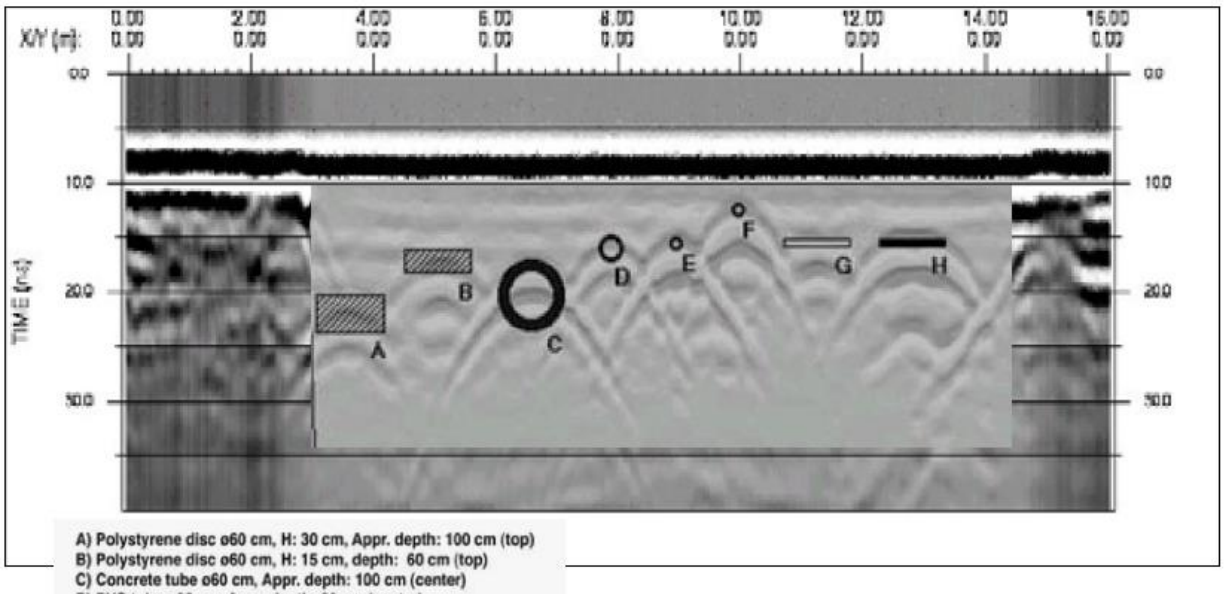
Depending on the frequency, the first and/or the second term become predominant, and so the associated variable, σ or ε

The "transition" frequency is around 10MHz

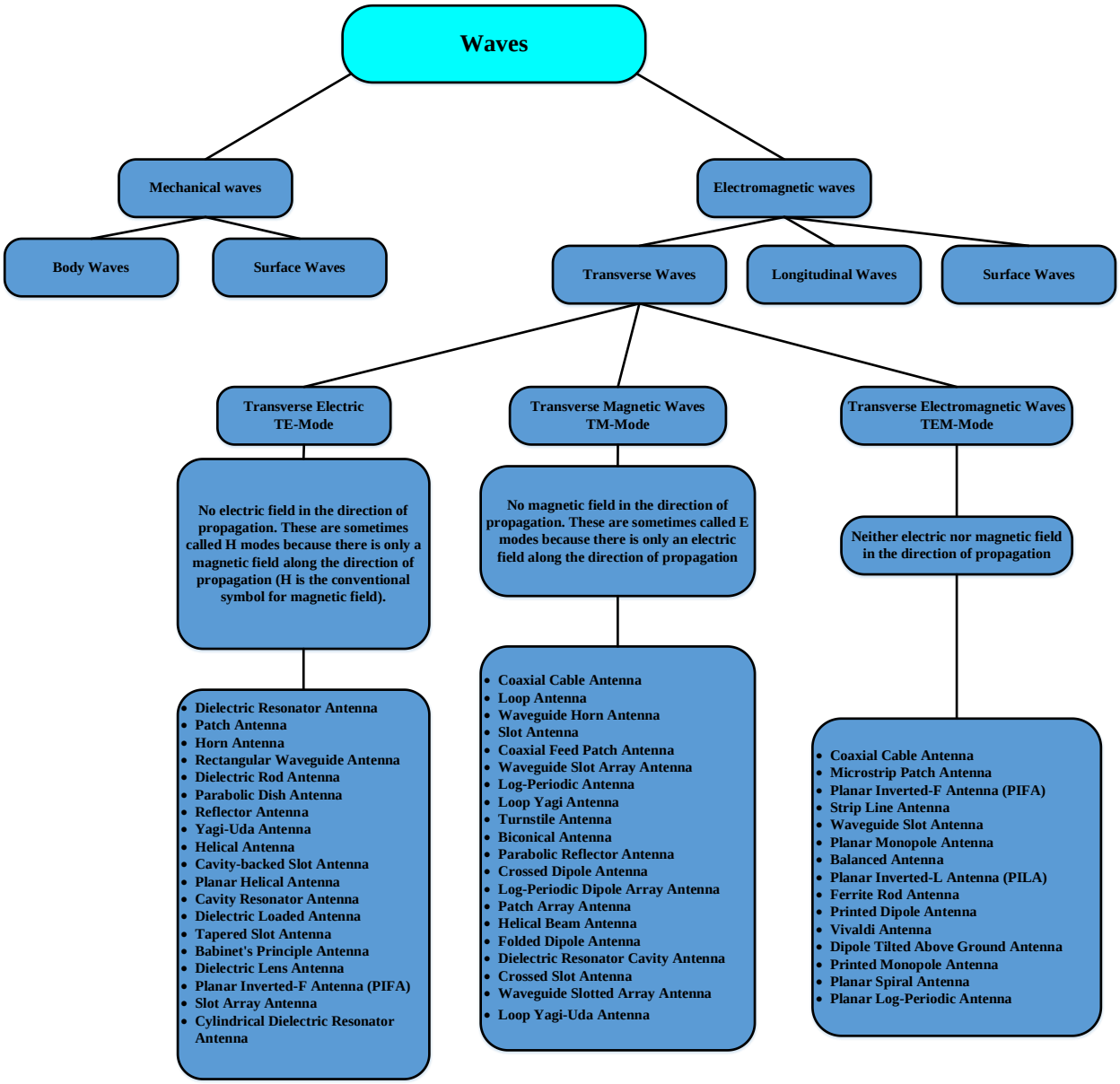
Seismic trace (recording of one geophone)







A) Polystyrene disc ø60 cm, H: 30 cm, Appr. depth: 100 cm (top)
B) Polystyrene disc ø60 cm, H: 15 cm, depth: 60 cm (top)
C) Concrete tube ø60 cm, Appr. depth: 100 cm (center)
D) PVC tube ø20 cm, Appr. depth: 60 cm (center)
E) Iron tube ø6.35 cm, Appr. depth: 60 cm (center)
F) Iron tube ø6.35 cm, Appr. depth: 30 cm (center)
G) Wood disc ø60 cm, H: 4 cm, Appr. depth: 60 cm (top)
H) Iron disc ø60 cm, H: 4 cm, Appr. depth: 60 cm (top)

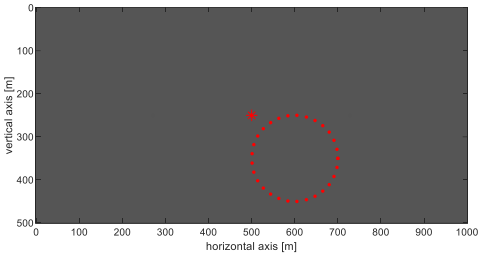

Waves
Mechanical waves
Electromagnetic waves
Body Waves
Surface Waves
Transverse Waves
Longitudinal Waves
Surface Waves
Transverse Electric
TE-Mode
Transverse Magnetic Waves
TM-Mode
Transverse Electromagnetic Waves
TEM-Mode
No electric field in the direction of propagation. These are sometimes called H modes because there is only a magnetic field along the direction of propagation (H is the conventional symbol for magnetic field).
No magnetic field in the direction of propagation. These are sometimes called E modes because there is only an electric field along the direction of propagation
Neither electric nor magnetic field in the direction of propagation
Dielectric Resonator Antenna
Patch Antenna
Horn Antenna
Rectangular Waveguide Antenna
Dielectric Rod Antenna
Parabolic Dish Antenna
Reflector Antenna
Yagi-Uda Antenna
Helical Antenna
Cavity-backed Slot Antenna
Planar Helical Antenna
Cavity Resonator Antenna
Dielectric Loaded Antenna
Tapered Slot Antenna
Babinet's Principle Antenna
Dielectric Lens Antenna
Planar Inverted-F Antenna (PIFA)
Slot Array Antenna
Cylindrical Dielectric Resonator Antenna
Coaxial Cable Antenna
Loop Antenna
Waveguide Horn Antenna
Slot Antenna
Coaxial Feed Patch Antenna
Waveguide Slot Array Antenna
Log-Periodic Antenna
Loop Yagi Antenna
Turnstile Antenna
Biconical Antenna
Parabolic Reflector Antenna
Crossed Dipole Antenna
Log-Periodic Dipole Array Antenna
Patch Array Antenna
Helical Beam Antenna
Folded Dipole Antenna
Dielectric Resonator Cavity Antenna
Crossed Slot Antenna
Waveguide Slotted Array Antenna
Loop Yagi-Uda Antenna
Coaxial Cable Antenna
Microstrip Patch Antenna
Planar Inverted-F Antenna (PIFA)
Strip Line Antenna
Waveguide Slot Antenna
Planar Monopole Antenna
Balanced Antenna
Planar Inverted-L Antenna (PILA)
Ferrite Rod Antenna
Printed Dipole Antenna
Vivaldi Antenna
Dipole Tilted Above Ground Antenna
Printed Monopole Antenna
Planar Spiral Antenna
Planar Log-Periodic Antenna

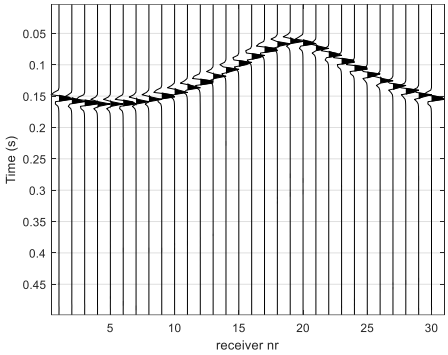
Project 1

Example 1:

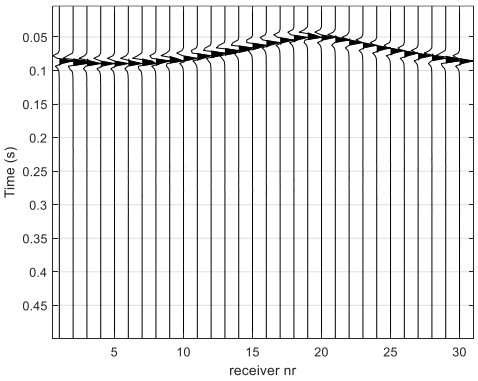
changing source/receiver position, source type, velocity values

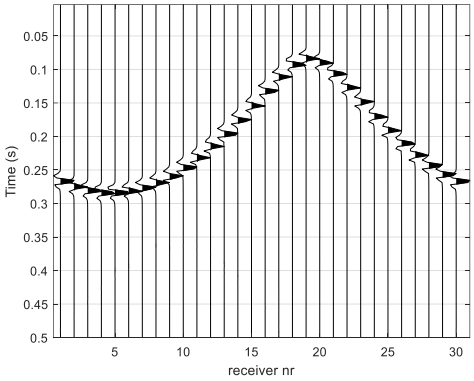
Aim:





Time = 0.49710 [s] of 0.5





Example 2:

Aim:

Example 3:

Aim:

Example 4:

Aim:

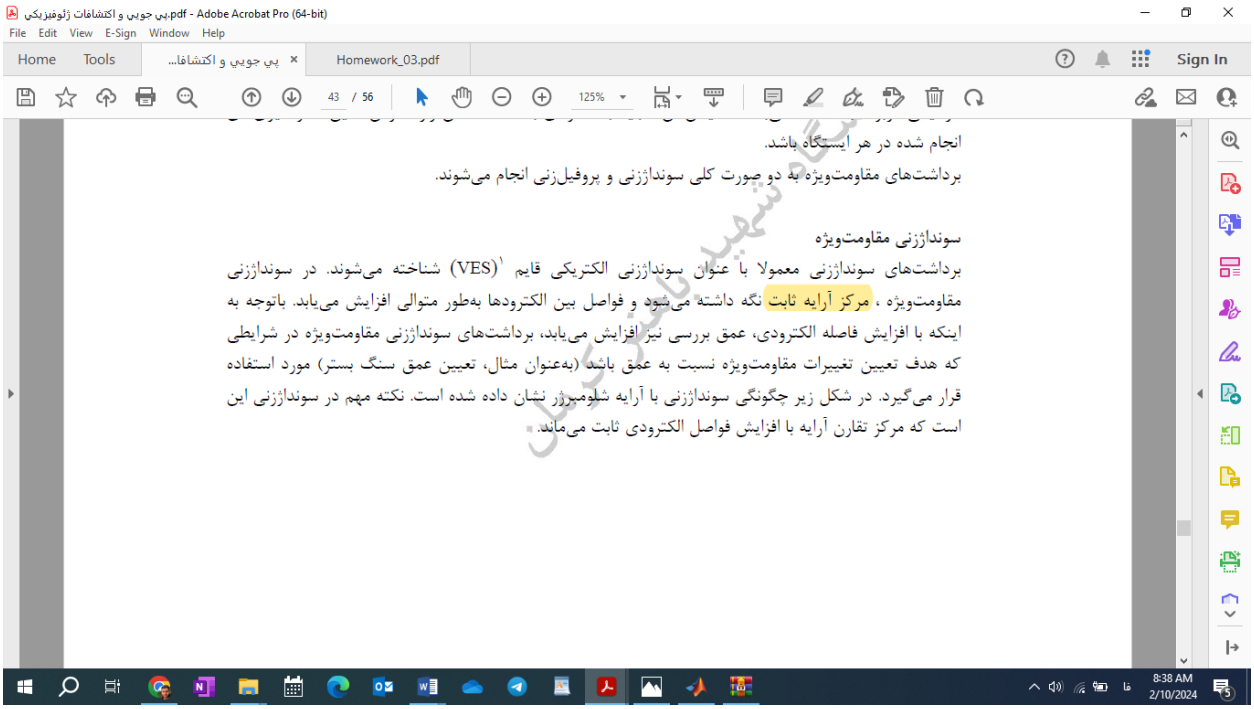
Example 5:

Aim:

Example 6:
Aim:

Project 2
Aim:

Project 3
Aim



پي جويي و اكتشافات ژئوفيزيكي.pdf - Adobe Acrobat Pro (64-bit)
File Edit View E-Sign Window Help
Home Tools پي جويي و اكتشافا... Homework_03.pdf Sign In
51 / 56 125%

برداشت‌های الکترومغناطیسی

روش‌های الکترومغناطیسی، مولفه‌های میدان الکتریکی یا مغناطیسی القا شده در زمین ناشی از یک منبع جریان (طبیعی و یا مصنوعی) را اندازه‌گیری می‌کنند. این روش‌ها از یک فرستنده (که جریان متناوب را به درون زمین ارسال می‌کند)، و یک گیرنده (که میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از برهم‌کنش جریان ارسالی با زمین را دریافت می‌کند) تشکیل می‌شوند. دستگاه‌های EM براساس القای الکترومغناطیسی که بر پایه سه قانون اصلی فیزیک استوار است (قانون آمپر، قانون فاراده، و قانون اهم) کار می‌کنند.

طبق قانون آمپر، یک جریان الکتریکی و یا یک میدان الکتریکی متغیر می‌توانند یک میدان مغناطیسی تولید کنند. هر جریان الکتریکی I دارای یک میدان مغناطیسی B همراه خود می‌باشد. شدت میدان مغناطیسی با شدت جریان

[1]- Skin Depth

پي جويي و اكتشافات ژئوفيزيكي.pdf - Adobe Acrobat Pro (64-bit)
File Edit View E-Sign Window Help
Home Tools پي جويي و اكتشافا... Homework_03.pdf Sign In
52 / 56 125%

الکتریکی متناسب است و دو میدان هم‌فاز می‌باشند، بدین معنی که نسبت دامنه دو میدان هرچه که باشد، افزایش و کاهش میدان‌ها با یکدیگر انجام می‌شود.

طبق قانون فاراده، یک میدان مغناطیسی متغیر باعث تولید یک میدان الکتریکی می‌شود. شدت میدان الکتریکی القایی با نرخ تغییرات میدان مغناطیسی (dB/dt) متناسب است. در هر مداری که میدان مغناطیسی متغیر به آن وارد شود، یک ولتاژ V' تولید می‌شود. توده هادی زیرزمینی یک مدار است. درصورتی‌که میدان مغناطیسی با زمان ثابت باشد، هیچ ولتاژی القا نمی‌شود. درصورتی‌که میدان مغناطیسی بصورت سینوسی تغییر کند، ولتاژ القایی با فرکانس یکسان تغییر می‌کند اما یک‌چهارم چرخه (۹۰ درجه) از میدان مغناطیسی عقب می‌افتد.

قانون اهم رابطه ولتاژ را با جریان و هدایت‌ویژه نشان می‌دهد. درصورتیکه مدار شرح داده شده یک توده هادی باشد، ولتاژ V' که در اثر میدان مغناطیسی متغیر در مدار تولید شده است، باعث شارش جریان می‌شود. این جریان (که به‌منظور تمایز ان از جریان اولیه I با I' نشان داده شده است) از قانون اهم تبعیت می‌کند:

$$I' = V' / R'$$

با توجه به اینکه R' (مقاومت توده) یک مقدار ثابت است، I' با V' هم‌فاز بوده و بنابراین، ۹۰ درجه از میدان القاکننده B و جریان مولد آن (I) عقب‌تر است. جریان القایی I' دارای میدان مغناطیسی B' در اطراف خود می‌باشد

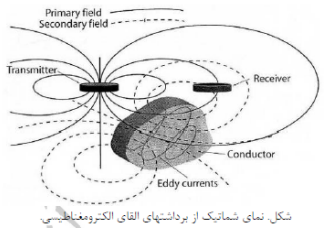
پي جويي و اكتشافات ژئوفيزيكي.pdf - Adobe Acrobat Pro (64-bit)
File Edit View E-Sign Window Help
Home Tools پي جويي و اكتشافا... Homework_03.pdf Sign In
52 / 56 125%

با توجه به اینکه R′ (مقاومت توده) یک مقدار ثابت است، I′ با V′ هم‌فاز بوده و بنابراین، ۹۰ درجه از میدان القاکننده B و جریان مولد آن (I) عقب‌تر است. جریان القایی I′ دارای میدان مغناطیسی B′ در اطراف خود می‌باشد که این میدان مغناطیسی با I′ هم‌فاز است و نسبت به B خارج از فاز می‌باشد. میدان پاسخ (B′) برای مدارهای با هدایت‌ویژه بسیار بالا (مانند لوله‌های فلزی و کانسارها) تا ۱۸۰ درجه از میدان فرستنده (B) عقب می‌افتد.

مولفه‌های اصلی برداشت‌های القای الکترومغناطیسی در شکل زیر نشان داده شده است. یک فرستنده (معمولا یک سیم‌پیچ) به منبع جریان متناوب (ژنراتور) متصل می‌شود. طبق قانون آمپر، جریان عبوری از فرستنده، یک میدان مغناطیسی متغیر تولید می‌کند. این میدان مغناطیسی تولید شده توسط فرستنده، در بالا و پایین زمین منتشر می‌شود (خطوط سیاه در شکل). این میدان، میدان اولیه[1] نامیده می‌شود. گیرنده (یک سیم‌پیچ) نیز در فاصله معین از فرستنده قرار دارد. طبق قانون فاراده، یک ولتاژ V_p (p نشان‌دهنده Primary) در گیرنده القا می‌شود.

درصورتی‌که یک توده رسانای الکتریکی در نزدیکی و یا بین فرستنده و گیرنده وجود داشته باشد، طبق قانون فاراده یک ولتاژ متناوب در اثر میدان مغناطیسی اولیه در آن القا می‌شود. با توجه به اینکه توده رسانا دارای مقاومت R می‌باشد، طبق قانون اهم ولتاژ القایی یک جریان متناوب (eddy currents) را در توده ایجاد می‌کند. این جریان با خطوط خاکستری رنگ در شکل نشان داده شده است. طبق قانون آمپر، eddy currents یک میدان مغناطیسی و طبق قانون فاراده یک ولتاژ V_s (s نشان‌دهنده Secondary) تولید می‌کند. دامنه و فاز میدان مغناطیسی تولید شده توسط eddy currents با میدان اولیه متفاوت است. گیرنده، ولتاژ V_p و V_s را ثبت می‌کند. دامنهٔ ولتاژ V_s به فرکانس میدانهای القایی، مساحت توده رسانا، هدایت‌ویژه توده رسانا و جهت سیم‌پیچ‌ها نسبت به زمین و نسبت به یکدیگر بستگی دارد.

8:56 AM
2/10/2024



شکل نمای شماتیک از برداشتهای القای الکترومغناطیسی

میدان اولیه بسیار بزرگ‌تر از میدان ثانویه است و هدف از برداشت‌های الکترومغناطیسی تفکیک میدان اولیه (سیگنال فرستنده) از میدان ثانویه (سیگنال هدف) می‌باشد. توده‌های با هدایت‌ویژه زیاد (مانند کانسارهای فلزی یا نفوذ اب شور)، میدان‌های ثانویه قوی تولید می‌کنند. توده‌های با هدایت‌ویژه کم، میدان‌های ثانویه ضعیف‌تری تولید می‌کنند. اختلاف بین میدان‌های الکترومغناطیسی ارسالی و دریافتی، اطلاعاتی را در رابطه با هندسه، اندازه و خصوصیات الکتریکی توده هادی زیر سطحی فراهم می‌آورد. چون القای جریان‌های الکتریکی توسط مولفه مغناطیسی میدان الکترومغناطیسی اولیه صورت می‌گیرد، نیازی به تماس مستقیم فرستنده و گیرنده با زمین نمی‌باشد. اندازه‌گیری‌های الکترومغناطیسی سطحی خیلی سریع‌تر از سایر روش‌های الکتریکی انجام می‌شوند. روش EM را می‌توان به‌صورت هوابرد نیز انجام داد.

دو روش اصلی برای جداسازی میدان ثانویه از میدان اولیه عبارتند از:

- روش‌های الکترومغناطیسی موج پیوسته یا حوزه فرکانس (FDEM)[1]
- روش‌های الکترومغناطیسی حوزه زمان (TDEM)[2]

روش‌های FDEM مولفه‌های میدان ناسج را که نسبت به میدان اولیه هم‌فاز و خارج از فاز هستند، جدا می‌کند.

روش‌های TDEM میدان الکترومغناطیسی گذرای موجود بعد از قطع فرستنده را اندازه‌گیری می‌کنند.

برداشت‌های الکترومغناطیسی را می‌توان به روش سوندازنی و یا پروفیل‌زنی انجام داد. مفهوم این دو برداشت مشابه برداشت‌های مقاومت‌ویژه الکتریکی می‌باشد. اکثر برداشت‌های صحرایی EM بصورت پروفیل‌زنی انجام می‌شوند.

دانشگاه شهید باهنر کرمان