

IL PENDOLO DI FOUCAULT NELLA CATTEDRALE DI CREMONA

il Comitato per l'Orologio Astronomico del Torrazzo e il Gruppo Astrofili Cremonesi con questo avvenimento, tanto semplice quanto affascinante, intendono ripetere l'esperimento del fisico francese Léon Bernard Foucault che nel 1851, all'interno del Pantheon di Parigi, dimostrò il moto di rotazione della terra intorno al suo asse.

L'esperimento è aperto alla cittadinanza che vorrà intervenire per assistere dal vivo alla dimostrazione della rotazione terrestre.

RAPPRESENTAZIONE DELL'ESPERIMENTO

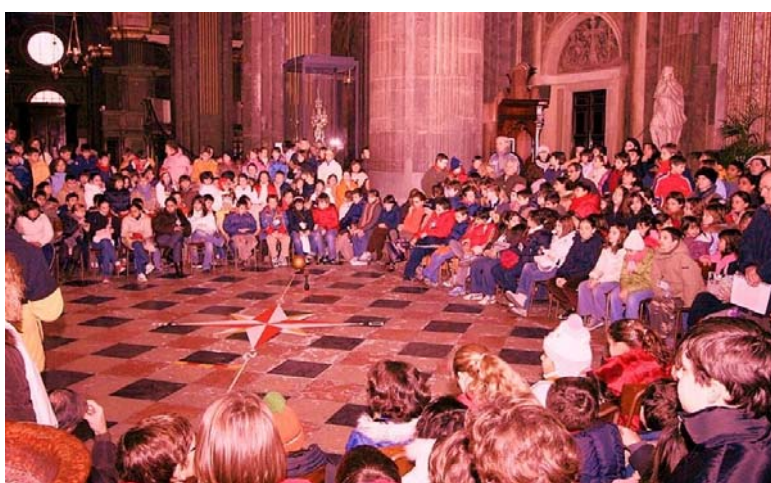
per gli alunni delle elementari giovedì gennaio 2008 alle ore 11.00

per gli studenti delle medie giovedì 10 gennaio 2008 alle ore 11.00

per gli studenti delle superiori venerdì 11 gennaio 2008 alle ore 11.00

per la cittadinanza sabato 12 gennaio 2008 alle ore 15.00:

ultima rappresentazione sabato 12 gennaio 2008 alle ore 21.00:



Rappresentazione per le scuole nella Cattedrale

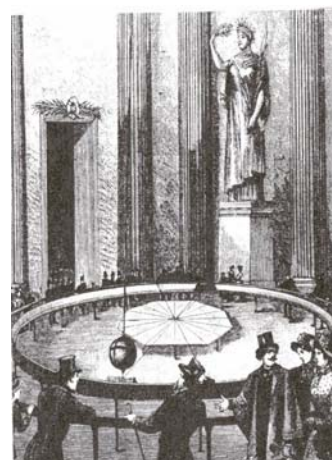


immagine Ottocentesca nel Pantheon

VISIONE DELLA TERRA CHE RUOTA

Ben pochi esperimenti scientifici conseguirono così grande fama e spettacolarità.

Come è noto, l'esperimento sfrutta l'inerzia del piano di oscillazione di un pendolo semplice per rivelare la rotazione della terra.

Le Cattedrali con i loro alti soffitti e la loro atmosfera di raccoglimento erano e sono luoghi perfetti per allestire questa esperienza.

Dopo il suo esperimento Foucault scrisse:

“il fenomeno si svolge con calma: è inevitabile, irresistibile... . Vedendolo nascere e crescere, ci rendiamo conto che non è in potere dello sperimentatore accelerarlo o ritardarlo, chiunque si trova in sua presenza è indotto a riflettere e a tacere, e in generale ne ricava un senso forte e intenso della nostra incessante mobilità nello spazio... . Il Pendolo non produce sfavillii, rumori sordi o meccanici, si muove con solenne maestà, sembra interagire con nulla e pare ignorarci del tutto”.

Così dal 1851, i pendoli di Foucault proliferarono in tutto il mondo. Oxford, Dublino, New York, Rio de Janeiro, Ceylon; si trova in numerosi musei scientifici, maestoso quello nel Palazzo delle Nazioni Unite, famoso quello di un generale cinese che lo fece installare a Pechino, perché ancora alla fine dell'ottocento molti cinesi erano ancora convinti che la Terra fosse immobile.

In Italia esperimenti furono realizzati a Roma, subito nel 1851 dal gesuita padre Secchi nella chiesa di S. Ignazio, a Firenze, nel Duomo di Santa Maria del Fiore per la prima volta nel 1866 dai Padri Filippo e Giovanni dell'osservatorio Ximeniano, nel 2000 con il commento di Umberto Eco, autore del famoso romanzo “Il Pendolo di Foucault”.

Migliaia di persone hanno gremito questi luoghi per vedere “girare la Terra”.

LETTURA: “dall’introduzione al pendolo di Foucault” di Umberto Eco

“Fu allora che vidi il pendolo.

La sera, mobile all’estremità di un lungo filo fissato alla volta del Tempio, descriveva le sue ampie oscillazioni con isocrona maestà.

... lo sapevo, che la terra stava ruotando, e io con essa, e insieme ruotavamo sotto il pendolo, che in realtà non cambiava mai la direzione del proprio piano di oscillazione, perché lassù, da dove pendeva, e lungo l’infinito prolungamento ideale del filo, in alto verso le più lontane galassie, stava, immobile per l’eternità, il punto fermo.



l’esperienza per la cittadinanza

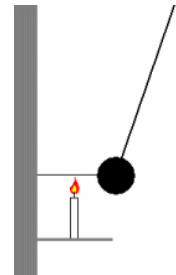
... lo sapevo - ma chiunque avrebbe dovuto avvertire nell’incanto di quel placido respiro che il pendolo era regolato dal rapporto tra la radice quadrata della lunghezza del filo e quel numero π che, irrazionale alle menti sublunari, per divina ragione lega necessariamente la circonferenza al diametro di tutti i cerchi possibili

... così che il tempo di quel vagare di un grave dall’uno all’altro polo era effetto di una arcana cospirazione tra le più intemporalmente delle misure: l’unità del punto di sospensione, la dualità di una astratta dimensione, la natura ternaria di π , il tetragono segreto della radice, la perfezione del cerchio.

... Perché nel vuoto qualsiasi punto materiale pesante, sospeso all’estremità di un filo inestensibile e senza peso, che non subisse la resistenza dell’aria, e non facesse attrito col suo punto d’appoggio, oscillerebbe in modo regolare per l’eternità.”

SI PROCEDE AL LANCIO !

Per avviare il moto del pendolo si è adottato il metodo previsto da Foucault: un cappio di filo sottile in canapa avvolto attorno alla sfera del grave. Al momento del lancio questo filo è bruciato da una candela, così da iniziare le oscillazioni lungo la linea preventivamente tracciata sul pavimento. Ancor più che spettacolare questo metodo è affidabile per evitare di imprimere al grave, nel momento del lancio, una forza deviante che potrebbe inficiare l’esperienza.



COMMENTO

Le forze che agiscono sono l’energia potenziale della gravità e l’inerzia che si trasformano in energia cinetica e nuovamente in potenziale, fino a quando gli attriti non smorzano le oscillazioni. Alla sommità il filo di sostegno è libero di ruotare, ma nessuna forza lo fa ruotare, oscilla semplicemente sul suo piano.

Secondo le leggi della meccanica, un corpo mantiene il suo stato di quiete o di moto, se non intervengono forze che lo modificano. Il Pendolo di Foucault costituisce un oggetto esteticamente elegante e affascinante perché dotato di quel movimento di cui i nostri sensi non s’avvedono, anzi si ingannano.

I pendoli di Foucault sono degli strumenti che forniscono una prova fisica della rotazione del pianeta Terra attorno al proprio asse, attraverso l’apparente rotazione del piano di oscillazione. La prova che Galileo Galilei ha incessantemente cercato per poter dimostrare le sue ragioni e non limitarsi a dire della terra: “eppur si muove!”.

IL PROBLEMA DEL SISTEMA DI RIFERIMENTO

Se vogliamo descrivere il movimento di un oggetto abbiamo sempre bisogno di un " sistema di riferimento". Se siamo seduti su un treno in corsa potremmo affermare, con la stessa legittimità, due cose diverse a seconda del sistema di riferimento che scegliamo: siamo fermi, se riferiamo il nostro movimento alle pareti del treno, siamo in movimento se riferiamo il movimento alle case, ai campi, agli alberi ecc.



In effetti noi crediamo che le case, gli alberi ecc. non si muovano, perchè siamo abituati a riferire i fenomeni quotidiani ad un sistema di riferimento che chiameremo "terrestre", cioè rigidamente collegato alla superficie della terra, dove la nostra esperienza ce li mostra fermi. Ma immaginiamo, per un attimo, d'osservare la terra da un punto "fisso" dello spazio: vedremmo che anche le case e gli alberi si muovono insieme alla terra descrivendo un giro in circa 24 h. Non possiamo mai affermare dunque, in assoluto, se siamo fermi o ci muoviamo!

Facendo un altro esempio potremmo immaginare di trovarci su una giostra in rotazione: siamo fermi rispetto alla giostra (i piedi sono a contatto con la piattaforma e, rispetto ad essa, non si muovono), ma stiamo ruotando rispetto a terra, posso prendere come riferimento gli spettatori che ci fanno percepire che siamo noi in movimento.

UN PENDOLO SU UNA GIOSTRA: Se osserviamo il comportamento di un pendolo fissato, mediante un opportuno sostegno, nel centro di una piattaforma rotante ci rendiamo conto che si ripropone il problema del sistema di riferimento.

Ora, se osserviamo il comportamento del pendolo rimanendo fuori dalla piattaforma, con i piedi per terra, lo osserviamo oscillare su un piano verticale che, rispetto a noi, resta sempre lo stesso, mentre la giostra ruota.

Naturalmente il punto di sospensione deve essere in grado di lasciare libero il filo senza trascinarlo. Se osserviamo invece il pendolo stando coi piedi sulla giostra, ci accorgeremo che, mentre la giostra e' ferma rispetto a noi (perchè noi ci troviamo coi piedi fissi su di essa), il piano di oscillazione del pendolo ruota in senso opposto alla giostra con la stessa velocità di rotazione.

Due persone: una sulle giostra, l'altra a terra, riferiscono due situazioni diverse e nessuna mente.

Immaginiamo di essere all'interno della sfera del nostro pendolo, magari al polo nord, immaginiamo di avere l'orizzonte libero e osservare una stella davanti a noi, questa sarà sempre a noi di fronte allo scorrere del tempo, mentre, sotto di noi il terreno ruoterà. Siccome noi non siamo nel pendolo ma solidali con il pavimento, sembra sia il piano d'oscillazione del pendolo a muoversi; sono i nostri sensi che s'ingannano.

PREMESSA STORICA: ricerca della prova della rotazione della terra



L'atteso scontro tra il "fermo birillo" che inganna i nostri sensi, e l'immobile piano di oscillazione del grave.

Tutti noi siamo consapevoli del moto del sole e delle stelle sulla volta celeste e potremmo fare le seguenti ipotesi per dare una spiegazione al fatto:

è la volta celeste che ruota verso occidente facendo un giro in circa 24 ore;

è la terra che ruota verso oriente facendo un giro in circa 24 ore;

vi è un moto relativo fra rotazione della terra e volta celeste con uno scarto di circa 24 ore. Valide queste ipotesi per comprendere la reale situazione siamo costretti a cercare delle prove ed a effettuare esperimenti.

I testi affermano che l'ipotesi di rotazione della terra fu formulata dal filosofo Aristarco di Samo, circa nel 300 a.C. Riferisce Archimede che la teoria di Aristarco spiegava il moto degli oggetti celesti con la rotazione della terra, ma la teoria di Aristarco fu fortemente combattuta dai suoi contemporanei e praticamente abbandonata per 1800 anni.

I motivi erano principalmente di natura filosofica, sostanzialmente si riteneva impossibile un movimento alla Terra e vera la posizione centrale nell'Universo.

Non mancavano anche errate convinzioni di natura fisica che oggi sappiamo.

Nel caso che la Terra fosse ferma, le stelle fisse vanno tutte immaginate incastonate sulla sfera celeste, pensandole invece come realmente sono, a distanze diverse da noi nello spazio, dovrebbero avere velocità lineari esattamente proporzionali alla loro distanza di rotazione per mantenere immutate le loro posizioni reciproche. Questo speciale accordo di tutto l'Universo è chiaramente difficile da sostenere.

Inoltre già la prima stella, a noi più vicina dopo il sole (Proxima Centauri distante 4,22 anni luce) dovrebbe muoversi nello spazio, per compiere un giro in circa 24 ore ad una velocità di alcune migliaia di volte superiore a quella della velocità della luce.

Stando all'ipotesi alla rotazione della Terra, poiché il suo diametro era conosciuto (misurato con mirabile precisione da Eratostene) si riteneva che la sua velocità tangenziale risultava incredibilmente alta; possibile che tale velocità non desse luogo a fenomeni osservabili? Che dire della traiettoria di una freccia lanciata in alto? Non avrebbe dovuto essere deviata in modo sensibile? Non sapevano che l'atmosfera ruota insieme alla Terra, senza ostacoli nello spazio vuoto, anzi negavano l'esistenza del vuoto, e queste obiezioni sembravano tali da escludere con certezza la rotazione della Terra.

Diciotto secoli più tardi si riprese a parlare di rotazione terrestre in relazione al sistema copernicano. Galileo cercò per tutta la sua vita le prove della rotazione, era talmente convinto della necessità di una prova da inventarsela: nei suoi Dialoghi sostiene a torto e con argomentazioni poco convincenti e coerenti con il suo metodo scientifico, che il fenomeno delle maree ne fosse la prova, ridicolizzando Keplero che giustamente l'attribuiva all'influenza lunare.

Ma il grande scienziato conosceva la variazione di velocità dei corpi che diversamente distano dal centro della terra e pensò di far cadere degli oggetti da alte torri per verificare spostamenti rispetto alla verticale e dimostrare la rotazione.

PRINCIPIO D'INERZIA

*“... a principiar il moto è ben necessario il movente,
ma a continuarlo basta il non haver impedimento ...”*

GALILEO GALILEI: da “ Dialogo Sopra i due Massimi Sistemi”

“..... a proposito di una palla che cade da grande altezza nego che debba restare indietro; anzi mantenendosi nella palla quella medesima velocità che ella aveva ... dovrebbe anticipare la vertigine della terra “.

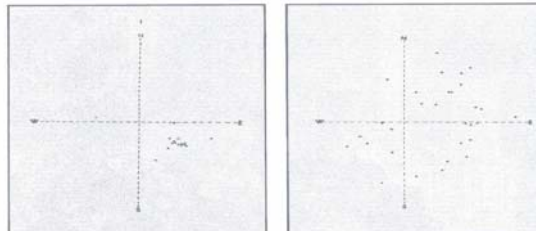
La palla, solidale con la Terra, si muove con la stessa velocità angolare del suolo, ma la palla a grande altezze (sulla torre) è più lontana dal centro terrestre e dunque la sua velocità è maggiore di quella al suolo.

Per questo motivo, nel tempo di quanto dura la caduta, si sposterà nel senso di rotazione terrestre più di quanto faccia la superficie del pianeta; il risultato è che cadrà più avanti della verticale e non più indietro come ingenuamente alcuni pensano.

Le previsioni di Galileo erano esatte ma non lo era la tecnica di sperimentazione. Più tardi, anche lo scienziato Hooke, amico di Newton sostenne la tesi di Galileo e Padre Mersenne sembra effettuò pericolosi esperimenti sparando palle di cannone sulla verticale senza ottenere buoni risultati.

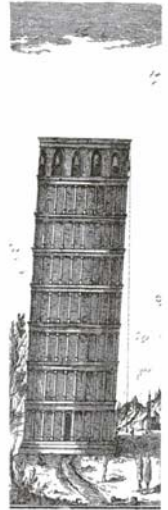
La cosa riuscì nel 1791 a Giovanni Battista Guglielmini, frate e scienziato italiano, noto per aver conseguito una delle prime prove meccaniche della rotazione terrestre utilizzando la Torre degli Asinelli in Bologna.

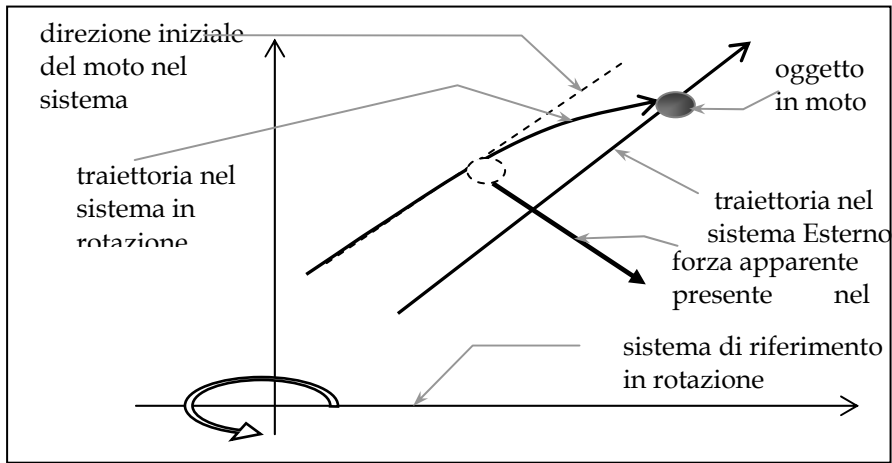
Egli adottò particolare accuratezza nelle tecniche sperimentali: quali l'utilizzo di biglie che erano state messe a galleggiare nel mercurio prima del lancio per definire la configurazione più stabile tenute poi sotto osservazione al microscopio prima della caduta. Con la sua sofisticata e complessa tecnica Guglielmini si giocava la credibilità" in pochi millimetri. più tardi anche lo scienziato Benzberg fece cadere le sferette nel pozzo di una miniera, sottraendole così all'eventuale azione del vento.



Tracce degli impatti al suolo di Guglielmini e Benzberg

Il matematico Siméon-Denis Poisson, esperto in balistica, elaborò formule per calcolare la deviazione dei proiettili per lo spostamento della terra sotto la loro corsa. “Nei tiri di artiglieria a lunga gittata diretti nel senso nord-sud o viceversa, il proiettile subisce una sensibile deviazione verso destra nell'emisfero settentrionale e verso sinistra in quello australe. Infatti il proiettile oltre alla velocità di rotazione della Terra nel punto di partenza; nell'emisfero settentrionale, se il tiro è diretto verso nord questa velocità è maggiore di quella del bersaglio e perciò il proiettile cadrà in un punto ad est della direzione di tiro (alla destra del bersaglio). Se il tiro è diretto verso sud, sempre nell'emisfero settentrionale, allora è il bersaglio ad avere maggiore velocità del cannone ed il proiettile cade verso ovest (ancora a destra rispetto alla direzione di tiro). Nell'emisfero sud la deviazione è verso sinistra”. Foucault capì che il piccolo effetto sul breve tragitto del pendolo, poteva sommarsi ad ogni oscillazione e risultare chiaramente visibile. Così ideò l'esperimento del pendolo.





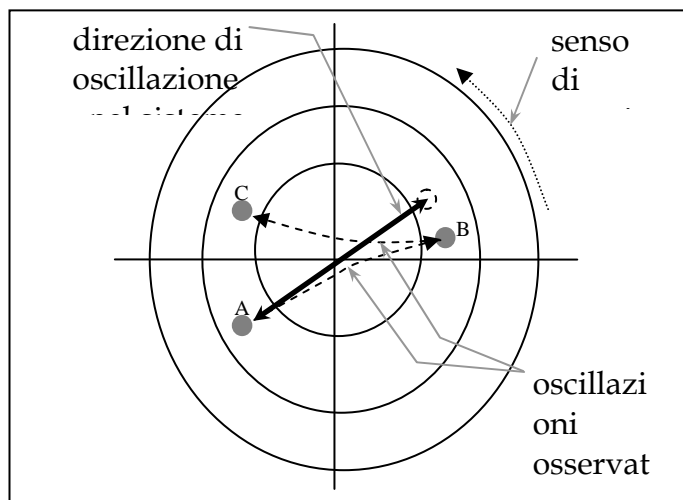
Dalla dinamica si conosce che un corpo che si trova in una situazione di moto rettilineo uniforme rispetto ad un sistema inerziale, quando è osservato da un sistema di riferimento non inerziale (come in effetti è la terra), è sottoposto a delle forze fittizie che ne deviano il moto rispetto alla direzione rettilinea in tale sistema. In particolare, nei sistemi di riferimento in rotazione si manifesta la forza di Coriolis, la quale agisce sul corpo ortogonalmente al suo moto e (rispetto al verso di tale moto) diretta a destra se il riferimento ruota in senso antiorario, a sinistra se il riferimento ruota in senso orario. Tutto ciò comporta che un corpo con un moto oscillatorio venga osservato, in un sistema in rotazione, come subente una deviazione da un lato (rispetto all'osservatore) all'andata ed una deviazione dal lato opposto al ritorno.

In concreto, supposto che il pendolo viaggi verso Nord, man mano si trova a sorvolare punti della Terra che corrono via più lentamente e quindi li sopravanza; viceversa nell'altro senso.

In pratica per un osservatore solidale con la terra che non si accorge di ruotare, tutto avviene, come se, il pendolo fosse soggetto a una forza apparente, la forza di Coriolis, che lo devia, da cui la rotazione del piano di oscillazione.

Questo illustrato è il principio su cui si basa il pendolo di Foucault: tale strumento è un semplice pendolo, libero di oscillare su piani diversi; il sistema di riferimento rotatorio è la Terra, su cui ci troviamo, ed il corpo in moto oscillatorio è il grave del pendolo stesso.

Ad ogni iterazione il grave subisce una piccola deviazione apparente, a causa della forza di Coriolis, che tende a ruotare la sua direzione di oscillazione in senso opposto a quello del sistema di riferimento: pertanto, all'emisfero Nord, dove la terra ruota in senso antiorario, la direzione di rotazione del grave ruota in senso orario (da Est verso Ovest, come il moto apparente diurno della volta celeste).



Il periodo di rotazione della direzione di oscillazione sarebbe di 24 ore per un pendolo che si trovasse al polo Nord, mentre per le latitudini più basse il valore del periodo è dato dalla formula:

$$T = \frac{T_0}{\text{sen}(\phi)}$$

dove T è il periodo, T_0 è il periodo al polo (24 ore) e ϕ è il valore della latitudine.

Per una latitudine di $\phi = 45^\circ$, ci si aspetta che la direzione di oscillazione del grave compia una rotazione completa in 34 ore, a latitudine più basse, ad esempio a Roma, la rotazione avviene in 36 ore, mentre a Parigi avviene in 32 ore. Ai poli sarà esattamente di 24 ore.

Amico di Foucault era Gustave Gaspard Coriolis, ingegnere ferroviario divenuto poi direttore dell'École Polytechnique di Parigi, il quale aveva notato un'usura evidente sul binario occidentale della linea Lione-Parigi che correva quasi sul meridiano; attribuì questa anomala usura ad una forza apparente che agiva sul treno comune a tutti i corpi che si muovono su un sistema di riferimento in rotazione, forza che prese poi il suo nome.

La forza apparente di Coriolis è quella che fa ruotare l'acqua della scarico del lavandini, in senso orario nell'emisfero nord, e antiorario nell'emisfero sud.

Ma determina anche i movimenti delle masse d'aria e la meteorologia ne tiene conto, come ne devono tenere conto gli aerei che sembrano deviare nell'attraversare i continenti.

Anche il pendolo andando verso nord sorvola punti del terreno che vanno più piano e quindi sembra che li sopravvanti.

La dimostrazione pubblica della rotazione della terra fu realizzata per la prima volta alla presenza del principe Napoleone, futuro Napoleone III, nel Panthéon di Parigi. Il pendolo era costituito da un filo di 1,4 mm di diametro lungo 67 metri, al quale era appesa una sfera di ottone di 28 Kg.

A causa di questo peso il filo si allungava di circa 6 cm.

Una punta sotto il peso segnava su un letto di sabbia la traccia del piano di oscillazione con una frequenza di 8 secondi all'andata e 8 al ritorno. Lo spostamento fu evidentissimo.

I dati dell'esperimento a Cremona sono a seguire.

Il periodo della frequenza vale: $P = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, a parità di lunghezza del cavo, indipendentemente

dalla massa del grave, le oscillazioni sono isocrone. Questo fatto ha interessato molto gli orologiai che finalmente disponevano di un affidabile elemento di frequenza costante.

Huyghens realizzò degli ottimi orologi a pendolo, in particolare alcuni per l'Osservatorio Astronomico di Parigi, con precisione al secondo. Uno di questi portato a Caienne, in prossimità dell'equatore terrestre, sbagliava notevolmente; ciò permise di capire che la gravità terrestre era diversa e se ne dedusse lo schiacciamento ai poli.

Si afferma che il pendolo è stato utilizzato per rilevare anomalie gravitazionali, ad esempio per scoprire grosse masse sepolte sotto il suolo terrestre come le miniere di ferro.

Il moto del pendolo è servito per determinare l'accelerazione di gravità, ha indotto lo studio dei moti ondulatori, onde del suono e della luce, onde elettromagnetiche.

la sua variazione al variare della gravità ha indotto alla relatività del tempo: un orologio in cima ad un grattacielo batte un tempo diverso di un uguale orologio alla base.

TECNICA DELL'ESPERIMENTO

Il pendolo utilizza un esistente foro sulla volta del soffitto della navata del duomo che probabilmente serviva a sostenere un lampadario o un drappo.

La parte più delicata del pendolo è la sua sospensione che deve avere attriti trascurabili; è composta da due parti: la prima è costituita da un robusto cuscinetto per reggere il carico del grave e nello stesso tempo garantirne la libertà di rotazione intorno all'asse verticale, all'interno del cuscinetto vi è il perno che regge la seconda parte o snodo cardanico che permette il movimento oscillatorio in tutti i sensi entro l'angolo previsto. Sull'ultima parte di questo si trova l'attacco del cavo che regge il grave.

La sospensione così realizzata si trova alloggiata in un'apposita piastra triangolare che attraverso opportune viti di registrazione in altezza garantisce la perfetta ortogonalità con la linea del cavo. La piastra è fissata con leggera malta alla muratura della volta.

Per rendere visibile il piano di oscillazione invece di usare il metodo della punta al grave che lascia traccia su un sottostante strato di sabbia, come realizzò Foucault, abbiamo preferito porre all'interno della sfera del grave un congegno "laser" che proietta a terra un punto luminoso indicatore della traiettoria descritta per mostra l'apparente deviazione del piano di oscillazione, il quale è fermo nel suo piano; a ruotare è il pavimento della Cattedrale ovvero la Terra.

Dati tecnici:

Altezza della navata: 27 m

Diametro del filo: 1 mm - acciaio armonico - carico di rottura 300 Kg/mm²

Il grave è del peso è di: 30 Kg

Periodo di oscillazione: 10,42 secondi

Latitudine di Cremona: 45° 07' - il Grave si trova a 45 m sul livello del mare

Elongazione iniziale 3 m - il termine "elongazione" ha l'accezione che assume comunemente in fisica, ossia è la metà dello spazio compreso tra le due posizioni estreme con velocità nulla del grave

dopo 30 minuti elongazione residua: 2,10 m

dopo 60 minuti elongazione residua: 1,20 m



La deviazione angolare oraria è in perfetto accordo con la teoria secondo la formula del periodo di rotazione: 24 ore / seno della latitudine del luogo). $23,93/0.708 = 33,77$; circa 34 ore perché il piano di oscillazione compia un giro completo.

particolari del pendolo prima del montaggio

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia per la gentile ospitalità in Cattedrale il Vescovo di Cremona, Dante Lafranconi con Mons. Bonazzi , Mons. Perotti e il personale della cattedrale. Si ringraziano per la generosa offerta di materiali o lavorazioni le ditte:

OMA di Martinelli che ha realizzato la sfera;

Bodini - macchine agricole per la struttura portante;

Ricambi Cremona per la fornitura dei giunti, cuscinetto e snodo cardanico;

Ferramenta Massimino per il cavo;

Informatica P2 per i manifestini pubblicitari.

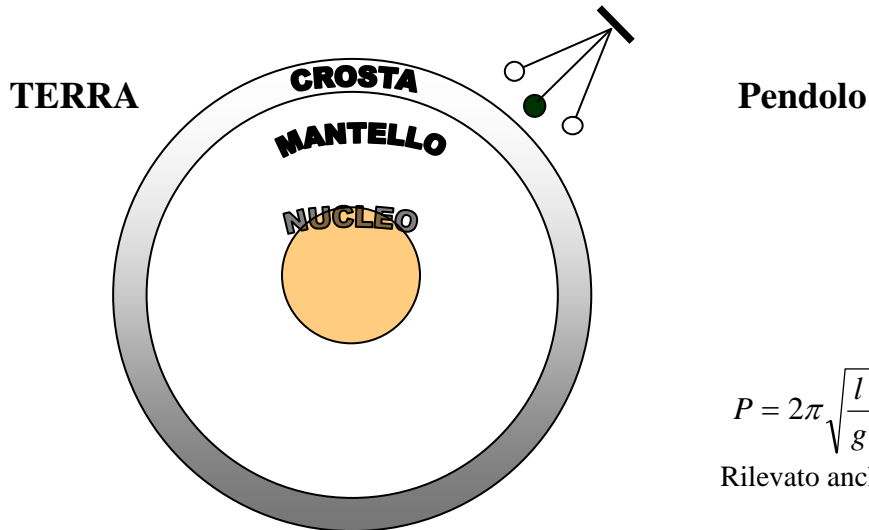
Riferimenti bibliografici: Robert P. Crease “ il prisma e il pendolo” - Umberto Eco “Il pendolo di Foucault - Gianfranco Sinigaglia “Eppure ruota” - Giorgio Goldoni “Il pendolo di Foucault” - Paolo Brenni, Massimo Mazzoni “Giornale di Astronomia” - Giuseppe Gagliani Caputo, Giorgio Goldoni “Scheda didattica n°7 Ce SDA”- Giovanni Di Giovanni “ Un’esperienza gravitazionale”

a.m.

(Per le scuole superiori)

ESPERIENZA GRAVITAZIONALE

La mela di Eva fece perdere il paradiso terrestre,
quella di Elena portò alla guerra di Troia,
quella che avvelenò Biancaneve fu neutralizzata da un bacio,
quella di Newton ed il pendolo di Foucault permise di scoprire cose interessanti.



$$P = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Rilevato anche da misurazione = 10,42 sec.

Accelerazione di gravità:

$$g = 4\pi^2 \cdot \frac{l}{P^2} = 4 \cdot 9,869 \cdot \frac{27 \text{ m}}{108,57 \text{ s}^2} = 9,81 \text{ m / s}^2$$

Massa della terra:

$$F = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$F = m \cdot a$$

$$a = g$$

$$m \cdot g = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2}$$

$$M = \frac{g \cdot r^2}{G} = \frac{9,81 \text{ m / s}^2 \cdot (6,35 \cdot 10^6)^2 \text{ m}^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 / \text{kg s}^2} = 5,93 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$$

Considerazioni: Massa / Volume = densità o concentrazione di materia

Il valore di massa terrestre trovata porge una densità planetaria media di circa $5,5 \text{ Kg/ dm}^3$, siccome le rocce superficiali hanno una densità media di $2,8 \text{ Kg/ dm}^3$, si deduce che la materia costituente il nostro pianeta deve trovarsi concentrata in un nocciolo nelle regioni più interne.

m.m.

LA NASA RIPRENDE L'ESPERIMENTO DI FOUCAULT

L'eclisse e il pendolo

L'evento astronomico dell'11 agosto 1999 potrebbe averci fornito la prova definitiva dell'esistenza nell'Universo di una forza ancora inspiegabile con le "tradizionali" teorie della fisica moderna.

L'influsso del Sole: già nel 1954 e nel 1959, in occasione di due eclissi solari, l'inventore Maurice Allais notò, durante un esperimento con il pendolo di Foucault, un inspiegabile aumento di ben 10° gradi, rispetto alla normale deviazione di 11° ogni ora, nella traiettoria di oscillazione del pendolo: come se la Terra durante l'eclisse avesse accelerato la velocità di rotazione sul suo asse ma, dato che questo non è possibile, gli scienziati iniziarono a cercare il vero motivo. Persino la NASA è estremamente interessata al fenomeno in quanto, durante le eclissi, è stata più volte registrata un'anomala accelerazione anche nel moto di alcune sonde spaziali. Adriano Mazzarella, Professore di Climatologia dell'Università Federico II di Napoli, da noi consultato, afferma che una delle ipotesi più accreditate è che sia il Sole a causare tutto ciò. Infatti, spiega Mazzarella, l'attività del Sole (eruzioni, macchie, tempeste solari ecc.) si acuisce durante le eclissi e, di conseguenza, la Terra e gli altri corpi celesti vengono sottoposti ad un vero bombardamento di particelle atomiche che altera il loro campo elettromagnetico, con pesanti ripercussioni a livello geodinamico, ovvero terremoti, eruzioni vulcaniche (ricordiamo l'attuale incremento di attività del Vesuvio), tsunami (la più recente ha provocato gravi danni e 12 vittime nell'arcipelago di Vanuatu, Oceano Pacifico) ecc.

Un esperimento senza confini: I risultati ottenuti da Allais potevano essere stati falsati da errori nella procedura, quindi la NASA ha organizzato e finanziato una vera e propria rete internazionale di diversi laboratori che hanno utilizzato delle sofisticate versioni del pendolo di Foucault, monitorate da telecamere a circuito chiuso, per ricavare dati estremamente precisi. I risultati ottenuti dai vari centri sono stati poi raccolti e messi a confronto, in modo da eliminare o limitare le possibilità di errore dovute a fenomeni climatici locali o ad imperfezioni nelle apparecchiature di controllo.

Il vero cuore dell'operazione era l'Istituto di Ricerche Geodinamiche Austriaco, perché è in quella zona che la durata dell'eclissi è stata maggiore; fra le nazioni coinvolte, l'Italia ha partecipato all'esperimento con gli scienziati del Dipartimento di Geofisica dell'Università di Trieste e dell'Università di Bologna e di Trento.

Il fisico professor Zecca, che ha guidato la registrazione dell'evento a Trento e che, con il collega Ing. Fontana ed il resto dell'équipe, sta procedendo all'elaborazione computerizzata dei dati raccolti, ci ha riferito di non aver notato variazioni evidenti, ad un primo esame delle videocassette girate durante l'eclisse, ma ha anche aggiunto che per analizzare l'enorme mole di informazioni ricavate dall'esperimento e poter trarre delle conclusioni ci vorranno forse alcuni anni di lavoro, in collaborazione con gli altri laboratori impegnati nell'esperimento. Il suo collega, prof. Zapletal, responsabile del test condotto nell'Istituto di Ricerche Geodinamiche Austriaco, nell'abbazia di Kremsmuenster ha invece dichiarato alla stampa nazionale ed internazionale (articoli su "La Repubblica" e il Corriere) che la variazione era evidente persino ad occhio nudo. Tale discrepanza, secondo Mazzarella, può essere spiegata dal fatto che la lunghezza del pendolo utilizzato da Zapletal era notevolmente maggiore di quello usato da Zecca e quindi in Austria (zona della totalità dell'eclisse) l'impercettibile variazione sarebbe risultata "amplificata" dalla maggiore oscillazione del pendolo.

Per i fisici, il risultato dell'esperimento è talmente chiaro da fare escludere eventuali difetti agli strumenti di misurazione. Onde gravitazionali, influenze? Il pendolo ha ancora qualcosa da dire?