الجمهورية
العربية
السورية

جامعة
البعث

كلية العلوم

الفصل الثاني

2019-2020

قسم الجيولوجيا - السنة الثالثة

علم الزلازل

نظري

المحاضرةالثالثة

د. حمزة الدنيا

المحاضرة الثالثة

10 / 4 / 2013

أنواع الهزات الموجية "الأمواج" التي تتشكل عند حدوث الزلزال

بعد حدوث الزلزال وانتشار الطاقة من بؤرته تحدث عدة أمواج نميز بين مجموعتين من هذه الأمواج :

المجموعة الأولى : هي أمواج سطحية تتشكل على السطح بفعل وصول الزلزال إلى هذه الطبقة السطحية وتنتشر على سطح الأرض وتؤثر في المنشآت القريبة من مركز الزلزال علماً بأن بؤرة الزلزال هي مكان تفجر الطاقة ومركز الزلزال هو المسقط العمودي للبؤرة على السطح الأرضي

أما المجموعة الثانية : فهي أمواج جسمية تنتشر في باطن الأرض وتنتقل من بؤرة المركز نحو السطح وفي كل الاتجاهات لذلك سوف نتعرف على ماهية هذه الأمواج السطحية والجسمية

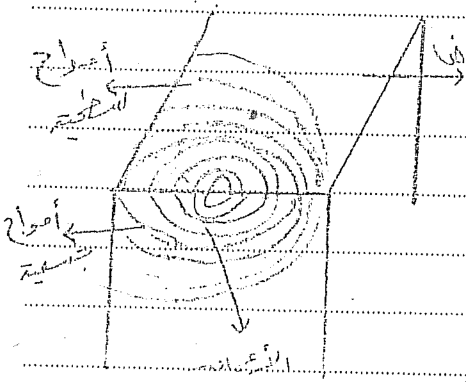
تعريف

الأمواج السطحية : هي الهزات التي تنتشر على سطح الأرض أو بالقرب منه ضمن الطبقة الأولى ولكنها تتخامد بسرعة نحو الأعماق ولها دور تخريبي على المنشآت الأرضية والمباني السكنية وغيرها نميز من بين هذه الأمواج ما يلي :

تعريف

أمواج رايلي : تنتشر هذه الموجة على سطح الأرض الحر وتتصف حركتها بأنها معقدة وهي أشبه بالاهليلجية يرسم الشعاع الجيبي فيها قطع ناقص يقع في المستوي الذي يحدد الناظم على سطح الأرض وحركة الجزيئات فيها [illegible] على التالي :

ص ١٢



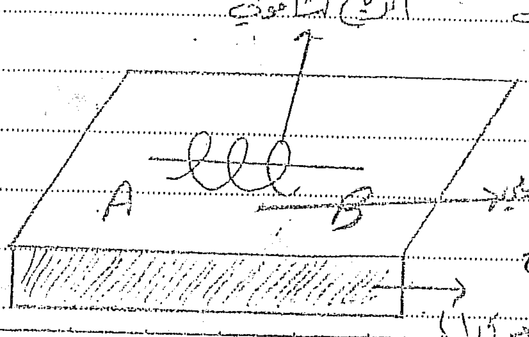
تنتشر هذه الأمواج إلى الأمام ثم إلى الأعلى ثم إلى الوراء ثم إلى الأسفل ثم إلى الأمام وتتكرر نفسها يكون فيها الانزياح الشاقولي مساوياً إلى ضعف أو أقل قليلاً من الانزياح الأفقي

تتصف هذه الموجة بالصفات التالية :

١- تحدث تشوهات شكلية وحجمية معاً

٢- السرعة هذه الموجة تعطى بالعلاقة

$$V_R = 0.9 V_S$$



٣- بالابتعاد نحو الأسفل وبالوصول إلى عمق يساوي إلى ضعف طول هذه الموجة فإن سعتها تنخفض بمقدار 15 مرة من مقدار السعة الأصلية

٤- السعة الظاهري لها هي أكبر من السعة الظاهري للأمواج الجسمية

الدمار الرئيسي الذي يحدثه الزلزال ينتج عن الحركة الأفقية لأمواج رايلي

٢- موجات لوف: وهي من الأمواج السطحية تتشكل عندما تكون السرعة في الطبقة التي تنتشر بها أقل من السرعة التي في الطبقة الأسفل منها، من ميزاتها:

١- هي من الأمواج العرضية لأن حركتها في مستوى أفقي

٢- سرعتها قريبة من سرعة الأمواج العرضية في الطبقة التي تمر فيها

٣- يمكن أن تنتشر على السطح الحر للأرض

٤- قيمتها $\boxed{V_{1S} < V_L < V_{2S}}$

٥- تتناقص السرعة مع العمق

٣- موجة ستونلي: وهذه الموجة كذلك تنتشر في الطبقة السطحية وتتحرك [illegible] هذه الجزيئات بشكل بيضاوي

تنتشر جميع هذه الأمواج من مركز الزلزال على سطح الأرض وسرعة الطبقة السطحية

المجموعة الثانية: مجموعة الأمواج الجسمية

تنتشر هذه المجموعة من الأمواج في باطن الأرض وفي كل الاتجاهات بدءاً من بؤرة الزلزال وتحمل طاقتها الطاقة المتحررة عنه نميز بين موجتين من الأمواج الجسمية الأساسيتين هما الموجة الطولية والموجة العرضية

١- الأمواج الطولية "Prelimary wave":

هي الأمواج الرئيسية التي تنشأ عن الزلزال وتنتشر في الوسط الجيولوجي وبسرعة طبقاته وهي تعاني من انعكاس وانكسار على سطوح الطبقة وهي تصل إلى محطات الرصد بشكل أدق وقبل غيرها من الأمواج تتميز هذه الموجة بما يلي:

١- سرعتها أكبر من بقية الأمواج الأخرى

٢- تحدث مناطق انضغاط وتخلخل خلال انتشارها

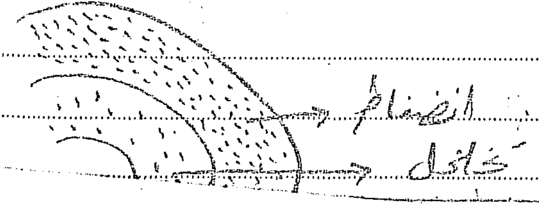
٣- تحرك الجزيئات الصخرية باتجاه انتشارها

٤- تخامدها أقل من الأمواج الأخرى

٥- سرعتها تعطى

$$V_p^2 = \frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)} = \frac{\lambda+2\mu}{\rho} = \frac{K+\frac{4}{3}\mu}{\rho}$$

(٥ درج)



/ /

عرف الموجات العرضية وما هي مميزاتها

ب- الأمواج العرضية: وهي نوع آخر من الأمواج الجسمية وهي تستخدم كذلك مثل الأمواج الطولية في الدراسات الزلزالية. من مميزاتها:

١- سرعتها أقل من سرعة الأمواج الطولية

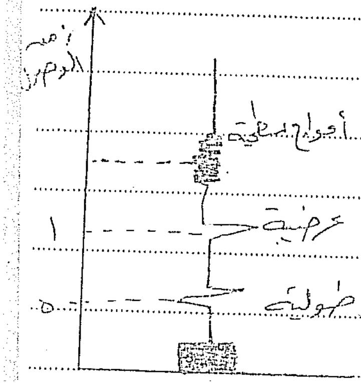
٢- تهتز الجزيئات بشكل عمودي على منحى انتشارها

٣- تعطى قيم السرعة لها بالعلاقة

$$V_s^2 = \frac{E}{2\rho(1+\sigma)} = \frac{\mu}{\rho}$$

٤- لا تنتشر في السوائل والغازات

تصل هذه الأمواج إلى محطات الرصد الزلزالي ونشاهدها على الشكل التالي:



محطة رصد زلزالي

ملاحظة:

تنتشر هذه الأمواج من بؤرة الزلزال مروراً بالطبقات المختلفة تنفذ من كل طبقة إلى الطبقة الأخرى متأثرة خلال مسارها بسرعة تلك الطبقة أو ذلك الصخر الموجود في الطبقة ولكن السرعة الكلية المعتبرة عندما تنتقل من البؤرة إلى السطح مروراً بعدد من هذه الطبقات من 4 – 6 أو من 8 – 10 طبقة تكون محصلة السرعة من البؤرة إلى السطح "أو المركز" هي معطاة بالعلاقة التالية وتسمى السرعة المتوسطة

$$\bar{V}_{int} = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i}{\frac{h_1}{V_1} + \frac{h_2}{V_2} + \frac{h_3}{V_3} + \dots + \frac{h_n}{V_n}}$$

$V_1\ h_1$

$V_2\ h_2$

$V_3\ h_3$

⋮

$V_n\ h_n$

حيث $t = \frac{R}{V}$

R المسافة بين المبدأ (المنبع) والمحطة الزلزالية

$R = V \cdot t$

/ / :

صحيح

الطاقة التي يخرج من كل زلزال

$$R = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1}$$

بين العمق 800كم وحتى 2900كم هناك استمرار في زيادة
سرعة الموجة الطولية ولكن ببطء الى أن تصل حتى 13 كم في الثانية
بين العمق 2900 أعلى سرعة للموجة الطولية أما العرضية فتصل عند العمق
الى 7 كم في الثانية
هذا العمق هو عمق غوتنبرت الذي يفصل الستار عن النواة في النواة الخارجية
لا تنتقل الموجة العرضية أما السرعة الطولية تنخفض من 13 كم الى 8 كم وبعد ذلك
تبدأ بالتزايد حتى مركز الأرض الى أن تصل 11كم تقريباً في الثانية

X

مراقبة الزلازل

[illegible] الزلازل التي [illegible] حدوث الزلازل والشبكات
السيسمية التي [illegible] من [illegible] التشويش في الأماكن [illegible] ، من خلال تحليل مجموعة قراءات
السمك وتحديد الاضطرابات [illegible] وبعض مشاكل المصدر.
عدد من محطات [illegible] يتم تحديد زمن وبعض [illegible] والتي تحدد من خلال الانحراف

قياس شدة الزلزال من خلال الطاقة المحررة والتي تحدد من خلال السيزموغراف (الصغيرة)
هو السيزموغراف النظامي (أو القياسي) أو مجموعة [illegible] أو الطريقة الصغيرة
[illegible] الزلازل [illegible]
من قبل [illegible] ريختر (C. F. Richter). بمعادلة [illegible] من الشكل:

$$M = \log\left(\frac{A}{T}\right) + Q + S$$

حيث M هي المقدار ، A = الشدة العظمى لحركة موجات أرل ، T = دور الموجة (الزمن الدوري)
Q = ثابت يعتمد على المسافة المركزية السطحية للزلزال والعمق البؤري ، S = التصحيح الخاص بالمحطة

[illegible] P [illegible]
[illegible] عادة [illegible] الموجة [illegible]
[illegible] السطحية.

- علاقة [illegible] الطاقة المحررة [illegible] الزلازل الكبرى بالرغم من [illegible]
- علاقة [illegible] حدوث الزلازل [illegible] [illegible] [illegible]

[illegible] الزلزال الرئيسي [illegible] الزلازل [illegible]
[illegible] الزلازل [illegible] نتيجة [illegible]
[illegible] الزلازل [illegible] الشكل [illegible] المنطقة [illegible]

ALARAB.net

/ /

الموضوع : المحاضرة الثانية

• مفاهيم علم الزلازل :

•. علم الزلازل (أو الزلازل) :

هي اهتزاز الأرض ناتج عن تحرير الطاقة في باطن الأرض حيث تنتشر هذه الطاقة في كل الاتجاهات من مصدرها (البؤرة) على شكل أمواج كما يقرع الجرس

- التعاون الدولي :

من أهم عناصر نجاح علم الزلازل وتأثيره على البشر والحجر هو عملية التعاون والتبادل بالخبرات والمعلومات المتوفرة عن الزلازل التي ضربت هذه الدول لذلك تم إنشاء مراكز عالمية تهتم بالزلازل العالمية ومن أهم هذه المراكز للتعاون الدولي :

1- مركز المعلومات الوطني بأمريكا التابع للمؤسسة الجيولوجية الأمريكية (إدارة المسح الجيولوجي الأمريكي) عنوانه على شبكة الانترنت هو :

WWW.ISC.AC.UK

هذا المركز ينشر معلومات عن الزلازل اختصاراً يسمى (مركز المعلومات الزلزالي العالمي)

2- المركز الأوروبي : وينشر معلومات على الموقع.

WWW.EMSC-CSEM.ORG

هذا الموقع يقدم المعلومات المتوفرة لديهم عن النشاط الزلزالي العالمي إضافة لذلك فهو يقدم معلومات تعليمية وتدريسية مع برامج حاسوبية تهتم بعلم الزلازل كبرنامج جيوفون
(Geoph.on)

3- إضافة لما سبق برنامج خاص بالوطن العربي الذي يسمى اختصاراً :
(PAMERAR)

هذا البرنامج مهمته إمكانية التخفيف من أثر الزلازل إذا ما حدثت في منطقة عربية ما وقد قام هذا البرنامج في ثمانينات القرن الماضي (1986) على أثر زلزال (بلد الأصنام) في الجزائر حيث كانت بدرجة 5 بار فدعت الدول العربية لإنشاء شبكات من محطات الرصد على حساب دولة الكويت حيث كان لسوريا نصيب من ذلك حيث تم إنشاء محطات رصد في سوريا وكانت هناك 14 محطة حول الانهدام السوري الأفريقي وبعض المحطات على نهر الفرات.

* تقسيمات علم الزلازل *

1- العلم الزلزالي الجيولوجي :

يدرس هذا العلم كيفية حدوث الزلازل والظواهر المتعلقة بها معتمداً على علم الميكانيك وعلى نظرية المرونة وكيفية انتشار الأمواج داخل الأرض بالإضافة إلى اهتمام هذا العلم بأجهزة الرصد الزلزالي

2- علم الهندسة الزلزالية :

يعالج هذا العلم كيفية تأثير الزلازل على الأبنية السكنية والمنشآت الاقتصادية انطلاقاً من صفات الحركة الاهتزازية للمباني وتسارعها وتأثيرها على جانب هذه المنشآت كل ذلك لتقييم الأبنية والمنشآت التي يمكنها أن تقاوم هذه الزلازل والحركة الناشئة عنها وتقييم الخطر الزلزالي لمحور الموقع الجيولوجي لا بد من دراسة جيولوجية هذا الموقع والخصائص البتروفيزيائية لمحور هذا الموقع من حيث التربة السطحية أو من حيث صخر حيث يمكن لهذا الموقع أن يضخم أو يخمد من شدة الزلازل ويتقاطع علم الجيولوجيا الزلزالية مع علم الهندسة الزلزالية.

3- علم البحث والتنقيب عن المعادن ودراسة الأرض :

يهتم بدراسة الثروات الباطنية إذ يعد علم واحد للجيوفيزياء والعلوم السيزمية الذين يعتمدان على مسار الأمواج وانعكاسها وانكسارها في باطن الأرض ودراسة سرعتها وهو يهتم لما بشكل عام ببنية المقطع التركيبي للأرض (الركيزة والمعطف والنواة) بالإضافة الدراسات الاستكشافية وهي قليلة.

• الاهتزازات والأمواج الزلزالية وأنواع هذه الأمواج.

بعد حدوث الاضطراب الزلزالي في البنية الجيولوجية تتحرر طاقة هائلة ميكانيكية تنتقل على شكل هزات أو أمواج أرضية تنتشر في كل الاتجاهات. لقد أمكن تصنيف هذه الهزات والأمواج ضمن مجموعتين :

1- الأمواج الحجمية
2- الأمواج السطحية

- ملاحظة :

الأمواج الحجمية هي الأمواج التي تنتشر في البنية الداخلية للصخر والأرض والإنسان أما الأمواج السطحية هي الأمواج التي تنتشر على مقربة من سطح الأرض

0 1 المبتدأ والخبر 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

1- الأمواج الجسمية:

تنتشر هذه الأمواج في الجزء الداخلي للأرض بكل الإتجاهات وما يهمنا إتجاهها نحو سطح الأرض حيث يتم تسجيلها ضمن محطات رصد زلزالية وقد تم فرز هذه الأمواج إلى زمرتين من الأمواج الجسمية:

أ- زمرة الموجة الطولية ويرمز لها بالرمز (p)

ب- زمرة الموجة العرضية ويرمز لها بالرمز (S)

* أ- زمرة الأمواج الطولية:

تسمى أحياناً بالحرف (p) هي الأمواج التي تسجل وتصل أولاً قبل وصول الأمواج الأخرى وخلال انتشارها تشكل مناطق انضغاط ومناطق تخلخل تتناوب ولها ميزات:

1- سرعة إنتشارها أكبر من باقي الأمواج
2- تعمل على هز الجزيئات الصخرية باتجاه انتشارها
3- تحدث أثناء مناطق تخلخل وانضغاط في وسط الإنتشار.
4- تخامدها يكون أقل من باقي الأمواج
5- تحدث تشوهات طولية في الصخور
6- ترتبط بعوامل المرونة في العلاقة التالية:

$$V_p^2 = \frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)} = \frac{\lambda+2\mu}{\rho} = \frac{K+4/3\mu}{\rho}$$

- λ و μ : عوامل لامي
- E : عامل يونغ
- σ : عامل بواسون
- ρ : الكثافة
- K : عامل الانضغاط الحجمي

الموضوع: زلازل نظري   يوم الإثنين ٤ / ٤ / ٢٠١٦

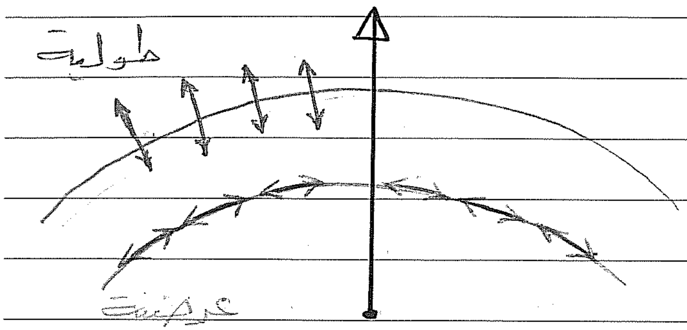
• الأمواج الجسمية:

أ- أمواج طولية.

ب- أمواج عرضية.

• الأمواج السطحية:

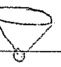
$$V_s = \frac{V_p}{\sqrt{3}} = \frac{V_p}{1.7}$$



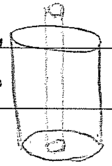
* الأمواج العرضية: أي وتصل إلى سطح الأرض بعد وصول الموجة الطولية أي تصل ثانياً إلى محطات الرصد لذلك سميت secondary

من ميزاتها: أ- تسبب اهتزاز جزيئات الصخر عمودي على مستوى انتشارها

ب- تحدث في الصخر تشوهات شكلية



ج- تتخامد بشكل أكبر من تخامد الموجة الطولية.



د- سرعتها أقل من سرعة الموجة الطولية وتساوي

$$V_s = \frac{V_p}{\sqrt{3}}$$

هـ- لا تنتشر في الغازات والسوائل.

و- تعطى قيمة سرعتها بالنسبة إلى ثوابت المرونة بالعلاقة:

$$V_s = \frac{E}{2\rho(1+\sigma)} = \frac{\mu}{\rho}$$

عامل بواسون

حيث (ρ ، E ، σ) عوامل مرونة الثلاثة

عامل يونغ

• الأمواج السطحية:

المجموعة الثانية من الأمواج هي الأمواج السطحية وهي أمواج تنتشر على مقربة من سطح الأرض وهي تتخامد بسرعة مع العمق.

المبتدأ والخبر

الموضوع : .... / /

دورها تخريبي على المنشآت وتسجل كوصول ثالث لسطح الأرض ومحطات الرصد الزلزالي.

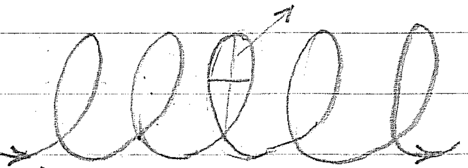
من هذه الأمواج نميز بين ثلاثة أنواع :

١/ـ موجة رايلي .

٢/ـ موجة لوف .

٣/ـ موجة ستونلي .

القطر الكبير أكبر بضعفين من القطر الصغير



١/* موجة رايلي :

تنتشر على سطح الأرض وحركتها أمواج رايلي على شكل إهليلج دوراني يرسم شعاع الجسيمات قطعاً ناقصاً وهي أشبه بالإهليلج الدوراني لأنها تحرك الجزيئات الصخرية إلى الأمام ثم إلى الأعلى ثم إلى الخلف ثم إلى الأسفل وتكرر هذه الحركة.

إن الإنزياح الشاقولي للجزيئات يساوي إلى تقريباً ضعف الإنزياح الأفقي ((من 1,5 ← 2))

من ميزاتها :

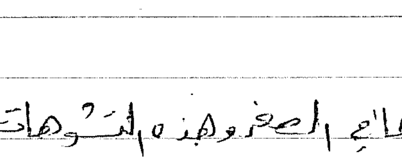
١/ـ تحدث تشوهات سطحية وحجمية عند انتشارها في الصخر وهذه التشوهات قد تكون مرنة وقد تكون غير مرنة .

٢/ـ سرعتها أقل من السرعة الطولية والعرضية وتعطى بشكل تقريبي بالعلاقة :

$V_R = 0,9\ V_S$

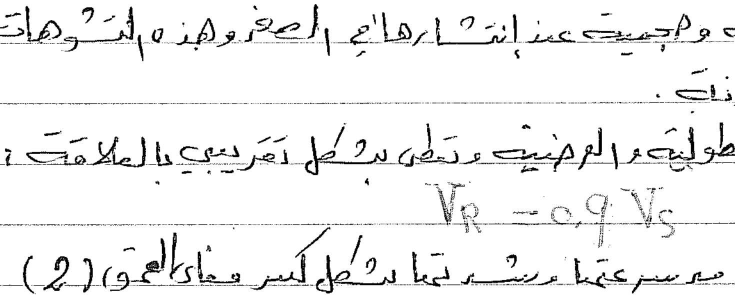
٣/ـ بالابتعاد عن سطح الأرض تتناقص سرعتها وشدتها بشكل كبير فعلى العمق (2) مرة من طول موجتها فإن شدتها تنخفض بمقدار 15 مرة (السعة أكبر إنزياح للجزيئات .)

٤/ـ دورها الظاهري كبير (تفقد نفسها بعد فترة طويلة من الزمن)



٢/* موجة لوف :

بشكل أفقي



1 المبتدأ والخبر 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

الموضوع : .... / /

هذه الموجة تنتشر على سطح الطبقة السطحية إذا كانت سرعة الموجة فيها (بالطبقة) أقل من سرعة الموجة العرضية في الطبقة التي تليها

وهي تتخامد بسرعة حيث $V_{S_1} < V_{S_2}$

V_{S_1}

بشرط $V_{S_2} > V_{S_1}$

V_{S_2}

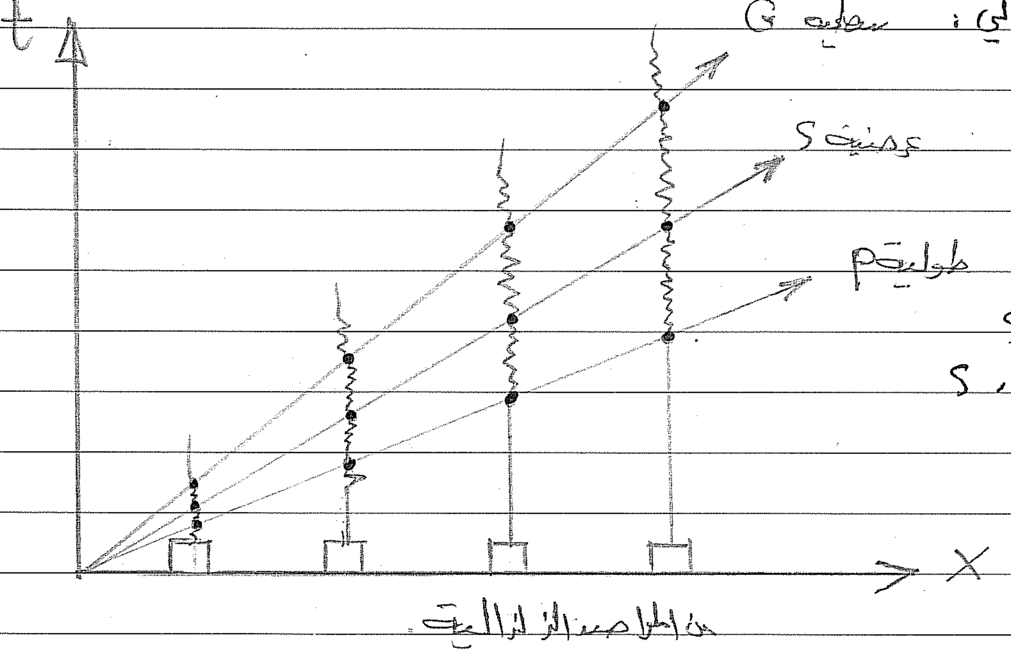
ومميزاتها :

١- التخامد كبير مع العمق.

٢- السرعة لها قريبة من السرعة العرضية.

٣- حركة الجزيئات فيها أفقية دائماً.

٣* موجة ستونلي : وهي أمواج سطحية تهتز الجزيئات بشكل عمودي على منحى الانتشار وإذا كان لدينا مجموعة من المراصد الزلزالية المتباعدة عن بعضها البعض فيمكن تمثيل الأمواج الطولية والعرضية والسطحية بـ أزمنة وصولها على الشكل التالي :



أمواج جسمية S ، P

أمواج سطحية S ، L ، R

بعض ميزات وصفات الموجة الزلزالية :

- السعة A
- الطور T
- السرعة V ، W
- التردد f - طول الموجة λ - التخامد الموجي (تخامد السعة)

/ /

الموضوع: ....

ترتبط هذه الصفات أو بعضها لهذه الموجة بالعلاقات التالية ؛

حيث $\lambda = V.T$ و $T = \frac{1}{f}$

$$W = 2\pi . f$$

التخامد الموجي: كلما ابتعدنا كلما نقصت شدة الموجة وسرعتها

* قانون سعة الموجة:

$$\boxed{I = I_0 . \frac{e^{-\alpha . r}}{r}}$$ سعة الموجة

r: البعد عن المصدر.

α: ثابت الامتصاص للصخر.

I_0: السعة في البؤرة (المركز)

I: السعة في لحظة معينة (مطلوبة)

$$\boxed{D = 20 \log_{10} \frac{A_2}{A_1}}$$ (بالديسبل) التخامد

● يقاس التخامد بوحدة الديسبل ((D)) حيث:

A_2: السعة الثانية

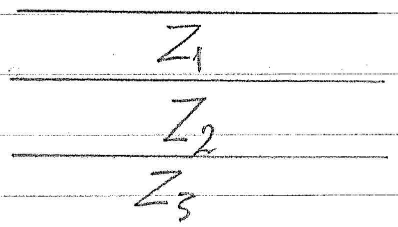
A_1: السعة الأولى

* أشكال السرع الموجية * ((أشكال قياس السرع))

السرع تختلف بعضها عن بعضها الآخر من حيث الصفة، إلا أن هناك قيمة مطلقة هي: السرعة الحقيقية التي تقاس بالمخبر أو على كل شيء مجزئ (على الصخر نفسه).

تعتمد قيم السرعة على نوعية التشكيلات الحقلية المستخدمة في قياسها لذلك نميز بين الأشكال التالية.

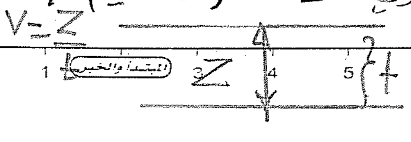
● إذا كان وسط الانتشار مؤلف من عدة من الطبقات. فالسرعة الوسطية تعطى بالعلاقة التالية:



$$V = \frac{\sum h_i}{\sum t_i} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

● إذا كان الصخر متجانس كلياً وتم قياسه بطريقة عادية فالسرعة هي السرعة الحقيقية والتي تعطى بالعلاقة:

$$V = \frac{Z}{t}$$



المبتدأ والخبر

● إذا تألف الوسط من كثافات متغيرة السرعة في كل نقطة منها عندئذٍ فإن الحركة الموجية تدعى بالحركة اللحظية

* قوانين انتشار الهزات والأمواج الزلزالية : (قوانين الانتشار الموجية)

١- في الكتلة الصخرية المتجانسة (طبقة واحدة)
تنتشر الأمواج الزلزالية وفق خطوط مستقيمة.

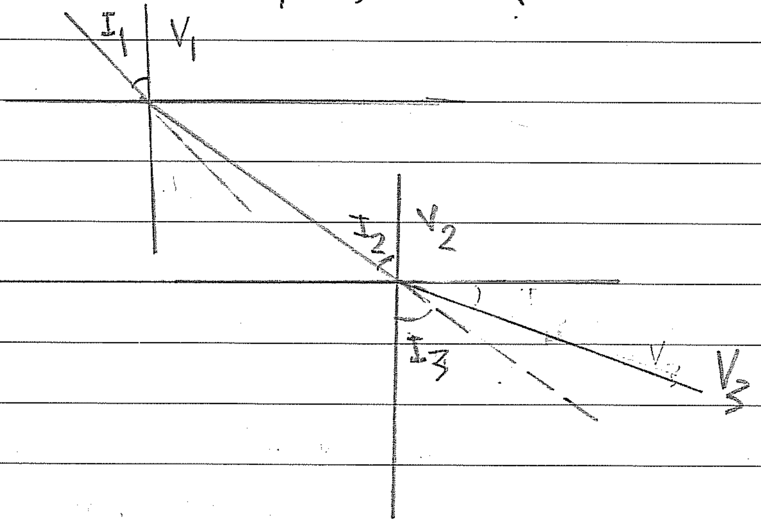
٢- على كل سطح من سطوح الطبقات يتشكل نوعين من الأمواج، أمواج طولية وأمواج عرضية منها المنعكسة ومنها المنكسرة.

٣- يتشكل عن الموجة الواحدة على الأقل أربع أمواج موجتان منعكستان وموجتان مارتان (منكسرات)

٤- في بنية الأرض المؤلفة من عدة طبقات مختلفة السرعة تخضع قوانين انتشار الأمواج إلى العلاقة التالية :

$$\frac{\sin I_1}{V_1} = \frac{\sin I_2}{V_2} = \frac{\sin I_3}{V_3} = \ldots\ldots = K$$ ثابت

I : زاوية الورود

٥- زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس في الطبقة الواحدة