

**GRUPPO:** Candore Matteo, Gallitelli Mattia, Trementozzi Andrea  
24/04/2023

**CLASSE:** 5ª E

**DATA:**

**LUOGO:** relazione svolta da casa osservando il seguente video: [PSSC - 02. Lunghi intervalli di tempo](#)

## **I DECADIMENTI RADIOATTIVI**

### **SCOPO:**

Studio dei decadimenti radioattivi;

### **MATERIALI**

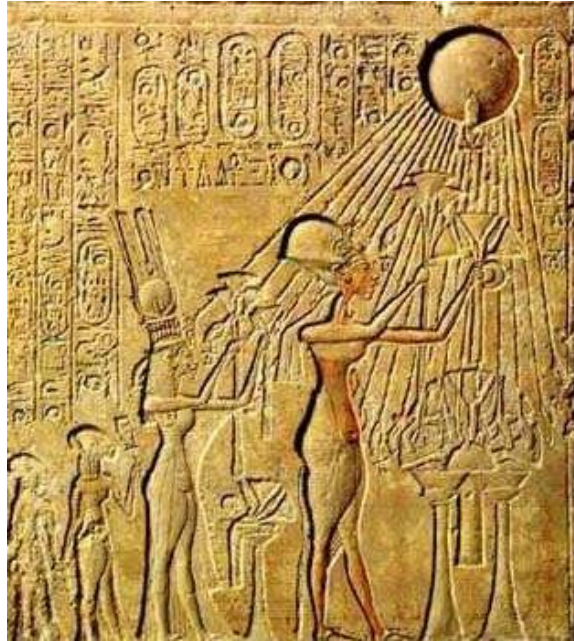
- 30 Kg di granito;
- Macchine per frantumazione;
- Setaccio;
- Separatore magnetico;
- Liquido pesante;
- Separatore;
- Microscopio;
- Provetta;
- Becker;
- Acido diluito;
- Acido;
- Solventi chimici;

### **PREMESSA TEORICA:**

Durante il corso della storia, diversi sono stati i tentativi nel cercare di datare l'età della Terra: se ci basassimo sulle fonti bibliche, potremmo ricondurre la nascita della sfera celeste a circa 6000 anni fa, ma sappiamo bene che non può essere così: è facilmente intuibile, infatti, che affinché un fondale marino diventi la cima di una montagna ci vogliono milioni di anni.



Per misurare il tempo normalmente impieghiamo l'utilizzo dell'orologio, uno strumento che, muovendosi a scatti regolari, definisce una determinata quantità di tempo trascorso. L'orologio per eccellenza che utilizziamo è il Sole: quando la Terra compie una rivoluzione intorno ad esso, definiamo il tempo trascorso come un anno. Ma questa misurazione è iniziata "solo" 6000 anni fa con i faraoni egizi, perciò non possiamo conoscere quanto tempo sia trascorso prima.



Un'altro esempio di orologio potrebbe essere la sezione del tronco di un'albero, ma questo non dura più di circa 5000 anni. Il record è attualmente detenuto dal Great Basin Bristlecone Pino, 5066 anni circa.



E' per questo che bisogna ricorrere ad un altro tipo di orologio: la radioattività. Questo metodo di misurazione del tempo funziona con grande precisione più sono grandi gli intervalli di tempo misurati, permettendoci di stimare l'età di oggetti che si trovano sul pianeta Terra a partire dalle sue origini.

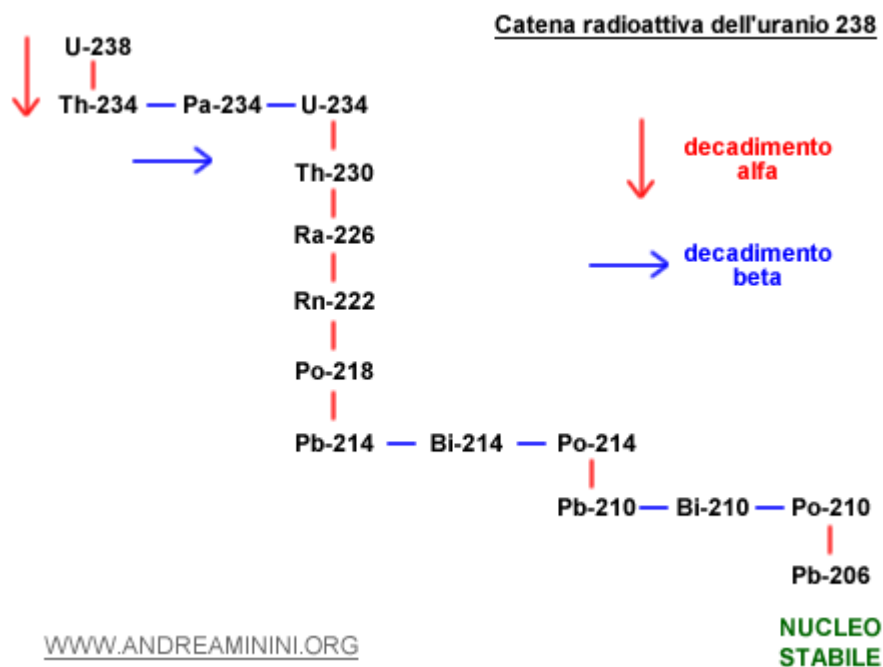
In particolare, si può calcolare quanto Uranio è contenuto in ogni materiale, poiché maggiore è la quantità di Uranio contenuta, maggiore sarà la sua età. L'Uranio è costituito da isotopi, ovvero atomi con caratteristiche simili ma massa differente. Gli isotopi dell'Uranio più conosciuti sono Uranio-238 (99,3% dell'Uranio che si trova in natura) e Uranio-235 (0,7% dell'Uranio che si trova in natura) che, essendo instabili, risultano essere radioattivi.

Spesso, infatti, un atomo di Uranio-238 si trasforma nell'atomo di un altro elemento radioattivo, che, a sua volta, si trasforma nell'atomo di un terzo elemento radioattivo e così via fino al raggiungimento di un elemento stabile. Una tale sequenza di atomi si chiama catena radioattiva.

Non tutti gli atomi radioattivi fanno parte di questa catena, ma è stato provato che l'Uranio-238 è il primo atomo di una catena radioattiva che finisce col prodotto stabile Piombo-206. Inoltre, è stato accertato anche che l'Uranio-235 è il primo atomo di un'altra catena radioattiva che finisce con l'atomo stabile Piombo-207, un altro isotopo del Piombo.

La percentuale media di Uranio-238 che decade in Piombo-206 è rigorosamente costante. Non importa come l'Uranio-238 sia combinato chimicamente, se venga sciolto da un acido sottoposto ad alte temperature o ad enormi pressioni: l'Uranio-238 decade sempre con lo stesso immutabile ritmo, e questo, ovviamente, è altrettanto vero per l'Uranio-235.

Abbiamo, quindi, potenzialmente due eccellenti orologi per misurare lunghi intervalli di tempo; orologi che battono irregolarmente ma che, in media, su un grande numero di scatti sono estremamente precisi.



Ma in quanto tempo avviene la trasformazione da Uranio-238 a Piombo-206?

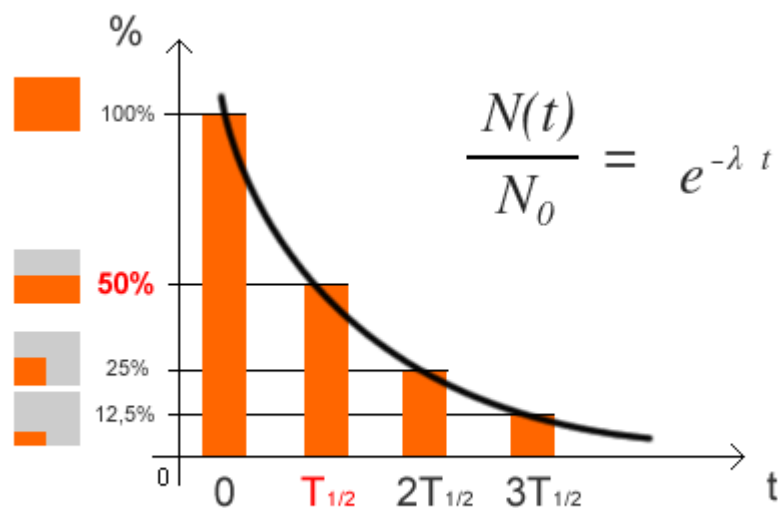
### TEMPO DI DIMEZZAMENTO/EMIVITA:

L'**emivita** o **tempo di dimezzamento** viene definita come il periodo di tempo che occorre affinché la metà degli atomi di un campione radioattivo puro decadano. Indicata con  $T_{1/2}$ , si tratta di una quantità usata per indicare il tempo di decadimento, ed è diffusa nella pratica sperimentale per la facilità di misurazione.

Il processo di decadimento implicitamente modellato da questo parametro è quello più semplice, cioè una cinetica del primo ordine: l'andamento dei decadimenti più semplici è quello di una **funzione matematica del tipo esponenziale negativo**. Un'altra quantità comune per il tempo di decadimento, tipica per i processi esponenziali, è la costante di decadimento, indicata solitamente con la lettera  $k$  o con  $T_{1/e}$ : corrisponde, infatti, al periodo richiesto affinché un campione puro si riduca ad una concentrazione di  $1/e$ , l'inverso del numero di Nepero: circa il 36,8%.

L'emivita è un indice della stabilità di un isotopo: più breve è l'emivita, meno stabile è l'atomo. Il decadimento di un atomo viene detto spontaneo in quanto è un fenomeno che avviene naturalmente. Si tratta di un evento stocastico, per cui non si può predire quando un determinato atomo decadrà, ma è possibile determinare la probabilità di decadimento, di cui l'emivita è espressione.

Supponendo, quindi, di avere un blocco composto interamente da Uranio-238 (parte arancione), che man mano decade in Piombo-206 (parte grigia), il rapporto  $U^{238}/Pb^{206}$  prenderà questo andamento nel corso del tempo:



Il tempo di dimezzamento dell'Uranio-238 è di  $4,5 \cdot 10^9$  y, mentre quello dell'Uranio-235 è di  $0,7 \cdot 10^9$  y.

Ma come datare un oggetto attraverso la radioattività?

Utilizzando un selezionatore di atomi, possiamo determinare il numero degli atomi degli isotopi di Uranio e di Piombo presenti nella roccia di cui vogliamo conoscere l'età. In particolare, si studia lo Zirconio, un elemento chimicamente stabile che viene trasformato in un sistema isolato. Per esempio, per misurare l'età del Granito, bisogna studiare i cristalli in esso contenuti, formati attraverso il raffreddamento della roccia fusa. L'Uranio si trova nei cristalli di Zirconio situati nel Granito, che presentano la medesima età della roccia. Perciò, verificando il rapporto U/Pb contenuto nei cristalli, potremo stabilire quanto tempo prima si è formato il minerale.

### SPETTROMETRO DI MASSA

Lo spettrometro di massa è uno strumento che permette di riconoscere specie chimiche differenti o separare ioni o isotopi diversi presenti in uno stesso campione. Esso si basa sull'applicazione di un campo elettrico e successivamente di un campo magnetico. Le cariche vengono dapprima fatte passare attraverso un selettore di velocità, cioè uno strumento che combina un campo elettrico ed uno magnetico, e portate ad una certa velocità nota; oppure vengono fatte passare attraverso due lastre tra le quali esiste una differenza di potenziale, ed il campo creato all'interno accelera la carica verso la velocità desiderata.

Una volta portate alla velocità desiderata, le cariche di cui si vuole analizzare la specie chimica vengono introdotte in una regione di spazio sede di un campo magnetico uniforme e costante, ortogonale alla velocità in ingresso. Le cariche subiranno la forza di Lorentz e inizieranno a ruotare muovendosi di moto circolare uniforme. Durante la loro orbita circolare vengono, così, rilevate nel momento in cui sbattono contro la parete dello spettrometro e si può quindi misurarne il raggio.

### RADIOATTIVITA'

La radioattività è un fenomeno fisico in cui un nucleo instabile di un atomo emette particelle e/o radiazioni elettromagnetiche, trasformandosi in un nucleo più stabile. Questo processo di decadimento radioattivo può essere spontaneo o indotto dall'interazione con altre particelle o radiazioni.

Ci sono tre tipi di decadimento radioattivo: alfa, beta e gamma.

- Il *decadimento alfa* coinvolge l'emissione di particelle alfa, che consistono in due protoni e due neutroni, dal nucleo instabile.
- Il *decadimento beta* coinvolge l'emissione di particelle beta, che possono essere elettroni o positroni, dal nucleo instabile.
- Il *decadimento gamma* coinvolge l'emissione di radiazioni elettromagnetiche ad alta energia, chiamate raggi gamma, dal nucleo instabile.

La radioattività è un fenomeno naturale e può essere trovato in molti elementi presenti sulla Terra, tra cui il Carbonio, il Potassio e l'Uranio. La radioattività è utilizzata in molti campi, tra

cui la medicina, la produzione di energia nucleare e la datazione degli oggetti antichi. Tuttavia, la radioattività può anche essere pericolosa per la salute umana se non viene gestita correttamente.

## ISOTOPI

In fisica, un isotopo è una varietà di un elemento chimico che ha lo stesso numero atomico (cioè lo stesso numero di protoni nel nucleo) ma un numero diverso di neutroni nel nucleo atomico. Questi isotopi possono avere masse atomiche diverse, ma avranno proprietà chimiche simili a causa del loro stesso numero di protoni.

Ad esempio, il Carbonio-12, il Carbonio-13 e il Carbonio-14 sono tutti isotopi dell'elemento Carbonio, poiché hanno lo stesso numero atomico (6 protoni), ma differiscono per il numero di neutroni nel nucleo (rispettivamente 6, 7 e 8).

Gli isotopi sono importanti in molti campi della fisica e della chimica, in particolare nell'analisi dei materiali, nella datazione delle rocce e nella produzione di energia nucleare.

## DECADIMENTO

In fisica, il decadimento si riferisce al processo in cui un'entità fisica (ad esempio un atomo, una particella subatomica o un sistema fisico) si trasforma in un'altra o più entità, emettendo energia sotto forma di particelle, onde elettromagnetiche o entrambi. Questo processo può essere spontaneo, in cui un'entità instabile si decompone in entità più stabili, o può essere indotto da fattori esterni, come la collisione con altre particelle o l'irradiazione con radiazioni. Il decadimento può avvenire in diverse forme, tra cui decadimento alfa, decadimento beta, decadimento gamma e molti altri, a seconda della particella emessa e delle caratteristiche del sistema che si sruota decadendo.

## ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA:

1. Estrarre dalla roccia una piccola quantità di Zirconio, spezzandola con un martello;



2. Ridurre i frammenti di roccia in polvere attraverso delle apposite macchine;





3. Setacciare la polvere e separare le particelle secondo la grandezza;



4. Separare magneticamente i minerali polverizzati attraverso un'apposita macchina;



5. La separazione del campione continua per mezzo di uno speciale liquido pesante, che pesa tre volte di più di un uguale volume d'acqua. Mescolando la polvere con questo liquido le particelle di densità minore vanno a galla e i minerali di densità maggiore a fondo. Lo Zirconio, più pesante di molti altri minerali, si concentrerà in fondo al vaso;



6. Un ultimo dispositivo seleziona ancora finemente le particelle distinguendole per le loro proprietà magnetiche: lo Zirconio è, infatti, meno magnetico degli altri minerali;



7. Infine, le particelle vengono selezionate al microscopio: la purezza dei campioni di Zirconio è necessaria per la corretta lettura degli orologi a radioattività;

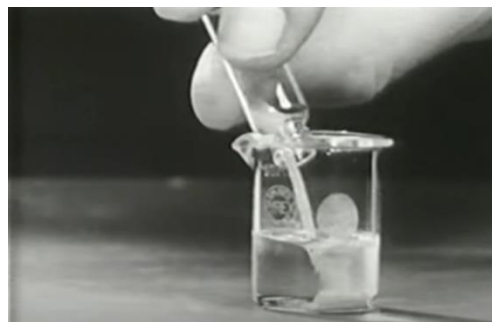


8. Si sono, così, preparati appena pochi grammi di Zirconio da quasi 30 kg di Granito;



9. Scomporre chimicamente lo Zirconio per estrarne l'Uranio e il Piombo in un apposito laboratorio, in modo da non sommare altri campioni di Piombo con quello appositamente estratto;

10. Lavare lo Zirconio in acido diluito per eliminare tutto il Piombo di cui potrebbe essere contaminato;



11. Lo Zirconio viene sciolto;





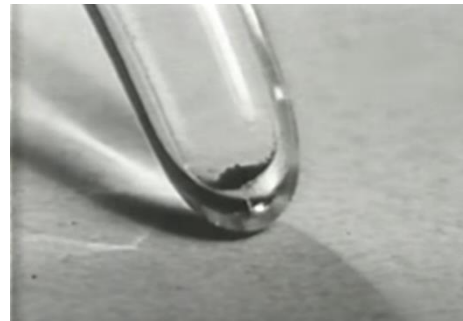
12. Dopo che il campione si è raffreddato, viene sciolto in acido;



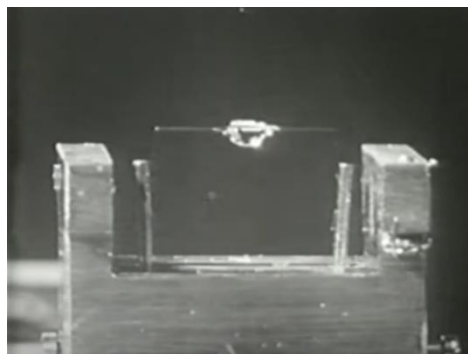
13. L'Uranio e il Piombo vengono separati chimicamente con speciali solventi chimici che hanno particolari affinità per questi elementi;



14. Si fa gorgogliare acido solfidrico nella soluzione contenente il Piombo, e si ottiene un precipitato di solfuro di piombo;



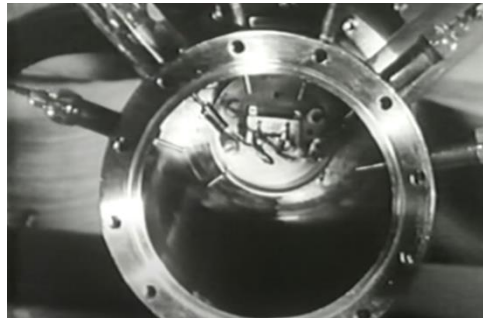
15. Il precipitato, che pesa da 5 a 10 milionesimi di grammo, viene posto su un filo metallico;



16. L'Uranio, concentrato in una soluzione, viene posto sopra un altro filo metallico;



17. Inserire nello spettrometro di massa (selezionatore di atomi) i fili di piombo e di uranio (uno alla volta). Questo strumento mostra le quantità degli isotopi di Piombo e di uranio contenuti nel campione.



### **DATI E LORO ELABORAZIONE**

Prendiamo in considerazione il grafico che rappresenta gli andamenti del rapporto tra il  $\text{Pb}^{206}$  e l' $\text{U}^{238}$  e tra  $\text{Pb}^{207}$  e  $\text{U}^{235}$ , ricordando che il tempo di dimezzamento dell' $\text{U}^{238}$  è di  $4,5 \times 10^9$  y mentre quello dell' $\text{U}^{235}$  è di  $0,7 \times 10^9$  y.

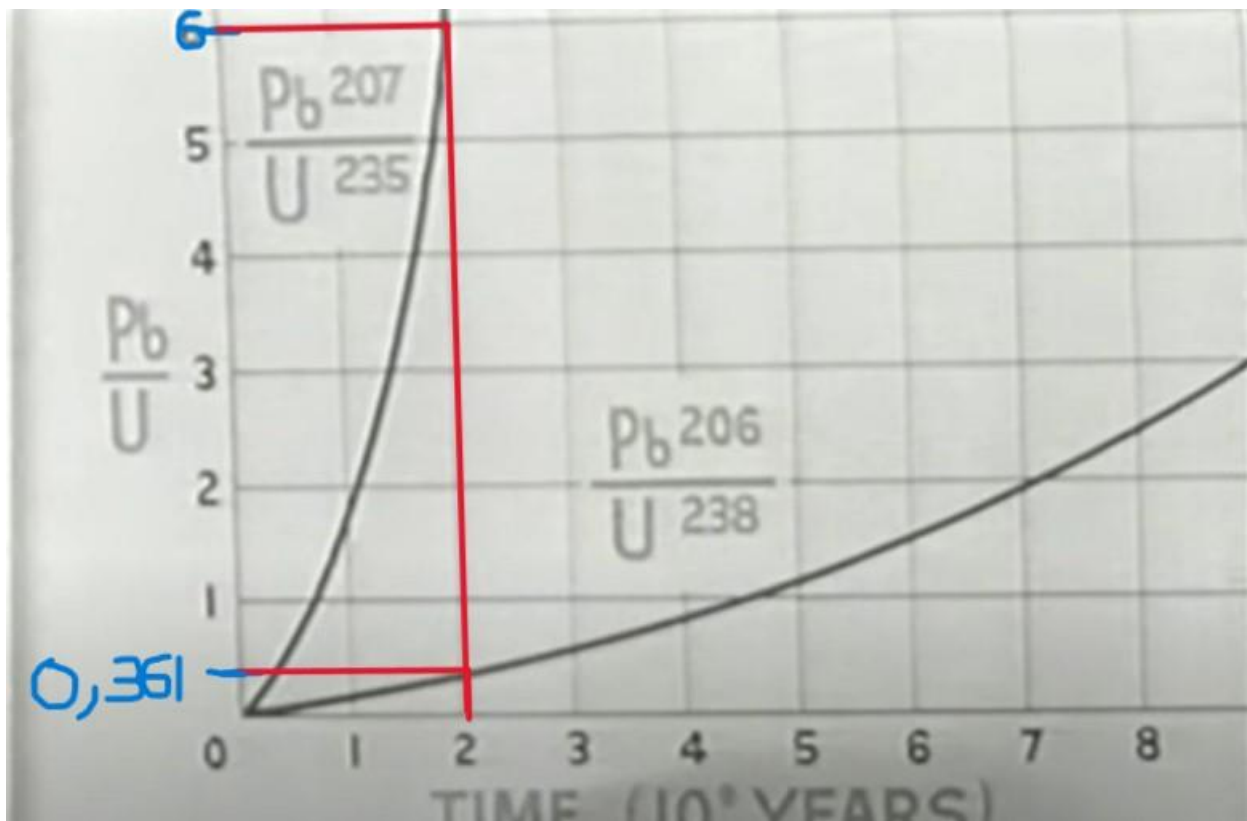
Nel campione che abbiamo preso in considerazione il rapporto

$$\text{Pb}^{206} / \text{U}^{238} = 0,361,$$

mentre il rapporto

$$\text{Pb}^{207} / \text{U}^{235} = 6.$$

Se osserviamo il grafico rappresentante gli andamenti di tali rapporti nel tempo, riportato di seguito, è facile osservare che entrambi indicano, approssimamente,  $2 \times 10^9$  y (2 miliardi di anni).



## CONCLUSIONE

Poiché i due orologi ci forniscono circa il medesimo risultato, possiamo definirli come affidabili, affermando che l'esperimento è così riuscito. Perciò, possiamo utilizzare questi orologi per datare altre rocce della Terra: tra le rocce misurate con la radioattività, la più antica si stima abbia un'età di circa  $3,2 \cdot 10^9$  y, che si considera essere il limite minimo per l'età della Terra. Si può, inoltre, definire un limite massimo per l'età della Terra, come? Attraverso calcoli sulle percentuali di  $U^{235}$  e  $U^{238}$  al tempo in cui si formarono e confrontandole con quelle attuali, si ipotizza che la Terra possa avere al massimo  $10 \cdot 10^9$  y. Possiamo, quindi, stimare che la Terra abbia un'età compresa tra  $3,2 \cdot 10^9$  anni e  $10 \cdot 10^9$  anni.

Per avere un valore più preciso, occorrerebbe conoscere la composizione isotopica del Piombo quando la Terra si formò, calcolando quanto tempo ci ha impiegato il Piombo originario a mutare per il decadimento dell'Uranio e del Torio nel Piombo attuale. Ovviamente, non essendo presenti alla nascita della Terra, non è stato possibile misurare la composizione isotopica del Piombo. Nonostante ciò, alcune teorie affermano che esistono dei meteoriti che vagano nello spazio e che hanno la stessa composizione isotopica del Piombo al momento della nascita del nostro pianeta. Tale Piombo è stato estratto dai meteoriti e misurato in uno spettrometro di massa. I calcoli hanno mostrato che l'età di questa roccia sia pari a  $4,5 \cdot 10^9$  y. Questo valore è il risultato di svariate misurazioni ottenute impiegando diversi orologi a radioattività e studiando molteplici meteoriti, rendendo praticamente veritiero il risultato.

Il concetto di tempo, nonostante ciò, rimane un concetto che sembra molto comune e semplice, ma che è estremamente delicate e complesso. C'è ancora molto da imparare circa la natura del tempo.