

Terremoti

a cura di Francesco Speciale

Il terremoto o *sisma* viene definito come una rapido e violento scuotimento del suolo dovuto a improvvise "lacerazioni" che si manifestano a grandi profondità nelle rocce del sottosuolo. Il punto d'origine viene detto *ipocentro* o fuoco del terremoto e la sua profondità è variabile.

I *terremoti superficiali* hanno l'ipocentro entro i 60 chilometri di profondità, i *terremoti profondi* hanno l'ipocentro fino e anche oltre i 300-400 chilometri di profondità. I primi si manifestano con grande frequenza e interessano una limitata estensione superficiale, quelli profondi hanno la caratteristica di scuotere un' area di superficie molto più vasta; i più intensi possono essere avvertiti dai sismografi anche a distanze di molte migliaia di chilometri.

Origine

Le rocce del sottosuolo sono sottoposte a *tensioni* di varia natura che producono lenti ma costanti processi di deformazione con accumulo di enormi quantità di energia.

Ma cos'è questa energia? Proviamo a fare un esperimento mentale, immaginiamo di avere tra le mani un bastoncino di legno: se si inizia a piegare esso offre una resistenza al piegamento che si esprime sotto forma di energia elastica; le rocce si comportano nello stesso modo: cioè se una porzione di roccia inizia a deformarsi, essa offrirà una certa resistenza (che cambia a seconda del tipo di roccia), ma quando le forze che tengono insieme la roccia vengono superate da quelle che le deformano allora questa si spezza e si ha un brusco spostamento delle due parti che rilasciano l'energia che avevano accumulato. La linea di rottura delle rocce viene detta *faglia*.

Onde sismiche

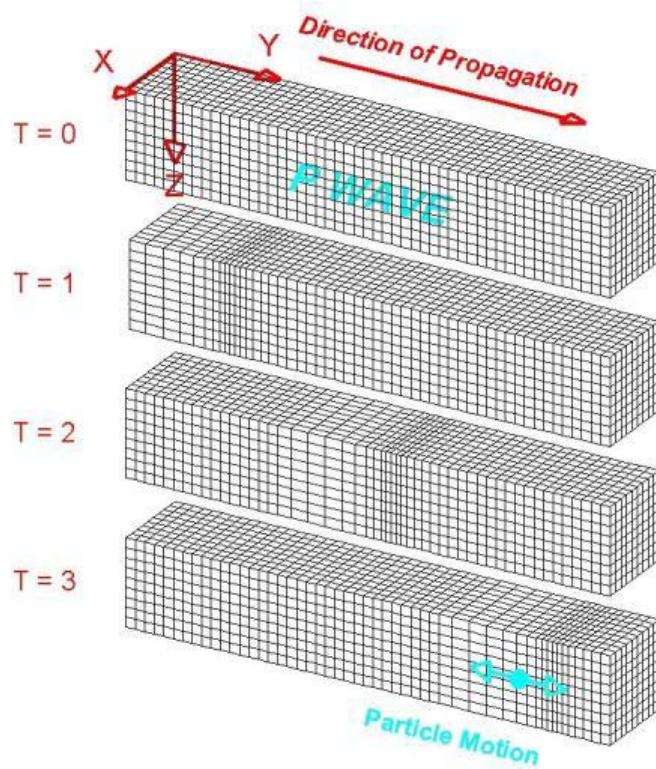
L'energia liberata in seguito alla rottura delle rocce si propaga dall'ipocentro in tutte le direzioni sotto forma di onde, le onde sismiche appunto. L'onda in particolare è l'unico modo di propagazione dell'energia nella materia; si può affermare che l'onda è una forma in movimento che trasporta energia.

Esistono tipi diversi di onde sismiche

Quando avviene un terremoto l'energia accumulata dalle rocce si libera in parte sotto forma di onde sismiche che si propagano all'interno della Terra. Le onde che si propagano all'interno della Terra sono dette "onde di volume".

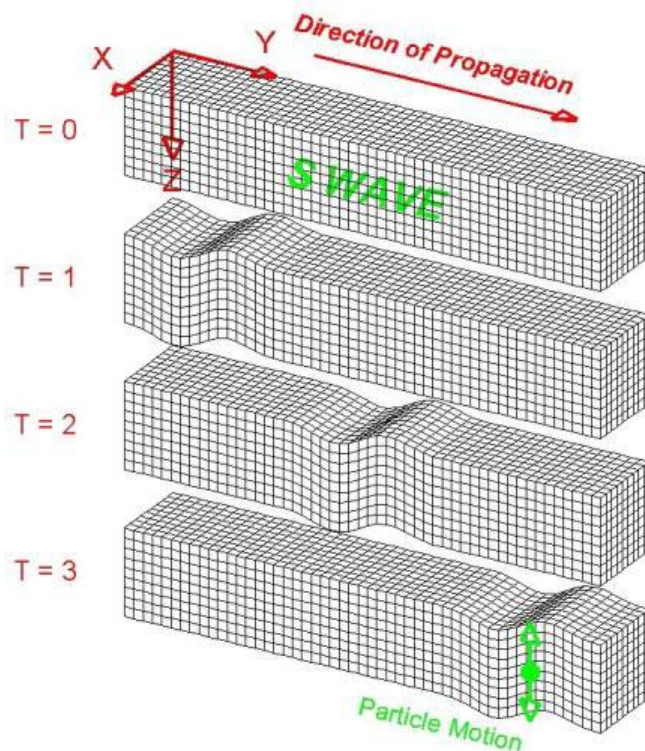
I principali tipi di onde

Le **Onde P (o Primarie)** sono le più veloci. Esse si propagano come le onde sonore nell'aria. Sono infatti anche dette "longitudinali" perché fanno oscillare le particelle di roccia che attraversano parallelamente alla loro direzione di propagazione. In sostanza, al loro passaggio, le rocce si comprimono e si dilatano continuamente come mostrato in figura.



Onde P

Le **Onde S (o Secondarie)** viaggiano più lentamente delle "P". L'oscillazione delle particelle di roccia che attraversano avviene trasversalmente rispetto alla loro direzione di propagazione, come mostrato in figura



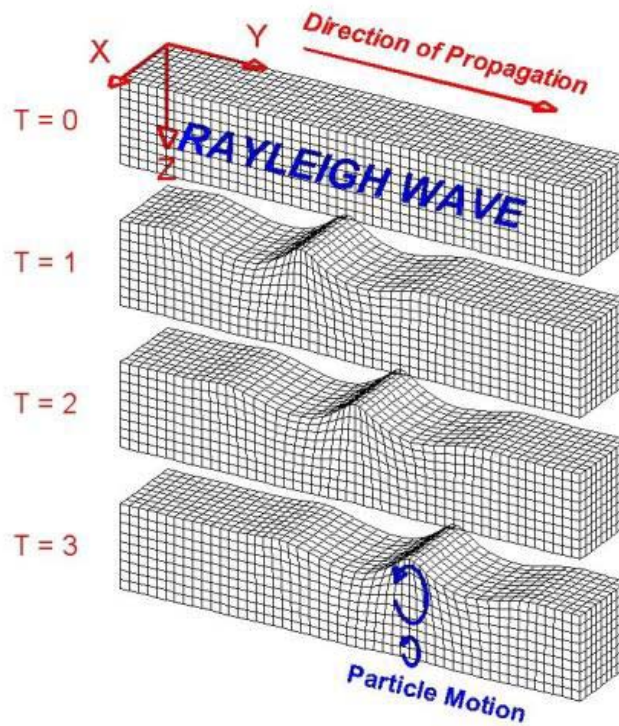
Onde S

A differenza delle **Onde P**, le **Onde S** non causano variazioni di volume al loro passaggio e non si propagano nei fluidi.

Quando le **Onde P** e le **Onde S** raggiungono un qualsiasi punto della superficie terrestre, cessano di propagarsi e a loro posto cominciano a propagarsi concentricamente le onde superficiali, più lente delle "onde

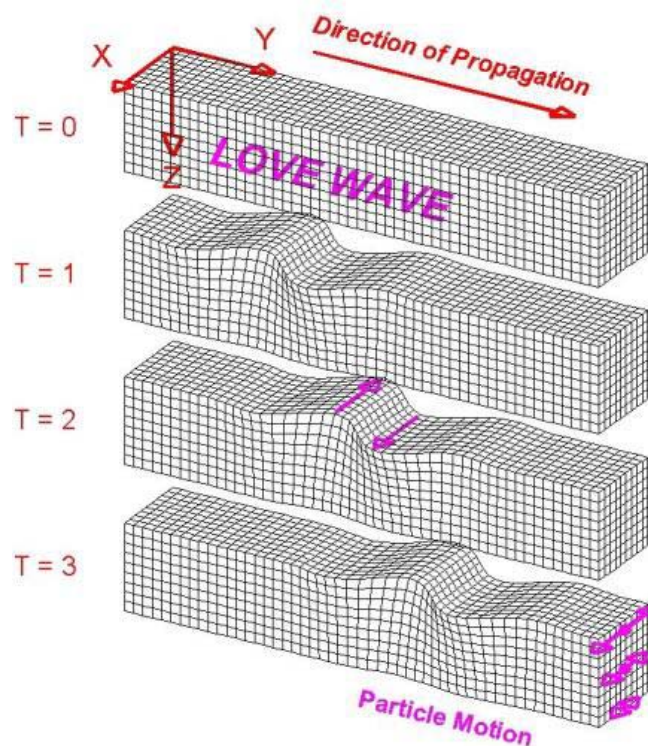
di volume". I due tipi principali sono:

Le **Onde di Rayleigh**, che assomigliano a quelle che si propagano quando un sasso viene lanciato in uno stagno. Esse fanno vibrare il terreno secondo orbite ellittiche e retrograde rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.



Onde di Rayleigh

Le **Onde di Love**, che fanno vibrare il terreno sul piano orizzontale. Il movimento delle particelle attraversate da queste onde è trasversale e orizzontale rispetto alla direzione di propagazione delle onde. Sono le onde che si propagano in superficie ad essere responsabili dei danni più rilevanti.



Onde di Love

Localizzazione dei centri dei terremoti

La determinazione del fuoco di un terremoto poggia su un ragionamento molto simile a quello applicato per determinare la distanza tra due corridori che partono nello stesso istante dallo stesso punto con velocità diverse nella stessa direzione.



Questa distanza, come è facile comprendere, destinata ad aumentare progressivamente col trascorrere del tempo, è espressa dalla seguente relazione matematica:

$$d(t) = (v_2 - v_1) \times t$$

Lo stesso succede quando le onde **P** e **S** sono originate simultaneamente al fuoco (centro) del terremoto e si propagano con velocità diverse. Un osservatore situato nelle vicinanze del terremoto registrerà l'evento in un sismogramma del tipo mostrato in figura.

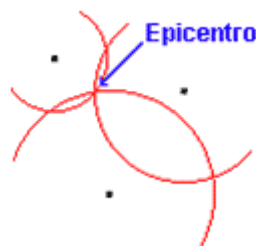
Dal tracciato è possibile calcolare il tempo che separa l'arrivo delle onde **P**, da quello delle onde **S** e di quelle **L**.

Per determinare la distanza dal fuoco del terremoto bisogna fare altre considerazioni che richiedono conoscenze avanzate di matematica e di fisica, in particolare di algebra e cinematica. Indicando con **V_p** e **V_s** le velocità di propagazione delle onde **P** e **S** e con **T_s** e **T_p** i rispettivi tempi di arrivo, possiamo determinare la distanza **X** dell'ipocentro dall'osservatorio utilizzando la seguente formula matematica ricavata combinando opportunamente le formule della *cinematica* :

$$X = \frac{v_1 \times v_2}{(v_2 - v_1)} \times (t_2 - t_1)$$

La formula però ci consente di determinare solo a che distanza si è scatenato il terremoto, non dove.

Occorrono almeno tre stazioni sismografiche per poter determinare le coordinate esatte dell'epicentro. In ogni stazione, verrà definito un perimetro circolare, e l'intersezione dei tre cerchi ci darà un punto, coincidente con l'epicentro del terremoto. Le distanze dell'epicentro dalla stazione sismografica, vengono determinate in base alla misura dei tempi di arrivo delle onde **P** ed **S** nelle differenti stazioni.



Per poter localizzare esattamente l'epicentro, occorrono i dati registrati in più stazioni sismografiche. Infatti con i sismogrammi, si possono calcolare le distanze epicentrali, ed i dati di una sola stazione

sismografica, potranno definire solo una zona circolare lungo il cui perimetro si è generato il sisma.

Per ulteriori approfondimenti, in merito alla determinazione del fuoco di un terremoto, suggerisco di visitare l'interessante sito di una università americana di geofisica, dove è possibile risolvere problemi on line partendo da dati reali che voi dovete ricavare da tre distinti sismogrammi. L'indirizzo è :

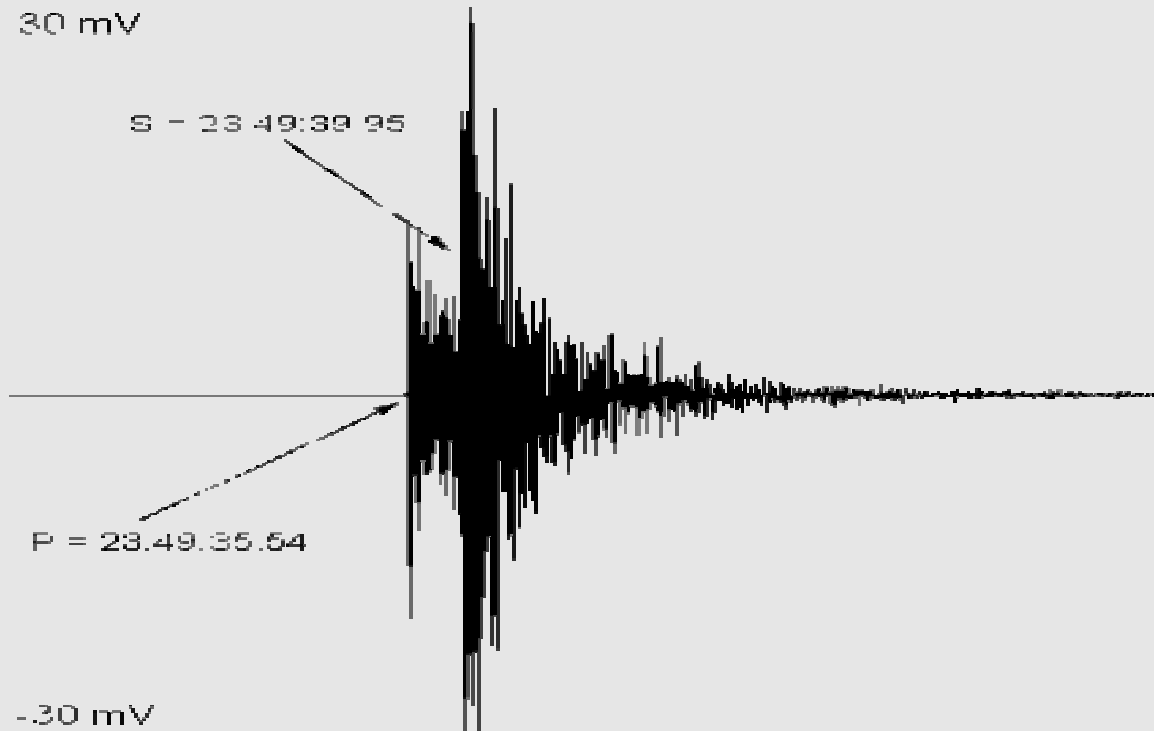
<http://vcourseware.sonoma.edu/VirtualEarthquake/VQuakeExecute.html>

Buon lavoro, in caso di difficoltà potete sempre rivolgervi a **all'autore** .

Attività didattica portata avanti durante l'anno scolastico 2001-2002 nella classe 3B dell' Istituto Comprensivo di CASTELDACCIA come approfondimenti di fisica sulla propagazione dell'energia e delle onde nella materia

Proviamo a risolvere un problema di geofisica

A quale distanza è avvenuto il terremoto registrato nel tracciato in figura. Il diagramma mostra i tempi di arrivo delle onde P e delle onde S



Determiniamo la distanza dell'ipocentro e l'istante in cui si è scatenato il terremoto nel sottosuolo, supponendo che la velocità di propagazione delle onde sia:

- onde P, $V_p = 7,5 \text{ Km/sec}$
- onde S, $V_s = 5,5 \text{ Km/sec}$.

Dal tracciato si ricavano i tempi di arrivo delle onde P e di quelle S:

- $T_s = 23:49:39.95$
- $T_p = 23:49:35.54$
- $T_s - T_p = 4,41 \text{ sec}$

Utilizziamo la formula

$$X = \frac{v_1 \times v_2}{(v_1 - v_2)} \times (t_1 - t_2)$$

sostituendo i dati sopra riportati

$$X = \frac{7,5(\text{km/sec}) \times 5,5(\text{km/sec})}{(7,5(\text{km/sec}) - 5,5(\text{km/sec}))} \times 4,41 \text{ sec} = 90,96 \text{ km}$$

L'istante in cui si è scatenato il terremoto è avvenuto alle ore

$$\text{orario} = 23:49:35.54 - T$$

dove T sta ad indicare il tempo impiegato dalle onde P o S per raggiungere l'osservatorio, pertanto T si calcola nel seguente modo:

$$T = \text{distanza} / V_p = 90,96 \text{ km} / 7,5(\text{km/sec}) = 12,13 \text{ sec}$$

il terremoto pertanto si è scatenato alle ore:

$$h = 23:49:35.54 - 12,13'' = 23:49:23,41$$