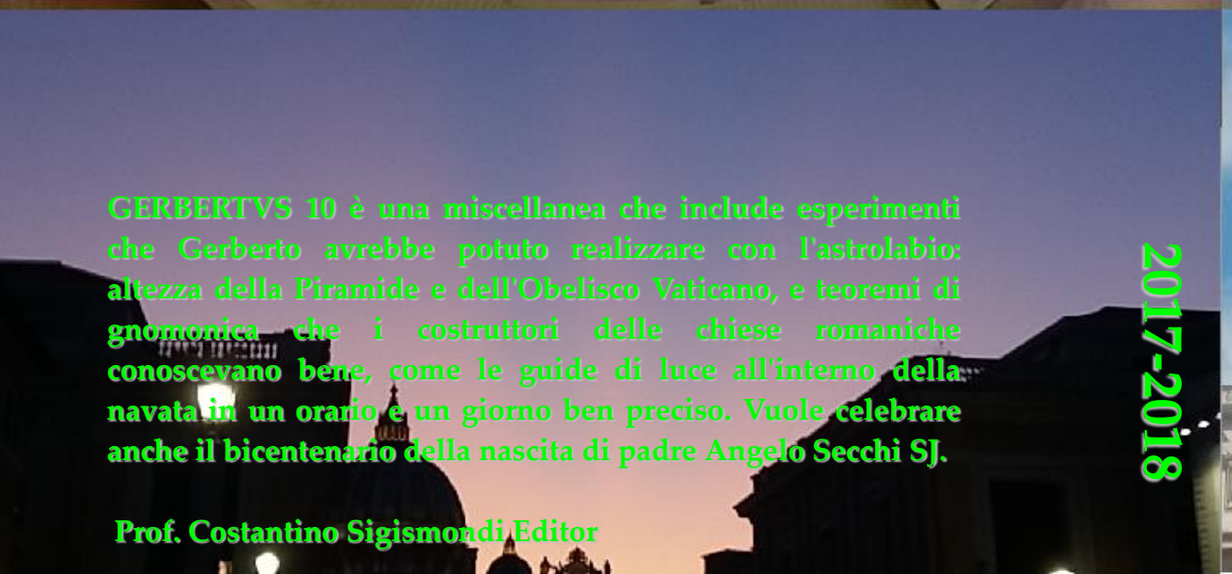
GERBERTVS accoglie lavori sul papa astronomo, docente e matematico, musico, filosofo Gerberto d'Aurillac Silvestro II e su temi di scienza medievale e didattica.

GERBERTVS 10-11



GERBERTVS 10 è una miscellanea che include esperimenti che Gerberto avrebbe potuto realizzare con l'astrolabio: altezza della Piramide e dell'Obelisco Vaticano, e teoremi di gnomonica che i costruttori delle chiese romaniche conoscevano bene, come le guide di luce all'interno della navata in un orario e un giorno ben preciso. Vuole celebrare anche il bicentenario della nascita di padre Angelo Secchi SJ.

Prof. Costantino Sigismondi Editor

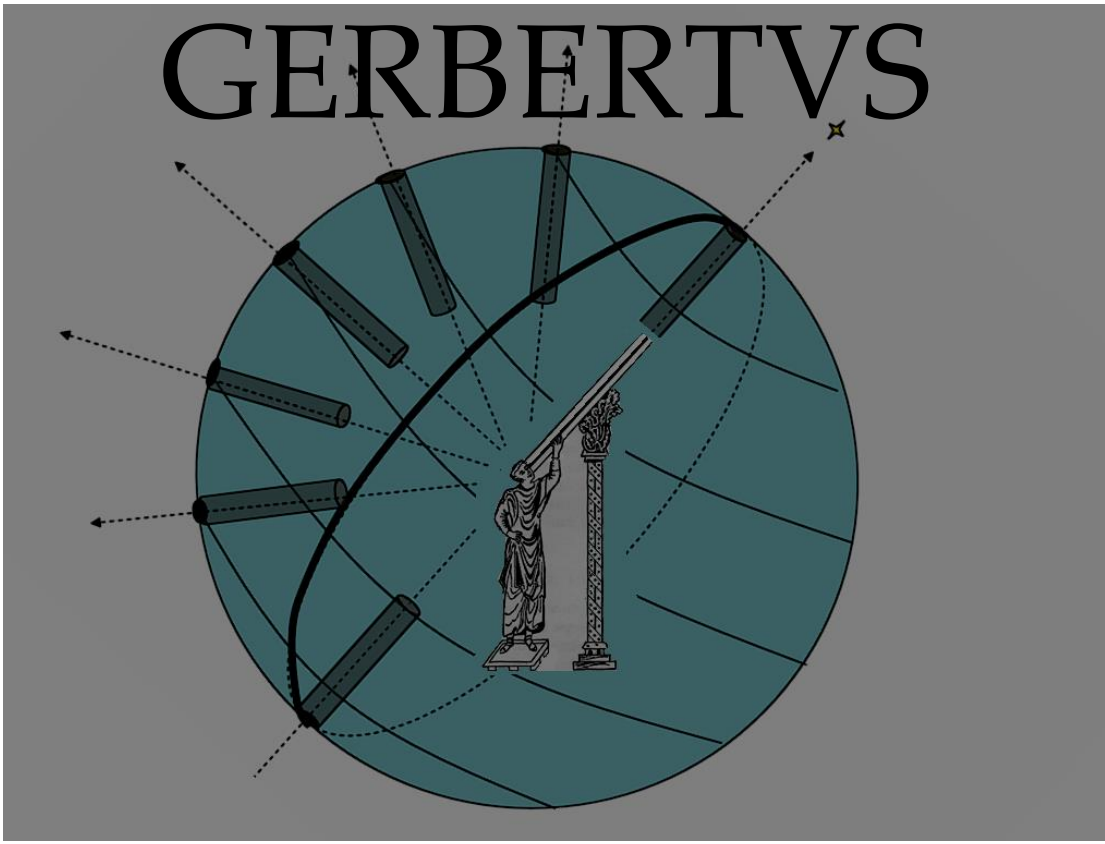
2017-2018

ISSN 2038-3657

GERBERTVS

http://www.icra.it/gerbertus

International academic online publication
on History of Medieval Science and Didactic
Vol. 10/ 2017



http://www.icra.it/gerbertus

International academic online publication
on History of Medieval Science and Didactic
vol. 10/2017

GERBERTVS

International academic online publication on History of Medieval Science

url: http://www.icra.it/gerbertus

Editorial Board:

Prof. Cosimo Palagiano (Accademia dei Lincei)
Prof. Paolo Rossi (Università di Pisa)
Prof. Cesare Barbieri (Università di Padova e Scuola Galileiana)
Dr. Marek Otisk (Accademia Ceca delle Scienze, e Ostrawa Un.)
Dr. Paolo Zanna (Oxford University)
Dr.ssa Irene Sigismondi (LUISS e Sapienza Università di Roma)

Publisher: Prof. Costantino Sigismondi
(ICRANet, Ateneo Pontificio Regina Apostolorum e IIS F. Caffè, Roma) Via R.Grazioli Lante 15/A 00195 Roma

Copertina: Il Sole sulla Meridiana di S. Maria degli Angeli in corrispondenza di Betelgeuse, Omero Orientale di Orione; Schede di Eta Carinae all'AAVSO. Orione nel soffitto della Grand Central Terminal a New York.

ISSN 2038-3657 (versione stampata)
ISSN 2038-355X (versione online)
ISSN 2038-3630 (CD-ROM)
Vol. 10 – 2017

Finito di stampare nel luglio 2017

Con il contributo di

Allineamenti di tre basiliche romane con il Sole

Costantino Sigismondi
(ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

Abstract
The astronomical azimut of a wall can be measured by timing the grazing Sun and computing the ephemerides of the Sun for that place, similarly the windows can cast sunbeams into the building allowing to time the alignments. The azimut of Saint Peter's Basilica, Saint Paul and Saint Pancratius outside the walls have been measured by timing the Sun at opportune positions.

Sommario
L'azimut astronomico di un muro può essere misurato a partire dall'istante in cui il Sole è radente, utilizzato poi nelle effemeridi del Sole per quel luogo, per ricavare l'azimut. Gli azimut di San Pietro, San Paolo e San Pancrazio fuori le mura sono stati misurati a partire dagli istanti in cui il Sole aveva posizioni opportune.

Introduzione

Un buon programma di effemeridi permette di conoscere l'azimut del Sole in ogni istante con una precisione della frazione di secondo d'arco, comparabile alla precisione con cui si conosce la posizione da cui si osserva il Sole. La difficoltà di queste misure consiste proprio nel valutare la precisione temporale con cui un dato allineamento si può stabilire.

La basilica di San Pietro in Vaticano

Dall'altare di Bernini guardando verso la Piazza si è rivolti a Est. Tuttavia se vogliamo verificare con quale precisione la basilica è allineata potremo trovare una serie di sorprese, come disallineamenti tra elementi simmetrici di qualche frazione di grado. La prima misura è del 6 maggio 2016 (anniversario del sacco di Roma del 1527 quando perirono 40 guardie svizzere per difendere papa Clemente VII) mentre si celebrava una Santa Messa all'altare del Gloria di Bernini. Alle ore 8:20:09 il Sole stava a 89.237° e la luce di una finestra del tamburo del Cupolone colpiva il Gloria al centro esatto. La seconda misura

è di domenica 22 maggio 2016 attorno alle 12:45. Le finestre dei tamburi delle tre cupole laterali gettavano tre luci sul pavimento di marmo, che ha decorazioni simmetriche per ogni cupola. Rispetto a queste decorazioni, la luce delle finestre risultava, a pochi secondi tra una misura e l'altra, rispettivamente a 7, 6.5 e 6.75 piedi; se quelle finestre sono a 40 metri d'altezza, le luci fanno a 43 metri una penombra di 43 cm, corrispondente a 0.5°. Un piede moi è 33 cm, così che un disallineamento medio di ¼ di piede, 8 cm, corrisponde a 5.6'.
La misura dell'azimut a partire dall'allineamento della luce del Sole da quelle finestre porterebbe ad un errore di 6 arcminuti.

Basilica di San Paolo fuori le mura

Nel sopralluogo con la 1BT del 18 dicembre 2015 il Sole si è allineato con le decorazioni marmoree della parete della navata Nord tra le 12:50:00 Azimut: 190.9176° e le 12:50:30 Azimut: 191.0416° , invece di 180° se la Basilica fosse orientata esattamente E-W. L'errore max qui è di 7.44 arcminuti.

Basilica di San Pancrazio fuori le mura

Il 22 ottobre 2015 con la porta principale aperta è stato misurato l'istante quando la luce del Sole era nella direzione della navata centrale; gli azimut sono compresi tra 127.9709° e 128.1819° rispettivamente alle 9:40:15 e alle 9:41:15. Come dato prendiamo 128° 05' +/-6'. Il 24 ottobre alle 9:37:45 una sottile linea di luce tra i battenti della porta chiusa ha permesso di vedere meglio l'allineamento con la chiesa alla presenza di tre classi del liceo F. Caffè: l'azimut era 127.96° e la precisione migliore di 10 s, cioè 108.72" quindi 127° 58'+/- 2'.
La media pesata delle due misure è 128° 00' +/- 2', che non corrisponde a nessun allineamento archeoastronomico (sorgere di stelle rilevanti nel V secolo d. C.) a conferma che la Basilica è stata costruita proprio lungo la strada romana, dove il Santo era stato decapitato, senza particolari allineamenti.

Da Aristotele a Zichichi, 40 fisici per la maturità

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza Università di Roma and IIS F. Caffè)

Abstract

40 sketched biographies of physicists from A to Z prepared for the bachelor's degree, selected by an astrophysicist and historian of astronomy.

Riassunto

40 biografie sintetiche di fisici dalla A alla Z per l'esame di maturità, selezionate da un astrofisico e storico dell'astronomia.

1. Aristotele (Stagira 384 – Eubea 322 a. C.)

La sua fisica ha dominato il pensiero umano fino a tutto il novecento, basata sulla logica. L'ultimo concetto aristotelico a scomparire è stato l'etere, supporto meccanico "aponderale" per le onde elettromagnetiche nel vuoto. Mai prendere sottogamba lo Stagirita, male interpretando l'*ipse dixit*.

I *Problemata* di Aristotele gettano una luce su tutti i campi della scienza in generale, ancora in embrione, campi che si specializzarono a partire dalla sua scuola (Teofrasto, Aristosseno...). Se un corpo, sottoposto ad attrito, va a velocità costante quando la forza è costante, questo non è contro i principi della dinamica di Newton. Anche Aristotele si basava sulla sensata esperienza, senza le astrazioni galileiane.[1]

2. Albert Einstein (Ulm GE 1879 - Princeton NJ 1955)

Su di lui e da lui fiumi di parole, pro e anche contro. Ha ripensato la gravitazione e l'elettrodinamica, facendo leva su minuscole nuvolette (per citare l'episodio biblico di Elia) che furono foriere del grande cambiamento: la precessione anomala del perielio di Mercurio e le trasformazioni di Antoon Lorentz. Ha contribuito, grazie anche ai congressi Solvay, alla discussione filosofica sulla meccanica quantistica, dopo aver eliminato spazio e tempo assoluti della teoria di Newton.

1 http://www.linkiesta.it/it/article/2016/05/30/una-tomba-scoperta-in-piu-quella-di-aristotele/30539/ notizia del 30 maggio 2016.

3. Asimov, Isaac (Petrovichi, Russia 1920 - Brooklin 1992)
Nel suo ottimo Libro di Fisica è riuscito a scrivere solo una formula. È meglio noto come scrittore di fantascienza.

4. Avogadro, Amedeo (Torino 1776-1856)
Ha posto le basi per la teoria atomica: « volumi uguali di gas diversi, alla stessa temperatura e pressione, contengono lo stesso numero di molecole » (pubblicata nel 1811).

5. Barbieri, Cesare (S. Giovanni in Persiceto BO 1942)
Riferimento per l'astronomia Italiana da Terra e dallo spazio. PI del Telescopio Nazionale Galileo alle Canarie e della missione Giotto sulla cometa di Halley. Dirige la Scuola Galileiana a Padova.

6. Boltzmann, Ludwig (Vienna 1844 – Duino 1906)
La sua statistica basata sulla funzione exp(-E/KT) spiega a livello microscopico i fenomeni macroscopici termodinamici.

7. Bekenstein, Jakob (Mexico City 1947-Helsinki 2015)
Ha lavorato sull'entropia dei buchi neri, propozionale alla loro area, e alla loro termodinamica.

8. Bradley, James (England 1693-1762)
Astronomo reale, successore di Halley, ha scoperto l'aberrazione della luce nel 1727 studiando γ Draconis, che in Inghilterra era zenitale. La luce che viaggia a 300mila Km/s si compone vettorialmente con la velocità orbitale della Terra che è di 30 Km/s, col risultato che la stella appare spostata nella direzione del moto della Terra di 20”=arctg(30/300000). È un effetto relativistico, *ante litteram.*

9. Cabibbo, Nicola (Roma 1935 – Roma 2010)
Meritava il Nobel che presero solo Kobayashi e Maskawa nel 2008.[2] Definì l'angolo di Cabibbo che regola il mescolamento delle particelle sottoposte alla forza debole. La matrice CKM

2 http://www.repubblica.it/scienze/2010/08/17/news/addio_a_nicola_cabibbo_che_meritava_il_nobel-6331580/

Cabibbo-Kobayashi-Maskawa è usata per spiegare il phase mixing dei neutrini, da elettronici a muonici a tauonici.

10. Cavendish, Henry (Nizza (IT!) 1731- Londra 1810)

Con la sua bilancia di torsione, ha potuto misurare nel 1797-98 la costante di gravitazione universale con una precisione superata solo dopo un secolo.[3]

11. Copernico, Nicola (Torun PL 1473 - Frombork PL 1543)

La sua teoria eliocentrica applicando il "rasoio di Ockham" (ciò che è inutile è dannoso) semplificò il modello tolemaico composto di 78 sfere a 54. Continuò a considerare i moti periodici come basati su combinazioni di moti circolari, come faceva Tolomeo, e come sostenne poi Galileo. La sua Rivoluzione rimase nel titolo del libro, dedicato al papa Paolo III, come termine tecnico per indicare qualcosa che gira, poi quando il suo modello fu messo all'indice divenne sinonimo di anticonformismo, contro Aristotele e la Chiesa, benché lui fosse stato un canonico di Frauenburg (Polonia).

12. Dirac, Paul Adrien Maurice (Bristol 1902-FL 1984, N1933)

Estese al caso relativistico la meccanica ondulatoria e previde l'antimateria. Nobel nel 1933, ebbe come assistente Leopold Halpern (1925-2006) che conobbi personalmente nel 2000.

13. Ettore Majorana (Catania 1906-1938? scomparso)

"Al mondo ci sono varie categorie di scienziati; gente di secondo e terzo rango, che fan del loro meglio ma non vanno molto lontano. C'è anche gente di primo rango, che arriva a scoperte di grande importanza, fondamentali per lo sviluppo della scienza. Ma poi ci sono i geni, come Galileo e Newton. Ebbene, Ettore era uno di quelli. Majorana aveva quel che nessun altro al mondo ha; sfortunatamente gli mancava quel che invece è comune trovare negli altri uomini" (Enrico Fermi)[4]

3 http://people.roma2.infn.it/~demattei/Didattica/Filmati/Cavendish.html

4 http://www.treccani.it/enciclopedia/ettore-majorana_%28Dizionario-Biografico%29/

Neutrini, materia e antimateria...molte delle teorie di Majorana sono ancora aperte oggi. La sua scomparsa dalla scena è stata una perdita irreparabile per la fisica italiana e mondiale. Viene ricordato alla Sapienza per il suo colpo d'occhio, e per come sapeva fare conti complessi in modo succinto "su un pacchetto di sigarette". La sua capacità di astrazione era potentissima.

14. Fermi, Enrico (Roma 1901- Chicago 1954, Nobel 1938)

Fisico romano, nato nei pressi di piazza Indipendenza, studiò al Liceo Classico Albertelli, si laureò alla Sapienza e insegnò a via Panisperna, dove studiò il ruolo dei neutroni lenti nella fissione nucleare (la famosa *piscina dei pesci rossi* serviva a rallentare i neutroni). Nel 1938 vinse il premio Nobel e per sfuggire alle leggi razziali andò a Chicago, dove nel 1942 mise a punto la prima pila atomica nell'ambito del progetto militare Manhattan, continuato a Los Alamos con la bomba atomica.

15. Galileo Galilei (Pisa 1564 - Arcetri 1642)

Considerato il padre della Fisica moderna è spesso contrapposto ad Aristotele, alla Chiesa Cattolica e ai suoi contemporanei. Era uno spirito indomito, ma un credente. Ebbe filo da torcere da parte di molti suoi colleghi. Inventò il cannocchiale, con cui scoprì i satelliti di Giove, le fasi di Venere, la librazione lunare. Studiò il pendolo e il moto accelerato. Fu un fautore del sistema copernicano.

16. Hawking, Stephen (Oxford 1942, 300 anni dopo Newton)

È l'icona del fisico contemporaneo, dopo Einstein. Ricopre la Cattedra di Newton a Cambridge, e svolge un'intensa attività divulgativa e accademica, nonostante la malattia che lo rende del tutto immobile tranne gli occhi. La sua teoria sull'evaporazione dei buchi neri mediante effetto tunnell è oggetto di discussione tra gli addetti ai lavori, mentre i suoi libri sull'origine dell'Universo come transizione quantistica dal vuoto (non il nulla filosofico) vengono discussi anche dai

teologi. Benedetto XVI lo ha incontrato all'Accademia Pontificia delle Scienze nel 2008.[5]

17. Higgs, Peter Ware (Newcastle up. Tyne 1929, Nobel 2013)
Ideatore insieme a Englert, Brout e Kibble del meccanismo che dà la massa alle particelle subatomiche, ha ricevuto il Nobel nel 2013. Il bosone di Higgs è stato scoperto al Large Hadron Collider del CERN nel 2012 a 125 GeV.

18. Irwin Ira Shapiro (New York City 1929)
È stato direttore dell'Harvard Smithsonian Center for Astrophysics dal 1982 al 2004 (dove l'autore lo ha incontrato nel 2002). Ha lavorato su tutti i campi dell'astrofisica, dal diametro del Sole con i transiti storici di Mercurio alla datazione dell'Universo con le lenti gravitazionali.

19. Kepler, Johannes (Weil der Stadt 1571 - Ratisbona 1630)
Determinò le leggi delle orbite planetarie (1609 e 1619) ellittiche, collocando il Sole in un fuoco e niente nell'altro. Spiegò il funzionamento del cannocchiale con la rifrazione. Studiò la Supernova (1604) che porta il suo nome. Datò la nascita di Cristo con metodi astronomici (1611). Cercando l'armonia platonica delle sfere trovò la legge sui periodi e i semiassi delle orbite. Intuì l'azione del vento solare (1619).

20. Laplace, Pierre Simon (Normandia 1749-Paris 1827)
Nella Mécanique Céleste in 5 volumi (1799-1825) trasforma il linguaggio geometrico di Newton in quello dell'analisi matematica, con cui oggi trattiamo tutta la fisica. È il padre del determinismo, per lui non c'era posto per l'*ipotesi Dio*.

21. Landau, Lev Davidovic (Baku 1908-Mosca 1968)
Nobel nel 1962, autore dei 10 volumi del corso di Fisica Teorica, è l'icona della scienza russa connotata da una solidissima e vastissima formazione teorica e matematica, fu

5 https://w2.vatican.va/content/benedict-xvi/it/speeches/2008/october/documents/hf_ben-xvi_spe_20081031_academy-sciences.html

uno degli ultimi polimàti.

22. Maxwell, James Clerk (Edimburgh 1831-Cambridge 1879)

Formalizzò l'elettromagnetismo come teoria matematica, dimostrò la stabilità degli anelli di Saturno (1859)

23. Millikan, Robert (Morrison IL 1868 - CA 1958)

Nel 1911 misurò la carica dell'elettrone in equilibrio con la gravità e nel 1923 prese il premio Nobel.

24. Newton, Isaac (England 1642-1727)

Ha formalizzato nei suoi *Principia Mathematica* la dinamica galileiana e quella kepleriana. La meccanica celeste deve a lui tutte le sue basi. Con la scoperta a tavolino di Nettuno nel 1846 le sue leggi raggiungono l'apoteosi. A velocità basse rispetto a quella della luce le sue leggi restano valide.

25. Oort, Jan Hendrik (Franeker 1900 - Leida 1992)

A lui dobbiamo gli studi dinamici sulle comete e sulle stelle attorno al Sole, che portarono alla determinazione della nube di cento miliardi di comete che porta il suo nome e al moto di rotazione differenziale della Galassia.

26. Pauli, Wolfgang (Vienna 1900-Zurigo 1958)

Autore del principio di esclusione (1925) su cui si basano tutte le particelle dette Fermioni. Questo principio gli valse il Nobel nel 1945 e spiega la stabilità delle stelle nane bianche (gas di elettroni) e quelle di neutroni.

27. Perlmutter, Saul (Champaign-Urbana IL 1959)

Nobel nel 2011[6] ha scoperto l'accelerazione dell'Universo dallo studio delle Supernovae di tipo 1a, le più luminose e dunque anche le più lontane ad essere viste.

28. Pontecorvo, Bruno (Marina Pisa1913-Dubna Mosca1993)

Punito come fisico per i suoi errori come politico, una storia simmetrica a quella di Cabibbo. Nel gruppo di Fermi, studiò i neutroni in Italia e USA e in URSS i neutrini, di cui ipotizzò

6 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2011/press.html

due famiglie, poi confermate, e la massa. Vinse il premio Lenin

29. Rutherford, Ernest (NZ 1871- UK 1937, Nobel 1908)

Comprese la natura quasi puntiforme del nucleo, e ipotizzò il modello planetario per l'atomo. Propose neutroni composti di elettroni e protoni, poi sconfessati da Majorana. Disse che la Fisica è l'unica scienza, tutto il resto sono collezioni di francobolli. Nobel per la chimica nel 1908.

30. Rubbia, Carlo (Gorizia 1934, Nobel 1984)

Premio Nobel nel 1984[7] per la misura dei bosoni W e Z_0 della forza elettrodebole al LEP Large Electron Positron Collider al CERN di Ginevra. È senatore a vita della Repubblica Italiana.

31. Ruffini, Remo (Briga, oggi FR allora IT, 1942)

Professore di Fisica Teorica alla Sapienza, ha lavorato tra il 1969 e il 1976 a Princeton con John Archibald Wheeler sui buchi neri, introducendone il concetto. Ha fondato l'ICRA e i meeting triennali Marcel Grossmann di Relatività Generale. Dirige l'ICRANet a Pescara, riferimento mondiale per l'Astrofisica Relativistica, oggi studia i Gamma-Ray Burst.

32. Schrödinger, Erwin (Vienna 1887-1961, Nobel 1933)

La funzione d'onda, equazione differenziale che dà l'interpretazione probabilistica della meccanica quantistica, è sua, equivalente alla meccanica delle matrici di Heisemberg.

33. Sigismondi, Costantino (Roma 1969)

Formazione: Liceo Morgagni; Sapienza e Lateranense. A Yale ha iniziato lo studio delle variazioni del diametro solare da dati da Terra, poi a Nizza, Locarno, Parigi e a Rio de Janeiro. Docente, privilegia l'osservazione, l'esperimento e la formazione di immagini mentali; studia Gerberto d'Aurillac.

34. Thomson , Joseph John (UK 1856-1940, Nobel 1906)

L'atomo a pancacke, con cariche negative (l'elettrone da lui scoperto) immerse in una matrice positiva, fu il suo modello

7 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1984/

(mental picture). Nel 1897 scoprì gli elettroni nei raggi catodici

35. Tycho Brahe (castello di Knutstorp 1546-Praga 1601)

Astronomo e costruttore di strumenti, rifondò l'astronomia sia con gli strumenti che rendendo l'osservatorio il primo moderno istituto di ricerca con molti scienziati,[8] tra cui Keplero e Longomontano (1562-1647) che sviluppò i logaritmi.

36. Tolomeo, Claudio (Alessandria d'Egitto 100-170 ca)

Autore della grande sintesi del sapere astronomico e geografico antico, basava i suoi modelli di moti periodici su composizioni di moti circolari. "Salvare i fenomeni" era il suo motto, nel senso di riuscire a rappresentare i fenomeni in modo sufficientemente accurato. Ogni modello falsificabile (come affermò l'epistemologo Karl Popper nel novecento) poteva essere tranquillamente sostituito con uno migliore.

37. Werner Heisemberg (Würzburg1901-Monaco 1976, N1932)

Nel 1927 introdusse il Principio di Indeterminazione, alla base di tutta la meccanica quantistica: spiega dalle particelle virtuali all'evaporazione dei buchi neri. Nobel nel 1932

38. Zel'dovich, Yakov Borisovic (Minsk 1914-Mosca 1987)

Cosmologo russo, ha studiato le strutture a larga scala dell'Universo, il big bang freddo (1963) basato sul principio di esclusione e lo spettro iniziale densità (Harrison-Zeldovich).

39. Zwicky, Fritz (Bulgaria 1898-USA 1974)

Scoprì la materia oscura nell'ammasso della Chioma di Berenice applicando il Teorema del Viriale alle galassie visibili.

40. Zichichi, Antonino (1929)

Ideatore dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, oggi punta di diamante della ricerca Italiana. Ha scoperto l'antideutone ed è divulgatore scientifico e apologeta.

Referenze Treccani online (base) e Wikipedia (per integrare)

8 J. R. Christianson, On Tycho's Island,Cambridge University Press(2003)

Silvestro II, papa del primo Giubileo?

Luca Montecchio

(Università eCampus, Como)

Abstract

Was Gerbert, Pope Astronomer, the first to declare a Jubilee in year 1000? The current chronology AD was already set, with historical and astronomical basis.Here the argumentations in favour of this thesis of 1999.

Riassunto

Gerberto, il primo papa astronomo, indisse un Giubileo nell'anno mille? La cronologia "Dopo Cristo" già funzionava su basi storiche e astronomiche. Qui le argomentazioni a favore di questa tesi (già pubblicate nel 1999).

Introduzione

Quando Dante intraprende il suo viaggio nell'oltretomba ha trentacinque anni, un'età all'epoca considerata "Nel mezzo del cammin di nostra vita", e che coincide esattamente con una data fatidica per l'Occidente cristiano. Il 1300, infatti, è l'anno in cui, come è universalmente noto, Bonifacio VIII indisse ufficialmente il primo Giubileo. Quell'atto permise così, attraverso una perdonanza universale, la remissione dei peccati a quei fedeli che, dimostrandosi sinceramente pentiti, avessero compiuto un ben precisato cammino attraverso alcune tra le più importanti chiese di Roma. Lo spirito del Giubileo seguì Dante durante tutto il suo iter che lo porterà alla contemplazione di Dio. Egli dunque, pellegrino dell'aldilà, cercherà di redimersi toccando con mano la tragedia dell'Inferno, passando per la serenità del Purgatorio sino alla felicità del Paradiso. Quella avventura ultraterrena ben compensò la mancata partecipazione al Giubileo; perché il Poeta era sì stato nell'Urbe nel 1300, ma per meri motivi politici e non per partecipare alle celebrazioni dell'Anno Santo. Ciò nonostante ebbe modo di constatare quanto fosse imponente l' "essercito" di pellegrini che anelava al perdono e, forse, la vista di tanti peccatori lo indurrà a mettere per iscritto

il resoconto del suo fantastico viaggio. Le date "dopo Cristo" proposte da Beda il Venerabile nel VIII secolo, già si usavano, e Gerberto, anche Astronomo, era certamente sensibile al tema del millenario.

Altri in questa sede affronteranno, in modo sistematico e approfondito, il rapporto tra Dante e il Giubileo del 1300; ora, invece, si tenterà di analizzare se l'importanza del Poeta fiorentino il quale, con il suo Poema, pur non volendo, ha reso immortale anche Bonifacio VIII e la sua azione, abbia fatto sì che non si sia ritenuto di cercare altre forme di concessioni di perdonanze universali precedenti al 1300.

Il grande Giubileo del 2000

Il Giubileo del 2000 venne considerato da molti osservatori e studiosi come il primo celebrato alla scadenza di un millennio, dato che il primo Anno Santo si fa comunemente risalire a quello promulgato da papa Bonifacio VIII nel 1300.[1]

Nondimeno più di uno fra gli studiosi, anche insigni, dei secoli passati (si pensi fra tanti al Suarez, al Baronio e allo Bzovio), fecero riferimento a giubilei precedenti al bonifaciano e, in particolare, parlarono di un giubileo che avrebbe avuto luogo nell'anno mille.

Il Giubileo dalla tradizione biblica ai primi secoli cristiani

Ma che cos'è un giubileo? Tanti se lo sono autorevolmente chiesto, noi ci limitiamo a un breve accenno: la parola deriva dall'ebraico "yobel" che originariamente significa "capro". Gli Ebrei dopo il ritorno dall'Egitto festeggiano, ogni cinquant'anni, l'anno del "yobel", ossia del "capro", così chiamato perché la festività viene per l'appunto annunziata dal suono di un corno di capro. Durante quel periodo la legge

1 Con la bolla Antiquorum Habet, uscita nella festa della Cattedra di san Pietro in Antiochia il 22 febbraio. Nel Giubileo straordinario della Divina Misericordia questa bolla è in mostra a Roma, a Palazzo Giustiniani fino al 30 giugno 2016. http://antiquorum-habet.senato.it/

mosaica prevede il riposo della terra, dono di Dio, che viene restituita agli antichi proprietari mentre sono liberati gli schiavi ebrei caduti in servitù, di regola, per debiti non pagati.
Dopo la riconquista romana di Gerusalemme da parte di Tito, nel 70 d.C., anche a Roma i primi cristiani cominciarono a parlare di "iubilaeum", attribuendo a tale parola diversi significati, alla base dei quali c'era comunque l'idea fondamentale della redenzione. Per i cristiani, infatti, "iubilaeum" significava remissione dei peccati, indulgenza, liberazione, giubilo del cuore per la remissione dei peccati, persino fine del mondo, nonché un periodo cronologico di cinquant'anni.
A questo si deve aggiungere che, i cristiani fin dall'età apostolica erano abituati a spostamenti continui da una località all'altra per manifestare e diffondere la propria fede. Inoltre, persino durante l'età delle persecuzioni, essi continuarono, pur sotto mentite spoglie, a portare il messaggio di Cristo. E' dopo l'editto di Costantino, e soprattutto dopo quello di Teodosio, che saranno più sollecitamente orientati a recarsi a Roma in pellegrinaggio come testimoniano S.Giovanni Crisostomo, S.Girolamo e, soprattutto, Ennodio che, nel secolo VI, descrive quanto il sepolcro di Pietro attirasse "da tutti gli angoli del mondo". Non solo; spesso erano i vari vescovi a spingere, sin dai secoli altomedievali, i peccatori di colpe particolarmente gravi a recarsi, in una sorta di viaggio riparatore, nell'Urbe, la città da considerarsi eterna in quanto la sua fine sarebbe coincisa con la fine del mondo, perché l'assoluzione dei peccati più consistenti era demandata allo stesso papa o ai suoi penitenzieri. Infine nell' 895 il Concilio di Triebur ufficializzerà un modo diverso di espiare i peccati, quello delle indulgenze. Come si può vedere, dunque, il tradizionale "iubilaeum" ebraico ha ben presto trovato una

sua dimensione originale in ambito cristiano e diviene sempre più importante tanto che alcuni secoli più tardi la celebrazione del giubileo acquisterà, con il papa Bonifacio VIII, una solennità degna delle prime celebrazioni in terra ebraica.

Il Giubileo e le ricerche ordinate da Bonifacio VIII

Nel 1300, infatti, papa Bonifacio VIII, preso atto dell'enorme folla di pellegrini giunti nell'Urbe, pellegrini che chiedevano perdono per i loro peccati, concesse loro una grande indulgenza con la promulgazione di un giubileo; e nella bolla che ufficializzava la celebrazione del primo Anno Santo scrisse: "Antiquorum habet fida relatio, quod adcedentibus ad honorabilem Basilicam Principis Apostolorum de Urbe concessae sint magnae Remissiones et Indulgentiae peccatorum" (in fig. 1). Bonifacio VIII dunque sembrerebbe consapevole che l'usanza di concedere una grande indulgenza ai pellegrini giunti a Roma che ne avessero fatta richiesta non era nuova; al Papa però non poteva bastare ciò: voleva delle prove che avallassero la sua decisione, prove che gli sarebbero servite più per prevenire le possibili critiche dei suoi avversari che per convincersi della validità della sua impresa; dunque avrebbe dovuto trovare una qualche giustificazione storica ad un atto particolarmente significativo. Al Pontefice venne in soccorso il cardinale Iacopo Caetani, suo cugino, il quale, dopo aver in un primo momento affermato come non si trovasse traccia di giubilei passati, con un'approfondita ricerca, riuscì invece a trovare alcune testimonianze che avrebbero provato senza dubbio come, l'usanza di concedere una grande indulgenza ogni cent'anni ai pellegrini giunti a Roma, fosse in vigore già dal pontificato di Innocenzo III e, forse, ancora da secoli precedenti. Tali affermazioni evidentemente furono sufficienti per Bonifacio VIII, infatti, il 22 febbraio del 1300 cominciarono le celebrazioni del Giubileo.

Silvestro II, il papa del millenario cristiano

Secoli dopo, però, alcuni studiosi, tra i quali il Febei e lo Bzovio, andando oltre le affermazioni del cardinale Caetani, giunsero alla conclusione che non solo il primo giubileo non si doveva a Bonifacio VIII-come tutti sembravano credere-ma nemmeno a Innocenzo III, bensì al papa dell'anno Mille, ovvero a Silvestro II.

Sappiamo bene a questo punto chi fosse Silvestro II. Ma quel che ci preme approfondire è che cosa lo avrebbe spinto a celebrare un Giubileo.

E' appena il caso di ricordare qui che Silvestro II, ovvero Gerberto d'Aurillac, primo pontefice franco a salire sul trono di Pietro nell'aprile del 999, fu nominato dall'imperatore e suo discepolo, il giovanissimo Ottone III.

In precedenza - anche su ciò non è necessario più di un cenno - Gerberto d'Aurillac aveva ricoperto cariche prestigiose e il suo "cursus honorum" era stato seguito con crescente interesse dagli Ottoni a cominciare da Ottone I e per finire dal futuro Ottone III. Gerberto, infatti, da semplice monaco benedettino, seguace della riforma cluniacense, creatasi la fama di uomo più colto del suo tempo, in rapida successione era divenuto abate nell'abbazia di S. Colombano di Bobbio, quindi strettissimo collaboratore dell'arcivescovo di Reims Adalberone, suo successore (sia pur per un breve periodo); e, infine, a partire dal 996 precettore di Ottone III nonché consigliere particolarmente influente (si deve probabilmente a Gerberto l'idea di una "renovatio imperii romanorum" di chiara connotazione cristiana). Ottone III l'aveva voluto nel 998 arcivescovo di Ravenna, diocesi che, come importanza, veniva subito dopo Roma; per poi sceglierlo, alla morte del cugino papa Gregorio V, come nuovo pontefice. Gerberto d'Aurillac, dunque, divenne papa con il nome di Silvestro II. Il nuovo

Pontefice si mise subito all'opera per continuare, con grande energia, quell'azione di riforma del clero già intrapresa a Bobbio e continuata poi a Ravenna; e nel 1000, preso atto delle migliaia di pellegrini giunti a Roma desiderosi di essere perdonati dei loro peccati, Silvestro II avrebbe concesso loro una grande indulgenza. Si può parlare dunque, a questo proposito, dell'organizzazione di un Giubileo da parte del Vicario di Cristo?

Prima di deciderlo si rende necessario un ulteriore approfondimento.

Le prove di un Giubileo con Gerberto papa

Soffermiamoci innanzi tutto sul periodo in cui sarebbe stato celebrato il presunto primo Giubileo.

Si era nel Mille, anno considerato fortemente significativo per l'uomo medioevale, stando almeno alla leggenda consolidatasi e tramandatasi, sia pur se non in maniera giornalistica come una certa letteratura storica, circa un'umanità in trepidante attesa di un cataclisma planetario all'approssimarsi del secondo millennio. In realtà gli studiosi, oggi, sanno bene che si trattava di un sentimento presente ma che non toccò certo la stragrande maggioranza degli uomini di quell'epoca, almeno per quanto riguarda quelli meno colpiti dall'attesa escatologica; il che non esclude che ci siano stati ceti e gruppi sconvolti dall'idea, non ritenuta allora peregrina, della prossima fine del mondo (sempre al momento del passaggio di un secolo all'altro e, ancor più, da un millennio all'altro vi sono persone e ambienti convinti che una qualche catastrofe stia per sconvolgere la Terra: "Mille e non più Mille" e il millenarismo che ne consegue è un'espressione che ha quasi sempre mosso uomini e donne d'ogni tempo, basti vedere quello che è recentemente avvenuto negli Stati Uniti. Papa Silvestro II non era tra questi (essendo una persona dotata di

fede e ragione), ma nell'anno Mille, come già accennato, si trovò ad avere a che fare con un numero eccessivamente elevato di pellegrini giunti nell'Urbe per ottenere il perdono dei loro peccati, in modo da non essere impreparati in caso di "disgrazie", numero che di gran lunga superava la consueta folla di pellegrini che visitava annualmente la Città eterna. Si ha notizia infatti che, insieme ai pellegrini comuni, giungessero a Roma, in quell'occasione, "illustres Peregrini" quali Roberto II re dei franchi, il re di Navarra Garcia Abarca, Canuto re di Danimarca e di Inghilterra e, naturalmente, Ottone III tutti spinti da una forte speranza. Questi potrebbero essere i presupposti spirituali, storici e politici che avrebbero indotto Silvestro II a concedere un'indulgenza, che rientrerebbe tuttavia nel contesto di uno dei tanti "giubilei" concessi dalla Chiesa romana nel corso dei secoli precedenti e che sarebbe stata rinnovata al momento del passaggio dal primo al secondo millennio. Inoltre un atto così importante non fa altro che confermare le doti di politico consumato di Silvestro II, che agisce in simbiosi con l'imperatore Ottone III nell'intento di rafforzare il mondo cristiano minacciato sia dall'Islam sia dall'ortodossia bizantina, ambedue in costante espansione. E' probabile pertanto che Silvestro II, avendo constatato la presenza massiccia di forestieri, abbia colto l'occasione per sottolineare presso di loro, con un provvedimento di questa natura, l'autorità della Santa Sede; ciò facendo non solo potenziava la consapevolezza della Grazia divina connessa con il concetto di Chiesa, ma rasserenava con tale Grazia il popolo di Dio. Sarà questa, inoltre, l'occasione di commemorare degnamente il primo millenario della Redenzione e far usufruire i fedeli degli infiniti tesori spirituali provenienti, appunto, dall'avvenuta e quindi storica immolazione del Figlio di Dio per la salvezza

dell'umanità. Ciò tuttavia non vuol dire che papa Silvestro II abbia inteso istituire un giubileo come festa secolare della Chiesa prima della venuta dei pellegrini, al contrario l'idea deve essergli venuta alla vista dell'eccezionale numero di pellegrini presenti in Roma-proprio come capiterà tre secoli dopo al suo successore Bonifacio VIII. Tale atto insomma conferma la volontà di venire incontro ai tanti "peregrini" provenienti da vari regni occidentali e che in Roma intendevano, oltre che visitare i luoghi Santi, solennizzare il passaggio dal primo al secondo millennio.
"Ad hac sacra loca visenda piorum maxime incitavit studium", e senza dubbio lo "studium" era maggiore del solito data anche l'esaltazione della leggenda della fine del mondo del Mille; uno "studium" tuttavia differente rispetto a quello seguito alla proclamazione del Giubileo del 1300, nato e reso importante anche dalla suggestione di carattere generale suscitata in tutto l'Occidente dalla paura della fine dei tempi.
A questo punto bisogna ricordare che mancano cronache contemporanee che testimonino la celebrazione, o, tantomeno, l'istituzione di un Giubileo, d'altronde non si deve dimenticare che i cronisti tacciono o ricordano molto sommariamente persino il Giubileo indetto da Bonifacio VIII nel 1300, figuriamoci dunque se, in un periodo complesso quale fu quello intorno all' anno Mille, si poteva prestare attenzione a tali avvenimenti. A proposito, poi, delle incertezze e della mancanza di notizie documentabili, non dobbiamo dimenticare che, tanto per fare un esempio, alcune delle indulgenze attribuite dalla tradizione popolare a S. Silvestro (il papa che avrebbe promulgato il "Costituto" di Costantino), sono invece dovute a Silvestro II, il Papa dell'anno Mille[2].

2 Se mai papa Silvestro II avesse pensato all'indizione di un Giubileo è plausibile avesse creduto opportuno una perdonanza generale. In

Quanto detto sopra rende, a mio parere, convincenti le conclusioni che hanno portato quei grossi studiosi di questioni ecclesiastiche quali **il Suarez, il Baronio, lo Bzovio, il Febei, il Manni, lo Zaccaria**[3] ed altri a pensare a Silvestro II come a colui che, in un periodo cupo e travagliato per la Chiesa, abbia riproposto di fatto lo "iubilaeum" di antica memoria dando l'opportunità a Bonifacio VIII di rendere, tre secoli dopo, ufficiale l'istituzione della celebrazione dell'Anno Santo, celebrazione che oggi la Chiesa rinnova ancora mille e 13 anni dopo la morte di Silvestro II.

D'altra parte i suddetti studiosi non si limitano al giubileo del Papa franco, bensì aggiungono notizie di giubilei sotto Pasquale II, nel 1100, e Innocenzo III, nel 1200, notizie avallate, per quest'ultimo caso, dalla testimonianza di un ultracentenario vissuto a cavallo del 1300, che ricordava come

proposito si veda E. Contardi, *Gerberto d'Aurillac. Silvestro II papa meraviglia del suo secolo*, Roma 1939; F. T. Alfani, *Istoria degli Anni Santi*, Napoli 1725; A. Santarelli, *Trattato del Giubileo dell'Anno Santo e degli altri Giubilei*, Roma 1650.

3 "Fuere per idem queque tempus ex propinquis illius tres quidem non dissimiles, quorum duo in ordine Praedicatorum magna cum laude vixerunt, tertius vitam duxit eremiticam, qui cum annum ageret quintum decimum, et annus erat ille Jubilaeus, Romam venit, et post annos centum, idem ad alterum Jubilaeum rediit, et coram Bonifacio VIII Pontifice Maximo iuravit ...", F. Zaccaria, *Dell'Anno Santo*, Roma 1824, p. 1 e p. 4. Sul possibile giubile di Silvestro II si considerino anche C. Baronio, *Annales Ecclesiastici*, Lucca 1742-1745; il Febei che riporta addirittura la testimonianza di Gregorio Tolofano il quale afferma: "...Gregorium Magnum ad exemplum veteris Iubilei centesimo quoquo anno visitantibus Basilicam Principum Apostolorum remissionem, et plenariam indulgentia concessisse, adeoque verum Iubileum celebrari voluisse". Cfr. F. M. Febei, *Anni Jubilei*, Roma 1675, p. 1; F. Suarez, *Vindiciae Silvestri II pontificis maximi*, Lione 1658; A. Vittorelli, *De' Giubilei di Silvestro II e di Urbano VIII e della indittione di quello di Innocenzo X*, Roma 1650; A. Bzovio, *Silvester II*, Roma 1629, p. 109. A ciò si aggiunga la testimonianza *post quem* di G. Moroni, *Dizionario di erudizione storico ecclesiastica*, Venezia 1854, il quale scriverà: "A Porte Sante notai che si vuole avere Silvestro II celebrato il primo Giubileo dell'Anno Santo". p. 125.

il padre fosse andato, con lui molto piccolo, in pellegrinaggio a Roma nel 1200 per una grande indulgenza; per lucrare la quale anch'egli, un secolo dopo, era stato spinto a visitare l'Urbe. Se non bastasse poi l'opinione di tali studiosi, nell'Ottocento, in una miscellanea su Gli Anni Santi di autori vari rimasti anonimi, si afferma come non sussistano dubbi di nessun genere sul fatto che Silvestro II avesse celebrato un giubileo nel 1000, e che lo stesso fecero Pasquale II nel 1100 e Innocenzo III nel 1200[4].

Resta tuttavia una differenza sostanziale fra la promulgazione bonifaciana e quella di Silvestro il quale si limita a concedere una delle consuete indulgenze, con il che egli mostra indubbiamente d'essere dotato di una non comune intelligenza e sensibilità. Gerberto con questo suo atto si presenta molto in anticipo sui suoi tempi, vuoi per la concezione che egli ha dell'impero e della Chiesa, nonché dei rapporti che devono intercorrere fra queste due istituzioni universali (istituzioni da lui considerate in maniera in certo senso dinamica), vuoi per il modo in cui intende l'universalità della Chiesa stessa in un periodo in cui non pochi suoi predecessori e successori considerano il pontificato poco più di una cappellania di famiglia e non riescono ad uscire da una logica politica cittadina dominata da uno spirito di fazione ispirato a un concetto deteriore e ristretto della politica; tanto che la seconda metà del secolo XI, nell'infuriare del conflitto fra Impero e Chiesa e fra pontefici filoromani e anti-papi filoenriciani, vedrà sorgere ambizioni sfrenate mentre una crescente corruzione si impadronisce delle gerarchie.

La maggior parte dei papi succedutisi in quegli anni vengono da famiglie illustri di Roma, hanno una precisa connotazione

4 Sull'argomento cfr. L. Montecchio, *Gerberto di Aurillac. Silvestro II*, Perugia 2011; G. M. Cantarella, *Pasquale II e il suo tempo*, Napoli 1997.

economica e politica per cui la loro principale mira più che di ispirazione personale pare di tipo personalistico. I pontefici definibili "Romani" sono soprattutto preoccupati di conferire ai loro congiunti cariche ecclesiastiche, vescovati, abbazie, prebende, utilizzati per rafforzare la posizione della propria famiglia.

Il Giubileo di Bonifacio VIII

Bonifacio VIII mostra di essere invece un grande pontefice, un vero uomo di Chiesa, politico e diplomatico, capace di superare odi e rivalità nei quali egli sarà pure invischiato nel corso del suo difficile pontificato per dare grande respiro alla sua azione ecclesiastica di Vicario di Cristo. Anche se Bonifacio, dunque, con il primo autentico Giubileo della storia del cristianesimo fa molto di più di Gerberto (egli infatti concede una perdonanza universale che cancella la pena e non la colpa e pone la Chiesa e il papato su un piano di potenza inimmaginabile nell'XI secolo), l'antefatto - ingigantito magari da Bonifacio VIII che voleva cercare un precedente alla sua azione - è significativo e non può essere ignorato.

Esso impone attenzione e grande rispetto per Silvestro II e la sua difficile opera svoltasi in un momento in cui per tanti noti motivi la vicenda della Chiesa di Roma e il suo rapporto con l'impero erano destinati ad infrangersi di fronte a problemi di una enorme difficoltà che solo i secoli futuri con le loro drammatiche vicissitudini avrebbero potuto contribuire a modificare e superare.

La lenta e continua trasformazione della Chiesa e del modo di porsi rispetto ai fedeli e alle gerarchie si evolve nel corso dei secoli. Non si sarebbe arrivati alle grande realizzazione giubilare di papa Bonifacio VIII se non si fosse passati attraverso prove e difficoltà diverse; l'opera di papa Caetani si spiega infatti alla luce dei pontificati precedenti e forse sarebbe

stata diversa se non fosse stata anticipata da grandi capi di Chiesa come Gelasio, Gregorio Magno, Silvestro II, Gregorio VII, Innocenzo III, Gregorio IX e Niccolò III. Tuttavia proprio ciò che abbiamo fin qui detto illumina di una luce particolare l'azione di Silvestro II, un precedente, a suo modo, significativo dell'organizzazione del Giubileo e della sua complessa concezione[5].

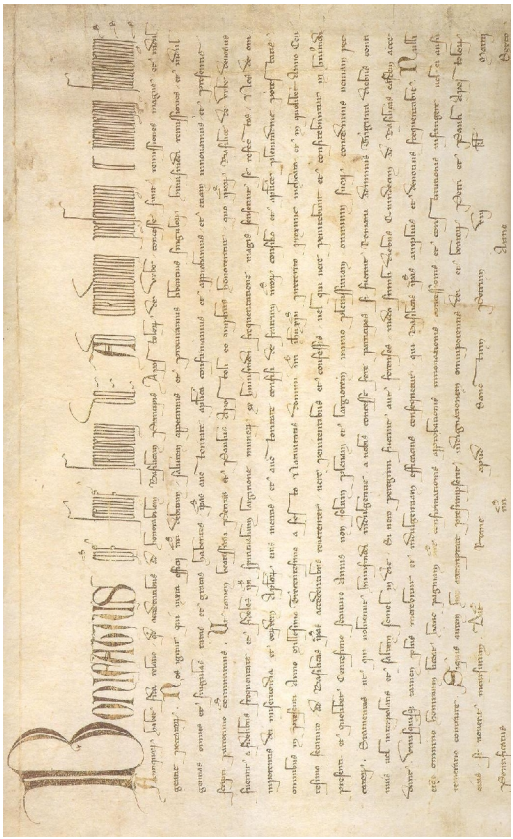


Fig. 1 La Bolla di Bonifacio VIII Antiquorum Habet

5 Bonifacio VIII dunque seppe cavalcare il momento e offrire alcune risposte ai pellegrini che accorrevano a Roma. C. AZZARA-A. RAPETTI, *La Chiesa nel Medioevo*, Bologna 2009; K. A. Fink, *Chiesa e papato nel medioevo*, Bologna 1987, pp. 61-65.

La Luna all'orizzonte: rifrazione, estinzione e parallasse

Costantino Sigismondi
(ICRA/Sapienza Università di Roma and IIS F. Caffè)

Abstract
The Moon at the horizon is subjected to atomospheric refraction and extinction. The argumentation of medieval astronomers are here presented.
Riassunto
La Luna all'orizzonte subisce rifrazione ed estinzione atmosferica. Le spiegazioni dell'astronomia medievale vengono qui riprese e discusse.

Introduzione

"Quando al tramonto la luce color miele inonda la città di Roma, il papa Gregorio XIII si avviava nella galleria delle carte geografiche in Vaticano a contemplare le bellezze dell'Italia.[1]" La luce color miele poi trascolora nell'arancio pallido, e se si guarda nella direzione del tramonto si vede il rosso e si può percepire anche il raggio verde.[2] L'estinzione atmosferica sottrae al disco solare le lunghezze d'onda più corte lasciando passare quelle più lunghe, facendo virare al miele il colore della luce. La stessa cosa accade per la Luna e per le stelle,[3] ed è simmetrica al loro sorgere. Quando la Luna e il Sole sono presso l'orizzonte sembrano anche più grandi; questo effetto è tra i preferiti dei divulgatori che si fanno belli ridicolizzando le spiegazioni medievali, di cui invece voglio mettere in evidenza la bellezza e l'armonicità del quadro logico di riferimento.

1 Così il prof. Antonio Paolucci, direttore dei Musei Vaticani, nella presentazione della galleria restaurata il 27 aprile 2016.

2 D. J. K. O'Connell, http://adsabs.harvard.edu/abs/1958RA.....4.....O con foto da Castel Gandolfo sul Tirreno, simili a quelle ottenute nella Novaja Zemlja al circolo polare artico http://www.novayazemlya.net/

3 http://www.icra.it/solar/lab2002/fotoastro.html L'esperimento fu fatto su Gamma Equulei, variabile di mV=4.68. L'effetto di arrossamento (trend) dovuto al suo tramontare veniva riconosciuto in due canali Rosso e Blu e sottratto al segnale, per trovare le sue oscillazioni di decine di minuti.

La Sfera del Sacrobosco e i corpi celesti all'orizzonte

Nel Libro I capitolo VI, il testo di astronomia (1256)[4] più usato nel medioevo tratta della rotondità del cielo.

Si può dimostrare che il Cielo sia rotondo con tre ragioni, cioè per la similitudine, per la comodità, & per la necessità.

La similitudine, *perché il mondo sensibile è fatto a somiglianza del modo Archetipo, & esemplare, nel quale non è principio, né fine. Onde a similitudine di questo il mondo sensibile ha forma rotonda, nella quale non si può assegnare né principio, né fine.*

La comodità *perché di tutti i corpi isoperimetrici cioè di eguale ambito la Sfera è la maggiore, & di tutte le figure la rotonda è la più capace. Perché adunque il mondo è grandissimo, & è rotondo perciò seguita che sia capacissimo. E perché egli doveva contenere in sé tutte le cose tal forma gli fu utile, e comoda.*

La necessità *perché se il mondo fosse d'altra forma che rotonda cioè o di tre, o di quattro, o di molti lati, seguirebbero due cose impossibili, cioè che sarebbe alcun luogo vacuo, & alcun corpo sarebbe senza luogo. Delle quali cose l'una, & l'altra è falsa come apparisce ne gli Angoli elevati, & girati all'intorno.*

Medesimamente come dice Alphagrano se il cielo fosse piano alcuna parte di quello sarebbe più propinqua, che l'altra cioè quella che fosse sopra il nostro capo. Adunque la stella che quivi fosse ci sarebbe più vicina, che quella, che fosse nel levante o nel ponente. Ma quelle cose che ci sono più appresso appariscono maggiori, adunque il Sole o altra stella che fosse nel mezzo del cielo dovrebbe apparir maggior, che essendo nel levante o nel ponente. Della qual cosa vediamo accadere il contrario, perché ***appare maggiore il Sole o altra stella essendo nel levante o nel ponente, che quando ella si trova in mezzo il cielo****, ma avvenga, che la verità della cosa non sia così;* ***la causa di questa apparenza è che nel tempo del piovoso Verno ascendono certi vapori fra l'aspetto nostro, & il Sole o altra stella****, & perché quei vapori sono corpo diafano, cioè trasparente, disgregano i raggi nostri visuali in modo tale, che non comprendono la cosa nella sua naturale & vera quantità,* ***come si vede che avviene d'una moneta gittata nel fondo d'un catino pieno d'acqua chiara, che per la disgregazione dei raggi visuali appare di maggior quantità, ch'ella non è***.[5]

---

4 La Sfera da Gerberto al Sacrobosco, C. Sigismondi, UPRA 2008 p.76-77.

5 *Archetipo, cioè esemplare, intende della Idea, e specie o forma o figura*

La spiegazione antica è dunque la rifrazione, che anche nella nota viene ripresa con il nome di "disgregazione dei raggi visuali", ben noto quando si infila una matita in un bicchiere: la matita sembra spezzata, disgregata dunque.
Gli antichi spiegavano l'ingrandimento di Sole e Luna con la rifrazione dei vapori tra noi e gli astri all'orizzonte.
Oggi invece si considera un effetto di psicologia della visione:[6] gli oggetti all'orizzonte sono stimati più lontani e, inoltre, la comparazione con oggetti considerati grandi e lontani (es. le case) dà l'illusione di una Luna maggiore che al centro del cielo, dove non ci sono case vicino.
Kant nella Critica della Ragion Pura dice *non c'è astronomo in grado di far sì che la Luna non gli appaia più grande nel suo sorgere, anche se egli non cade vittima di tale parvenza.*[7] Anche chi scrive ha sperimentato questo fenomeno,arricchito pure dal dettaglio della visione di un cratere lunare! Ho ricostruito l'accaduto come segue. Ero su viale dell'Università a Roma, guardando verso viale Ippocrate. L'azimut è 65°.95 Est, come ricavato da una google map. La Luna era appena sorta ed era ancora chiaro il cielo, come il 18 febbraio 2008 alle 15:38 con la Luna al

del Mondo esistente nella mente divina, alla cui simiglianza è fatto questo mondo sensibile, come la specie, o Idea della futura statua nella mente dello scultore. Isoperimetri corpi, cioè di equale ambito, o superficie il quale vocabolo si è preso dai greci, perché ISO vuol dire equale PERI attorno METRO misura PERIMETRO linea circondante, & circuito. Onde se faranno due città l'una delle quali sia di forma pentagono come Perugia, & l'altra di forma rotonda come quasi è Firenze, molto più capace sarà Firenze, che Perugia, ancor che siano d'equal circuito di mura, l'apparenza della disgregazione de i raggi visuali, che fa il corpo diafano, è da Teone dimostrata geometricamente nel secondo capitolo del primo libro dell'Almagesto.

6 https://it.wikipedia.org/wiki/Illusione_lunare P. Gray, Psicologia, p.279 Zanichelli, BO (2004). https://en.wikipedia.org/wiki/Moon_illusion

7 Sull'apparenza illusoria trascendentale, o della parvenza trascendentale. Kant, Critica della Ragion Pura, a cura di Domenico Morace (2016)

93% (il 10° giorno della lunazione, Luna X nel calendario antico). Il cratere, che ricordo di aver visto, ma non annotato,

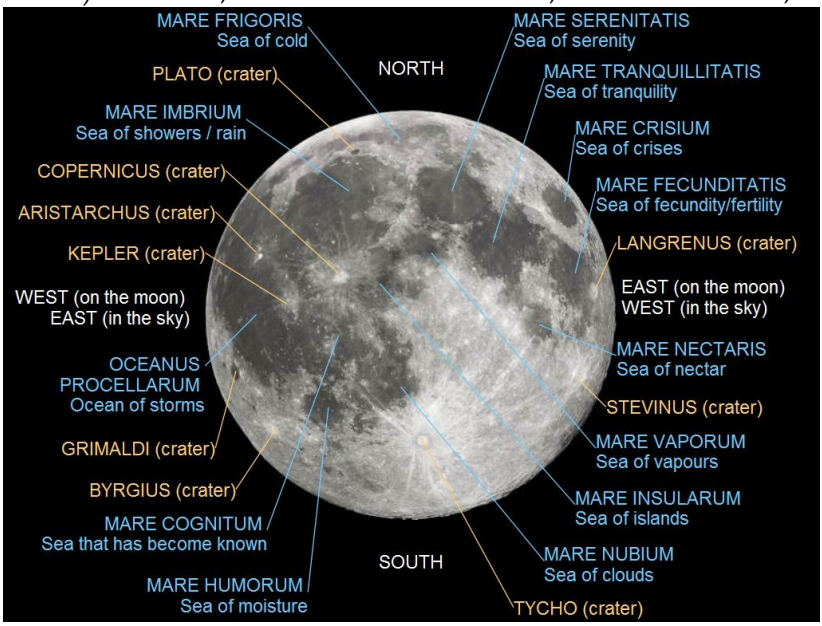


Fig.1 Principali dettagli lunari.List of lunar features wikipedia

con data e ora come si deve fare e poi verificato, era in basso a sinistra; la Luna non era piena (Luna XIV). Esaminando il caso a posteriori i crateri Copernicus, Kepler e Grimaldi sono troppo piccoli mentre il mare Humorum ha più l'apparenza di "cratere" con le dimensioni angolari >3 minuti d'arco ed il contrasto necessari per essere avvistato ad occhio nudo senza ingrandimenti. Il mare Humorum appare con la Luna XII.[8]

Parallasse e moto degli oggetti distanti insieme a noi

Alla distanza della Luna 1000 Km sulla Terra sottendono 1/400 di radiante visti dalla Luna, perciò per noi la Luna mantiene la stessa direzione nel cielo se siamo in moto rettilineo, spostandosi solo con le curve; verificare in auto, treno e aereo.

8 G.Consolomagno,D.M Davis, *Turn left at Orion,* Cambridge, 2000, p.20

La numerazione digitale delle fasi lunari tra gli Indiani Lakota

Cesare Marino[1] e Costantino Sigismondi[2]

([1]Smithsonian Institution National Museum of Natural History Washington DC;[2]ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

Abstract

Lakota Indians (Pine Ridge, South Dakota, USA) count the phases of a lunar month using both hands and counting the folds of the phalaxes (14 per hand) starting from right hand; the full Moon is the central fold of the palm and is joined with the left hand, where the last 14 days are counted. Finally a lunar month is 29 days. This algorithm requires a correction of 1 day each 2 months, to recover the 29.5 synodic month used in western astronomy after alexandrinian Greeks.

Sommario

Gli Indiani Lakota (Pine Ridge, South Dakota, USA) contano le fasi della Luna con le dita usando 2 mani. Le posizioni rilevanti per operare questo computo sono le pieghe delle falangi e si contano col pollice cominciando dalla base del mignolo destro, e concludendo con l'indice che conta le due pieghe sul pollice: totale 14. Il passo successivo è la riga centrale della mano che rappresenta, congiungendo l'altra mano, la fase di Luna piena. Dopo si riparte con la mano sinistra completando gli altri 14 giorni. Il totale del mese lunare così computato è di 29 giorni, mentre il mese lunare nell'astronomia occidentale greca era di 29.5 giorni.

Introduzione

In minoribus licet exemplificare, era la massima che Gerberto e la tradizione docente classica seguiva nella spiegazione di computi particolarmente complessi; in americano oggi suona così *KISS Keep It Simple (and) Stupid.*

La problematica del calendario lunare è trasversale a tutte le culture, conosciamo dal biografo di Gerberto, Richero di Reims, che gli appuntamenti per le diete medievali venivano dati anche in funzione delle fasi della Luna, oltre che della data civile o religiosa. Per le fasi della Luna non si poteva aspettare l'osservazione probatoria: la Luna doveva essere contata a partire da una fase da tutti condivisa.

La durata del mese sinodico e confronto con i 29 giorni interi

Il moto medio lunare corrisponde al ritorno alla stessa fase dopo 29.53 giorni (99 lunazioni in 8 anni solari, octaëteris[1]) o meno accuratamente 29.5 giorni (12 lunazioni in 354 giorni, anno draconitico). Nelle due parole greche è nascosta l'attività degli astronomi greci e di quelli caldei che li hanno preceduti in questi computi di utilità civile e anche religiosa.

L'autorità religiosa (sciamano) tra gli indiani, attraverso opportune cerimonie, provvedeva a resettare la differenza di mezza giornata per lunazione, che dopo un anno draconitico (12 lunazioni o mesi) arrivava già a 6 giorni, ovvero quando il computo su base 29 indicava la Luna piena ci si trovava ancora il primo quarto!

Aggiustamenti e validità del computo Lakota

Il racconto orale non ha spiegato come i Lakota correggevano il computo e quando, possiamo fare delle ipotesi ritenendo, ad esempio, che a occhio la fase di Luna piena non è tanto ben definibile come quella della dicotomia (primo o ultimo quarto). Allora se il primo quarto deve essere il giorno 7 del ciclo (la piega della phalange alla base del dito medio) lo sciamano poteva verificare che lo scostamento dopo 2 lune era arrivato ad un giorno e far correggere (con i segnali di fumo) la numerazione generale. Si può anche ritenere sufficiente una precisione di 2 giorni, e quindi il reset solo in capo ad un quadrimestre. In ogni caso era sufficiente una festa periodica legata alle lune per rinnovare la numerazione.

Tre quadrimestri di 4 lune ciascuno con due giorni di festa comune ad ogni termine riallineano perfettamente l'anno Lakota con l'anno draconitico con mesi di 29.5 giorni. Dopo otto anni solari, usando un calendario a 29.5 giorni, occorre aggiungere 3 giorni... altre possibili feste!

1 C. Sigismondi, http://cdsads.u-strasbg.fr/abs/2016Gerb....9..109S

Metrologia: uno sguardo alle grandezze fisiche fondamentali; il Pendolo, il Piano Inclinato e g.

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza Università di Roma and IIS F. Caffè)

Abstract

Metrology studies the standards utilized in physics, we focus on MKS introduced by Giovanni Giorgi at the turn of XIX-XX century. Galileo, the pendulum and the inclined plane are reviewed to obtain the universal g.

Sommario La metrologia studia gli standard utilizzati in fisica, noi ci concentriamo sul sistema MKS, introdotto da Giovanni Giorgi ai primi del novecento; presento Galileo, il piano inclinato e pendolo e l'accelerazione g.

Introduzione

Le grandezze fisiche possono essere misurate con uno strumento, e la loro misura espressa con un numero[1] che indica il rapporto con un campione standard.[2] Nella prima lezione ci siamo soffermati su tre tipi di standard, quelli legati al vecchio sistema MKS, al quale l'ingegnere Italiano Giovanni Giorgi (1871-1950) lavorò molto tanto da esserne considerato il padre; MKS è più adatto agli studenti di primo anno di fisica.

Il metro

Tutta la metrologia prende il nome proprio da questa grandezza fondamentale. La parola metro viene dal greco *métron* che vuol dire proprio 'misura'.

Con la Rivoluzione Francese dal 1789 si volle riformare anche tutta la scienza, e le unità di misura, che erano diverse da una città all'altra: a Roma i palmi romani,[3] a Parigi i piedi parigini...

1 Filolao 470-390 a. C. allievo di Pitagora diceva "Il numero è il vincolo che per l'innata sua virtù regge l'eterna serie delle cose mondane"

2 Lo standard è qualcosa che va bene per tutti, esempio una presa standard ospita tutte le spine, mentre una non standard non lo fa. È quindi importante che un chilogrammo, un metro e un secondo siano gli stessi ovunque: questo è il senso di standard in questo contesto.

3 Sul pavimento della Basilica di san Pietro, all'interno del portone centrale trovate la lunghezza in metri: 186 e in palmi romani: 837.

Il metro doveva essere la 40 milionesima parte del giro dell'equatore terrestre, ma quella misura risultò molto complessa e alla fine si costruì un campione di platino-iridio che fu conservato all'Ufficio dei Pesi e delle Misure a Sèvres, vicino a Parigi.

Il chilogrammo

Doveva essere, secondo Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), una quantità facile da riprodurre, perciò il famoso chimico aveva proposto la quantità di acqua in un decimetro cubo, 10 cm x 10 cm x 10 cm. Il problema nasceva variando la temperatura, o la composizione dell'acqua. L'acqua raggiunge la massima densità a 4°C, così da permettere ai pesci di svernare sul fondo degli stagni ghiacciati, senza rimanere ghiacciati anch'essi. L'acqua più densa sta in fondo e il ghiaccio meno denso galleggia,[4] così il chilogrammo è a 4°C.[5]

Variazioni anche piccole di temperatura modificano la densità dell'acqua, e di conseguenza muta la massa nel decimetro cubo. A Sèvres è conservato il chilogrammo in platino-iridio.

Il secondo

Galileo Galilei (1564-6142) scoprì, usando il battito del suo cuore come riferimento (e noi sappiamo quanto varia la frequenza cardiaca nel tempo), nel 1589 le leggi del pendolo, e Christiaan Huygens (1629-1695) ne perfezionò le tecniche.

Ora il semi-periodo di oscillazione di un pendolo composto di una palla appesa a un filo inestensibile di 1 metro è il secondo.

Ma anche in questo caso una variazione di temperatura avrebbe modificato la lunghezza del filo e il periodo di oscillazione. Durante tutto il settecento si cercarono leghe a bassa espansione termica (quella per cui i ponti hanno giunture più larghe d'inverno che d'estate) John Harrison

4 Queste leggi le dobbiamo ad Archimede Pitagorico, 272-218 a. C.

5 https://it.wikipedia.org/wiki/Chilogrammo

(1693-1776) realizzò orologi meccanici precisi per mesi e capaci di funzionare sulle navi. Il secondo era 1/86400 del giorno.

La velocità della luce, costante della fisica

Pur essendo grandissima, la velocità (celeritas in latino) della luce nel vuoto c=299792458 m/s, è costante sia se la misuriamo a bordo di un treno, sia dalla stazione. Treno e stazione sono due sistemi in moto relativo tra loro, ma la luce che sta sul treno e quella in stazione viaggiano alla stessa velocità. Albert Einstein (1879-1955) usò questo fatto come fondamento della sua teoria della Relatività: la luce nel vuoto ha velocità costante indipendentemente dal sistema di riferimento.

A questo punto per ottenere il metro campione che è una grandezza di "spazio", se abbiamo una "velocità" costante universale, ci serve una grandezza di "tempo" per cui moltiplicarla, un tempo veramente standard, non soggetto a variazioni di temperatura, questo standard fu trovato nella radiazione tra due livelli energetici dell'atomo di Cesio 133.

Il Cesio 133 è usato per gli orologi atomici, che sbagliano di 1 secondo ogni milione di anni. Nel 2014 a Boulder, Colorado hanno costruito con atomi di stronzio un orologio più preciso sbaglia di 1 s ogni 5 miliardi di anni!

La radiazione è luce di un colore particolare, possiamo dire che questi colori restano immutati nei secoli, e millenni, perciò sono gli standard più accurati. Dallo standard di tempo: 1 secondo "astronomico" legato alla rotazione della Terra sul suo asse (giorno solare medio), si è ottenuto lo standard atomico: 1 s = 9192631770 periodi atomici del Cesio 133.[6]

Dal secondo al metro con Einstein e c, la velocità della luce

Definito il secondo, poiché nel moto rettilineo uniforme s=v*t, sostituiamo v con c, la velocità della luce e al tempo 1/299792458 s e otteniamo il metro come spazio

6 https://it.wikipedia.org/wiki/Secondo

corrispondente.[7] Come chilogrammo campione invece resta valido quello di Sèvres in platino-iridio.

Al tempo di Carlo Magno (793) il *pondus caroli* fu lo standard vigente, circa 406 g. Lo standard era garantito da una precisa lega di argento, battuta solo nella zecca imperiale.

Dal *pondus* si realizzavano 240 *denari*, e questi standard restarono validi durante il medioevo. Da Carlo Magno ai nostri giorni il concetto di standard di peso non è cambiato.[8]

Noi possiamo usare le monete dai due euro al centesimo di euro come pesi campione: entro 0.01 g sono accurate.[9]

L'esperimento di Galileo con il piano inclinato

Un piano inclinato di cinque metri di lunghezza con dei campanellini posti a distanze opportune ha permesso a Galileo di provare la legge del moto uniformemente accelerato: interrompendo un flusso d'acqua "pesava" il tempo nel bicchiere![10]

Materiale: un banco, una matita, una pallina, tre libri.

Metodo: si inclina il banco ponendo sotto un lato i tre libri. La matita è la nostra unità di misura: si segnano i punti distanti 1, 4, 9 e 16 matite dal bordo rialzato: sono i quadrati di 1, 2, 3, 4.

Misure: la pallina rotola impiegando tempi uguali da un segno all'altro. Misuriamo 1) a orecchio, battendo sul banco la matita ad ogni passaggio 2) con un cronometro, 3) con un video contando i fotogrammi tra un passaggio e il successivo. Galileo fece suonare le campanelle (1) e usò il pendolo (2).

Conseguenze: lo spazio percorso è proporzionale al quadrato del tempo, il grafico spazio (y) tempo (x) è una parabola. Galileo capì che l'accelerazione "g" è la stessa per tutti i corpi.

7 https://it.wikipedia.org/wiki/Metro

8 La scuola di Varenna "Int.School of Physics E. Fermi" in programma dal 27/6 al 6/7/2016 tratta proprio di Metrology: from physics fundamentals to quality of life http://www.sif.it/attivita/scuola_fermi/mmxvi#196

9 http://euro.raddos.de/italiano/monete.php

10 http://www.beic.it/project_galileogalilei/claudia_borghini_galileo_piano_inclinato.php

La progressione aritmetica dei numeri dispari e a=costante

Galileo non diceva di aver posto i segnali sui punti corrispondenti ai quadrati di 1, 2, 3, 4, cioè 1, 4, 9 e 16...bensì di collocare i ***riferimenti spaziati secondo i numeri dispari***, cioè 1, 3, 5, 7, 9... ogni spazio cresce uniformemente di due unità (progressione aritmetica).

Si può verificare con un po' di addizioni che 1+3=4, 1+3+5=9, 1+3+5+7=16.... e così via. Galileo era professore di Matematica!

In questo modo prese "due piccioni con una fava": disegnò spazi uniformemente crescenti (aumentano di 2 unità ogni volta), che attraversati in tempi uguali, dimostravano un'accelerazione "a" uniforme! E dimostrò anche la legge dei quadrati: lo spazio "s" cresce proporzionalmente al quadrato del tempo: $s=kat^2$, con k=costante.

L'accelerazione è il rapporto tra velocità e tempo $a=\Delta v/\Delta t$, la velocità dipende dal rapporto tra spazio e tempo $v=\Delta s/\Delta t$; se i Δs crescono come 1, 3, 5, 7... e i Δt sono costanti, anche le velocità crescono come 1, 3, 5, 7... ma le variazioni di v Δv restano costanti $\Delta v=(3-1)=(5-3)=(7-5)$... perciò essendo il ritmo dei passaggi Δt costante, l'accelerazione è costante!

Galileo estese il risultato anche alla caduta libera, considerandola il caso limite del piano inclinato con inclinazione verticale. Aveva così dimostrato che tutti i corpi cadono di moto uniformemente accelerato, superando la visione di Aristotele (384-322 a. C.) secondo cui i corpi cadevano a velocità uniforme, proporzionale alla massa: un corpo più pesante doveva cadere a terra più velocemente.

Il famoso esperimento della piuma che cade veloce come la pietra nel vuoto era stato immaginato già da Galileo, che aveva capito che le velocità di caduta uniformi dipendevano dall'attrito dell'aria. Il vantaggio offerto da una palla che rotola è quello di ridurre ad un solo punto l'attrito con il piano.

Un'accelerazione uguale per tutti: "g": il pendolo

Se lasciamo rotolare una palla più grossa questa viaggerà più lentamente di una piccola a causa della sua maggiore inerzia al movimento di rotolamento. La parola inerzia è sinonimo di indolenza, quasi un rifiuto di fare qualcosa, lentezza a rispondere... molti studenti ne sanno qualcosa! In fisica rappresenta proprio l'opposizione al moto dei corpi, e cambia se la massa è concentrata in un punto "materiale" oppure in un solido esteso. Nella realtà tutti i corpi sono estesi (più o meno) e non esistono veri e propri punti materiali, che sono il caso limite per corpi piccoli, ma di massa uniforme.

Se un corpo si muove senza rotolare è come se la sua massa fosse concentrata in un punto, il suo baricentro. È questo il caso del pendolo semplice (palla e filo appeso ad un punto).

Galileo aveva osservato i lampadari della Cattedrale di Pisa quando oscillavano lentamente, e poi si era accorto che il periodo di oscillazione del pendolo dipendeva solo dalla lunghezza del filo e non dalla massa appesa! Aveva dimostrato che l'accelerazione "g" di gravità era la stessa per tutti i corpi, senza il problema dell'inerzia dei corpi solidi risolto nel 1687 da Isaac Newton (1642-1727) nei suoi *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*, latino:i Principi Matematici della Fisica.[11]

Ricapitolando: le masse appese al pendolo non rotolano, e si comportano come punti materiali, questo permette di vedere che l'accelerazione di gravità, che determina il moto e il periodo del pendolo, non dipende dalla massa appesa.

Esercitazione 1) con dei lacci da scarpa costruire dei pendoli appendendo dei pesi (una mela) e verificare che a parità di lunghezza del filo-centro della mela il periodo è lo stesso.

2) misurare l'allungamento percentuale $\Delta l/l_0$ di un laccio, che a riposo è lungo l_0 e sotto tiro si allunga di $\Delta l=l-l_0$:legge di Hooke

11 http://www.treccani.it/enciclopedia/l-eta-dei-lumi-astronomia-l-astronomia-del-sistema-solare-da-newton-a-laplace_%28Storia-della-Scienza%29/

Questionario

La legge del moto rettilineo uniforme si esprime con la frase
1) il raggio vettore spazza aree uguali in tempi uguali
2) un punto materiale percorre spazi uguali in tempi uguali
3) un p.m. percorre spazi uniformemente crescenti in t. uguali
4) un p.m. percorre spazi proporzionali ai numeri dispari in ".

La legge del moto rettilineo uniforme descrive bene
1) la caduta di una goccia di pioggia in aria
2) la caduta di una palla di ferro dalla Torre degli Asinelli
3) il rotolamento di una palla su pavimento orizzontale liscio
4) il rotolamento di una pallina su un piano inclinato

La legge del moto uniformemente accelerato si esprime
1) un p. materiale si sposta con velocità uniformē crescente
2) un p. materiale copre spazi uniformē crescenti in t. uguali
3) un p. materiale è animato di accelerazione costante
4) lo spazio percorso dal p. m. cresce col quadrato del tempo

La legge del moto circolare uniforme si esprime
1) il raggio vettore circolare spazza aree uguali in tempi uguali
2) il p. m. su un cerchio descrive angoli uguali in tempi uguali
3) un corpo si muove su un cerchio con velocità costante
4) un corpo percorre archi di cerchio uguali in tempi uguali

La seconda legge di Keplero si esprime
1) il raggio vettore spazza angoli uguali in tempi uguali
2) il raggio vettore su ellissi spazza aree uguali in tempi uguali
3) la velocità areale di un pianeta su orbita ellittica è costante
4) il raggio vettore si allunga e si accorcia lungo un'ellissi

La sequenza dei primi quadrati dei numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5
1) si ottiene sommando tutti i numeri dispari fino a 5
2) si ottiene sommando i primi cinque numeri dispari
3) si ottiene sommando i primi 1, 2, 3, 4 e 5 numeri dispari
4) si ottiene sommando i primi cinque numeri primi

Galileo Galilei visse nel 1) 15° 2) 16°-17° 3) 18° 4) 18°-19° sec.?

Problemi

1) scrivere una tabella con Spazio e Tempo e dati di un moto rettilineo uniforme inventato.
2) disegnare un grafico di Spazio (asse y) e Tempo (asse x) di un moto rettilineo uniforme.
3) scrivere una tabella con Spazio e Tempo e dati di un moto rettilineo uniformemente accelerato inventato.
4) disegnare un grafico di Spazio (asse y) e Tempo (asse x) di un moto rettilineo uniformemente accelerato
5) calcolare dall'equazione $s=1/2\ g\ t^2$ con $g=9.8\ m/s^2$ quanti metri percorre un sasso in caduta libera dopo 1, 2, 3, 4 e 5 secondi, e valutare quanti piani (alti 3 metri l'uno) ha percorso.
6) Calcolare dalla formula $T=6.28\sqrt{(L/g)}$ con L=lunghezza del filo e g accelerazione di gravità, il periodo di un pendolo semplice con il filo lungo l=1m, ed l=2m.
7) Fare un grafico di due grandezze in proporzionalità diretta.
8) Fare un grafico di due grandezze in proporzionalità inversa.
9) Fare un grafico di due grandezze A e B una (A) proporzionale al quadrato dell'altra (B).
10) Se due grandezze sono tali da essere una A proporzionale all'inverso del quadrato dell'altra B, il prodotto di$A*B^2$ è costante, mentre se sono inversamente proporzionali A*B=cost Verificarlo per le grandezze nelle tre tabelle:

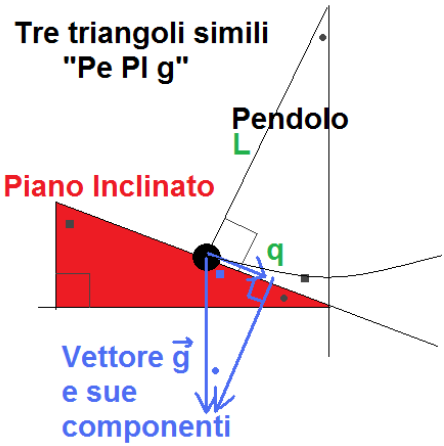
A	B	A	B	A	B
1	1	1	2	1	1
2	0.5	2	1	2	0.25
3	0.333	3	0.666	3	0.111
4	0.25	4	0.50	4	0.0625
5	0.20	5	0.40	5	0.04

11) Un treno percorre spazi che aumentano di un metro ogni volta, sempre in un secondo. Qual è la sua accelerazione?

Le piccole oscillazioni del pendolo e la scomposizione di g

Il periodo delle piccole oscillazioni di un pendolo dipende solo dalla lunghezza L del filo, la legge matematica è **$T=6.28\sqrt{(L/g)}$**: è la conseguenza dell'accelerazione di gravità uguale per tutti i corpi. Per dimostrarlo scomponiamo il vettore g, diretto "aristotelicamente" verso il centro della Terra nella sua componente parallela al piano inclinato p// e in quella perpendicolare p†. La presenza del piano offre la reazione vincolare, che si oppone a p†, mentre lascia agire solo p//.

Questo fa sì che tecnicamente un **piano inclinato** sia una **macchina vantaggiosa**. Per i triangoli simili si può dimostrare senza difficoltà che p//=g·h/q, dove h è l'altezza del piano inclinato rispetto all'orizzontale e q la sua lunghezza misurata proprio sull'orizzontale.



Adesso torniamo al pendolo, e spostiamolo dalla sua posizione verticale di equilibrio di una quantità piccola q. Possiamo immaginare il piombo del pendolo, in questa nuova posizione, come giacente su un piano inclinato esattamente come la perpendicolare al filo del piombo in quel momento.

Il piombo, essendo attaccato al filo inestensibile, non può che muoversi lungo l'arco di cerchio, e perciò perpendicolarmente al filo stesso. Il piombo percorre **circa** $\Delta s=4q$ per ritornare al punto di partenza e compiere un'oscillazione completa. Il periodo T lo otteniamo dividendo lo spazio 4q per la velocità media del primo tratto lungo q. Usiamo qui il metodo di

Leonardo Eulero (1707-1783) e ripreso dal premio Nobel Richard P. Feynman (1918-1988) per le orbite dei pianeti:[12] **Eulero approssimava** la velocità media in un moto uniformē accelerato con quella raggiunta **a metà** dell'intervallo temporale Δt scelto. $\langle v \rangle \approx g//\cdot \Delta t/2 = gqT/8L$. Il periodo $\Delta t = T = \Delta s/\langle v \rangle$. Esplicitando l'equazione nei suoi termini è quadratica in T, così $T^2 = 4q\ 8L/gq = 32L/g$, da cui $\mathbf{T \approx 5.7\sqrt{(L/g)}}$, approssimazione del 10% inferiore alla legge esatta: Si è così dimostrato che T dipende da √L; Galileo dimostrò tre cose:

1) Il periodo del pendolo **dipende dalla lunghezza del filo**.
2) Il periodo **non dipende dall'ampiezza delle oscillazioni**.
3) Il periodo **non dipende dalla massa del corpo**.

Riassumendo:l'importanza del piano inclinato e del pendolo

Galileo con il piano inclinato ha mostrato che la caduta libera è un moto uniformemente accelerato, cioè che ad ogni intervallo di tempo il corpo aumenta la sua velocità di uno stesso valore.

Con il pendolo si verifica che l'accelerazione è la stessa per tutti i corpi, essendo il periodo dipendente solo dalla lunghezza del filo (visto con un astuccio e varie masse dentro).

Il pendolo nella sua posizione iniziale è come posato su un piano inclinato che sparisce quando la massa inizia ad oscillare, ma senza rotolare: solo così l'accelerazione è veramente la stessa per tutti i corpi.

Il piano inclinato consente di studiare la scomposizione del vettore accelerazione di gravità in componente parallela e quella perpendicolare al piano a cui reagisce la forza vincolare.

Il pendolo è uno strumento di misura del accurato, Galileo ha scoperto l'**isocronismo (=periodo) delle piccole oscillazioni**, gli orologiai del XVII-XIX secolo lo hanno perfezionato e usato per tutte le misure astronomiche, fino all'orologio atomico.

12 Fisica, Book in Progress 1 anno cap. 4 (ITIS Majorana Brindisi, 2014), da lezione di R. P. Feynman sull'orbita dei pianeti col metodo di Eulero.

Penumbral lunar eclipse of September 16, 2016: observing with sunglasses to make it popular.

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma sigismondi@icra.it)

Abstract

The observation of a penumbral lunar eclipse is usually missed for a lack of interest. The real problem is the difficulty to observe it, because the strong luminosity of the full Moon and the eye response is easily saturated, being difficult the detection of the penumbral limit. The solution to use sunglasses, even two or three folded can make this observation very popular

Sommario

L'osservazione di un'eclissi lunare di penombra è spesso negletta per mancanza di interesse, ma in realtà è la difficoltà dell'osservazione, a causa della luminosità della Luna piena che ne scoraggia la realizzazione. La risposta dell'occhio adattato al buio è subito saturata: è difficile identificare il limite della penombra. La soluzione di usare occhiali da Sole, anche doppi o tripli, può rendere l'osservazione di questo evento molto popolare.

Introduction: the average number of solar and lunar eclipses

Usually up to 5 solar and 2 lunar eclipses are possible in a year,[1] but if we include partial and penumbral lunar eclipses these numbers equalize.[2] For the difficulty of their observations the penumbral lunar eclipses are often neglected by common ephemerides on home calendars, the problem is due to the high luminosity of the full Moon which saturates the eye adapted to crepuscular and night vision.

Reduction of the lunar luminosity with filters & sunglasses

To observe directly the penumbral limit a double polarizer has been proposed,[2] as well as reflected light[3] or digital photo analysis with appropriate exposures times,[2] but the sunglasses are a very easy solution wich may rend popular observing this phenomenon. They can prolonge the time when the luminosity of the full Moon does not saturate our eyes, especially in this eclipse that for western Europe is at its maximum at moonrise, with the sky still bright, during dusk.

Introduzione: il numero medio di eclissi di Luna e di Sole

Sole e Luna hanno all'incirca gli stessi diametri angolari e questo permette il realizzarsi di eclissi totali. Solitamente si trova scritto che in media si possono avere in un anno fino a 5 eclissi di Sole e 2 di Luna. Le circostanze geometriche di questa affermazione sono bene descritte nell'articolo storico sulla duplice eclisse di Sole dell'anno 810 che l'astronomo irlandese Dùngal spiegava all'imperatore Carlo Magno.[1] L'asimmetria tra il numero di eclissi di Sole e di Luna è riportata in pari dalle eclissi lunari parziali e di penombra, [2] che però sono del tutto trascurate.

Riduzione della luminosità della Luna con filtri e occhiali

L'uso di un doppio polarizzatore, o del sistema di riflessioni multiple (di Paul Couderc[3]) è già stato descritto, così come l'analisi di foto digitali con opportuni tempi di posa.[2] Ma l'idea di usare occhiali da Sole sembra quella giusta per rendere accessibile il fenomeno veramente a tutti.

Le circostanze dell'eclissi del 16 settembre 2016 sono tali che per l'Europa centro-occidentale il fenomeno è già massimo al sorgere della Luna, con il cielo ancora chiaro dal crepuscolo. Questo favorisce un contrasto minore con la Luna evitando la saturazione dell'occhio già adattato al buio. Attendere la levata della Luna da un luogo con l'orizzonte libero già può consentire di percepire il limite della penombra a occhio nudo; come l'autore ha già verificato il 31/12/2009; gli occhiali da Sole (doppi) ne prolungheranno di decine di minuti la visibilità.

References [1, 2, 3]

Paolo Zanna e Costantino Sigismondi, Dùngal letterato e astronomo (2004).
Costantino Sigismondi, Osservazioni dell'eclissi penombrale di Luna (2016)
Costantino Sigismondi, L'Astronomia del Venerdi' Santo e l'ora della Sindone(2011).

1 Paolo Zanna e Costantino Sigismondi, https://arxiv.org/pdf/1211.3687
2 Costantino Sigismondi, GERBERTVS 9,91(2016). www.icra.it/gerbertus
3 In C. Sigismondi, https://arxiv.org/pdf/1211.5030.pdf p. 8

Azimut e altezza della Piramide Cestia in una sola osservazione del Sole e dell'ombra proiettata

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

Abstract

The astronomical azimut and heigth of the Cestia Pyramid in Rome have been measured as 205° and 36 m by observing the alignment of the Sun with the axis and the grazing shadow of the Pyramid on July 22nd.

Sommario

L'azimut astronomico e l'altezza della Piramide Cestia sono stati misurati a 205° e 36m osservando l'allineamento del Sole con l'asse della Piramide e la forma dell'ombra, radente alla faccia Nord, il 22 luglio.

Introduzione

Uno studio dettagliato su varie misure effettuale alla Piramide Cestia nell'anno 2015 è stato pubblicato su Gerbertus 9, qui riportiamo un'osservazione fatta il 22 luglio 2016 al momento esatto dell'allineamento del Sole all'azimut ricercato, con l'ombra della faccia Nord di poco maggiore della condizione di radenza.

Dati dell'osservazione

Alle 13:57:55 del 22 luglio 2016 grazie alla verticalità delle ombre dei ganci presso la cuspide[1] si è verificata con buona precisione la situazione del Sole allineato con l'azimut della Piramide. Un'altra condizione ha reso questa osservazione di buona precisione: l'ombra della facciata Nord, che superava di 80 cm la facciata stessa.

L'ombra di una piramide sul piano dove essa giace è sempre di forma triangolare; quando il Sole si trova proprio su un asse della Piramide e ad un'altezza inferiore alla pendenza della Piramide, questo triangolo che ha la base comune con il lato (Nord) della Piramide ha l'altezza esattamente alla metà di quel lato. La Piramide Cestia si erge da un piano di alcuni

1 Si vedono nelle foto in C. Sigismondi, Gerbertus 9, pag. 33, fig. 2 (2016)

metri inferiore a quello stradale, circa 5, e vi si addossa, proprio sul lato Nord, il tratto delle Mura Aureliane che la collegava con la Porta San Paolo, ora interrotto dalla strada carrozzabile. Proprio questo tratto di mura rende difficili le osservazioni dell'ombra della Piramide, se non nelle condizioni vicine a quelle del giorno 22 luglio, quando l'ombra resta vicino alla base della Piramide e sul piano della base.

Effemeridi dell'osservazione

L'azimut del Sole alle 13:57:55 (ora estiva TMEC) del 22 luglio 2016 era di 205.078°, l'altezza 66.561°.

L'ombra proiettata da un'altezza di 36.4 m[2] è lunga 15.78 m, e su una base quadrata di 29.6 m sporge di 98 cm nel punto massimo, al centro della faccia Nord, questo dato è ben compatibile con quanto osservato, stimato attorno agli 80 cm ± 20 cm, corrispondenti ad un'altezza di 35.98±0.08 m.

Formule

Con il Sole ad altezza h° l'ombra o della Piramide alta h è o=h/tan(h°). La Piramide è a base quadrata di lato q, l'ombra sporge dal perimetro base di s=q/2-o, se h°<arctg(2h/q)=67.65°.

Conclusioni

Le circostanze del passaggio del Sole all'azimut dell'asse della Piramide Cestia sono favorevoli nelle date attorno al 19-29 luglio e, simmetricamente attorno al 14-24 maggio, visto che l'altezza del Sole è di poco inferiore alla pendenza della Piramide stessa, ciò permette di avere l'ombra gettata dalla faccia Nord vicino alla base (<2m), e di valutare con precisione l'altezza della Piramide a 36.0 m e il suo azimut a 205.1°.

Referenze

Costantino Sigismondi, Misura dell'azimut della Piramide Cestia col Sole, GERBERTVS 9, p. 31-34 (2016).

2 L'altezza è data a 36.4m da https://it.wikipedia.org/wiki/Piramide_Cestia la base a 29.6 m da http://www.coopculture.it/heritage.cfm?id=59

Il transito di Mercurio osservato da Jean Gambart il 5 maggio 1832: analisi ed eliometria.

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza Università di Roma and IIS F. Caffè)

Abstract

Jean Gambart (1800-1836) osservò il transito di Mercurio del 5 maggio 1832 con un rifrattore Dollond di 67 mm a 100x, sotto condizioni ottimali di seeing pari a 1". Si discutono i tempi dei contatti su Astron. Nach. 10, 259 (1832) per ottenere il diametro del Sole, 0.126" minore dello standard.

Abstract

Jean Gambart (1800-1836) observed the transit of Mercury in 1832 with a Dollond refractor of 67 mm at 100x under optimal meteo conditions and 1" of seeing. The contact times reported on Astron. Nach. 10, 259 (1832) are used to find the solar diameter -0.126" lower than its standard value.

Introduzione

L'osservazione del transito di Mercurio del 2016 effetuata alla Sapienza, Fisica, terrazza Nord del gruppo G9 di cosmologia relativistica, durante il convegno annuale su Gerberto d'Aurillac, ha permesso di conoscere direttamente le principali problematiche relative a questo raro fenomeno astronomico usato per valutare le variazioni secolari del diametro solare.

Prima Shapiro (1980) e poi Sveshnikov (2002) hanno utilizzato le osservazioni storiche dei transiti di Mercurio a questo scopo; noi esamineremo nel dettaglio l'osservazione di Jean Gambart (12/5/1800-23/7/1836) all'Osservatorio Reale di Marsiglia del 5 maggio 1832. Gambart nacque nel giorno della nascita al cielo di Gerberto (1003), e questo lega ancora di più al papa astronomo questo argomento, tema del convegno 2016 "Ardentibus Stellis" nella Sala Lauree di Fisica.

Passaggio di Mercurio sul Sole, osservato all'Osservatorio Reale a Marsiglia dal Signor Gambart **AN 10 257-260 (1832)**

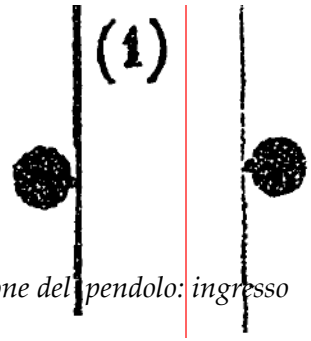
Le circostanze atmosferiche sono state tutte il giorno delle più favorevoli; malgrado una brezza di Nord Ovest molto pronunciata, il

Sole è rimasto costantemente netto e definito. Il cielo era sereno quel mattino; dopo mezzogiorno si sono stese delle nubi molto leggere. L'osservazione dell'entrata e quella dell'uscita sono state fatte al cannocchiale di Dollond (67 mm) [della] macchina parallattica sulla Torre Ovest, e sulla pendola di Berthoud, che avevo fatto piazzare alla portata. Il cannocchiale era armato del micrometro a fili fini di Gambey e di un oculare che ingrandiva 100 volte. Il punto dell'entrata è stato determinato nella maniera più precisa.

Ora[1] del pendolo [meridiano[2]]

Entrata del pianeta sul disco solare 0 h 13 m 43,8 s [t1]
Tangenza apparente dei due dischi 0 h 16 m 48,8 s
Fromazione del filetto luminoso tra il bordo di Mercurio e quello del Sole, che è ciò che credo si abbia il costume di prendere per l'entrata (contatto) interna 0 h 17 m 06,8 s [t2]
Prima della formazione del filetto di luce, il pianeta è parso allungarsi un po', come lo rappresenta la figura (1).
Sparizione del filetto di luce tra Mercurio e il bordo del Sole 7 h 00 m 19,1 s [t3]
Si forma evidentemente come un piccolo gonfiore al disco del pianeta che si porta verso il bordo del Sole (fig. 2).
Questo allungamento può essere di 1".
Tangenza apparente interna dei due bordi 7 h 00 m 48,6 s
Uscita del pianeta 7 h 03 m 46,6 s [t4]
Osservazioni giudicate molto precise. Ho tentato verso la fine del passaggio alcune osservazioni del diametro del pianeta, di cui ecco il risultato:
Diametro di Mercurio ottenuto da

1 Si tratta certamente di istanti d'ora siderale locale, gli intervalli di tempo siderali vanno moltiplicati per (365.2425/366.2425) per ottenere quelli misurati abitualmente in ore, minuti e secondi del giorno solare medio e del sistema internazionale. http://www.ephemeris.com/space-time.html
2 F. Boquet, http://adsabs.harvard.edu/full/1911LAstr..25..350B (1911)



10 oss.	*9.65”*
14 oss.	*9.36”*
10 oss.	*8.75”*
10 oss.	*9.54”*
10 oss.	*9.10”*
Media	*9.29”*

Equazione del pendolo: ingresso +33.7 s; uscita +33.8 s.

Trattamento dati e considerazioni per la metrologia solare

Per utilizzare i tempi di Gambart in senso assoluto, occorre sapere lo zero rispetto a cui sono presi: è verosimile che siano tempi siderali, dunque gli intervalli di tempo sono da moltiplicare per Ks=365.2425/366.2425, ma non trovo una traduzione delle ore 0h 13m 43,8s nel Tempo Medio dell'Europa Centrale in cui abbiamo le effemeridi. Con i tempi assoluti, potremmo confrontare direttamente le osservazioni con le effemeridi per lo stesso evento (www.calsky.com), e dire se il Sole è più grande del valore standard con cui sono calcolate le effemeridi, o più piccolo, semplicemente verificando se Mercurio ha anticipato o posticipato il primo contatto e viceversa per l'ultimo contatto rispetto alle effemeridi.

t1 Effemeridi	9 h 09 m 12.2 s
t2	9 h 12 m 40.1 s
t3	15 h 54 m 49.5 s
t4	15 h 58 m 17.7 s

In mancanza di traduzione in tempi assoluti, dobbiamo scegliere di confrontare tra loro intervalli di tempo, e con Sveshnikov (2002) scegliamo $\Delta T=t3-t2$.

Comparazione tra dati osservati e dati calcolati (effemeridi)

Nella tabella seguente facciamo la comparazione O-C

O = dati osservati ΔT=(t3-t2)*Ks	C = dati calcolati ΔT=t3-t2
6h43m12,3s=24192,3*Ks=24126,24 s	6h42m9,4s=24129,4 s
ΔTO-C=-3,16 s	ΔR⊙=-0.126”

Il tempo di volo di Mercurio sul disco del Sole è proporzionale al diametro del Sole stesso; si risolve la proporzione
Δt effemeridi(t3-t2): R⊙standard=ΔTO-C:ΔR⊙
Con ΔR⊙ la correzione al raggio solare standard R⊙=959.63”.
Questa operazione era stata fatta anche da Sveshnikov (2002) ottenendo il risultato riportato graficamente nella sua figura 1.

Diametro di Mercurio e seeing con la media delle medie

Dai dati di Gambart possiamo ricavare il seeing atmosferico, poiché Mercurio è un dischetto nero che attraversa la superficie solare, e il suo “sfuocamento” è essenzialmente dovuto al seeing combinato con la diffrazione.
Per un telescopio di D=67 mm di diametro, la diffrazione vale ϱ=1.22λ/D [rad], corrispondenti a (10/6.7)”=1.5”
Gambart ha valutato un allungamento di 1” del disco del pianeta verso il bordo del Sole, l'entità dell'effetto g*occia nera*,[3] al termine del quale egli ha fissato i contatti interni t2, t3.
Nell'ipotesi di assenza di astigmatismo negli occhi di Jean Gambart e ingrandimento ottimale, il gonfiore di Mercurio verso il bordo del Sole può essere attribuito al seeing e alla diffrazione combinati con l'oscuramento al bordo del disco solare. Le medie di Gambart danno 9.29”, mentre le effemeridi (calsky.com per le 15:30 del 5/5/1832) danno 12.04”. La differenza è da ascrivere all'irradianza solare,[4] cioè la

3 Guido Horn d'Arturo, http://www.bo.astro.it/~biblio/Horn/dicembre3.htm (1922)
4 J. J. Lalande, Astronomie, Tome 2, livre X, 441 ss (1771)
http://www.archive.org/stream/astronomie02lala#page/440/mode/2up
a pagina 569 Lalande spiega l'inflessione della luce sul bordo lunare

diffrazione della luce solare che "entra" nel disco di Mercurio. Sottraendo da una parte e dall'altra del disco di Mercurio 1.49" di diffrazione restano 9.06" a fronte dei 9.28" osservati, con un ottimo accordo tra teoria e osservazioni.
Ora con un ragionamento sottile, sia statistico che fisico, ricaviamo il valore del seeing atmosferico inteso come deviazione standard della misura dei diametri di Mercurio.
La deviazione standard di un set di 10 dati sia σ, rappresentativa della popolazione, quindi nel caso nostro proprio del seeing che ha influito sulla misura dei diametri con il micrometro a fili,[5] collegare la deviazione standard σ al seeing è il ragionamento fisico.
Per quello statistico la deviazione standard di N medie di dati omogenei si riduce a $\sigma/\sqrt{N}$.[6]
Vogliamo pertanto ricavare σ a partire da $\sigma/\sqrt{N}$ associata alla media 9.29". Media e deviazione standard dei cinque dati presi con pesi uguali vale 9.28"±0.36".
Ora se $\sigma/\sqrt{N}$=0.362" ed N=5, σ=0.362"x2.236=0.81"
Questa è la stima del seeing al termine del transito, con le nubi leggere descritte dall'autore, è compatibile con la descrizione dell'allungamento del disco planetario verso il Sole di 1".

Misura cinematica del diametro di Mercurio
Calcolando la lunghezza della corda percorsa da Mercurio sul Sole si poteva calcolare la velocità angolare media e con questa ricavare la dimensione angolare di Mercurio dalla durata delle fasi di ingresso ed egresso che sono asimmetriche (vedi sotto).

Il seeing nei contatti interni di Gambart, ed eliometria

http://www.archive.org/stream/astronomie02lala#page/n593/mode/2up
5 https://en.wikipedia.org/wiki/Filar_micrometer
6 J. R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori, Zanichelli, 2000, 112-3

Definiamo quegli istanti, al netto degli effetti ottici, non intrinseci al pianeta che transita. Innazitutto con un seeing di 0.81" ci aspettiamo che Mercurio debba entrare almeno di 0.81'' dentro il bordo solare per essere visibile come un'intaccatura. La velocità angolare di Mercurio in ingresso ed egresso è di 12.04"/207.9s=5.79x10^{-2}"/s, dunque percorre 0.81" in 14.0 s; un ritardo nel t1 entro i 14 s sarebbe più che giustificabile, per questo Sveshinkov non ha usato né t1 né t4 per studiare il diametro solare. I contatti interni sono stati definiti come la fine del turgore del disco del pianeta verso il bordo solare e la separazione totale dei 2 dischi e luce tra loro. Gli intervalli di tempo Δbd1,2 tra la tangenza dei dischi e il t2 e l'analogo verso il t3 sono considerabili le fasi di black-drop.

Δbd1=18*Ks=17,51 s	Δbd2=29.5*Ks=28,69s

In uscita la durata di questa fase è quasi doppia che l'ingresso. Questa evidente asimmetria potrebbe essere dovuta ad un aumento del seeing nel pomeriggio, con le nubi leggere e senza più la brezza di Nord Ovest, cosa contraria all'esperienza che vede seeing migliori con cieli velati e peggiori con cieli ventilati e tersi. Però l'altezza del Sole all'ingresso valeva 48° e all'egresso 30°, e questo basta a peggiorare il seeing di 28,7/17,5=1,64 volte. Se 0,81" era il valore con Mercurio vicino all'uscita, in mattinata poteva essere stato 0,49", da Antartide, un valore eccezionalmente piccolo per un seeing diurno al livello del mare Mediterraneo.

Conclusioni:

Il diametro solare dai dati è ΔR⊙=-0.126", valore influenzato dal seeing pomeridiano. Se il seeing allunga i tempi dei contatti rispetto ad una situazione ideale imperturbata, il diametro solare potrebbe essere stato ancora minore di quello trovato, terminando prima la fase del terzo contatto interno.

Fotometria col filtro LPR alla nova V5668 SGR

Costantino Sigismondi
(ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

Abstract
The nova SGR 2015 no. 2 or V5668 SGR was visually observed with the LPR filter to evaluate the OIII emission. The contributions of B, V, R and Visual components to the LPR magnitude are modeled and compared with the observations in scotopic vision.

Sommario
La nova del Sagittario del 2015 no. 2, V5668 SGR, è stata osservata al filtro LPR visualmente per valutare l'emissione in OIII. I contributi dalle bande B, V, R e Visuale sono calcolati e comparati con le osservazioni in visione scotopica.

Introduzione: lo spettro di una nova ed il filtro LPR

Una nova ha righe di emissione premimenti Hα e OIII; una stella è un corpo nero continuo con assorbimenti. Il filtro LPR, Light Pollution Reducer, blocca la luce artificiale diffusa dall'atmosfera (sky glow e righe delle lampade ai vapori di Na e Hg) e lascia passare le righe delle nebulose e delle novae.

Fotometria Johnson e col filtro LPR in visione scotopica

Le bande passanti usate nella fotometria Johnson B, V, R dove l'occhio è sensibile, sono rappresentate nella figura 2, insieme alla risposta spettrale dell'occhio in visione scotopica, al buio.

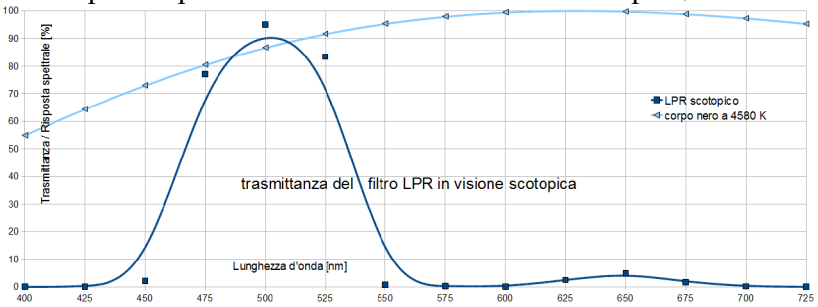


Fig. 1 Bande passanti del filtro LPR in visione scotopica.[1]

1 Dati da http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/bright.html e http://www.celestron.com/media/795732/graph_uhc_lpr_filter.gif : prodotto

Solo il 5% della radiazione Hα a 656 nm è recepito dall'occhio di notte: in termini di magnitudini è -2.5log(0.05)=+3.25 mag.

La nova V5668 SGR e le due stelle di confronto in B, V ed R

La mappa AAVSO 15084AXL usata per le osservazioni visuali ha due stelle di confronto di magnitudini vis. 9.1 e 10.2, sono: HD 171693 B=10.30 V=9.09 tipo spettrale K1 III, conT=4580 K [2] CD-28 14772 B=11.26 V=10.18 tipo spettrale K 0 (T=5240 K). Il massimo di emissione per il tipo spettrale K1 III è a 596 nm, e per il K0 a 553 nm. Arturo, α Boo, è di tipo K1 III B=1.18, V=-0.05, R=-1.03, V-R=0.98 mag. 70 Oph è una stella K0 V B=4.89, V=4.03, R=3.38, V-R=0.65 magnitudini. Da V-R stimo i flussi R*, assumendo identico il V-R per stelle dello stesso tipo spettrale.

Stima della magnitudine LPR delle stelle di confronto

L'intensità osservabile attraverso il filtro LPR è proporzionale all'integrale del prodotto tra l'emissione del corpo nero e la curva LPR-scotopica in fig. 1. Usando le trasmittanze in fig. 2 ottengo le intensità in B V e R riportate nella tabella seguente.

Banda/Stella	B	V	R*	LPR	Vis
HD 171693 intensità[u.a.]	160	311	377	233	383
CD-28 14772 intensità ['']	73	119	131	95	156
HD 171693 magnitudini	9.81	9.09	8.88	9.4	8.86
CD-28 14772 magnitudini	10.66	10.13	10.03	10.37	9.84
HD 171693 mag SIMBAD	10.3	9.09	8.11*	9.6 oss	9.1
CD-28 14772 magnitudini	11.26	10.18	9.53*	10.6 oss	10.2

Le intensità visuali Vis sono le somme dei prodotti della trasmittanza scotopica per il corpo nero calcolati ogni 25 nm, idem per LPR, mentre in B, V ed R non c'è il fattore scotopico. Il corpo nero è approssimato da $I(z)=Az^5\exp(-z/T)$, $z=hc/\lambda K$. Il modello numerico riproduce bene le osservazioni in LPR e V, male quelle in banda R e B, di cui disponiamo dati AAVSO.

2 http://www.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section2/spectraltemps.html

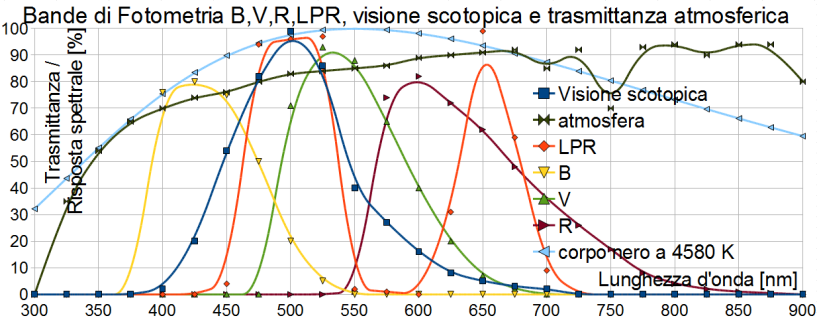


Fig. 2 Trasmittanze e filtri in banda ottica e risposta dell'occhio

La visione scotopica nell'equazione fotometrica per LPR

Dai modelli numerici in figura 1 e 2 si ricava l'equazione per la intensità LPR del corpo nero: I(LPR)=1.26*I(B)+0.57*I(V) +0.03*I(R), che in magnitudini è B'=B-0.25, V'=V+0.61, R'=R+3.9. Per la stella HD 171693 sommo logaritmicamente {10.05, 10.70, 12.01}=9.46, cioè le tre magnitudini 10^(-10.05/2.5)+ +10^(-10.70/2.5)+10^(-12.01/2.5) = 10^(-x/2.5) con x=9.46, che corrisponde con il dato in tabella (9.40). Si ricordi che la legge di Pogson delle magnitudini è logaritmica e quando la magnitudine aumenta di 5 l'intensità è 100 volte più debole.

Dati di HD 171693 e V5668 SGR con LPR e in Vis., B, V, R.

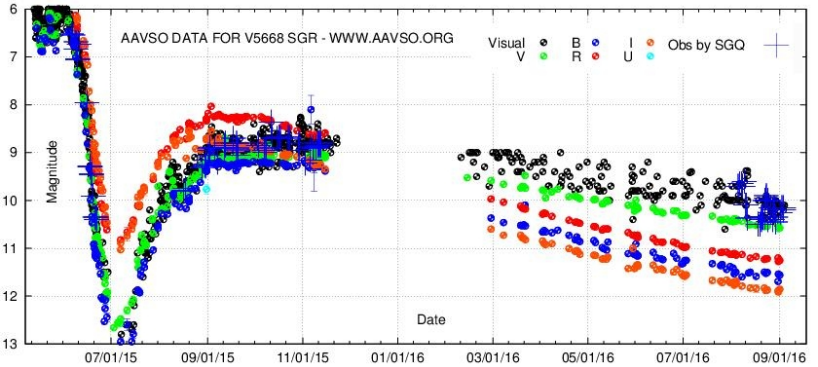


Fig. 3 V5668 SGR, con 105 osservazioni visuali + di SGQ (C. Sigismondi). Le 655 fotometrie B,V R, I sono di Arne Henden.

Da marzo a settembre 2016 le osservazioni visuali sono

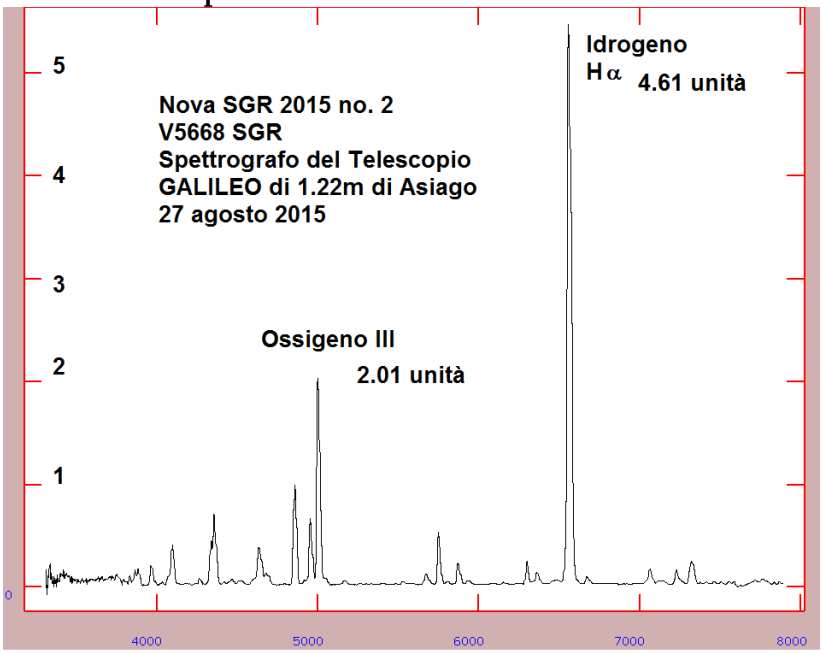
sistematicamente più brillanti di V, di R e di B nell'ordine, B-R=0.3; R-V=0.6, mentre negli ultimi 4 mesi di visibilità nel 2015 (luglio-ottobre) in banda R era più luminosa di 0.5 magnitudini di Vis, mentre V era leggermente superiore a B: B-R=1.0, R-V=-0.6. La luminosità in B è scesa molto, quella in R prevaleva all'inizio ed ora è scesa sotto quella V ed anche Vis.
Alle 20:36 UT del 7/8/2016 la Nova appariva di magnitudine visuale 9.65, intermedia tra le due stelle di confronto, col filtro LPR la Nova aveva la stessa luminosità della HD 171693, l'11/8 in LPR la Nova era inferiore di 0.2 magnitudini ad HD 171693.
Applicando l'equazione fotometrica del corpo nero alle magnitudini B, V, R rilevate da HQA per la Nova si otterrebbe: B'=11.25, V'=11.11 e R'=15.15 e mLPR=10.41, in disaccordo con le osservazioni, perché la Nova non ha spettro di corpo nero.[3]

Equazione fotometrica e righe

Siccome l'emissione della Nova è praticamente solo di righe possiamo computare esattamente la sua perdita di luminosità in visione scotopica con il filtro LPR. Hα=656 nm 5%, OIII=501 nm 95%. I(LPR)=0.05*I(Hα)+0.95*I(OIII) ed I(Vis)=0.05*I(Hα) +1*I(OIII)
Per il rapporto tra intensità delle righe considero l'osservazione fatta ad Asiago il 27 agosto 2015 al telescopio di 1.22 m Galileo con Alessandro Siviero. Il rapporto tra le altezze delle righe è quello tra le intensità: I(Hα)/I(OIII)=2.3 ~7/3. Se questo rapporto fosse rimasto costante nel tempo le intensità starebbero ancora I(LPR)=0.115+0.95=1.065, I(Vis)=0.115+1= =1.115 con un calo di solo 0.05 magnitudini, come consta dalle osservazioni. I dati di HQA a fine agosto 2015 danno R-B=0.90 magnitudini, pari a 10^(0.90/2.5)=2.3 di rapporto di intensità e in perfetto accordo con i dati di Asiago. Le misure della nova fatte da Arne Henden (HQA) nel corso del 2016 estrapolate

3 http://www.astronomerstelegram.org/?read=8753

all'8 agosto 2016: B=11.6, V=10.5 e R=11.3; il rapporto tra le intensità di (Hα)/(OIII)=10^(0.3/2.5)=1.32~4/3, quindi I(LPR)=0.066+0.95=1.016, I(Vis)=0.066+1=1.066: ancora 0.05 mag. di scarto. **Il contributo di Hα in visione scotopica è trascurabile rispetto all'OIII.**

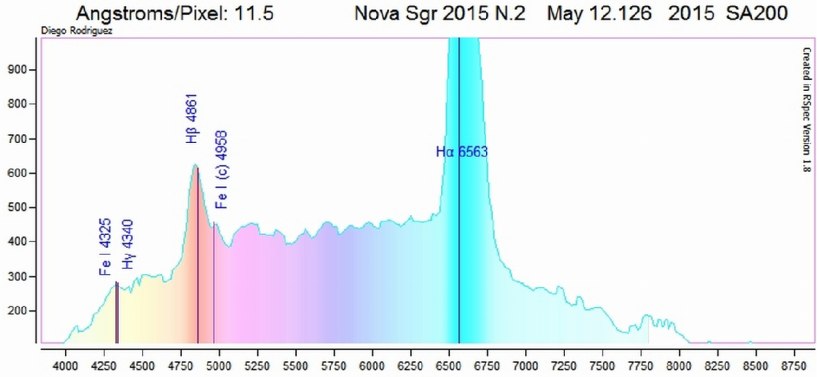


Fotometria di Novae con il filtro LPR

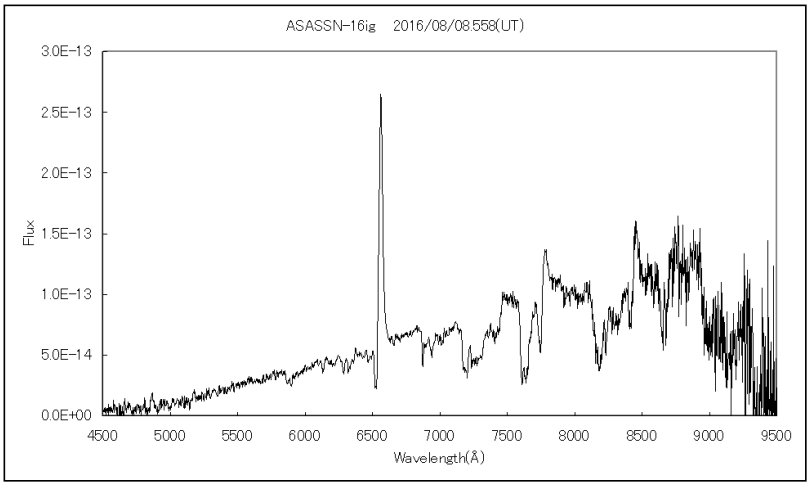
I ragionamenti precedenti ci portano a dire che l'occhio combinato col filtro LPR nel caso di una nova prende l'intensità delle righe OIII, Hβ... e nel caso di una stella con spettro continuo coglie il 50% del 35% della sua magnitudine B, cioè 1.9 magnitudini sotto più il 15% del 35% della sua mag. R, cioè 3.2 mag sotto. Così per la nova V5668 SGR il filtro LPR lascia immutata la sua luminosità, mentre per la stella di riferimento HD 171693 ci si aspetta mLPR,B=12.2 da B=10.3 e mLPR,R=11.3 da R=8.11, la somma (logaritimica) delle due magnitudini 10^(12.2/2.5) + 10^(11.3/2.5)=10^(x/2.5) da'

mLPR=x=10.91.

La Nova dunque perde 0.05 magnitudini con il filtro LPR passando da Vis=9.65 a 9.70, mentre la stella di riferimento HD 171693, che è una gigante K1 III, perde 1.82 magnitudini passando da V=9.09 o Vis=9.1 a mLPR=10.91 e diventando più fioca della Nova, come le osservazioni dei giorni 6, 7 ed 8 agosto 2016 confermano. Adesso devo tenere conto di tutte le righe che sono tra 400 e 500 nm. Sotto Diego Rodriguez:[4]



E poi vediamo che l'inizio della Nova SGR 2016, è tutto Hα.



4 http://www.astrosurf.com/blazar/nova/NovaSgr-2015.html Anche 27/8!

Dati con LPR dal 6 agosto al 3 settembre 2016 di V5668 SGR

La Nova del Sagittario 2015 n. 2 è stata ri-osservata da Roma, Sud Ovest, con la stella a Sud-Sud Est, usando un telescopio Schmidt Cassegrain di 20.3 cm di diametro e un ingrandimento di 50x. Condizioni particolarmente favorevoli di limpidezza del cielo si sono verificate attorno al 12 agosto e al 22 agosto. La stella TYC6870-982-1 di magnitudine V=11.23 e B=12.12 era visibile con quel telescopio a 200x ed a 18° sopra l'orizzonte (corrispondente a mv=4.35 a occhio nudo e allo zenith, levando l'effetto dell'estinzione atmosferica). Anche la TYC 6870-710-1 di V=11.15 e B=11.99 era visibile. Il 22/8 la Nova con il filtro LPR aveva la stessa luminosità della stella di magnitudine 9.1 di confronto; il 29/8 la Nova era 0.5 magnitudini più debole della 9.1, che a sua volta appariva con il filtro LPR della stessa intensita della stella di magnitudine visuale 10.2 senza. Il 3/9 la Nova era più debole della 9.1 ancor adi circa mezza magnitudine se osservata con LPR. Il filtro LPR a causa del cielo velato era l'unico modo per individuare la Nova e distiguerla dalle altre stelle di sfondo.

Il 27/8 col filtro LPR alle 22 la Nova appariva 0.4 magnitudini più debole della 9.1, alle 23 appariva di uguale luminosità, cambio di trasparenza del cielo, forse, che si è verificato tutte le altre notti agostane.

Conclusioni

Il filtro LPR è stato usato per verificare rapidamente che la stella osservata fosse la Nova: se la sua luminosità usando quel filtro era maggiore che senza filtro.

La Nova e la stella di riferimento di magnitutine 9.1 con LPR apparivando di uguale intensità durante il mese di agosto, mentre alla fine agosto/inizio settembre 2016 la Nova si è affievolita di circa 0.5 magnitudini nel filtro LPR.

La luminosità percepita tramite il filtro LPR è il contributo

delle righe Hβ, OIII ed altre righe, di lunghezza d'onda minore di circa 525 nm.
Queste osservazioni mostrano che la Nova V5668 SGR è già nella fase nebulare, dove c'è un continuo molto piccolo e tutta la sua luce è dovuta a righe di emissione.
Negli ultimi sei mesi la Nova ha mostrato un'inversione dell'intensità emessa dalle righe blu già osservata a Novembre 2015 con STIS su HST[5] rispetto a quelle rosse, e questo è riscontrabile anche con le osservazioni LPR.
La banda Ic (806±149 nm)[6] mostra questo, e siccome non ci sono linee di emissione in questa banda il suo decrescere è molto simile a quello del continuo.
Gli altri filtri B, V, R sono tutti contaminati da linee di emissione La banda B ha [OIII] a 500.7nm, che è forse il suo maggiore contaminante, sebbene forse un po' di H-β è altresì implicata.
I dati sul sito aavso.org vengono continuamente aggiornati, e in figura 3 ci sono i dati aggiornati al 5/9/2016. Altri dati di fotometria B, V, R, I sono stati presi da HQA ed in attesa di pubblicazione .[7]
L'osservabilità della Nova e della 9.1 con il filtro LPR consente di stimare la magnitudine visuale della Nova, che vale circa 9.6 quando nel filtro LPR appaiono di uguale grandezza, e 10.1 quando la Nova è mezza magnitudine più debole della stella di 9.1.
Il fatto che la Nova sia in fase nebulare rende indispensabile il filtro LPR nelle osservazioni visuali sotto un cielo particolarmente inquinato come quello romano.

5 P. Kuin, et al. http://www.astronomerstelegram.org/?read=8275
6 https://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_fotometrico
7 Arne Henden, private communication.

Sciami meteorici minori d'Agosto: le Piscis Austrinidi, le alfa Capricornidi e le delta Acquaridi meridionali

Costantino Sigismondi
(ICRA/Sapienza e IIS F. Caffè, Roma)

Abstract
The Piscis Austrinids, PAU, Alpha Capricornids CAP, and Southern Delta Acquarids SDA meteors are minor shower during the month of August, occurring during the most famous Perseids shower. These rare meteors are 'fossil' of their parent body (comet or asteroid) already destroyed since several thousands of years. Useful observations can give information on their dynamics and density.

Sommario
Le meteore Piscis Austrinidi PAU, le Alfa Capricornidi CAP e le Delta Acquaridi del Sud SDA sono piogge minori del mese di agosto, dominato dalle più celebri Perseidi. Queste rare meteore sono 'fossili' dei loro corpi progenitori, comete o asteroidi, già distrutti da migliaia di anni. Le osservazioni sono utili a conoscere la lenta dinamica e variazione di densità spaziale dei meteoroidi.

Introduzione: stelle cadenti, e loro rarità

La tradizione associata alle stelle cadenti di Agosto, mese dominato dalle Perseidi, che raggiungono spesso un ZHR, tasso orario zenitale, maggiore di 100, è che si esprima un desiderio alla loro vista. Questa tradizione mostra quanto l'osservazione delle stelle cadenti non sia effettuata quasi mai stesi a terra con la testa all'insù e con il cielo libero da ostacoli e da veli, poiché altrimenti i desideri pronti da esprimere dovrebbero essere alcune decine per ora, nelle notti più favorevoli. Invece l'orizzonte urbano limitato, la scarsa trasparenza del cielo e la vista orientata in orizzontale rende l'assistere al fenomeno una cosa rara. Sotto un cielo scuro, non inquinato da luci, lo ZHR delle sporadiche è pari a 10.

Sciami minori agostani: PSA CAP e SDA

Si tratta di corpi minori del sistema solare, che descrivono

un'orbita tubolare, nella quale la Terra passa o al centro o lambendola. Originariamente il corpo che diede origine a questi meteoroidi di ghiaccio e polvere, che ora orbitano nel tubo, era una cometa o un asteroide in orbita ellittica attorno al Sole. Con il tempo il tubo si allarga e le polveri si rarefanno rispetto al punto dove si trovava il corpo originante. Il primo allargamento rende i componenti della pioggia meteorica osservabili su un lasso di giorni via via maggiore, mentre il loro ZHR si riduce come la densità di meteoroidi dentro al tubo, via via che cadono sulla Terra o si allontanano nello spazio per effetto della pressione di radiazione del Sole e del vento solare.[1] PAU ha uno ZHR max=5 il 28/7, r=3.2, v=35 km/s ed è attivo dal 15/7 al 10/8; SDA dal 12/7 al 23/8 r=2.8 v= 41 km/s con ZHR max=16 il 30/7; CAP attiva dal 3/7 al 15/8 ha uno ZHR max=5 il 30/7 con r=2.5 e v=23 km/s anche con qualche fireball.[2] Le PAU sono le meno note, per via del radiante basso 18° a Roma e dell'Inverno australe, dove invece sarebbe alto anche allo zenith. Il parametro r riguarda la composizione delle luminosità secondo una legge di potenza di esponente -r. Un valore di r più grande implica pochissime meteore luminose e molte deboli, un r=0 implicherebbe una distribuzione uniforme tanto alle basse quanto alle alte luminosità. Le PSA sarebbero quelle con meteore brillanti più rare, le Perseidi PER hanno r=2.2 con maggiore uniformità.
Le meteore di seconda grandezza sono 2.5^(-r) quelle di prima, quelle di terza [2.5^(-r)]² quelle di prima, e così via.

Identificazione delle meteore

Occorre riconoscere con cura la loro provenienza identificando preventivamente le posizioni dei radianti, che nel nostro caso sono vicini a Fomalhaut, l'alfa del Pesce Australe, ad eta

1 P. Jenniskens and J. Vaubaillon, http://esoads.eso.org/abs/2008AJ....136..725J
2 J. Rendtel, http://www.imo.net/files/data/calendar/cal2016.pdf

dell'Acquario e ad alfa del Capricorno. Un accorgimento è quello di osservare allineamenti stellari attorno allo zenith con quelle tre stelle, in modo da verificare meteora per meteora se questa proveniva da uno di quei radianti oppure era una Perseide o una sporadica (che è generalmente più lenta 20 km/s e la scia più corta delle meteore di sciame e può avere una direzione qualsiasi).
Dopo aver stabilito con precisione la percentuale di cielo libero in nostra vista è necessario conoscere la magnitudine limite visibile ad occhio nudo allo zenit, osservando le costellazioni presenti. Il conteggio delle meteore viene poi registrato con varie tecniche: scrittura, memoria, registrazione audio: c'è creatività! L'ora, o la fascia oraria di 15 minuti, è importante per calcolare lo ZHR, visto che questo cambia molto se il radiante è alto o basso rispetto all'orizzonte come accade per queste 3 famiglie. La luminosità delle meteore serve a ricavare il valore di r, indice di popolazione.
Anche la velocità oltre alla direzione di provenienza serve per ulteriore conferma di aver osservato una PAU, SDA o CAP.
Quindi anche se si aspettato poche unità all'ora, l'osservazione a occhio nudo richiede una preparazione e una conduzione molto accurata.

Osservazioni dell'agosto 2016 durante il picco delle Perseidi

Le osservazioni sono durate 3.9 ore, condotte su 3 notti e trasmesse all'IMO www.imo.net . Qui riporto 2.6 ore col 100% di cielo visibile e magnitudine limite rispettivamente a Roma (80 m s.l.m.) 4.4, e a Lanciano (CH, 265 m s.l.m.) 5.1 e 5.3.

Notte (latitudine 42°N)	#PER	#PAU	#SDA	#CAP	#SPO
11-12 ago 23:00-0:00 UT	40	1	1	1	3
12-13 ago 23:36-0:00 UT	15	2	1	2	1
13-14 ago22:48-0:00 UT	18	1	0	1	2

Nella tabella si può vedere la presenza di PAU oltre il giorno 10/8 ritenuto la fine della pioggia meteorica. Una PAU è stata osservata anche nelle 0.3 ore tra le 01:42 e le 02:00 UT del 14 agosto. Quanto alle distribuzioni di luminosità riporto i dati tra parentesi, riferiti alle sole meteore rare:

Notte (latitudine 42°N)	Mag.	#PAU	#SDA	#CAP	#SPO
11-12 ago 23:00-0:00 UT	2	1(2)	1(2)	1(2)	3(2,2,3)
12-13 ago 23:36-0:00 UT	3	2(3,3)	1(3)	2(3,3)	1(3)
13-14 ago22:48-0:00 UT	2	1(2)	0	1(2)	2(2,2)

Come si nota abbiamo solo eventi di seconda o terza grandezza. I numeri in gioco sono davvero molto piccoli per poter fare una stima di r con errore accettabile, e vige la statistica di Poisson.[3] Tuttavia il fatto di osservare PAU dopo il 10/8 è già un motivo di interesse rispetto ai dati in letteratura [1], che le prevedono già esaurite da quattro giorni. Uno studio accurato di meteore rare consente, nei lunghi tempi, di accumulare una conoscenza su queste famiglie di meteore e sui loro « parent bodies » di grande interesse.

Osservazioni coordinate di vari osservatori in diversi luoghi (meglio se distanti centinaia di km tra loro per non vedere le stesse meteore) e finalizzate a queste famiglie di meteore dovrebbero arrivare ad almeno 70 ore per avere oltre 100 conteggi per tipo. Delle Piscis Austrinidi non si trova altro in letteratura, e qui riporto le prime osservazioni dopo il 10/8.

Referenze

J. Rendtel, http://www.imo.net/files/data/calendar/cal2016.pdf

M. Falk, J. Hüsler and R.-D. Reiss, Laws of Small Numbers: Extremes and Rare Events, Birkhäuser, Berlin (2000).

P. Jenniskens and J. Vaubaillon, http://esoads.eso.org/abs/2008AJ....136..725J

3 M. Falk, J. Hüsler and R.-D. Reiss, Laws of Small Numbers: Extremes and Rare Events, Birkhäuser, Berlin (2000).

Il disco di Newton, gli spettri stellari ed il reticolo di diffrazione

Costantino Sigismondi

(ICRA/Sapienza e IIS G. Ferraris)

Abstract The colorful Newton's disk when rotated appear white. The chromatic components of this additive synthesis can be obtained by the solar and stellar spectra integrating between opportune wavelengths. This permits to introduce black body radiation to pupils in a creative way, experimenting diffraction reticuli to measure spectral resolution Hg, and Fraunhofer lines.

Sommario

Il disco di Newton colorato, quando ruota appare bianco. Le componenti cromatiche di questa sintesi additiva si ottengono dallo spettro solare o stellare integrando tra opportune lunghezze d'onda. Introduciamo radiazione di corpo nero e reticolo di diffrazione ai giovani studenti in modo creativo.

Introduzione: Newton, l'Opticks (1704) e il disco colorato

La pubblicazione dell'Ottica in un trattato avviene nel 1704, dopo essere diventato segretario della Royal Society, ma Newton vi aveva lavorato già dal 1666.[1] Il disco di Newton è forse il più celebre esperimento sui colori sopravvissuto ai nostri giorni, nonostante la didattica sempre più alternativa.

Si introduce lo spettro di corpo nero per progettare un disco di Newton per simulare la luce di ogni stella, partendo dal Sole.

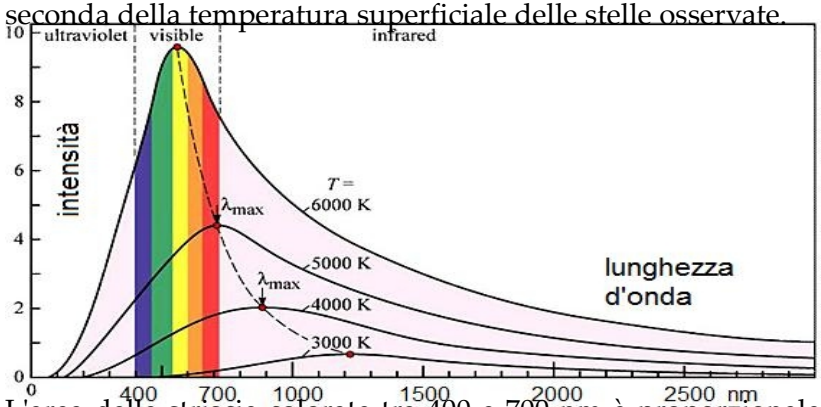
Cerchio Cromatico di Newton I 7 colori latini usati di Newton sono: A. Caeruleus (colore del cielo, ceruleo, azzurro cupo, celeste); B. Indicus (indico=che viene dall'India, *indaco*); C. Violaceus (violaceo, porpora), D. Rubeus (rosso), E. Aureus (color oro), F. Flavus (giallo biondo, da cui i cd. flavonoidi), G. Viridis (verde).

Nel cerchio appare la transizione tra i colori, qui interessano le percentuali: i settori dei colori si possono disporre a caso.

1 https://cudl.lib.cam.ac.uk/view/MS-ADD-04002/ (Appunti per gli studenti di Cambridge, 1669) http://www.boscarol.com/wikipdf/onlight.html (Letter to the Royal Society, 1672) http://reader.digitale-sammlungen.de/en/fs1/object/display/bsb10053010_00001.html (ed.1729)

Il corpo nero e lo spettro di Planck

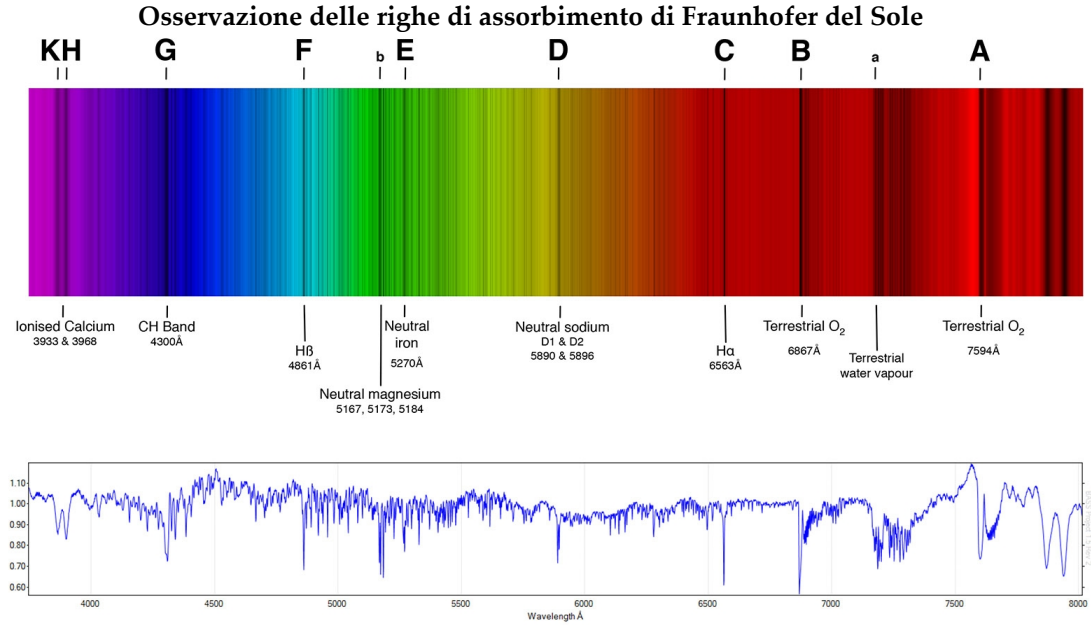
Argomento cruciale per la storia della fisica e dell'astrofisica, il corpo nero resta avvolto nel mistero: perché lo si dice nero eppure emette radiazione? Fermi ce ne dà un'immagine chiara: in una facciata bianca di una chiesa è aperta una porta, che appare nera: la luce lì entra e viene assorbita, riflessa all'interno più volte; quando i fotoni luminosi riescono sono in equilibrio con le pareti interne, rappresentandone la temperatura nella loro distribuzione energetica.[2] Max Planck ha trovato la formula che rappresenta questa distribuzione dell'intensità luminosa prodotta da un «corpo nero», che sarebbe la cavità, la chiesa del nostro esempio, e che rappresenta molto bene ogni stella del cielo. L'altezza della curva Planckiana continua nello spettro visibile determina le percentuali dei vari colori nei nostri dischi di Newton, a seconda della temperatura superficiale delle stelle osservate.



L'area delle striscie colorate tra 400 e 700 nm è proporzionale all'ampiezza dei settori da colorare per il corrispondente valore della temperatura. I fotoni che ci giungono dalle stelle sono mescolati secondo proporzioni diverse, dandoci colori diversi. Da una Nova, invece del continuo abbiamo solo righe: rosse: Hα e blu O III.**Esercizio**: preparare un disco per stelle a 3000 K.

2 E. Fermi, Molecole e cristalli, Zanichelli, Bologna, 1934.

Esercitazione con uno spettroscopio a reticolo
Lo spettroscopio più semplice è composto da una fenditura tagliata con le forbici in un cartoncino e un reticolo di diffrazione a diapositiva, collegati da un tubo o una scatola per schermare la luce dell'ambiente.
Dimensioni angolari della fenditura vista dal reticolo
Attraverso la fenditura riesco a vedere la testa di un compagno a 4 metri di distanza, quanto vale in gradi il campo di vista della fenditura? **Dimensioni angolari dello spettro** Lo spettro elettromagnetico dal rosso (più vicino) al violetto (più lontano dalla fenditura) si estende per 10 gradi quando ho un reticolo di 600 righe/mm. Verificare che è la stessa ampiezza di un pugno a mano tesa. **Risoluzione spettrale dello spettroscopio a reticolo** Lo spettro è ottenuto ripetendo l'immagine della fenditura una per ciascuna lunghezza d'onda (da 400 nm violetto a 700 nm rosso), se la fenditura abbraccia un angolo visuale di 1° e tutto lo spettro occupa 10° quanto vale in nm la risoluzione di questo spettroscopio? **Risoluzione al variare delle dimensioni dello spettroscopio o della sorgente**
Se osserviamo le lampade a tubo a fluorescenza sul soffitto queste sono larghe 3 cm e sono a 3 metri d'altezza, è come se la fenditura abbracciasse un certo angolo. Quale? Se ponessimo davanti al tubo lungo 30 cm una fenditura di 1 mm la sorgente, sempre a 3 metri, che ampiezza angolare avrebbe?
Quale risoluzione in nanometri avrebbe il reticolo che osservasse questa fenditura? **Osservazione delle righe del Mercurio delle lampade a fluorescenza** Con uno spettroscopio a reticolo sono visibili chiaramente 5 colori distinti e non mescolati in un continuo come quando si osserva la luce del Sole riflessa dalle nuvole. Lo spettro è compreso tra 400 e 700 nm qual è la lunghezza d'onda della riga verde che si trova a 3/5 della distanza tra rosso e blu, verso il blu?



Le righe B, C, D, E, F si riescono a vedere se la risoluzione è almeno 5 nm, o 50 Å. Restando 10° l'estensione di tutto lo spettro visibile tra 400 e 700 nm, quanti gradi deve abbracciare la fenditura? A che distanza devo porre una fenditura di 1mm e di 0.5 mm? Si pone la fenditura tra la sorgente e il reticolo.

Taratura di un reticolo

Di notte, osservando col reticolo la luce di una lampada a fluorescenza a 100 metri di distanza, senza fenditura: si formano 2 spettri simmetrici rispetto alla sorgente con il lato violetto più vicino al centro (dov'è la sorgente) e il lato rosso più lontano. Col reticolo da 600 righe per mm a 20° (palmo della mano a braccio teso) siamo sul giallo a circa 600 nm.

Se con un altro reticolo bastano 8° per trovarsi sul giallo, questo reticolo sarà di 8/20*600=240 righe/mm. Con uno da 530 righe/mm a 20° siamo sull'inizio del rosso a circa 650 nm.

Referenze: S. I. Vavilov, L'occhio e il Sole, Feltrinelli MI 1959
F. Giudice, Lo spettro di Newton, Donzelli, Roma, 2009.

Energia di un sisma e oscillazioni di un pendolo

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza e IIS G. Ferraris, Roma)*
Francesco Luigi Petracca *(IIS G. Ferraris, Roma)*

Abstract

The energy released from an earthquake is related to the amplitude of the oscillations of the ground at a given distance from the epicenter. The measurements of chandelier's oscillations in Rome, for the L'Aquila 2009 and Amatrice and Norcia 2016 quakes, are used to obtain their magnitudes.

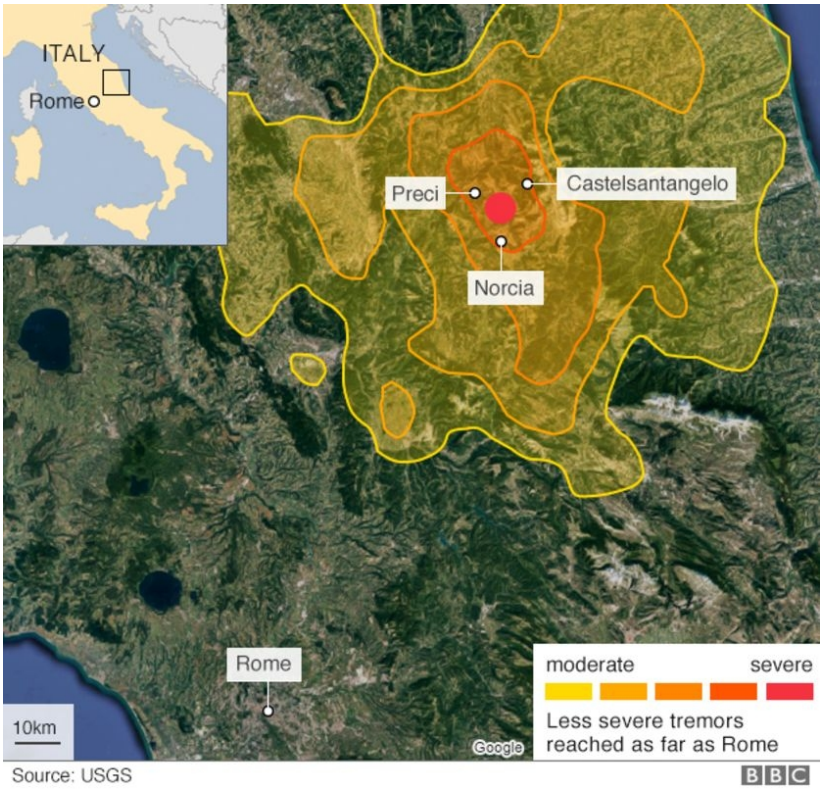
Sommario

L'energia rilasciata da un terremoto a grande distanza si manifesta con oscillazioni misurabili da un pendolo (lampadario) e dirette verso l'epicentro. Le ampiezze delle scosse del 2009 L'Aquila e del 2016 Amatrice e Norcia, misurate a Roma, sono ben correlate con l'energia di quei sismi.

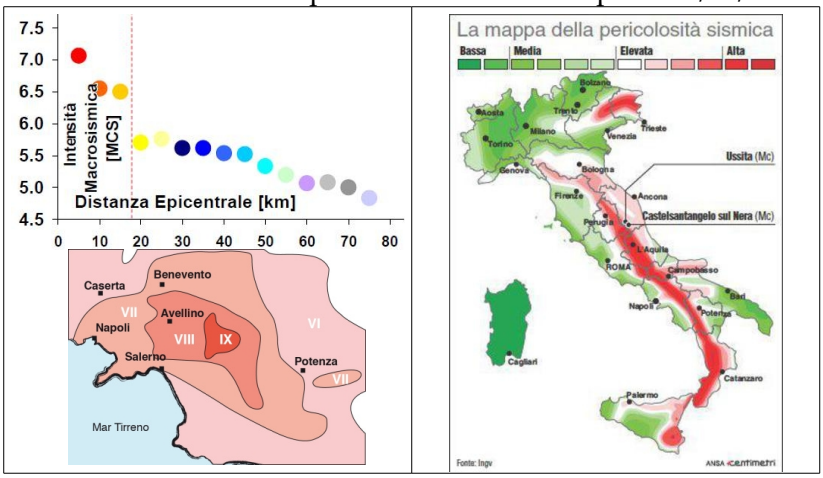
L'opera di Mercalli, intensità e direzione delle onde sismiche

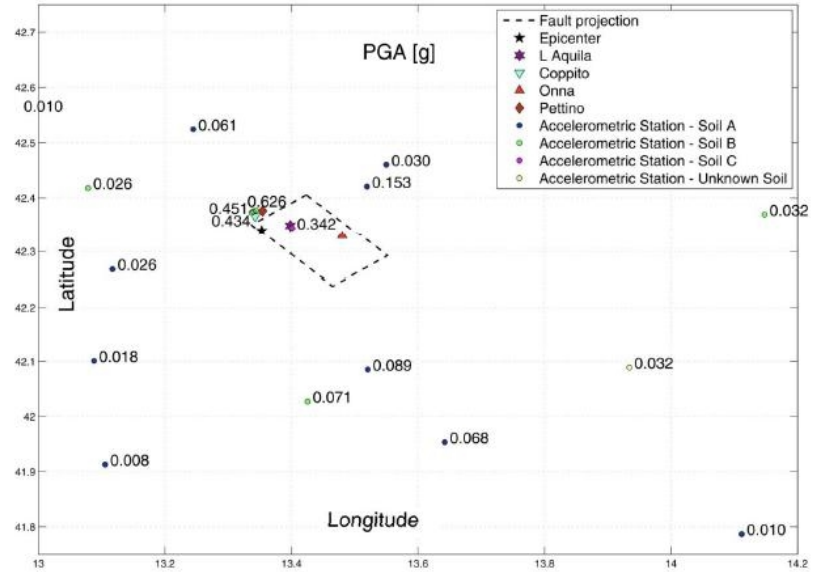
Lo studio dei terremoti in Italia ha visto come pioniere il padre Giuseppe Mercalli, direttore dell'Osservatorio Vesuviano. Appassionato vulcanologo, con un destino simile a Plinio il Vecchio che morì osservando l'eruzione del 79 d.C., Mercalli coordinò un lavoro di ricerca bibliografica sui terremoti storici e i danni rilevati al fine di individuarne gli epicentri ed ottenere poi la prima carta sismica d'Italia: «un terromoto accadrà dove è già accaduto» fu la conclusione del suo lavoro.

La scala di danni da lui messa a punto individuava le linee iso-sismiche (alcuni punti di esse); assumendo una simmetria sferica nella propagazione delle onde e nella diminuzione della loro intensità, con tre iso-punti poteva ricavare un epicentro, centro del corrispondente circumcentro. Più punti consentivano di trovare, a tre a tre, più circumcentri ed avere una nuvola statistica per ogni epicentro sismico. La diversa risposta al sisma di terreni rocciosi o alluvionali è il limite di questa ipotesi. **Esercizio:** ricavare geometricamente il circumcentro scegliendo 3 serie di 3 «iso-punti» dalla mappa del terremoto di Norcia, determinare l'errore statistico in km.



Danni in scala Mercalli per il terremoto dell'Irpinia 23/XI/1980.





Accelerazione massima al suolo (PGA) durante lo scuotimento sismico: ogni tacca corrisponde ad 11 km. Onde di frequenza 2 Hz e PGA=0.1 g significa avere una spinta a destra e poi una a sinistra dopo mezzo secondo pari al 10% del nostro peso. Si capisce l'effetto distruttivo all'epicentro su strutture non antisismiche. A distanza di vari chilometri le oscillazioni si irradiano dall'epicentro, annullando gli effetti di campo vicino.

Le frequenze delle onde sismiche si possono accoppiare con le

frequenze proprie degli edifici o di loro parti e farli crollare prima (come fu per la scuola di S. Giuliano di Puglia, il cui tetto era stato ristrutturato in cemento armato e oscillò in antifase col resto, nel sisma del 31 ottobre 2002, o come è accaduto al corpo della basilica di S. Benedetto a Norcia il 30 ottobre 2016: questo avrebbe distrutto anche la facciata se l'onda fosse arrivata perpendicolare ad essa); stella=epicentro.

Esercizio: valutare la direzione più probabile di caduta di una libreria o del suo contenuto, ed il suo orientamento rispetto alle direttrici con le zone ad alto rischio sismico più vicine.

Trova la direzione del Sud con quella del Sole alle 12:10 solari.

Il comportamento di un pendolo durante un sisma

Il piano di oscillazione di un pendolo ideale è costante nel tempo: su questo si basa l'esperimento di Foucault al Pantheon di Parigi per provare la rotazione terrestre. I pendoli reali, come un lampadario di casa o un semplice peso attaccato ad una corda, vanno rapidamente in regime caotico descrivendo delle ellissi nello spazio, e l'ampiezza delle oscillazioni si smorza piuttosto rapidamente. Le prime oscillazioni seguono la direzione di provenienza dell'onda sismica. Occorre osservare subito le oscillazioni per determinare la direzione di provenienza e la loro ampiezza. Di seguito la tabella da Roma, Monteverde (fondo roccioso, tufo) degli ultimi sismi osservati.

Sisma (dati EMSC)	Intensità	Ampiezza	Distanza epicentro
L'Aquila 6/4/09 01:32UT	6.3Mw/5.8	5±0.5 cm	83 Km/ **EMSC?id=**
Amatrice 24/8/16 1:32UT	6.2 M	6±1 cm	108 Km **525580**
Amatrice 24/8/16 2:39UT	5.5 M	1 cmPf	112 Km **525605**
Norcia 26/X/16 19:18UT	6.1 M	6±1 cm	129 Km **539727**
Norcia 26/X/16 20:04 UT	3.4 M	0 cmPf	137 Km **539677**
Norcia 30/X/16 6:40 UT	6.5 M	5±0.5 cm	294*Km **540796**

*Il sisma più forte è stato osservato da Padova, in pianura padana, alluvionale, dove le onde risultano amplificate, gli altri tutti dalla stessa sala e con lo stesso lampadario.
Nel sisma dell'Aquila il lampadario fornì immediatamente l'indicazione che le onde non arrivavano dai vicini Colli Albani (40 Km a Sud Est) ma da oltre 90° in direzione dell'Aquila. L'ampiezza delle oscillazioni testimoniava che si trattava del disastro paventato da molti durante il lungo sciame sismico che lo aveva preceduto. Per Amatrice e Norcia ancora una volta la direzione di oscillazione permise di riconoscere la zona e intuire la gravità. **Esercizio:** se le onde sismiche viaggiano tra 2 e 8 km/s valutare l'istante di arrivo a Padova a 300 km dall'epicentro del sisma di Norcia del 30X h 7:40:18. L'ampiezza delle oscillazioni alle 7:45 era di 2 cm e alle 7:47 di 0.5 cm: valutare l'ampiezza all'arrivo dell'onda. Disegna l'andamento delle oscillazioni di un lampadario col tempo.

Ampiezza delle oscillazioni e distanza dall'epicentro

Assumendo l'impulso sismico come un'onda che si propaga circolarmente a partire dall'epicentro e di durata tale che l'onda percorra la distanza d, l'energia rilasciata dal sisma nel cerchietto di raggio d si sparpaglia sulla corona circolare di raggio r e spessore d. Dunque l'intensità è $I=Eo/(2\pi r*d)$.
L'energia delle oscillazioni ampie A è $Eo=\frac{1}{2}kA^2$, l'ampiezza $A^2(r)$ è proporzionale ad I, così $A^2 \sim 1/r$, da cui $A(r) \sim 1/\sqrt{r}$. L'onda di superficie, detta anche onde di Rayleigh, ha un fronte cilindrico ed un'ampiezza decrescente con l'inverso della radice della distanza. L'energia del terremoto sarà proporzionale al prodotto $I*(2\pi r*d)$, e assumendo d costante, otteniamo i seguenti valori di $A^{2*}(2\pi r*d)$.

E/d Aquila	Amatrice I	Amatrice II	Amatrice III	Norcia I	Norcia II
2075	3888	117	0 (*Pf)	4644	7350
M_L=5.8 ref.	M_{calc}=6.07	M_{calc}=4.55	Non calcolata	M_{calc}=6.15	M_{calc}=6.35

L'energia dei terremoti nella scala Richter è ottenuta calcolando il logaritmo del rapporto con un terremoto campione, quello dell'Aquila di M_L=5.8. I dati ottenuti sono in buon accordo con quelli pubblicati da EMCS in tabella 1. L'errore di misura tipico di 0.5 cm applicato alla misura di Padova porta la Magnitudo calcolata Mcalc=6.35±0.10 a ricomprendere il valore M=6.5 pubblicato da EMCS, confermando la bontà del metodo. Il terremoto di Norcia di 6.5 risulta cosi' 4 volte più intenso di quello dell'Aquila, anche se le oscillazioni in questo caso sono state rilevate su terreno alluvionale ed in un edificio diverso. Nonostante gli errori di misura siano abbastanza grandi, a causa della natura improvvisa degli eventi, gli ordini di grandezza in gioco sono centrati, salvo il terremoto di Amatrice II da M=5.5 con 1±0.5 cm di oscillazione, che da' Mcalc=4.6±0.3, una magnitudo al di sotto di EMCS. **Esercizio**: ricavare le magnitudo dei terremoti osservati nei casi del mass/minimale dell'oscillazione rilevata.

Frequenze tipiche di un sisma

Oltre all'ampiezza e all'accelerazione di picco a terra (PGA) la frequenza delle onde sismiche, quando si accoppia con la frequenza propria degli edifici, determina i danni. Vicino all'epicentro le onde sono a lungo periodo 2-5 s e lontano si registrano frequenze da 30 Hz (fondi rocciosi, rigidi) a 1 Hz (fondi soffici, con effetti del sisma più disastrosi).

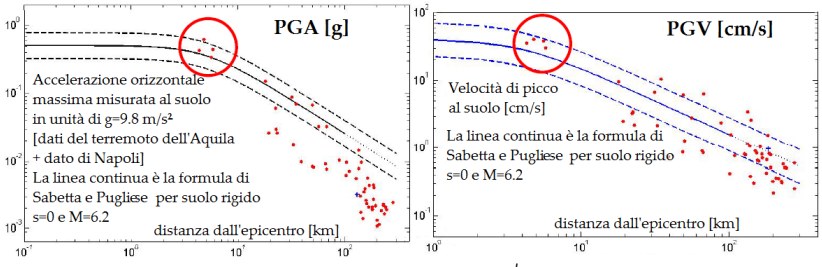
L'inerzia e gli effetti delle onde sismiche a grande distanza

Le due misure con Pf indicano che è stato avvertito uno scricchiolìo del pianoforte a coda, e per il sisma di 5.5 anche un'oscillazione del lampadario. La scala Richter era inizialmente stabilita come il logaritmo dell'ampiezza dell'oscillazione di un sismometro standard a 100 km dall'epicentro: A=1μm M=0; A=1mm M=3. M=logA[μm].[1] Il

1 Questa equazione che introduce i logaritmi nella formula prevederebbe

sisma di M=3.4 è stato rilevato solo dallo scricchiolìo del pianoforte a coda e nessun movimento percepibile del lampadario. Lo scricchiolìo è avvenuto nell'istante di arrivo dell'onda a Roma, tempo misurato con l'orologio campione dell'INRIM online, e questo fatto consente di dire che il terremoto è stato registrato.

L'inerzia di un pianoforte di 2 quintali e mezzo è tale che la scossa anche minima, con PGA=0.001 g, produce per un istante una forza equivalente da un peso di 250 g, la minima a poter far scricchiolare il pianoforte. La scossa di M=5.5 pure fu percepita con lo scricchiolìo, ma anche un'oscillazione del lampadario di 1±0.5 cm attorno al punto di equilibrio era visibile. Due magnitudini di meno M=3.4 significa 1/10 di mm di oscillazione, inapprezzabile alla vista. **Esercizio**: dalla formula di Sabetta e Pugliese (1996) $\log(a_{max})=-1.562+0.306M-\log(\sqrt{(d^2+5.8^2)}+0.169s$, con s=0 per suoli rigidi e s=1 per suoli deformabili, d distanza dall'epicentro in km e a in unità g, ricavare l'accelerazione di picco a terra a 100 km di distanza dall'epicentro di un sisma di M=7.



Esercizio: con oscillazioni $x=\text{sen}(x^*\sqrt{K/m})$ come da forza elastica F=-Kx, calcolare la velocità e l'accelerazione derivando rispettivamente una e due volte la formula per le oscillazioni. Confrontando l'accelerazione massima con quella della formula di Sabetta e Pugliese (1996), valutare l'ampiezza

un'oscillazione di 1 metro per la magnitudo 6.

massima delle oscillazioni a 100 km di distanza per lo stesso sisma di M=7. **Esercizio**: Il Colosseo, simbolo di Roma, è privo del semicerchio Sud esterno alto 50 m, crollato nel terremoto di M=7 del 1348 con epicentro a 70 Km da Roma, valutare la PGA che lo ha distrutto con la formula di Sabetta e Pugliese con s=1, e per il lato Nord, con s=0 (roccia), ancora intatto e tamponato con i due speroni Stern (1807) su ordine di Pio VII.

Concetti di sismografo e sismoscopio

Un **sismografo** deve essere indipendente dalla terra di cui deve misurare le oscillazioni nelle tre direzioni spaziali.

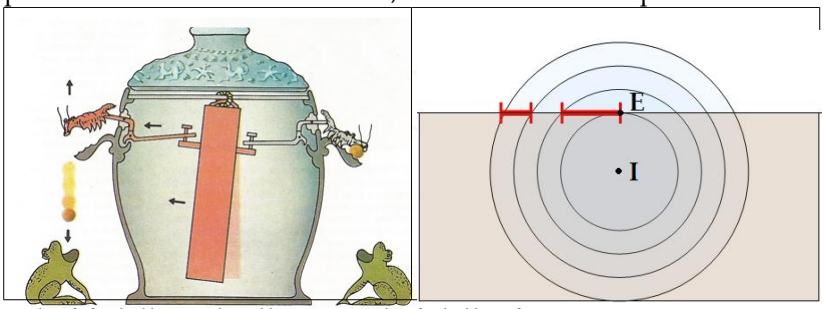
Le scosse hanno una frequenza caratteristica, l'ampiezza delle oscillazioni del pendolo al termine della sequenza sismica (qualche minuto, eccetto casi clamorosi come il terremoto di Lisbona del 1755 dove furono 6 minuti) può non rappresentare bene l'energia rilasciata del sisma, per l'accoppiamento tra la frequenza propria del pendolo e le frequenze del terremoto.

Il periodo di oscillazione è $T=2\pi\sqrt{(\ell/g)}$; più il pendolo è lungo maggiore è il periodo. Con ℓ=1m il pendolo oscilla (da un estremo all'altro e ritorno) in 2s. Se una scossa sismica con periodo 2s, ovvero frequenza 0.5 Hz agisce su quel pendolo agisce in fase, cioè ad ogni periodo dà una spintarella proprio come si fa su un'altalena, e l'ampiezza cresce di volta in volta.

Se la scossa invece avviene con frequenza diversa da quella propria del pendolo, il pendolo corto (dal comportamento rigido, come avesse meno inerzia) tende a seguire il suo supporto e non mostra oscillazioni all'osservatore e alla carta scorrevole e solidale col supporto su cui scrive il pennino del sismografo attaccato al pendolo, mentre il pendolo lungo tende a restare fermo rispetto al supporto e il pennino lascia la traccia sismica sulla carta. Si fecero pendoli>100 kg di ℓ=30 m .

Per individuare il punto dell'orizzonte da cui arriva l'onda sismica si usavano i **sismoscopi**, basati sempre sull'idea dell'inerzia: una palla in bilico veniva spostata dall'equilibrio al passaggio dell'onda e la direzione di caduta era quella di provenienza. Sotto: il sismoscopio cinese di Chang Heng (130 d.C.): dà la direzione senza essere

presenti al momento della scossa, dalla rana che ha la palla in bocca.



Velocità delle onde allontanandosi dall'epicentro

Seguendo il metodo di Sebach (Tuccimei, 1912) le onde concentriche equispaziate rappresentano i picchi delle oscillazioni sismiche che partono dall'ipocentro I. Sulla sua verticale E, l'epicentro le oscillazioni sono solo verticali e l'intersezione con la superficie terrestre dei picchi delle onde avviene ad intervalli di spazio via via minori, per cui la velocità delle onde di superficie si riduce.

Periodo Proprio delle Strutture – Risonanza

Anche il suolo soggetto a sisma è caratterizzato da un periodo di vibrazione dominante. Il problema nasce in risonanza quando i periodi fondamentali della struttura e del suolo sono molto simili.

Azione Sismica

Accelerazione sismica verticale **agv** (es. persona in piedi in ascensore che parte o si ferma) nasce una forza verticale **F=-m agv** che fa "aumentare" o "diminuire" il peso. Accelerazione sismica orizzontale **agh** (es. persona in piedi in un bus che parte o frena improvvisamente) nasce una forza orizzontale **F=-m agh** che può far cadere la persona. **Azione Sismica Forze d'inerzia F = m a**

Il movimento del terreno può quindi danneggiare un edificio a causa di forze d'inerzia che nascono per effetto della vibrazione della massa dell'edificio stesso. La massa dell'edificio determina l'entità di queste forze La massa è una caratteristica dell'edificio (dipende dal materiale utilizzato, dalla forma strutturale, dalla sua configurazione) e poiché la forza è proporzionale alla massa, l'aumento della massa generalmente provoca un aumento della forza.

Periodo Proprio delle Strutture

Il periodo proprio di una struttura è il tempo impiegato dalla struttura stessa per compiere un'intera oscillazione, causata da una perturbazione iniziale. **Casi limite:** pendolo corto=più rigido=struttura con meno massa. Pendolo lungo, meno rigido.

Conclusioni

Lo studio delle onde sismiche qui presentato ha riguardato eventi sismici con epicentro tra 83 e 294 km e magnitudo da ML=5.8 a ML=6.5 per i maggiori, includendo due eventi minori di ML=5.5 ed ML=3.4 rilevati da uno scricchiolìo del pianoforte a coda, su cui ha agito una lievissima accelerazione laterale dovuta al passaggio dell'onda sismica. Si tratta dunque di osservazione di onde a grande distanza dall'epicentro. Un pendolo semplice permette di individuare con precisione e al momento del sisma la direzione di provenienza delle onde sismiche. L'ampiezza di oscillazione del pendolo è collegata all'energia del terremoto dal prodotto del suo quadrato con la distanza dall'epicentro. L'ampiezza di oscillazione del pendolo è proporzionale all'ampiezza del fronte delle onde sismiche di superficie, che in orizzontale è almeno del 50% superiore alle oscillazioni rispetto alla verticale. I dati dal 2009 al 2016 mostrano una buona correlazione con le magnitudo pubblicate, una volta nota 'r' distanza epicentrale, confermando bene la legge dell'ampiezza del fronte d'onda cilindrico $A(r) \sim 1/\sqrt{r}$.

Referenze

G. Panza, Lezioni Lincee 2012;«onde sismiche» Treccani online
I. Iervolino, Il terremoto dell'Aquila, 2010
G. Spirito, Le Iscrizioni del Laterano, 2001 (crollò nell'849 e nel 1348)
R. Funiciello et al., I Sette Colli, Guida Geologica di Roma, 2006
F.C. Ponzo, R. Di Tommaso, Sismologia, dispense Univ. Basilicata
Sito EMCS «search earthquakes» per i dettagli di ciascun sisma
G. Tuccimei, Elementi di Geologia e Geografia Fisica, D.Alighieri MI, 1912.
J. Needham, L. Gwei-Djen, J. H. Combridge, J. S. Major, The hall of heavenly records, Korean instruments and clocks 1380-1780, Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

Meaning and reception of the Gregorian Reformation of the Calendar

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza e IIS G. Ferraris, Roma)*

Abstract The Gregorian reformation is drafted in historical, religious, astronomical and computational senses: its reception in the World analyzed.
Sommario La riforma gregoriana è inquadrata in senso storico, religioso, astronomico e computazionale, con il suo recepimento nel mondo.

Introduction: Roman calendars from Numa to Julius Cesar

In a society the time had to be ruled, and the king had this duty. The Roman society, as many ancient ones, rooted his feasts in astronomical events considering them as religious.[1]
The first roman calendar is attributed to the 2nd king, the priest Numa Pompilio.[2] Based upon a 365 days year it suffer the problem that the tropical year is not an exact multiple of the mean solar day, and the solution was made by the arbitrary introduction of leap days or months each time it was needed.
Julius Cesar issued in 46 B. C. the approximation of 4 tropical years with 1461 days, by the regular introduction in the bissextile year of the 24 of February, then called *dies bis-sexta a calendibus Martii*(bis=repeated 6th day before March 1=*calendae*).
This reformation was supported by the astronomical studies made by Sosigenes in Alexandria of Egypt, and subjected to a progressive shift between civil and astronomical calendar of 3 days each 400 years, reset and fixed by Pope Gregorius XIII.

1 The foundation of Rome on April, 21 was associated to the celebration of the feast of Pales, name related to Palilicium, latin name of Aldebaran, the eye of the Taurus constellation. The observation of birds coming from a given direction of the sky from a selected area (sancta=saint, in latin, means selected) was the way to decide who and where Rome was to rise. Romulus won vs Remus, and the Palatine hill (hill of Pales) won vs the Aventine. The sacred area was aligned (astronomically) with the cardinal points N, S, E, W, giving fully the early meaning of *pomerium*, the sacred borders of the Urbs, Rome.

2 The dates of the seven kings of Rome have been object of several debates, as well as their real existence: their role is out of discussion.

The Christian religious problem of Easter determination

The feast of Easter first is Jewish and after Christ's Death and Resurrection become the foundation feast of Christian religion. The Jewish adopted a lunisolar calendar, and Easter is the full Moon of spring, Christians followed this tradition, making the Sunday as sacred day, because of the Resurrection occurred in. In the early four Christian centuries there was some fluctuation in the Easter computus for different communities, and pope Damasus wanted to fix it in order to have the same date for all Christians. The necessity of computing in advance the dates of Easter gave origin to various algorithms, like the Octaëteris, based upon the approximation of the lunar year with 354 days, or the lunar month of 29.5 days. This was developed again in Alexandria and issued by the pope[3] Demetrius in 214. Ancient Greek astronomers already measured 29.53 days for the mean lunar month, but the calendars based on this value would require several centuries to equal integer number of days, of tropical years and of lunar months. Therefore in the Catholic Church an algorithm to compute the full Moon of spring and the following Sunday was to be standardized, and various *Paschales Computi* limited to five times 19 years, the Greek Metonic cycle (19 Julian years=235 mean lunar months) of Hippolytus (222), or Dyonisus Exiguus (532).

The standardization of the Computus by Gregorius XIII

Easter is linked to the spring's Moon as in the tradition and as in Nicea Council of 325 this was solved by fixing Spring to 21 March and Easter from 22nd on; after it was necessary to have spring equinox always near the 21st March, and this implied the reset of 10 days of the Julian calendar and the introduction

3 In the Catholic Church the name pope nowadays is associated to the bishop of Rome, originally also of Alexandria and other important cities.

of the periodical correction each centennial year not multiple of 400. This part of the reformation affected also the civil life, from the State of the Church, to Italy, and to the European Countries. It was a careful reformation from the astronomical point of view, but the political issues of having the pope as new ruler of the civil time were not simple for Countries then separated from the Catholic Church (Ortodoxes since 1054, Protestant since 1517, Anglican since 1536).

Reception of the Gregorian Calendar

The table shows the states or regions and the years in which they adopted the reformation, and the reasons of the delay.

YearVignati **Cappelli	**State or Region***	**Reason**
1582 (1583**)	FRANCE	Religious
1582/ X	ITALY	Religious
1582/ XII	SAVOY	Religious
1582/ XII	LUXEMBOURG	Religious
1582/ X	HOLLAND catholic side	Religious
1582/ X	PORTUGAL and possesions	Religious
1582/ X	SPAIN and possessions	Religious
1583 (1584**)	AUSTRIA	Religious
1583	BAYERN and TIROLO	Religious
1583 (1584**)	SWISS catholic side	Religious
1584	BOEMIA and MORAVIA	Religious
1586 (1582**1585**)	POLAND	Religious
1587	HUNGARY	Religious
1590	TRANSYLVANIA	Religious
1610	PRUSSIA	Religious
1648 (1584**)	ALSACE (Catholic side)	Religious
1682	STRASBOURG	Religious
1700	DENMARK	Religious
1700	GERMANY protestant side	Religious
1700	FAROE ISLANDS	Religious
1700	NORWAY	Religious
1700	HOLLAND protestant side	Religious
1622**	SWISS canton Vallese	Religious

1700 (1701**)	SWISS protestant cantons	Religious
1724	SWISS canton San Gallo	Religious
1752	ENGLAND & IRELAND**	Religious
1752	USA (English possesion)	Religious
1753	FINLAND	Political
1753	SWEDEN	Political
1760	LORRAINE	Religious
1811 (1724**)	SWISS canton Grigioni	Religious
1867	ALASKA	Political
1873	JAPAN	Political
1875	EGYPT	Religious
1896	KOREA	Political
1912	CHINA	Political
1912	ALBANIA	Political
1915	LETTONIA and LITUANIA	Political
1916 (1917**)	BULGARIA	Political
1918	RUSSIA and ESTONIA	Political
1919	JUGOSLAVIA	Political
1919	ROMANIA	Political
1924	IRAN	Political
1924 (1923**)	GREECE	Religious
1927	TURKEY	Religious

* some names are old, or no more existant.

Conclusions simplifying the algorithm for Easter is not the reason of the proposal to fix Easter to the second Sunday of April, but in view of religious unification of Christians.

References

G. Giudice, http://www.dpgi.unina.it/giudice/Calendar/Inter_Gravissimas.html
A. Carandini, La fondazione di Roma, Laterza, Bari, 2013.
C. Sigismondi,Algoritmi per il calcolo dell'epatta della Luna,Gerb 9,109 2016
A. Vignati, L'introduzione del Calendario Gregoriano, APRA, 2016.
M.S. Dimitrievic, Milankovic european astronomer, AN 323, 570 (2002)
A. A. Mosshammer, The Easter Computus and the Origins of the Christian Era, Oxford, 2008; C. Piazzino, www.kerylos.org/calendario_romano.htm
A. Cappelli, Cronologia, cronografia e calendario perpetuo, Hoepli, 1969
L. Holford-Strevens, The History of Time: Short Introduction, Oxford, 2005

L'ora nona e le luci del Sabato: astronomia nella Passione secondo san Giovanni

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza e IIS G. Ferraris, Roma)*

Abstract The time left for the deposition of Jesus in the shroud after the gospel of John, is studied from the astronomical point of view. Less than four hours between the death occurred at the nineth hour and the sepolture, before the appearance of the third star, permitted the onset of rigor mortis. The definition of nineth hour from the length of the shadows of a gnomon is taken from Palladius and applied for computing the time of the death on April 3, 33, along with the start time of Shabbat.

Sommario La morte di Cristo è avvenuta all'ora nona, in periodo di equinozio, quando l'ombra di uno gnomone è doppia di quella a mezzodì; la sepoltura doveva essere completata entro l'apparire delle prime luci dello Shabbat ebraico, la terza stella che appare nel cielo. Tra i due eventi, descritti e calcolati astronomicamente, passano circa 4 ore.

Archeoastronomia nella Passione secondo san Giovanni

Il Vangelo, come la Bibbia in generale, non sono testi scientifici anche se alcune indicazioni sono riconducibili a dati ben precisi, come è il caso dell'ora, decima, in cui Giovanni incontra per la prima volta Gesù [Gv 1,40], e l'ora nona della morte del Salvatore. Nel tempo della Pasqua ebraica, il periodo era l'equinozio primaverile, e all'ora nona l'ombra di uno gnomone era lunga il doppio di quella a mezzodì.[1] Se trasformiamo questa definizione in trigonometria, l'angolo orario formato tra l'azimut del Sole e il Sud è di 60°.

Per Gerusalemme (latitudine 31°46') il giorno 3 aprile 33[2] il Sole è a 60° dal Sud alle ore 14:10, mentre il mezzodì era stato alle 11:42, quindi 2 ore e mezza dopo il mezzogiorno locale.

Con un orologio solare la lunghezza dell'ombra AM al mezzogiorno fa conoscere la stagione, e l'ora nona equinoziale getta l'ombra AB=2AM: il triangolo ABM può essere tracciato sulla linea equinoziale MB, diretta Est-Ovest (fig. 1).

1 Rutilio Tauro Emiliano Palladio, *Opus Agriculturae*, Aprilis, Horas.

2 E`la data della Crocifissione su cui convergono molti in cronologia sacra Le ore calcolate su una data entro ± quindici giorni danno risultati analoghi.

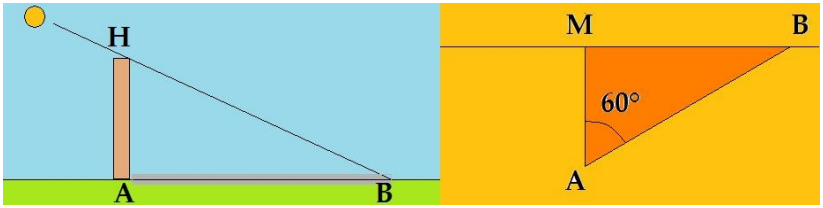


Fig. 1 A sinistra lo gnomone AH proietta l'ombra AB all'ora nona. A destra la proiezione dello gnomone A e l'ombra AB all'ora nona confrontata con quella AM al mezzogiorno. Secondo Palladio AB=2AM, cosicché l'angolo formato con la direzione meridiana Nord-Sud è 60°. Se l'altezza dello gnomone AH=AM è uguale alla sua ombra meridiana, il Sole al mezzogiorno equinoziale è a 45° di altezza e quindi siamo ad una latitudine di 45°N, dove l'altezza del Sole ABH=26.8°. A Gerusalemme, latitudine 32° N, per la differenza in latitudine di 13° il Sole è a circa 40° di altezza, raggiunti alle 14:40 il 3 IV, mentre l'azimut 60°Ovest è raggiunto alle 14:10 sempre il 3 IV.

Lunghezza delle ombre in Rutilio Palladio (IV secolo)

La lunghezza dell'ombra è misurata in piedi per conoscere l'ora usando solo i piedi e la propria ombra (altezza dell'uomo di 6 piedi per la città di Roma, dove il solstizio estivo porta il Sole a gettare ombre 1:3 con l'altezza); la tabella è composta da numeri interi *(in minoribus numeribus licet exemplificare).*

Nei vari mesi dell'anno l'ora nona (la sua fine) non è sempre nella stessa proporzione con l'ombra dell'ora sesta, poiché lontano dall'equinozio le ore o sono più corte (per averne sempre dodici nell'arco della giornata) d'inverno, o sono più lunghe d'estate. Quindi l'angolo orario descritto dal Sole dal meridiano all'ora nona d'inverno è minore di 60° e d'estate è maggiore e il rapporto delle ombre descritte dallo gnomone all'ora nona sono più corte del doppio 1:2 d'inverno e più lunghe del doppio durante l'estate. La tabella seguente ricorda

gli *horologia* della lettera 161 di Gerberto d'Aurillac[3] ad Adamo dove i mesi sono accoppiati proprio come in Palladio e sono differenti da quelli di Marziano Capella, V secolo. Talvolta come in Dicembre o Settembre c'è una differenza rispetto al mese gemellato, che può essere un errore tipografico o nel manoscritto.

Mesi/Hora	Sexta (piedi) e rapporto ombre	Nona (piedi)
Gennaio/Dicembre	XI/IX 1:1,55 (1,66)	XVII/XV
Febbraio/Novembre	VII 1:1,86	XIII
Marzo/Ottobre	V 1:2,20	XI
Aprile/Settembre	V/IV 1:2 (1:2,5)	X
Maggio/Agosto	III 1:3	IX
Giugno/Luglio	II 1:4	VIII

L'inizio rituale dello Shabbat, la terza stella e il Signal/Noise

All'argomento ho già dedicato uno studio[4] a cui rimando per i dettagli. Qui richiamo gli elementi principali per introdurre il computo del rapporto segnale/rumore tra luce della 'terza stella' e fondo cielo. La "terza stella" era stata individuata come una stella di seconda grandezza proprio come la Polare, ed usando le misure dall'aereo ero giunto a conclusione che il Sole potesse essere a 9°36'±15' sotto l'orizzonte per potersi avvistare nel cielo crepuscolare. Da Roma col Sole a 7° 19' sotto l'orizzonte è già stata avvistata la Polare. Per la data del 3 aprile 33 a Gerusalemme la prima posizione del Sole viene raggiunta un'ora dopo il tramonto, la seconda solo mezz'ora dopo. Il tramonto quel giorno fu alle 17:55, cioè 6 ore e 13 min dopo il mezzogiorno. Attorno all'equinozio il giorno si allunga di 3 minuti al giorno, ma mentre l'equazione del tempo fa

3 C. Sigismondi, Gerberto e la Geografia Tolemaica, Geografia 103, 2003

4 C. Sigismondi, https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1211/1211.5030.pdf (2012).

arretrare l'istante del mezzodì di 17 secondi al giorno, il tramonto avviene 30 secondi più tardi ogni giorno.
L'avvistamento di una stella ad occhio nudo nel cielo chiaro può avvenire se il suo segnale S è 100 volte il rumore N=√B, dove B è il fondo cielo e applicando la legge di Pogson dai flussi alle magnitudini che ne sono il logaritmo, con S=+2 B=0.
S/√B=100, √B=S/100, B=S²/10000, logB=-4+2logS, con logS=2 B=0
Il fondo cielo, al momento dell'avvistamento della Polare, nell'area di risoluzione angolare dell'occhio umano di 1 minuto d'arco, equivale alla luce di una stella come Vega.
In termini di magnitudini per arcsec² ciò vale 8.63 mag/arcsec². Una notte perfettamente buia vale 22 mag/arcsec². La luce diurna si colloca tra 1.6 e 3.8 mag/arcsec²,[5] confermando la stima fatta per il crepuscolo con il rapporto Segnale/Rumore.
Conclusione All'equinozio, all'ora nona, l'ombra di uno gnomone è doppia di quella a mezzogiorno; la morte di Cristo percio è avvenuta meno di 3 ore dopo il mezzogiorno locale, e la sua sepoltura, per dare tempo ai discepoli di ritornare a casa entro lo Shabbat, doveva essere completata al massimo mezz'ora dopo il tramonto avvenuto sei ore e un quarto dopo il mezzogiorno. In meno di quattro ore tra la morte e la sepoltura avvolto nella sindone, Giuseppe di Arimatea e Nicodemo chiesero a Pilato il corpo di Gesù e il Centurione ne constatò la morte col colpo di lancia; il *rigor mortis*, verificabile anche nell'immagine sindonica, poteva instaurarsi.
Referenze: Paolo Zanotti, *Volgarizzamento di Palladio*, Verona (1810). Rutilio Tauro Emiliano Palladio, *Opus Agriculturae.*
C. Sigismondi, *L'astronomia del Venerdì Santo e l'ora della Sindone*, arxiv 1211.5030 (2012). C. Sigismondi, *Gerberto e la Geografia Tolemaica*, Geografia 103-104, 75 (2003)

5 R. J. Vanderbei http://voices.nationalgeographic.com/2011/07/10/how-bright-is-the-daytime-sky/

Effemeridi del transito meridiano 2017-2020 per la basilica di Santa Maria degli Angeli in Roma

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza e Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The meridian transit time is computed using the ephemerides of IMCCE and the position of the image's center on the 1702 meridian line is corrected for the average atmospheric refraction at the site of Santa Maria degli Angeli, SMA, in Rome. The ephemerides for 2017-2020 are public on http://www.icra.it/gerbertus/2016/effem-SMA.pdf The measurement at SMA of DUT1=-0.34s on Dec 2016 is in agreement with IERS bullettin D132.

Sommario L'istante del passaggio meridiano del Sole per la basilica di Santa Maria degli Angeli in Roma è calcolato con le effemeridi IMCCE, la posizione del centro del Sole sulla linea meridiana è stata corretta per la rifrazione atmosferica media del sito. DUT1 è lì misurato a dicembre 2016. Alla Meridiana di Santa Maria degli Angeli si puo' controllare il rallentamento della rotazione terrestre entro 0.3 s di precisione.

Effemeridi IMCCE a 0.01s, ΔUT1 e derotazione terrestre

Effemeridi accurate per la meridiana storica della basilica di Santa Maria degli Angeli, costruita da Francesco Bianchini tra il 1701 e il 1702 per volontà di papa Clemente XI, consentono di utilizzare lo strumento per scopi di geodesia ed astrometria, per i quali fu concepito, anche durante le visite turistiche.

L'Istituto di Meccanica Celeste e Calcolo delle Effemeridi, IMCCE di Parigi, presso lo storico edificio dell'Osservatorio Reale fondato da Luigi XIV con primo direttore Giandomenico Cassini (1625-1712, che tracciò la meridiana di Bologna a cui Bianchini si ispirò), è erede della tradizione scientifica del Bureau de Longitudes. Le effemeridi con precisione 0.01s dal sito http://vo.imcce.fr/webservices/miriade/rts_query.php?-ep=2016-12-31&-body=11&-nbd=366&-long=-12.4961167&-lat=41.9024223&-tz=1&-from=Cassini&-mime=text&-extrap=2 ma la de-rotazione terrestre genera un ΔUT1=O-C variabile.

Poi i dati sono riprocessati con excel utilizzando la funzione **
Parti Centesime=100tan(z-58.16tan(z)/3600+0.067tan^3(z)/3600)**
z=90-h, distanza zenitale del Sole a P=0 atm ricavata da IMCCE.
Le effemeridi valide per il quadriennio 2017-2020 sono al sito

http://www.icra.it/gerbertus/2016/effem-SMA.pdf

Verifica della formula per la rifrazione atmosferica e ΔUT1

Già il 3 dicembre 2008, si verificò il ritardo ΔUT1=-0.8±0.3s rispetto alle effemeridi IMCCE (Sigismondi, 2011), compatibile col dato IERS di ΔUT1=-0.564s. Nel 2016 abbiamo misurato il 16 dicembre il transito meridiano alle ore 12 06 07.5±0.5 s
l'effemeride IMCCE prevede il transito alle 12 05 49.2 s
La differenza tra i due dati è pari a 18.3 s
dovuta alla deviazione globale di θ=4' 28.8''±0.6'' verso Est della meridiana, che al punto di Parti Centesime=216.5 dell'altezza del foro stenopeico (20344 mm), e trovato in perfetto accordo con la formula**(Sigismondi, 2016), produce una deviazione di 20344·216.5/100·tan(θ)=57.4mm da sommare quella locale di 2.3±0.5mm (Sigismondi, 2011 fig. 17.2 p. 244).

La velocità dell'immagine solare è μ=15”/s (quella del giorno solare medio) che a distanza di 216.5 parti centesime vale 20344*216.5/100*tan(μ)=3.20 mm/s. La deviazione totale di 59.7±0.5mm è percorsa in 18.64±0.16s: a fronte di 18.3±0.5s misurati, quindi la differenza tra istante del passaggio osservato e quello qui calcolato per la deviazione θ è ΔUT1=-0.34±0.52s.

Dal 1 Gennaio 0 UTC il segnale disseminato via radio porta un ΔUT1=+0.6 s, comunicato dall'International Earth Rotation and Reference System Service IERS il 20 Dicembre 2016, e siccome il secondo intercalare annunciato il 6 Luglio 2016 (bollettino C52) consiste nell'aggiungere un secondo all'ultimo minuto dell'anno, il ΔUT1 aumenta di 1.0 s da -0.4s a +0.6s.

La misura visuale alla meridiana clementina del '700, pur con un errore di mezzo secondo, riducibile a 0.3s con video, consente di cogliere il valore corretto ΔUT1=-0.34s al 16/12/16.

Misure di declinazione alla meridiana nel solstizio invernale 2016

Nei tre giorni 21, 22 e 23 dicembre 2016 sono state fatte alla meridiana Clementina 3 misure della posizione del lembo meridionale del Sole, rispettivamente a 39.8, 25.4, 11.3 mm sopra la

tacca delle 220 parti centesime dell'altezza (1pc=203,44 mm).
Per effetto della rifrazione differenziale dell'atmosfera il bordo meridionale del Sole risulta più innalzato di quello settentrionale, e così il Sole appare schiacciato (di solito l'effetto è percepibile all'alba e al tramonto sul mare), ma la differenza di declinazione attorno al solstizio è molto piccola e la rifrazione è identica nei tre giorni, così si verifica se l'incremento giornaliero in declinazione dal solstizio avvenuto il 21 dicembre alle 11:44 locali, 24 minuti prima del transito meridiano è in accordo con le effemeridi. Sapendo che vale la relazione **pc=100*tan(90-h°)**, con h° altezza in gradi sull'orizzonte, ricavo le 3 altezze rifratte del lembo meridionale
21 dicembre 24°+1529.2''; 22 dic. 24°+1554.2''; 23 dicembre 24°+1578.6''
Il Sole si è alzato di 25''.0 nel primo giorno e 24.5'' nel secondo dopo il solstizio. Le effemeridi IMCCE danno 14''.8 il primo e 42''.8 il secondo giorno. Un velo di foschia ha ridotto il contrasto del lembo (percepito dentro il lembo teorico) il 22 dicembre: possible causa della prima differenza con le effemeridi di 10.2''. Il 23 dicembre il Sole si è alzato di 49.5''=28.5 mm rispetto al solstizio, con le effemeridi che prevedono 57.6'': il lembo solare osservato è 8.1'' fuori dal lembo teorico. Le tre osservazioni fatte sotto diverse condizioni di trasparenza del cielo mostrano incertezze conseguenti $\sigma=\pm 5.3$ mm nella collocazione del segno corrispondente alla posizione del lembo meridionale al momento del transito, a causa del poco contrasto dell'immagine solstiziale sul pavimento della chiesa. Concausa della perdita di contrasto è l'oscuramento dell'intensità della fotosfera che 10'' dentro il lembo è il 38% del suo valore pieno al centro del disco.[1] σ è 10 volte maggiore di quella misurata nel 2011:[2] Il foro obiettivo è stato ridotto da 1.6 a 1.0 cm: l'intensità dell'immagine è il 39% della precedente e la diffrazione è $10''\approx 5.8$ mm, proprio il nuovo errore σ.

Referenze: C. Sigismondi, Gerbertus, Vol. 7, p. 3-80, (2014).
C. Sigismondi, Gerbertus, Vol. 9, p. 103-104, (2016).
C. Sigismondi, https://arxiv.org/abs/1109.3558 (2011).
https://datacenter.iers.org/eop/-/somos/5Rgv/getTX/17/bulletind-132.txt
C. Bizoard, https://hpiers.obspm.fr/eoppc/bul/bulc/bulletinc.52

1 Gaustad e Rogerson, *The solar limb intensity profile*, ApJ 134, 323 (1961)
2 C. Sigismondi, *Measuring the Sun center@SMA*, ArXiv 1201.0510 (2012)

Transito meridiano del 16 dicembre 2016 alla Meridiana Clementina, il bordo meridionale del Sole è a 219.2 parti centesime, quello settentrionale a 213.9. Il passaggio è avvenuto alle 12:06:07.5 (media tra primo contatto t1=12 04 55 e secondo t2= 12 07 20 con Breil 0822 sincronizzato con www.inrim.it[3]). Foto di Ferdinando Boldini. La riduzione del contrasto è evidente rispetto alla fig. 2 p. 5 di Sigismondi (ArXiv 2012, v. sopra nota 2)

3 Trasmissioni digitali vs analogiche http://www.inrim.it/res/tf/src_fine_i.shtml

Il viaggio degli astrolabi da Oriente a Occidente

Paolo Rossi *(Università di Pisa, Dip. Fisica)*

Abstract The history of the Astrolabe is drafted from the first centuries of Christian era to the 17th century with particular attention to the role of Gerbert of Aurillac.
Sommario La storia dell'astrolabio è tratteggiata dai primi secoli dell'era cristiana fino al 17° secolo, con particolare attenzione al ruolo svolto da Gerberto d'Aurillac.

Primi strumenti ellenistici e romani per calcolare il cielo

Per quanto possiamo oggi sapere, e capire, l'astrolabio nasce, insieme con numerose altre idee e strumenti scientifici, in quel mondo ellenistico che raccoglie in una sintesi creativa un'enorme tradizione culturale non soltanto greca.[1]Non è indispensabile aderire *in toto* all'ardita tesi di L. Russo, che ne "La rivoluzione dimenticata"[2] attribuisce alla scienza ellenistica anticipazioni sostanziali (e tuttavia perdute) rispetto alla scienza moderna, per riconoscere che la matematica, l'astronomia e la meccanica dell'età ellenistica si collocano a un livello non più raggiunto in seguito per almeno una decina di secoli.

Non pretenderemo tuttavia di riconoscere un prototipo di astrolabio nella cosiddetta "macchina di Anticitera", un ingegnoso strumento meccanico per il calcolo del moto di Sole, Luna e pianeti maggiori ritrovato tra i resti di un antico naufragio e risalente al I secolo a.C.

Ma non v'è dubbio che il grande astronomo Ipparco di Nicea, vissuto nel II secolo a.C. e attivo a Rodi, e scopritore tra l'altro

1 O. Neugebauer, *The Early History of the Astrolabe*, Studies in Ancient Astronomy IX, Isis 40 (1949) 240-256

2 L. Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 2001

della precessione degli equinozi, descrisse nelle sue opere il principio matematico della proiezione stereografica che costituisce la base indispensabile per la realizzazione di un astrolabio.

Meno di due secoli dopo, Vitruvio (morto dopo il 27 d.C.) descrisse nel *De Architectura*[3] un tipo di orologioche dipendeva da una simile proiezione stereografica. La sua indicazione che Eudosso di Cnido (ca 408-355 a.C.) o Apollonio di Perga (ca. 265-170 a.C.) fosse l'inventore della "rete" o "ragno" – una mappa delle stelle in grado di ruotare intorno alla struttura che indicava le ore del giorno – si riferisce peraltro quasi certamente alle meridiane di cui stava parlando, e non a un vero e proprio astrolabio. Apparati simili, risalenti ai secoli dal primo al terzo,sono stati trovati nel mondo romano.

Claudio Tolomeo (ca 150 d.C.), il più famoso astronomo dell'antichità, sviluppò un estesa analisi teorica della proiezione stereografica nel suo *Planisphaerium*,[4] includendo una breve discussione di uno strumento oroscopico. Anche se egli descrisse uno strumento che assomiglia a un astrolabio, comprendendo sia una rete sia la proiezione stereografica di un sistema di coordinate, lo strumento di Tolomeo non sembra aver incluso l'apparato necessario per fare osservazioni dirette e quindi a misurare l'altezza del sole e delle stelle. Ciò nonostante, la tradizione islamica attribuisce proprio a Tolomeo l'invenzione dello strumento.

Fin dal quarto secolo vari autori iniziarono a comporre manuali sull'astrolabio. L'opera "Il Piccolo Astrolabio" di Teone di Alessandria (ca 375), oggi perduta, è il testo più antico che ne tratti la costruzione e l'uso, e divenne un

3 M. Vitruvius Pollio, *De Architectura*, Cap. VII, Libro IX

4 C. Ptolemaeus, *Planisphaerium*, in C Ptolemaei opera quaeexstant omnia: Volumen II, Teubner, Leipzig 1907

modello sia per la forma sia per il contenuto per la successiva letteratura sull'astrolabio.
Dopo Teone i trattati sugli astrolabi divennero sempre più comuni. Sinesio di Cirene (ca 370-415) scrisse un breve lavoro menzionando un planisfero d'argento che aveva mandato a Peonio a Costantinopoli. Tutto lascia pensare che lo strumento da lui descritto si ispirasse all'opera di Teone, anche perché Sinesio era allievo di Ipazia, figlia di Teone, matematica, astronoma e filosofa alessandrina, legata alla tradizione culturale pagana e perciò infine vittima dell'intolleranza religiosa.
Lo studioso bizantino Ammonio (morto dopo il 517) pare abbia scritto un trattato sulla costruzione e l'uso dell'astrolabio. Egli inoltre incorporò l'astrolabio nel suo insegnamento, avviando così un certo numero di persone allo strumento.

Antichi trattati a Bisanzio e in Siria e acquisizione nell'Islam

Il più antico trattato sopravissuto sull'astrolabio è dovuto al suo allievo più famoso, il matematico e filosofo Giovanni Filopono (ca 490-574). Nel 530 egli scrisse un lavoro intitolato "Sull'uso e la costruzione dell'astrolabio e le linee tracciate su di esso"[5].Il testo di Filopono offre una descrizione pratica dell'astrolabio e analizza i suoi usi più comuni.
A metà del settimo secolo Severus Sebokht di Nisibis, vescovo di Kennesrin in Siria, scrisse una descrizione dell'astrolabio in siriaco. L'esposizione di Sebokht si conforma allo schema stabilito da Teone e adattato dagli autori successivi. Come i suoi predecessori egli schiva le discussioni teoriche, concentrandosi sulla descrizione a l'applicazione pratica. Egli

5 Joannes Alexandrinus, cognomina Philoponus, *De usu astrolabii ejusque constructione libellus*, Rheinisches Museum für Philologie 6 (1838/39) 127-171

espanse considerevolmente la lista degli usi possibili. Sebokht riferisce nell'introduzione del suo trattato che gli astrolabi sono fatti diottone, con ciò indicando che strumenti in metallo erano noti nell'Oriente cristiano prima del loro sviluppo nel mondo islamico.

Numerosi trattati testimoniano l'importanza dell'astrolabio nell'impero bizantino. Gli studiosi greci approfittarono dell'accesso ininterrotto ai più antichi trattati sugli astrolabi e composero numerosi manuali sull'argomento. Una serie quasi continua di testi va dal trattato di Filopono all'inizio del sesto secolo a quello di Nikephoros Gregoras (ca 1292-1360) nel quattordicesimo. Questi manuali bizantini, specialmente quello di Gregoras, giocarono un ruolo importante per i successivi testi europei del sedicesimo e diciassettesimo secolo. Stranamente un solo astrolabio bizantino completo, del 1062, è stato identificato.

Tuttavia non è dal mondo bizantino che la conoscenza degli astrolabi giunse all'Occidente medievale. Il percorso fu assai lungo e complesso, e fu determinante, come per molti altri soggetti, compresa la filosofia classica della scuola aristotelica, la mediazione avvenuta attraversoil mondo e la cultura islamica, grazie a un movimento che si diresse dapprima verso oriente per poi raggiungere l'estremo occidente della Spagna musulmana e da lì irradiarsi nell'Europa cristiana.

La conoscenza e la produzione di astrolabi si diffuse a est a partire dal contesto bizantino e siro-egiziano attraverso la città siriana di Harran e in Persia. Harran era stata un importante centro dell'attività pre-islamica di traduzione. Con l'ascesa dei califfi Abbasidi ci fu un nuovo interesse per la scienza e la tecnologia greca, che giocarono un ruolo importante negli sforzi per legittimare il loro governo. Al-Mansur (712-775, califfo dal 754), il secondo califfo Abbaside, sostenne la

traduzione in arabo della scienza greca e promosse varie scienze, specialmente l'astronomia e l'astrologia. Egli si affidò sempre più sugli astrologi di corte: sulla base dei loro consigli egli decise che il 30 luglio 762 fosse il giorno per la fondazione di Bagdad; si consultò con loro quando i suoi parenti si rivoltarono e si fece accompagnare da loro nei suoi pellegrinaggi alla Mecca. Il bisnipote di Al-Mansur, al-Mamun (787-833, califfo dall'813) consolidò ed estese questa politica.

La prima persona cui si attribuisce il merito di aver costruito un astrolabio nel mondo islamico è il matematico dell'ottavo secolo Muhammad al-Fazari (morto nel 796 o nell'806), la cui traduzione in arabo dell'opera dell'indiano Brahmagupta fu probabilmente il veicolo con cui i numerali indiani giunsero nel mondo arabo. Si tenga in mente questa connessione, che siripresenterà nel seguito di questo *excursus.*

In aggiunta ai loro usi politici, gli astrolabi avevano immediate applicazioni religiose. La stretta connessione tra l'astronomia e l'Islam offrì un ovvio incentivo allo sviluppo dell'astrolabio. Trovare i tempi per le cinque preghiere giornaliere e la direzione della Mecca sono complesse operazioni astronomiche e geodetiche. I fabbricanti perfezionarono rapidamente le tecniche che rendevano possibile determinare mediante l'osservazione diretta sia il tempo della preghiera sia la direzione della Mecca.

Nei secoli successivi studiosi arabi, persiani ed ebrei produssero numerosi trattati sistematici sull'astrolabio. Il primo di questi fu scritto da Messahalla, un ebreo di Bassora, la cui opera data da prima dell'815. Il trattato originale in arabo è stato perduto, ma sono conservate numerose traduzioni in latino, con il titolo *De Compositione et Operatione Astrolabii,* anche se diversi studiosi dubitano dell'attribuzione a Massahalla e ritengono che il testo attualmente disponibile sia

piuttosto da ricondursi allo studioso arabo spagnolo dell'undicesimo secolo Maslamaal-Majritie ai suoi discepoli.
I più antichi trattati arabi conservati risalgono all'inizio del nono secolo. Al-Kwarizmi (ca 825) scrisse due brevi testi, uno sulla costruzione e uno sull'uso dell'astrolabio. Altri antichi testi conservati sono dovuti ad Ali ibn Isa (ca 830) e ad Ahmadibn Muhammad ibnKatir al-Fargani (ca 857). Oltre al suo trattato sull'astrolabio, Ali ibn Isa fece varie osservazioni astronomiche a Bagdad e a Damasco sotto il patronato di al-Mamun.
La base matematica per la realizzazione degli astrolabi fu stabilita per il mondo islamico dall'astronomo arabo Muhammad ibn Jabir al-Harrani al-Battani (noto in Occidente come Albatenius) nel suo trattato *Kitabaz-Zij* (circa 920), che fu poi tradotto in latino da Plato Tiburtinus (*De motu stellarum)*. Il più antico astrolabio conservato è datato A.H. 315 (927/28). Nel X secolo al-Sufi per primo descrisse oltre mille differenti usi dell'astrolabio, nei campi dell'astronomia, dell'astrologia, della navigazione, della misura del tempo, della preghiera, dell'orientamento, etc.
All'inizio dell'undicesimo secolo al-Biruni (973-1048), studioso persiano, scrisse il suo "Libro di Istruzione sugli Elementi dell'Arte dell'Astrologia", che includeva descrizioni dettagliate sulla costruzione, parti e usi dell'astrolabio. Gli artigiani arabi svilupparono le loro competenze e conoscenze tacite, creando laboratori familiari che rimasero attivi per diverse generazioni. I più antichi astrolabi conservati risalgono aquesto periodo di fioritura intellettuale sostenuto dagli antichi califfi islamici.
Sempre in epoca medievale fu inventato nel modo islamico l'astrolabio sferico, che rappresenta al tempo stesso un'evoluzione dell'astrolabio e della sfera armillare. La prima

descrizione dell'astrolabio sferico risale ad al-Nayrizi (attivo tra l'892 e il 902).Nel XIII secolo poi Sharaf al-Din al-Tusi inventò l'astrolabio lineare, un semplice bastone di legno con incisioni graduate, munito di un filo a piombo e della possibilità di effettuare misure angolari. Il primo astrolabio meccanico a ingranaggi fu inventato da AbiBakr di Isfahan nel 1235.

Studiosi persiani come al-Biruni viaggiando probabilmente introdussero l'astrolabio in India assai precocemente, e studiosi successivi portarono gli astrolabi ala corte di Delhi. Nel tredicesimo secolo l'astrolabio aveva raggiunto la Cina. Nel 1267 Jamal al-Din portò a Kublai Khan modelli di vari strumenti astronomici che erano in uso all'osservatorio di Maraghah. Marco Polo sostenne di aver visto astrolabi a Pechino e anche i "Viaggi di sir John Mandeville" descrivono astrolabi alla corte di Kublai Khan. A parte questi riferimenti l'astrolabio non sembra esse stato particolarmente popolare nella cultura cinese.

Nel decimo secolo la produzione di astrolabi si diffuse a ovest attraverso il Nordafrica e nella Spagna musulmana. In diretto contrasto con la storia dell'astrolabio a Bisanzio, la sua storia in Nordafrica è caratterizzata da abbondanza di strumenti e scarsità di testi. Astrolabi nordafricani o maghrebini hanno caratteri stilistici conservativi che li separano dagli strumenti islamici orientali. Mostrano anche una connessione più stretta all'Europa cristiana, in particolare per la presenza del calendario cristiano che spesso si trova sul retro di questi strumenti. Anche se gli astrolabi erano prodotti e usati in tutto il Nordafrica, la tradizione era più forte in Marocco, dove furono fabbricati e usati per più di 500 anni. All'inizio del quattordicesimo secolo sofisticati astrolabi universali erano prodotti nella città marocchina di Taza. Anche città come

Marrakesh, Fez e Meknes furono associate alla fabbricazione e all'uso di astrolabi.

Dalla Spagna mussulmana a Gerbert d'Aurillac

L'astrolabio fu probabilmente introdotto nella Spagna musulmana attraverso Cordoba, a quel tempo capitale degli emiri e dei califfi Omayyadi. Gli studiosi di tutta la Spagna furono veloci nell'adozione dell'astrolabio. Nel tardo decimo secolo astrolabi e manuali sul loro uso erano prodotti in tutta la Spagna musulmana. Questi strumenti mostrano molte somiglianze con quelli prodotti in Nordafrica. Al tempo stesso i fabbricanti spagnoli svilupparono uno stile che distinse i loro astrolabi dagli strumenti maghrebini.

Abu Ishaq Ibrahim al-Zarqali (noto in Europa come Arzachel), vissuto in al-Andalus nel XI secolo, costruì il primo astrolabio universale, uno strumento che, a differenza dei suoi predecessori, non dipendeva dalla latitudine dell'osservatore, e poteva quindi essere utilizzato in ogni parte della Terra. Lo stesso al-Zarqali è anche l'autore delle Tavole di Toledo, un preciso repertorio astronomico (tradotto in latino da Gerardo da Cremona nel XII secolo) che servì da riferimento per la realizzazione delle Tavole Alfonsine, commissionate ad astronomi arabi da re Alfonso X di Castiglia (1221-1284) e adottate in tutta l'Europa per la navigazione.

La Spagna musulmana offrì anche un importante base per la diffusione di astrolabi nell'Europa cristiana. Testi arabi sull'astrolabio furono tradotti in latino, rendendoli accessibili agli studiosi europei che andarono in Spagna alla ricerca della conoscenza greca e araba. In particolare nell'ultimo quarto del X secolo fu attivo in al-AndalusMaslama al-Majriti (morto nel 1007/8), astronomo e matematico, traduttore di Tolomeo, e probabile autore, come si è già accennato, dell'opera sull'astrolabio generalmente attribuita a Massahalla.

Gerbert d'Aurillac (ca 945-1003) che divenne papa Silvestro II nel 999, fu uno dei primi studiosi europei a stabilire contatti intellettuali tra la Cristianità latina e l'Islam. Nel 967 Gerbert si recò in Catalogna per completare la propria educazione e acquisire libri su vari argomenti matematici. Molto probabilmente, come da ultimo ha argomentato M. Zuccato[6], ebbe già allora la possibilità di accedere ai risultati degli studi arabi sull'astrolabio. Dopo il ritorno dalla Spagna nel 970 egli restò in stretto contatto con studiosi spagnoli, chiedendo ulteriori librie traduzioni dall'arabo, come si evince in particolare dalla sua Lettera 24[7] indirizzata a Llobet di Barcellona (tardo X secolo), con la richiesta di un'opera di astronomia e astrologia che potrebbe essere proprio la traduzione del testo di Maslama. Anche se resta molto incerta l'attribuzione a Gerbert del trattato *De utilitatibus astrolabii*, egli probabilmenteintrodusse l'astrolabio ai suoi studenti a Reims, anche se il suo metodo d'insegnamento era basato piuttosto sulla realizzazione di sfere armillari, peraltro da lui significativamente migliorate, anche con l'impiego di nozioni che provenivano sicuramente dal contesto culturale arabo, come emerge dalle descrizioni offerteci dal suo allievo Richer[8]. Ma la sua figura si collega anche a un altro fondamentale fenomeno di trasferimento culturale, l'introduzione nel mondo occidentale delle cifre cosiddette "arabe", utilizzate da Gerbert per marcare i gettoni usati nell'abaco. Occorreranno altri due

6 M. Zuccato, *Gerbert of Aurillac and the astrolabe: an open historical problem,* in Orbe Novus, pp. 115-124, Universitalia, Roma 2010; M. Zuccato, *Gerbert's Islamicate Celestial Globe,* in Archivum Bobiense – Studia V, pp. 167-186, Bobbio 2005

7 Gerbert d'Aurillac (Silvestro II), *Lettere (983-997)* (trad. P. Rossi), Edizioni Plus, Pisa 2009

8 Richer di Saint Remi, *I quattro libri delle Storie,* (trad. P. Rossi), Edizioni Plus, Pisa 2008

secoli, e la brillante presentazione fattane da Fibonacci nel *Liber abaci*, perché le cifre arabe giungano a sostituire definitivamente i numeri romani, a ulteriore riprova di quanto faticoso a accidentale possa essere talvolta il viaggio delle idee.
La conoscenza dell'astrolabio si diffuse invece rapidamente attraverso l'Europa. Nel giro di cinquant'anni una copia del testo di Llobet sull'astrolabio era arrivata al monastero di Reichenau in Carinzia, dove Hermann Contractus di Reichenau (1013-1054) se ne servì per scrivere il proprio trattato *De mensura astrolabii (*e forse anche il *De utilitatibus astrolabii* attribuito a Gerbert)

Dalla scuola di Gerbert all'Europa cristiana

Insieme con testi sull'astrolabio gli studiosi nordeuropei acquisivano gli strumenti veri epropri. Nel 1025 Rudolf di Liegi si vantava di possedere un astrolabio, e Walcher di Lorena (morto nel 1135), priore dell'abbazia di Malvern, usò il proprio astrolabio per determinare il tempo di un'eclissi lunare il 18 ottobre 1092. Tra l'undicesimo e il tredicesimo secolo la maggioranza degli astrolabi dell'Europa settentrionale era importata dalla Spagna musulmana. Come i testi questi strumenti erano tradotti in latino per permettere ai loro proprietari di comprenderli. Spesso il nuovo proprietario incideva i nomi latini sopra le parole arabe per i mesi e incideva i simboli standard per i segni zodiacali. Per secoli gli astrolabi spagnoli furono riconosciuti come beni di valore e strumenti utili: Martin Bylica (1433-ca 1493) stava ancora usando un astrolabio di Cordoba alla fine del quindicesimo secolo.
Presto manuali sulla costruzione e l'uso dell'astrolabio divennero comuni nelle università di tutta Europa. Peter di Maricourt nell'ultima metà del XIII secolo scrisse un trattato sulla costruzione e l'uso di un astrolabio universale (*Nova*

compositio astrolabii particularis).
Ma anche se il primo interesse per gli astrolabi fu incentrato sulle università, già nel quattordicesimo secolo gli astrolabi erano sempre più collezionati e usati da principi, re e imperatori di tutta Europa. Già all'inizio del dodicesimo secolo Adelardo di Bath (attivo ca 1116—1142) aveva dedicato un trattato sull'astrolabio al futuro re Enrico II d'Inghilterra mentre ne era precettore a Bristol verso il 1140. Carlo V di Francia (1337-1380) possedeva dodici astrolabi, e gli esempi si moltiplicano nei secoli successivi.
Gli strumenti erano diventati sempre più comuni in Europa in quanto si erano formati laboratori intorno a singoli artigiani.
Il più famoso dei primi astrolabisti fu il parigino Jean Fusoris (ca 1365-1436), i cui strumenti erano assai ricercati e molto copiati. Fusoris era uno studioso ma anche un abile artigiano, oltre a essere un imprenditore di successo e una spia conclamata. A oggi si conservano ancora tredici dei suoi astrolabi.
Negli anni dopo il 1390 Geoffrey Chaucer ritenne necessario mandare suo figlio a studiare a Oxford con un astrolabio e un manuale per il suo uso. Per l'occasione Chaucer scrisse il primo testo in lingua inglese sull'uso dell'astrolabio, il suo "Trattato sull'Astrolabio". Chaucer potrebbe aver scritto il suo testo avendo a disposizione un astrolabio: in ogni caso il testo era concepito per essere usato a fianco dello strumento.

Astrolabi nell'evo moderno

La produzione di astrolabi non cessò con l'inizio dell'età moderna; si ha addirittura evidenza di una produzione in serie, come nel caso di quattro astrolabi perfettamente identici realizzati all'inizio del XVI secolo da Georg Hartmann (1489-1564), singolare figura di ingegnere, umanista e astronomo, forse il primo a scoprire l'inclinazione del campo magnetico

terrestre.[9]

Sempre nel XVI secolo Johannes Stöffler pubblicò *Elucidatio fabricae ususque astrolabii*, un manuale sulla fabbricazione e l'uso dello strumento che divenne uno dei più comuni testi di riferimento e stabilì una sorta di *standard* per la progettazione di astrolabi.

L'uso degli astrolabi iniziò a declinare a partire dalla seconda metà del XVII secolo, soprattutto a causa dello sviluppo della scienza e dell'astronomia galileiana e delcorrelato e conseguente perfezionamento di altri strumenti rilevanti anche per la navigazione, come gli orologi basati sul principio del pendolo e i cannocchiali. Rilevante l'astrolabio di 84 cm di diametro, usato da Galileo: una copia è alla direzione del CNR a Roma,[10] l'originale è al museo Galileo di Firenze.

9 C. Sigismondi, *Declinazione magnetica: storia delle prime misure e misura con l'azimut del Sole*, Gerbertus 9, 13 (2016).

10 http://catalogo.museogalileo.it/oggetto/Astrolabio_n14.html

Misura di g con pendolo non in regime caotico

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza e Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The measurement of the gravity acceleration with pendulum is a basic experiment in Newtonian physics, but the correct choice of wire and weight to suspend can avoid to have a cahotic instead of simple pendulum.

Sommario La misura dell'accelerazione di gravità con un pendolo è un esperimento di base della fisica Newtoniana, ma occorre attenzione al filo e al peso da sospendere per evitare che il pendolo semplice diventi caotico.

L'accuratezza della misura di g e il Geoide

L'accelerazione di gravità a terra g=9.81 m/s² spesso è data con 1 o 2 cifre significative dopo la virgola. Ciò corrisponde ad una precisione dell'1% o dell'1‰: si vuole mostrare qui come sia possibile realizzare un esperimento con tale accuratezza.

Variazioni locali di g, la cui superficie equipotenziale è chiamata Geoide per la Terra, differisce da un puro ellissoide di rotazione anche di ± 50 m. Esiste anche il Lunoide, e il concetto si estende a qualunque corpo celeste solido. Nel Geoide per esempio la presenza di montagne nelle vicinanze riesce a deviare il filo a piombo di alcuni secondi d'arco rispetto allo zenith astronomico.[1] Le anomalie del Lunoide (Mascon[2]) determinano la deviazione delle orbite dei satelliti calcolate per una Luna sferica e omogenea. Queste anomalie sono di qualche millesimo di g, cioè influenzano la seconda cifra, come la variazione di g con la quota. È bene impostare degli esperimenti dimostrativi il più accurati possibile per aprire anche gli studi iniziali già alla prospettiva della ricerca come osservazione, misura accurata e comprensione della realtà.

La scelta di filo e peso per realizzare un pendolo semplice

Un filo e un peso qualsiasi possono dar luogo ad un pendolo caotico. Con l'idea di realizzare un pendolo di Foucault ho sospeso a 3.6 m d'altezza un peso di 1 Kg aspettandomi piccole oscillazioni ben stabili nel loro piano: il risultato è stato invece

1 https://it.wikipedia.org/wiki/Deviazione_della_verticale

2 http://www.lescienze.it/news/2013/05/31/news/luna_formazione_anomalie_gravit-1677887

un pendolo che ruotava continuamente il suo piano di oscillazione. Il grosso peso, usato nei musei scientifici con filo di 10 metri, lungo il nostro filo di 3.6 m induceva delle vibrazioni verticali con frequenza 0.9 Hz che rendevano il pendolo caotico, cioè che descriveva delle ellissi anziché andare avanti e indietro. Ora si è scelto come filo quello di cotone da un rocchetto del primo novecento marca Cucirini Cantoni Coats:[3] cucirino lucido n. 10, marca busto (400 yarde 365 metri). La misura della costante elastica di questo filo ha dato 6.1 mm di allungamento con 50 g di peso e 12.35 mm con 100 g, con una costante elastica di K=93±5 N/m. Al filo è stato appeso un rocchetto di nastro adesivo (scotch) di M=10.7 g, nel cui centro geometrico collochiamo il ''punto materiale'' del pendolo semplice.

L'allungamento con 10.7 g è 1.2 mm, ma il pendolo viene messo in movimento senza applicare forze verticali, per cui non si attivano oscillazioni nella direzione del filo. La frequenza propria del sistema elastico filo-peso è $2\pi\nu=\sqrt{K/M}$: 14.8±0.4 Hz, ben lontana da quella propria del pendolo in cui il filo è lungo 1.096 m, che è di 0.5 Hz, quindi il trasferimento di energia tra il modo oscillatorio e quello vibrazionale è molto lento, a differenza del caso precedente dove le frequenze erano più prossime (0.93 Hz per elasticità del filo vs 0.26 Hz oscillazioni pendolo) ed il moto diventava caotico in meno di un minuto.

Dati e risultati conclusivi

Con la distanza tra il punto di applicazione del filo ed il centro del rocchetto pari a L=1.118 m abbiamo misurato 10 oscillazioni 21.22±0.12s, dalla formula inversa del periodo $T=2\pi\sqrt{(L/g)}$ si ricava $g=4\pi^2L/T^2$. Propago gli errori: quello del 5‰ sul periodo nel valore finale di g raddoppia e dà 1%, quello sulla lunghezza del filo, che è inferiore all'1‰, si trascura, così g=9.80±0.11 m/s^2.

Referenze E. P. Pignatiello, *I segreti del cotone da cucito* (2011).[3]

Ringrazio gli alunni del biennio del Liceo G.Ferraris di Roma.

3 moda.san.beniculturali.it/wordpress/wp-content/uploads/2011/11/cuciriniperpdf.pdf

Salto in lungo da fermo e moto parabolico

Costantino Sigismondi[1] *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The parabolic motion is applied to the length of a standing long jump, and other dynamic parameters are studied. A verification with former olympic disciplines of standing long and high jump is made also on video.

Sommario Il moto parabolico è applicato alle misure di salti nel lungo e nell'alto da fermo per studiare altri parametri. Una verifica è fatta con le misure realizzate nelle antiche discipline olimpiche e sul record attuale.

Il salto in lungo da fermo come disciplina olimpica

Il lungo da fermo fu disputato alle Olimpiadi di Parigi del 1900 fino a quelle di Stoccolma nel 1912 e vide in Raymod Ewry, la «Rana Umana» l'interprete più celebre che fissò il record del mondo a 3.48 m nel 1904. Konstantinos Tsiklitiras[2] con 3.37 m vinse l'ultima gara olimpica nel 1912. In Norvegia la competizione è ancora svolta ufficialmente ed Arne Tvervaag (1968) ha saltato 3.71 m; mentre lo statunitense Byron Jones nel 2015 è arrivato a 3.73 m. Ray Ewry (1873-1937), che vinse 10 medaglie olimpiche (inclusa l'edizione intercalare di Atene 1906); alto 1.85 m per 79 Kg di peso forma, si era applicato fin da bambino ad esercizi isometrici per recuperare le conseguenze di una poliomelite che altrimenti lo avrebbe paralizzato, raggiunse una forza esplosiva tale da dominare la scena internazionale dai 26 ai 35 anni di età, tentò pure un rientro per la qualificazione per la quinta olimpiade nel 1912, a quasi 40 anni. Lavorò come ingegnere idraulico a New York. Vinse 8 ori olimpici individuali come nell'atletica solo Carl Lewis . Oggi il lungo da fermo viene considerato utile esercizio per sviluppare la forza esplosiva e la coordinazione, occasionalmente vengono svolte delle

1 Dopo la tessera di Tecnico (1989) l'autore ha conseguito anche la qualifica di Allenatore delle categorie Assolute presso la FIDAL Federazione Italiana di Atletica Leggera, con un elaborato finale proprio sul Salto in Lungo al corso di Schio (VI) del 1993 con 30/30 e lode.

2 https://en.wikipedia.org/wiki/Konstantinos_Tsiklitiras

competizioni come quella a cui ha partecipato l'autore allo stadio delle Terme di Caracalla a Roma il 25 aprile 1988 saltando 3.03 m, misura che a Parigi nel 1900 valeva il bronzo!

Differenziale in altezza e lungo da fermo:modello isocronico

Ai tempi del salto di 3.03 m, saltando verso l'alto da fermo avevo un differenziale di 76 cm^3; con un fisico portato a queste discipline con 1.88 m per 80 Kg, praticamente uguale al Konstantinos olimpico del 1912.

Nella caduta libera l'equazione $h=\frac{1}{2}gt^2$ fornisce metà del tempo di volo per innalzarsi di h=0.76 m. t=0.394 s, da cui la durata del salto è 0.79 s. La velocità verticale massima è quella in partenza (e simmetricamente in atterraggio) e pari a v=gt=3.86 m/s. Assumo per semplicità di modello questo tempo di volo uguale a quello nel salto in lungo da fermo e derivo la velocità orizzontale, usando 3.03 m come lunghezza (record ufficiale in competizione FIDAL) v=3.03/0.79=3.85 m/s

Velocità orizzontale sviluppata nel salto in lungo da fermo e velocità verticale sviluppata nel salto in alto da fermo sono uguali. Ciò implicherebbe un angolo di stacco di 45° che è proprio quello di gittata massima nel moto dei proiettili.[4]

Fasi del salto e angolo di uscita nella parabola del baricentro

La combinazione salto record e massimo differenziale in altezza sembra spiegare in ottima approssimazione il salto. Di solito se il modello spiega bene i dati ci si accontenta, ma vediamo più in dettaglio le fasi del salto.

Nella fase di caricamento e spinta le braccia si muovono in parallelo prima all'indietro (caricamento) e poi in avanti (spinta) mentre le gambe si stendono, i piedi sono a contatto con il terreno e le scarpe chiodate ne evitano scivolate. Nella

3 Che diventavano 80 cm con rincorsa. 3.20 m era la massima altezza toccata con la mano, che arrivava a 2.44m fermo a braccia stese in alto.

4 Non emerge un angolo di stacco così alto dai filmati delle olimpiadi del 1912, si veda https://www.youtube.com/watch?v=TBtQMbHOjls

fase di stacco la proiezione del baricentro b arriva già ad una distanza dalla linea di partenza pari a bcosθ con θ angolo di stacco con l'orizzontale, simmetrica all'atterraggio. La fase di volo parabolico è quando il saltatore non è più a contatto col terreno. Fase di atterraggio, dal primo contatto con la sabbia fino alla conclusione del movimento, dove si deve evitare di ricadere all'indietro.[5] Il volo di Byron Jones[6] nel 2015 dallo stacco all'atterraggio è durato 0.644 s.[7] La velocità media dei piedi è stata di 3.73/0.644=5.8 m/s. Il baricentro è partito dall'altezza del ginocchio 55 cm, alzandosi di 30 cm sopra la sua posizione normale 110 cm, fino a 140 cm, con un differenziale di 85 cm.

La velocità verticale necessaria per salire di 85 cm è 4.1 m/s.

L'angolo descritto dal vettore risultante con l'orizzontale è θ=arctg(4.1/5.8)=35°.[8] Lo stacco dura 0.26 s. La forza sviluppata nello stacco è stata F~mΔv/Δt=90·7/0.26=2450 N pari a 250 Kg.

Un modello isoenergetico per il salto in lungo da fermo

Byron Jones ha un differenziale di 1.13 m, che corrisponde a E=mgh=90·9.8·1.13=1000 J. Chi scrive aveva E=80·9.8·0.76=600 J. Assumendo che la forza sia proporzionale all'energia viene che Byron Jones è 1.66 volte più forte. Se la velocità v^2~E come nella relazione dell'energia cinetica, anche le velocità orizzontali saranno nella stessa proporzione v^2J~1.66v^2S, vJ~1.3vS. La lunghezza del salto è una combinazione sia di velocità verticale che orizzontale e, a parità di esecuzione, dovrebbe risultare nella stessa proporzione delle velocità, mantenendosi uguale l'angolo di stacco. Con questa

5 La mia "chiusura" era particolarmente spettacolare, del tutto simile a quella fatta con la rincorsa e stilisticamente apprezzata dagli allenatori.

6 Alto 1m83 pesa 90 Kg https://www.youtube.com/watch?v=n0UeHxglMJ4

7 I video su youtube sono analizzati in ogni fotogramma con quicktime7.1

8 Il baricentro all'atterraggio è circa 30 cm dietro il punto di arrivo dei piedi, la sua velocità media è di 3.43/1.12=3.06 m/s

proporzione nel 1988 l'autore avrebbe dovuto saltare 2.89 m.[9]

Record di lungo e quello di alto da fermo (o differenziale)

Atleta	Ray Ewry	Kostas Tsiklitiras	Costantino Sigismondi	Byron Jones
Lungo d.f. (anno)	3.48 m (1904)	3.37 m (1912)	3.03 m (1988)	3.73 m (2015)
Alto d.f. differenz.	1.675 m +58 cm	1.55 m +49 cm	– 0.76 m	– 1.13 m

Come si vede dal confronto tra i differenziali tra l'altezza del baricentro in piedi e nel salto in alto, risulta che tanto l'autore quanto l'atleta di football americano abbiano un valore maggiore dei due olimpionici, ma nel salto in alto da fermo entrano in gioco altre coordinazioni che limitano la trasformazione di energia potenziale in altezza del salto.

Conclusioni

Il salto in lungo da fermo è stato analizzato alla luce del moto parabolico, trovando un buon accordo tra modello isoenergetico e dati; anche la fase dinamica (stacco) è stata studiata. La maggiore statura +5 cm e l'ottima chiusura ha permesso all'autore di lambire ufficialmente la soglia dei 10 piedi, staccando la tessera dei «3 metristi», pur avendo un'energia elastica «assoluta» pari al 60% di quella di Byron Jones ed un salto teorico a parità di tecnica di $\sqrt{0.6}=0.77$ cioè del 77%. Il modello isocronico, col tempo di volo nello stacco verso l'alto (differenziale) riportato nel lungo, è più limitato: la velocità orizzontale del baricentro risulta simile a quella verticale, inferiore a quella dello stacco massimale verso l'alto come discende da considerazioni di bilancio energetico; l'angolo di stacco vale circa 35°. **Referenze** R. L. Quercetani, in *Conoscere l'Atletica*, vol. 2 p. 122 e ss., Rizzoli MI (1983).

9 Col differenziale di 0.80 m si calcola 2.96 m. Un atleta più alto di 5 cm può saltare $10\cdot\cos(35°)=8$ cm di più: la chiusura fa guadagnare qualcosa.

Compressione gravitazionale in una dimensione

Remo Ruffini (ICRA/Sapienza ICRANet Pescara/Rio de Janeiro)
Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The mass to produce mini black holes should surpass the repulsive force due to Pauli exclusion principle. The compression energy on the one dimensional case is calculated. The extra-mass in the mass energy balance rises as the added mass approaches the Schwarschild radius.
Sommario Per produrre un mini buco nero serve energia per comprimere il sistema contro, la forza repulsiva di Pauli. Il valore della massa-energia includendo l'energia di compressione cresce all'avvicinarsi delle dimensioni del sistema al suo raggio di Schwarschild e tende alla massa di Planck.

Il modello unidimensionale per un buco nero

Per affrontare il problema della compressione di un sistema a buco nero, consideriamo due punti materiali di massa m posti a distanza l_1 tra loro, su cui avvengono gli spostamenti.
Quando la distanza tra le due masse si riduce da l_1 ad l_2 questo avviene a spese dell'energia gravitazionale trasformando $\Delta E_G = Gm^2(1/l_2 - 1/l_1)$ in energia cinetica; ed un corpo che cade verso un altro corpo va a costituire una configurazione ad energia potenziale minore.
Per effetto del principio di indeterminazione di Heisemberg, se la distanza disponibile alla massa in caduta è l_1 il suo momento $p_1 \approx h/l_1$, che aumenta per distanze molto piccole.
L'energia quantistica (in approssimazione non relativistica) vale $E_Q = p^2_1/2m$, e la differenza tra i due stati tra l_1 ed l_2 vale $\Delta E_Q = h^2/2m(1/l^2_2 - 1/l^2_1)$ questa è l'energia di Fermi di questo semplice sistema, presente anche per i bosoni e a temperatura T = 0 K. Nel caso di particelle fermioniche questa energia rappresenta anche l'esito del principio di esclusione.
Se l'aumento di E_Q avviene a spese di E_G la compressione è spontanea, altrimenti occorre un'energia di compressione $E_G = mc^2$

Energia per la compressione e masse critiche

Calcoliamo il bilancio energetico dello spostamento tra l_1 ed l_2,

con $l_2 < l_1$. L'energia potenziale gravitazionale diventa cinetica $\Delta E_G = Gm^2(1/l_2 - 1/l_1)$ ma per equivalere l'energia di Fermi $\Delta E_Q = h^2/2m(1/l^2_2 - 1/l^2_1)$ ciò può avvenire solo se $\Delta E_G = \Delta E_Q$. Risolvendo questa equazione nel limite $l_1 \to \infty$ si deve avere (1) $l_2 = h^2/2Gm^3$ oppure (2) $m=(h^2/2Gl_2)^{1/3}$.
Interpretando fisicamente queste soluzioni abbiamo che la (1) ci dà la distanza a cui la massa m si può avvicinare a spese della gravità rispettando il principio di Heisemberg per la sua energia cinetica quantistica, mentre la (2) ci dà la massa che dovrebbero avere le particelle per trovarsi ad una distanza l_2
Se moltiplichiamo per c^2 tale massa abbiamo la massa-energia relativistica corrispondente per l'energia cinetica quantistica acquisita a spese della gravitazione. $E=c^2(h^2/2Gl_2)^{1/3}$.
Proseguendo nella compressione verso il raggio di Schwarschild del sistema che vale $l_{SC} = 2Gm/c^2$ e sostituendolo nella equazione (2) si ottiene $m^3=h^2c^2/4G^2m$ da cui $m=(hc/2G)^{1/2}=3.86\cdot10^{-8}$ Kg. Questa è la massa che soddisfa alle condizioni che l'energia gravitazionale si trasformi in energia cinetica che soddisfi anche il principio di indeterminazione per un intervallo di spazio pari al raggio di Schwarschild.
Nel limite relativistico l'energia quantistica E=cp, da cui $\Delta E_Q = h\cdot c\cdot(1/l_2 - 1/l_1)$ che uguaglia l'energia gravitazionale per il limite $l_1 \to \infty$ quando $hc/l_2 = Gm/l_2$ Questa equazione ha come risultato un'altra massa critica $m=hc/G=2.98\cdot10^{-15}$ Kg, minore della precedente, e non legata al raggio di Schwarschild, 12 ordini di grandezza superiore alla massa del protone, benché la massa di partenza m sia arbitrariamente piccola.
Conclusioni due masse m in collasso gravitazionale unidimensionale vincono la repulsione quantistica se la massa è maggiore di un valore critico che vale $M_C=3\cdot10^{-15}$ Kg nel caso relativistico E=cp, e $M_C=3.86\cdot10^{-8}$ Kg nel caso non relativistico $E=p^2/2m$, prossimo alla massa di Planck $M_P=2.18\cdot10^{-8}$ Kg.

Allineamento della Basilica di san Pietro col Sole

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*
Irene Regoli *(Università di Roma 3, Facoltà di Architettura)*

Abstract The obelisk of St Peter in Vatican is not centered with the Basilica's axis which alignment is measured with the Sun azimuth as 89°13'±1', consistent with the rising of the ecclesiastic equinox in 315.

Sommario L'obelisco di san Pietro in Vaticano non è esattamente centrato rispetto a Basilica e Cupola, mentre la Basilica è orientata verso 89°13'±1' l'azimut della levata del Sole il 21 marzo 315, equinozio ecclesiastico.

Il colonnato, l'obelisco ed i solstizi

La piazza di San Pietro ha espliciti riferimenti astronomici: la meridiana tracciata sul selciato[1] da Pietro Maccaranio e dall'astronomo Filippo Luigi Gigli nel 1817 usando l'obelisco come gnomone, l'apertura del Colonnato del Bernini è entro gli azimut di albe e tramonti nei solstizi se visti dall'obelisco. Tuttavia l'obelisco non è centrato rispetto all'asse descritto dalla Basilica e dalla Cupola di Michelangelo, completata nel 1590 sotto Sisto V, lo stesso Pontefice che aveva benedetto l'erezione dell'obelisco Vaticano nel 1586. Questa differenza è ben percepibile già da piazza Pio XII dove si vede sia la sommità dell'obelisco che la palla con la croce sopra il Cupolone, mentre la meridiana del Maccaranio non è in asse con la linea dei centri dei due semicerchi del colonnato, infatti c'è una differenza di 96 cm, cioè ¾°, in corrispondenza degli equinozi, quasi al centro dell'emiciclo Nord.

Allineamenti tra obelisco, facciata, cupola e Sole: le misure

Guardando l'obelisco O ed il centro F della facciata retrostante OF incontra FC con il centro della cupola C. L'angolo α formato da queste due rette è α =42.7'±0.2' come dai dati in figura, ricavati da satellite e in situ (offset AB). L'azimut del Sole misurato con precisione crescente in tre diverse

1 Benedetto XVI, Angelus 21 dicembre 2008 http://w2.vatican.va/content/benedict-xvi/it/angelus/2008/documents/hf_ben-xvi_ang_20081221.html

circostanze serviva ad orientare in senso assoluto l'asse FC, per capirne l'orientamento ed il metodo con cui è stato ottenuto.
Tutte le misure sono state fatte da una posizione P, eccetto quando l'ombra dell'obelisco arrivava da sola al portone centrale della Basilica. Il 31 marzo, il 1 e l'8 aprile 2017 sono stati fatti questi rilievi al mattino (azimut OF) e alla sera (azimut PC dall'asse FOP, P=Ponte S. Angelo, P'=532 m da C) sfruttando la posizione del Sole alla sera esattamente sul centro della Cupola e al mattino opposto all'asse OF (mediante l'ombra). Tabella con azimut degli assi OF, OC ed FC:

Data	Tipo di misura	Azimut Sole	Asse Basilica
31/3/2017 h 7:23:03	Ombra (asse OF)	268°17' (±2')	88° 58'±3'
01/4/2017 h 18:43:05	Sole (asse POC)	268°26' (±1')	89° 23'±3'
08/4 h 18:29:02±1s	Sole (asse P'OC)	268°25'53″±10″	89° 17'±2'
11/4 h 18:23:06±1s	Sole (asse P'OC)	268°25'35″±10″	89° 16'±2'
06/05/2016 h 8:20:09	Proiez. Sole (asse FC)	269° 12' 59″±10″	89° 13'±0.5'

Con la misura più accurata fatta mediando gli istanti dell'eclissi prodotta dalla lanterna l'8 aprile, vista da via della Conciliazione a 230 m dall'obelisco, è fissata una direzione assoluta, e dai triangoli costruiti a partire dall'offset misurato a piazza Pio XII di 75 cm a 117 m dall'Obelisco ricaviamo la direzione verso cui è orientato l'asse della Basilica: un azimut pari a 89° 17'±2' La Basilica è orientata ad 1° dall'Est (az. =90°).
Una misura realizzata in Basilica il 6 maggio 2016 con l'allineamento della luce del finestrone centrale con il "Gloria" del Bernini fornisce l'asse FC "da dentro" pari a 269°13', cioè 89° 13' solo 4' differenti dal risultato ottenuto con queste misure esterne. La media pesata delle cinque misure in tabella dà 89° 13' 15″±30″

L'equinozio ecclesiastico e la sua percezione all'altare

Al Concilio di Nicea presieduto da Costantino venne decretato come equinozio ecclesiastico il 21 marzo.[2] Il 21 marzo del 315 d.C. il Sole sorgeva a 89°03' e quella data potrebbe essere stata quella in cui si è cominciato a tracciare l'asse della futura Basilica Costantiniana di san Pietro, che l'attuale conserva.

Tra azimut calcolato per il sorgere del Sole il 21/3/315 (con Ephemvga) 89°03' e quello nella direzione dell'asse della Basilica misurato oggi (con osservazioni basate sul tempo universale coordinato UTC e calcoli fatti con le effemeridi Ephemvga, Stellarium, IMCCE e Calsky e le misure a terra successivamente descritte) c'è una differenza di soli 10', tre volte quella che la celebrata Piramide di Cheope ha col Nord geografico.[3]

Gli architetti di Costantino hanno svolto con precisione il loro compito e Bernardo Rossellino prima, e Bramante, Raffaello, Michelangelo e Maderno poi ne hanno conservato l'allineamento.

Al Concilio di Nicea con la definizione di equinozio ecclesiastico era stato aggirato il problema dell'osservazione del vero equinozio, lasciando ai matematici i problemi del computo della Pasqua, ovvero del calcolo delle fasi lunari da un anno all'altro e nei secoli venturi. Però questa soluzione pratica evitò di scoprire che il vero equinozio era già arretrato di 3 giorni, che sarebbero diventati 10 alla riforma del Calendario di Gregorio XIII del 1582, con cui si arrestò anche l'anticipo dell'equinozio astronomico su quello ecclesiastico, eliminando l'anno bisestile secolare 3 volte su 4.

2 Il documento originale di Nicea non lo troviamo, né gli autori né gli esperti consultati, eppure il 21 marzo è tramandato di padre in figlio...e proprio per questo ci si ritrovò nel 1582 col calendario 10 giorni indietro

3 K. Spence, Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids, Nature **408**,320 (2000)

La Basilica di San Pietro in Vaticano sarebbe dunque proprio la prima applicazione visibile di questa regola che legava l'equinozio al giorno 21 marzo fissato da Giulio Cesare quasi 400 anni prima. Il Papa che celebrava all'altare della confessione di san Pietro, quando era illuminato dalla luce del Sole che sorgeva, sapeva che la prima Luna Piena successiva sarebbe stata quella pasquale, e la domenica dopo questa, come aveva stabilito papa Damaso, sarebbe stata Pasqua, la festa centrale del Cristianesimo.

Conclusioni

Dieci anni prima del Concilio di Nicea a Roma si anticipava il concetto di equinozio ecclesiastico proprio nell'allineare la Basilica di san Pietro, che l'Imperatore Costantino aveva stabilito di costruire nell'ager Vaticanus, sulla tomba di Pietro.

Abbiamo misurato l'allineamento della Basilica con una precisione di 1' usando gli allineamenti del Sole sia dentro che fuori. L'azimut misurato di 89° 13.3'±1' è consistente con il sorgere del Sole del 21 marzo del 315 (89° 03'), e questa potrebbe essere proprio la data di inizio lavori della Basilica Costantiniana, nella cui continuità è stata edificata l'attuale Basilica. La Basilica fu poi consacrata da papa Silvestro entro l'anno 335. L'ipotesi della continuità è necessaria perché le mappe disponibili non arrivano certo al minuto d'arco di precisione. Questa datazione è la più precisa mai proposta, come solo l'astronomia può permettere. Da un anno all'altro l'azimut di levata il 21 marzo varia di 8'. Degli altri giorni di 21 marzo solo il 319 (89° 02') e il 323 (89° 01') si avvicinano al valore misurato, con un allontanamento progressivo di 1' ogni 4 anni, effetto dell'incremento dell'intervallo tra anno tropico e anno giuliano. La piazza sistemata dal Bernini con l'obelisco collocato dal Fontana si adegua sostanzialmente all'impostazione originale, e la meridiana del Maccaranio

mostra la differenza con l'esatto orientamento Est-Ovest, anche se è deviata anch'essa di 5'.[4]

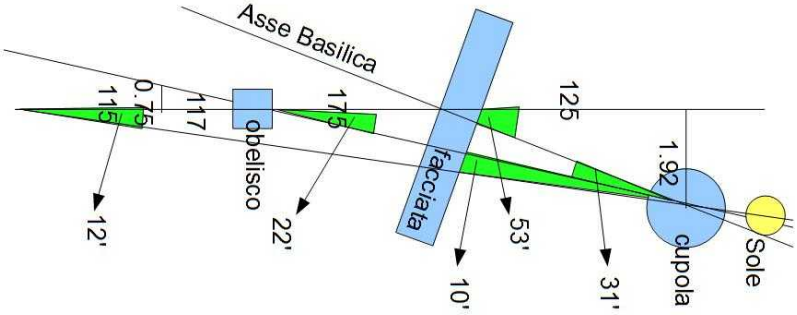


Fig. 1 Misure in metri e angoli in minuti d'arco nella configurazione Cupola, Facciata Obelisco e osservatore. Gli angoli sono ottenuti con la trigonometria piana dei triangoli rettangoli, la sola misura presa al suolo è quella di 0.75 m, ed ha una precisione di ± 1 arcminuto, le altre distanze sono ricavate da satellite (Google maps); 1.92 m è calcolata. Gli angoli qui indicati sono relativi e arrotondati al minuto d'arco; da una posizione del Sole si ricavano gli orientamenti assoluti. Si vede da questa figura che all'azimut solare quando dalla linea Obelisco-centro Facciata (posizione dell'osservatore) il Sole si trovava sul centro della Cupola bisogna aggiungere 31'+10'=41' per avere l'azimut dell'asse della Basilica.

Incertezze di misura dell'offset tra obelisco-facciata e cupula

Dal limite della piazza Pio XII con via della Conciliazione (153 m dall'Obelisco) e sul confine della piazza S. Pietro (93.5 m) allineando un occhio[5] con la punta dell'Obelisco e il centro Facciata prima e poi sempre con l'Obelisco e la Cupola si

4 Sigismondi, C., arxiv 1109.3558 (2011)

5 Secondo il metodo di Archimede nell'Arenario, per misurare il diametro del Sole lo si confronta col diametro apparente di un cilindro visto dal bordo di un regolo con un occhio solo.

valuta un offset rispettivamente di 3 piedi (96 cm) e 2 piedi (64 cm) che porta alla valutazione dell'angolo α=22.5±1 arcmin.
La sola pupilla aperta a 0.7 cm corrisponde a ¼ arcmin a 94 m.

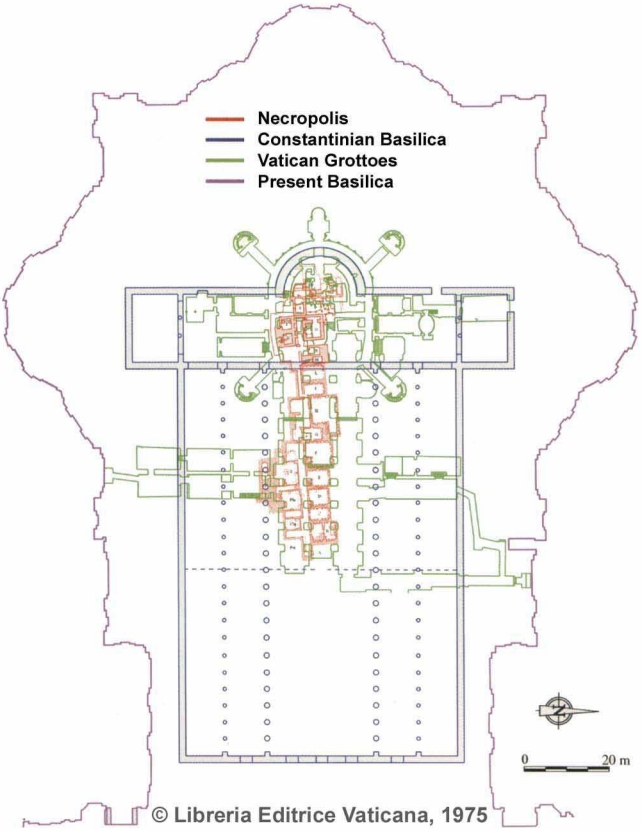


Fig. 2 Sovrapposizione tra la mappa della Basilica di S. Pietro attuale, quella Costantiniana, le grotte vaticane e la necropoli vaticana. [http://stpetersbasilica.info/Plans/necropolis%20layers.jpg]

Ringraziamenti: al dr. Umberto Utro curatore delle antichità cristiane dei Musei Vaticani per le sue preziose indicazioni.

Referenze:

Tessari, C. a cura di, San Pietro che non c'è, Electa 1997
G. Giudice, www.dpgi.unina.it/giudice/calendar/pasqua.html

Misura di velocità e quota delle nubi

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*
Tiziana Colavitto *(Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The concept of angular velocity is related with Ptolemy and Copernicus models for the solar system, or to introduce the centrifugal force. The cloud offer an almost daily application of the concept, provided an angular calibration of the window from which observation takes place and a fixed position for the eye. Absolute velocities can be retrieved from satellite data (or from shadow's ground velocity), and the corresponding ceiling quote calculated.

Sommario La velocità angolare è introdotta per comprendere i sistemi di Tolomeo e Copernico, oppure per spiegare la forza centrifuga. Il moto delle nubi offre un oggetto quotidiano di applicazione del concetto, una volta calibrata angolarmente la finestra da cui avviene l'osservazione e fissata la posizione dell'occhio. Le velocità assolute si possono ricavare dai dati via satellite (o dalla velocità a terra dell'ombra), e le quote corrispondenti della base delle nubi, calcolate.

La nefoscopia nel modello di atmosfera piano parallela

L'atmosfera piatta è un modello molto semplice di atmosfera, che offre buoni risultati in fotometria[1] e nefoscopia (osservazione delle nubi) per altezze maggiori di 15° sopra l'orizzonte. I limiti del modello sono quelli geometrici, che prevedono una distanza che va all'infinito per h°->0, e così un'estinzione della luce che va all'infinito per h°->0, mentre è esperienza comune osservare il Sole tramontare sul mare h=0°. Terra e atmosfera sono sferiche, come prova ogni tramonto.

Tuttavia la geometria del modello piano parallelo consente misure «dirette» della quota delle nubi, o delle scie degli aerei.

Taratura di una finestra per misure di velocità angolari

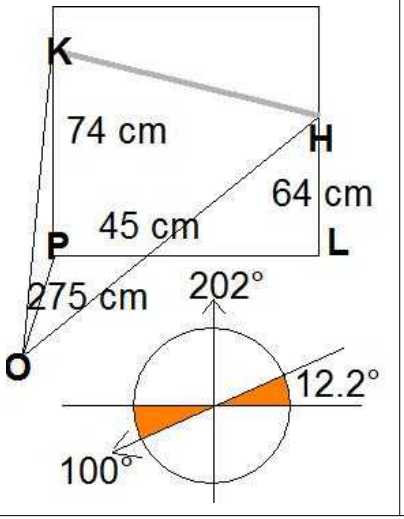
E' possibile usare una finestra, disponibile in ogni classe, per fare misure di velocità angolari. Si sceglie prima la posizione dell'occhio (uno solo) e con un metro si misura in orizzontale la distanza OP, e la larghezza della finestra PL; poi l'altezza PH

1 In fotometria si usa la massa d'aria X, pari a X=1 per l'astro allo zenith, e X=1/sen(h°) per il modello piano parallelo; per $\Delta X=1$, $\Delta mag=0.23$.

a cui si traguarda la nube che vogliamo studiare; contestualmente si prende il tempo di inizio della misura. Si attende che la nube percorra tutta la luce della finestra e si prende il tempo di arrivo. Con il teorema di Pitagora ed il concetto di tangente dell'angolo si ricava l'angolo visuale PÔL percorso dalla nube parallelamente alla finestra, e quello HÔK perpendicolare.

Due componenti della velocità angolare sono ora disponibili per la nube in istudio. Se la nube si è alzata rispetto all'orizzonte, poiché la quota è costante, si è avvicinata a noi.

Come esempio si sono considerati i cirri alle h 15 del 1/5/2017 a Roma [grazie all'Ing. Margarita Ruiz Olazar per l'assistenza].



Cirrus Spissatus[2]
OP=275 cm PL=45 cm
PÔL=9.06°
HL=64 cm PK=74 cm
HÔL=13.1° altezze della nube
KÔP=15.1° sull'orizzonte
base nubi (ceiling[3])= 10851 m
velocità nubi[4] = 27 m/s
ω parallela =1.76'/s
ω perpendicolare =0.38'/s
ω tot =1.9'/s @ 13°
h[m]~v/ω[rad]·sen(h°)
h[m]≈10952 m

Il risultato ottenuto è molto vicino al dato del ceiling sul sito AccuWeather.com, ottenuto da dati radar dell'ENAC.

La direzione delle nubi si ottiene ponendo allo zenith le due

2 www.wmocloudatlas.org/species-cirrus-ci.html atlante nubi ed. 3/2017

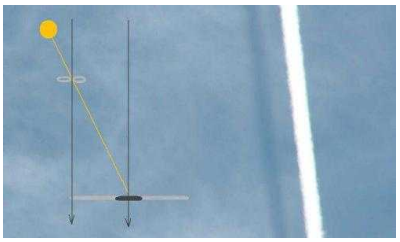
3 www.accuweather.com/en/it/rome/213490/astronomy-weather/213490 consultato alle ore 15:15 del 1 maggio 2017

4 Dati ricavati dal rapporto spazio/tempo da due foto satellitari dopo 105 minuti https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/week/rome_italy_3169070

componenti del vettore velocità angolare così misurate: poiché la finestra è orientata a 202° di azimut, cioè 22° Ovest dal Sud, e α=arctg(0.38/1.76)=12.2°, quindi la direzione di quelle nubi era verso l'azimut 100°, consistente con le immagini satellitari.

Lo studio delle scie degli aerei

Un'applicazione di queste misure può riguardare lo studio del comportamento delle scie lasciate dagli aerei: segnatamente l'espansione del gas. Il sito planefinder.net consente di ritrovare i dati di volo degli aerei con una precisione di 1 s fissando il tempo del playback da menù. Quota e velocità si possono ricavare da web, e l'evoluzione delle dimensioni laterali della scia si può ottenere da un filmato o da foto sincronizzati col tempo campione italiano. Capita che un aereo voli al di sopra di uno strato di nubi, e la sua scia proietti l'ombra sopra le nubi. Dall'inclinazione del Sole e dalla misura della distanza tra ombra e scia si ricava la quota della nube da quella dell'aereo. Come esempio ancora cirri (fibrati) del 1/5/17



Scia diHV5638 a 11582 m di h

La distanza dell'ombra su Cirrus Fibratus a sinistra della scia dell'aereo è 2 volte la larghezza della scia (60 m). Il Sole il 1/5/17 h 12:26 è a 62° di altezza. La nube sottostante è 112 metri sotto, cioè 11470 m.

Questa nube appartiene allo stesso gruppo studiato alle 15:15.

Lo studio degli aloni solari e lunari, e la quota del ceiling

L'estensione angolare degli aloni immediatamente adiacenti a Luna e Sole dipende dalle caratteristiche del velo di nubi in quota. Questi aloni prendono anche il nome di corone[5] nonostante la natura puramente ottica del fenomeno, rispetto

5 www.atoptics.co.uk/droplets/corona.htm per il Sole /cormoon.htm per la Luna e /iris.htm per il software di simulazione dello scattering di Mie

all'emissione atomica della corona solare vera e propria.
La misura della quota del velo di nubi è stata fatta con il metodo sopra descritto, con cui sono stati validati i dati sul ceiling di accuweather.com.

Aloni, corone, quote e scattering di Mie

Come già Newton ha spiegato l'arcobaleno in Opticks (1704[6]) la luce del Sole viene rifratta attraverso cristalli di ghiaccio, dato che il livello dello zero termico è ben inferiore alle quote esaminate,[7] e gli angoli a cui si ritrovano i vari colori dipendono dalla riflessione totale interna nella goccia/cristallo e dall'indice di rifrazione n(λ). Tuttavia ci sono nubi che producono le corone attorno a Sole e Luna ed altre, come gli altostrati,[8] che producono solo aloni bianchi di raggio r < 2°.
Aloni bianchi sono presenti, attorno al Sole, anche senza nubi: è la diffusione in avanti della luce da parte delle molecole che compongono l'atmosfera, che è massima proprio lungo la linea di vista con la sorgente luminosa. È il forward scattering, che ad es. rende traslucido, parzialmente opaco, un vetro un po' impolverato attraverso cui riceviamo luce. Questi aloni bianchi danno una misura angolare della efficienza angolare di diffusione in avanti dello scattering di Mie, da micro-sferette.

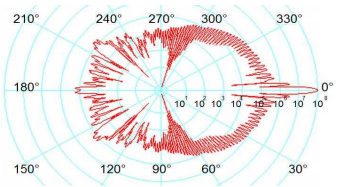


Diagramma polare della sezione d'urto della diffusione di Mie [unità log.]

Ogni cerchio concentrico corrisponde ad un rapporto di intensità 1:10, perciò il grafico polare (per mostrare la distribuzione angolare) è in scala logaritmica. L'alone bianco è attorno a 0° (diffusione in avanti), 300 volte più intenso del resto.

6 Cfr. F. Giudice, Lo Spettro di Newton, Donzelli editore, Roma, 2009
B. Maitte, Storia dell'Arcobaleno, Donzelli editore, Roma, 2006

7 Atmosfera standard US1976 dati su: http://aero.stanford.edu/stdatm.html

8 www.wmocloudatlas.org/altostratus-as.html qui *halos* policromi e r≤22°

Sebbene la teoria di Mie non sia necessaria per spiegare gli arcobaleni, rappresenta bene i fenomeni di aloni policromi.[9]
Le nubi non danno aloni quando sono troppo dense/opache.

Misure 'istantanee' di velocità angolare

Nel caso in cui le nubi passino davanti al Sole o alla Luna possiamo fare misure praticamente istantanee di velocità: il diametro angolare di Sole e Luna è poco più di mezzo grado, 32' tanto per il Sole che per la Luna, di media. Dunque è sufficiente cronometrare il tempo che la nuvola impiega a coprire completamente il corpo celeste per avere una stima della velocità angolare, oppure usare il diametro apparente di Sole e Luna per stimare l'ampiezza delle corone.

Fig. 2 Alone lunare dietro un velo di nubi a 9 Km di quota (Roma, 12 aprile 2017 h 0); le nubi in Fig. 2 si muovevano talmente lentamente che la loro velocità angolare era confrontabile con quella della Luna rispetto all'orizzonte. Meteoblue dava qualche nube a 9 Km, mentre Accuweather

9 www.philiplaven.com/p1.html , www.philiplaven.com/mieplot.htm

dava il *ceiling* a 33400 piedi, cioè ad 11 Km. L'osservazione e il calcolo trigonometrico davano 8 Km includendo la velocità da satellite valutata in 20 km/h, escludendo la quota di 11 Km.

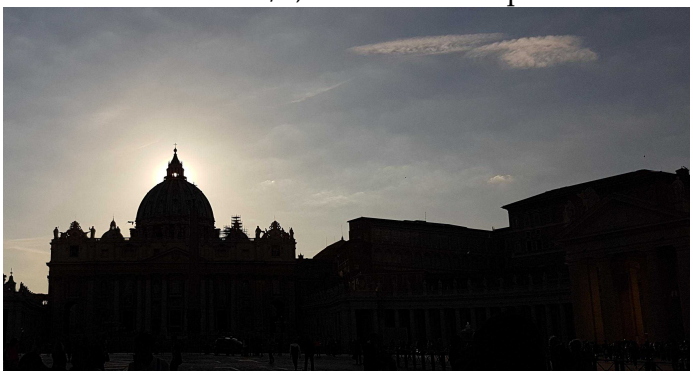


Fig. 3 Lo stesso tipo di nubi di fig. 2 viste l'11 aprile ore 18:28[10] producono una corona attorno al Sole, occultato dalla lanterna.

Un altro esempio di misura di velocità angolare di nubi senza riferimenti quali la finestra di osservazione è stato col Sole in spiaggia. Uno dei pomeriggi di fine estate, con forte vento da occidente e spiaggia (parallela al vento) deserta: le nubi (cumulus fractus[11]) correvano veloci e quando qualcuna passava davanti al Sole provocava un rapido abbassamento della luce nello spazio di alcuni secondi $\Delta t=3s$.

La velocità angolare era dunque $\omega=32'/\Delta t$.

Era possibile stimare anche la velocità tangenziale delle nubi, poiché l'ombra correva sulla spiaggia, raggiungendo riferimenti distanti in un tempo misurabile, per esempio 100 m in 20 s. Risolvendo l'equazione $\omega=v/D$ nell'esempio qui riportato $D=v/\omega=5m/s/32'/3s$, e trasformando in radianti $32'=9.3\cdot10^{-4}$ rad si ottiene D=1611 m.

Referenze: www.wmocloudatlas.org/ (2017) US Standard Atmosphere 1976; Mie & Tyndall Scattering wiki

10 Si ringrazia per le Foto 2 e 3 le Prof.Valeria e Giuseppina DeFeliceProia.

11 https://www.wmocloudatlas.org/species-cumulus-fractus-cu-fra.html

Il metodo di Aristarco è solo un modello?

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*
Giorgia Agolini *(Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The method of Aristarchus of Samo to measure the distance Earth-Sun is well known as the first step in the cosmological distance ladder. Our task is to understand if it is worth to repeat it also experimentally, with positive conclusions, especially with respect to the experimental design.

Sommario Il metodo di Aristarco sulla misura della distanza Terra-Sole è un classico delle distanze cosmologiche. Vogliamo capire se oggi è solo da citarsi come modello concettuale o vale la pena ripeterlo sperimentalmente. Opportune misure angolari e temporali, e trigonometria sferica, completano il quadro sperimentale necessario.

Il metodo di Aristarco per la distanza Terra-Luna

Tra i trionfi della geometria greca spicca la risoluzione del triangolo rettangolo nella Luna esattamente al primo o all'ultimo quarto, ad opera di Aristarco di Samo, che giunse ad un valore pari a 20 volte la distanza Terra-Luna, pari a sua volta a 60 raggi terrestri. La criticità del metodo è stata individuata proprio nelle misure angolari fatte senza "gonio-telescopio": l'angolo Sole-osservatore-Luna (l'elongazione) risultava differire di 3° da 90°, anziché di solo 9' per dare il risultato corretto.[1]

Ma come migliorare le misure angolari di Aristarco rimanendo nell'astronomia ad occhio nudo? Con l'idea di riproporre in ambito didattico l'esperimento, ecco quanto emerge.

Fase lunare, coordinate azimutali e trigonometria sferica

La prima condizione è la Luna in quadratura esatta, ma questa fase può non essere percepita con altrettanta esattezza,

La Luna con un buon 50% di probabilità può avere la fase giusta durante la nostra notte, e se questo metodo deve essere applicato solo nella quadratura esatta, non sarebbe di alcuna

1 E. Castelnuovo, C. Gori Giorgi, D. Valenti, Trigonometria, La Nuova Italia, 1986, p. 24.

utilità pratica. Abbiamo scelto perciò di misurare le differenze tra le coordinate azimutali di Sole e Luna, e poi risolvere il triangolo sferico risultante, la cui ipotenusa è l'angolo che misurava Aristarco, in tutte le occasioni in cui i due astri sono ben visibili, cercando di valutare gli errori nella determinazione della fase (in digiti[2]) e quelli dell'elongazione.

Dati sperimentali

Usando i digiti decimali possiamo apprezzare il mezzo digito, ovvero un decimo del raggio lunare. noi per esempio il 19 aprile 2017 abbiamo percepito la Luna in quadratura già alle 11, con un'ora di anticipo, mentre il 3 maggio 2017 alle 19 appariva già oltre di circa 1/10 del diametro lunare (la fase infatti era il 54%). Se l'errore sulla quadratura fosse al meglio di ± 1 ora, in termini di fase (o di percentuale di diametro, chiamata digitum) avremmo lo 0.28%, che corrisponde a meno di 6″ d'arco, una quantità inapprezzabile ad occhio nudo, per effetto della risoluzione angolare limitata a 50″ dall'apertura pupillare di circa 2 mm (è di giorno che si fanno queste misure con Sole e Luna) e per la forte irradianza lunare (fenomeno di abbagliamento per cui il bordo appare più ampio di quanto realmente sia). Sulle distanze angolari Sole-Luna: per l'azimut si traccia il più possibile in contemporanea (nello spazio di un secondo) l'ombra di un riferimento verticale e la direzione di un traguardo verso la Luna (un reggi-libri di metallo ad angolo retto, per es. di 15 cm di dimensioni); per l'altezza l'estremo dell'ombra per il Sole ed una misura diretta per la Luna, sempre con l'accortezza di usare un solo occhio per traguardare, come faceva Archimede,[3] che arrivò a stabilire il diametro solare correggendo anche per l'errore introdotto dal diametro della pupilla. L'errore commesso con questi

2 *www.youtube.com/watch?v=xG0ug9iwsLY* Eclissi del 20 marzo 2015

3 Archimede, Arenario.

strumenti è stato migliorato fino a 23', valutato con il confronto con le effemeridi, per ognuna delle due misure angolari, che diventano ±33' per l'elongazione.

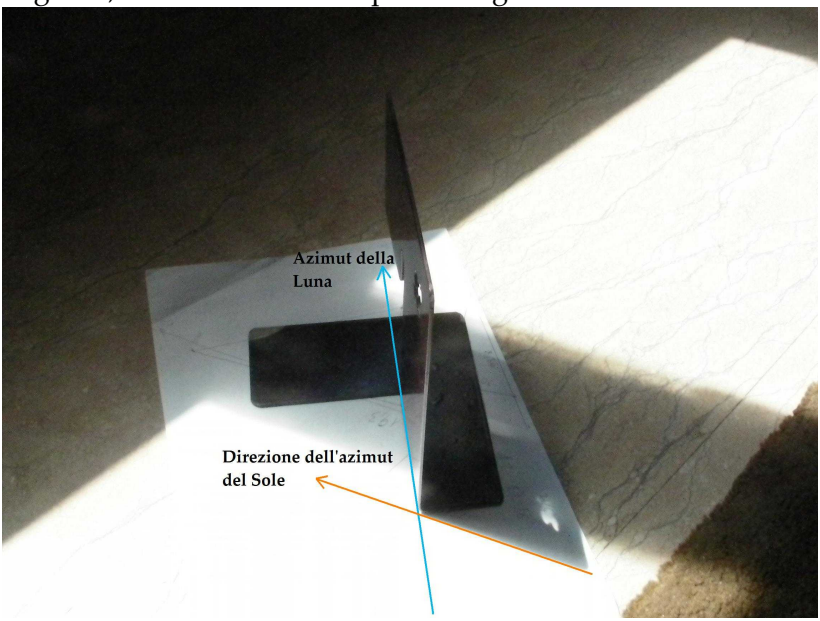
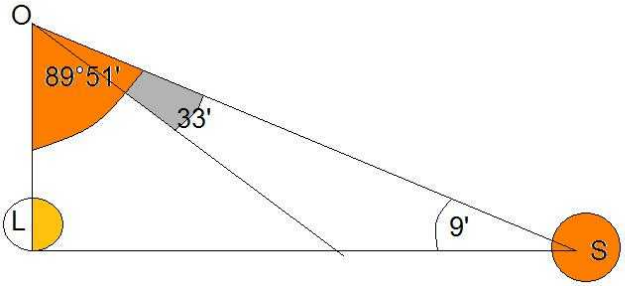


Fig. 1 determinazione degli azimut di Sole e Luna: l'occhio si usa solo per leggere il cronometro e traguardare la Luna.

L'errore di 33' per questo piccolo apparato è dovuto anche alla penombra solare, che ha un'ampiezza proprio di quest'ordine e si può ridurre solo su dimensioni maggiori, come faceva Tycho Brahe che scese a 20″ di risoluzione angolare.

Risoluzione del triangolo rettangolo sperimentale

L'ombra del Sole viene tracciata a partire da un punto qualsiasi, avendo l'accortezza di predisporre un vertice sul foglio, dove già far cadere il fulcro dell'ombra. Gli angoli del triangolo vengono risolti con il teorema del coseno, o col teorema dei seni. In modo analogo si procede per le altezze degli astri. Durante un'ora l'elongazione varia di 0.5°, mentre azimut e separazioni possono cambiare di molti gradi.



Ritornando all'esempio classico fatto nella quadratura, perturbiamo gli angoli del triangolo ideale in accordo con le misure fatte, e applichiamo all'angolo LÔS l'errore di 33': l'angolo diventa di 89°18', la sua tangente è 82 invece che 382.
L'unità astronomica verrebbe così sottostimata al 21% del suo valore, 31.5 milioni di Km, ma comunque quattro volte più grande della prima stima di epoca alessandrina.
Nella storia si dovette attendere le osservazioni del transito di Venere di J. Horrocks del 1639 per arrivare a questa stima.

Come migliorare i risultati di Aristarco di Samo

Mettendo a punto il sistema fotografato in fig. 1 erano stati fatti altri tentativi che davano differenze in azimut di 1.6°±0.6° rispetto alle effemeridi, in chiaro accordo con il risultato di Aristarco; il trend di miglioramento ha portato al risultato di soli 0.39° di differenza.
La misura delle altezze deve essere simultanea agli azimut: ogni quattro secondi di differenza tra una misura ed un'altra portano una variazione di 1' nelle distanze angolari, poiché gli astri si muovono. Solo più osservatori e strumenti di grande dimensione, come quelli che Tycho Brahe fece costruire per il suo osservatorio,consentono migliorie. L'altezza della Luna calante si può misurare predisponendo un traguardo orizzontale lontano ad altezza fissata, che quando taglia a metà il disco lunare, ne dà automaticamente l'altezza.

Studi prospettici sulla fascia dell'eclittica dell'Atlante Farnese

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*
Carlo Calore *(Istituto Tecnico G. Belzoni, Padova)*

Abstract We present a study, carried out on photographic images, of the ecliptic strip of the Atlas Farnese, a statue found before 1550 in Rome. This statue was supposedly carved according to the celestial catalogue compiled around 129 b. C. by Hypparchus but subsequently lost. The obliquity of the ecliptic is deduced as 24.1° ± 0.5° along with the width of the strip of 7.5°, in good agreement with Ptolemy's Almagest table of planetary inclinations (Book XIII.5).

Sommario la fascia dell'eclittica dell'Atlante Farnese, statua scolpita secondo i canoni del 129 a. C. e rinvenuta prima del 1550 a Roma, è stata studiata da foto per ricavare la sua ampiezza 7.5°±0.3° e l'obliquità dell'eclittica 24.1°±0.5°. Già la statua è stata considerata una testimonianza in pietra del Catalogo di Ipparco andato perduto, e la misura dell'ampiezza della fascia zodiacale è una nuova conferma di questa ipotesi, risultando a fortiori in accordo con l'Almagesto di Tolomeo (Libro XIII.5).

L'Atlante Farnese nella storia dell'astronomia

La statua è stata venduta da un antiquario al Cardinale Alessandro Farnese nel 1562 e restaurata negli anni suuccessivi. È alta 1.85 m, e l'Atlante mitologico porta un globo di 65 cm di diametro con le costellazioni ed i cerchi notevoli della sfera celeste sopra raffigurati. Probabilmente esisteva un originale greco in bronzo, e si è fatta l'ipotesi che ornasse la biblioteca di Traiano al foro di Traiano.

La statua può essere stata copiata a Roma per la costruzione delle Terme, o come il Laocoonte, essere un originale greco, in tutti i casi è una delle meraviglie scultoree del mondo antico, di sicuro per le informazioni astronomiche particolarmente accurate ivi contenute. È stata oggetto di studi scientifici da parte di molti astronomi tra i quali Francesco Bianchini, autore della Meridiana Clementina nel 1702, insieme a Giandomenico Cassini;[1] Bradley E. Schaefer, di recente ha riportato

1 Cfr. V. Valerio, L'Atlante Farnese [...] Electa, Napoli (2005) p. 233

all'attenzione degli storici questa sfera celeste per la sua probabile realizzazione secondo lo scomparso catalogo di Ipparco.[2]Lo studio dettagliato dello Schaefer ricostruisce la posizione di 70 stelle sulla sfera celeste con una precisione media di 2.5°, che migliora a 0.9° nel caso dei cerchi Artico ed Antartico. Questi cerchi erano in uso anche nelle cosidette "sfere latine"[3] e descritto anche da Gerberto d'Aurillac nella lettera a Costantino di Fleury datata 980 d. C.,[4] mostrando come una tradizione astronomica occidentale si sia mantenuta attraverso l'antichità indipendentemente dalla conservazione dei testi originali di Ipparco e dal riferimento di Tolomeo.

Misure da una foto: fotogrammetria di una sfera

Se Bradley Schaefer presenta dettagliatamente il metodo fotogrammetrico adottato per ricavare le coordinate di punti notevoli della sfera, noi vogliamo presentare solo le misure dell'ampiezza della fascia zodiacale e la sua inclinazione sull'equatore celeste, a partire da una sola foto.

L'accorgimento fondamentale è quello di centrare nella foto il punto dove l'eclittica interseca l'equatore (il punto γ), in modo da trovarsi esattamente sulla verticale di questo punto della sfera celeste. Da questo punto non si osservano deformazioni angolari nell'intersezione dell'eclittica con l'equatore e sono minime quelle della fascia zodiacale che avvolge l'eclittica. Inoltre poiché i bordi della sfera sono equidistanti dal punto di osservazione le misure della fascia zodiacale posso farsi anche sul bordo. Centrando il campo di vista sul punto γ si limitano al massimo le deformazioni angolari dell'ottica delle lenti della camera fotografica ai bordi della sfera, rendendole possibilmente tutte uguali. La foto seguente soddisfa questi

2 B.E.Schaefer,J.Hist.Astronomy**36**,167(2005) D.W.Duke JHA**37,**87 2006
3 M. Zuccato, Archivum Bobiense Studia V, 167-186 (2004)
4 C. Sigismondi, La Sfera di Gerberto, Gerbertus 1, 1-14 (2010)

requisiti, con il centro della sfera che sta a 7 cm da quello della foto da un lato e dal punto γ dall'altro.

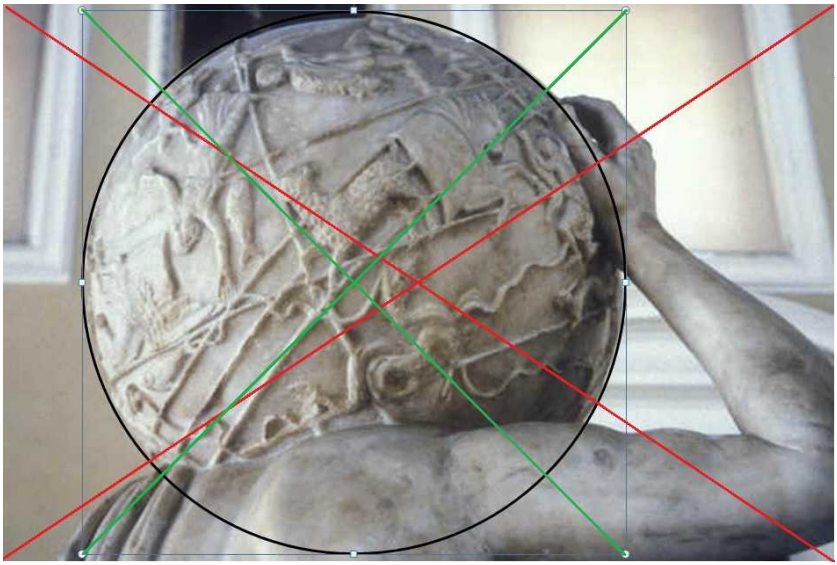


Fig. 1 Studio dei centri della foto e della sfera

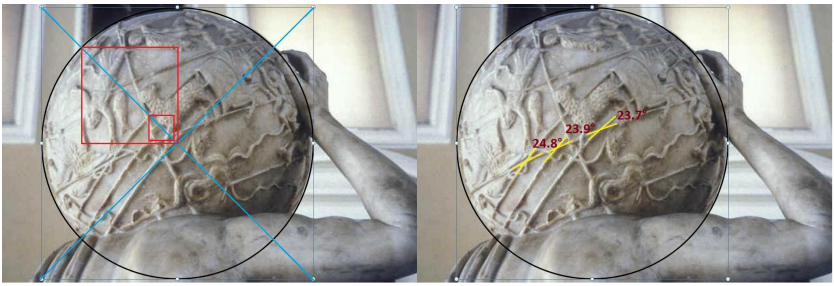


Fig. 2 Sinistra: misura della fascia zodiacale in rapporto al diametro (58:220 in pixel) Destra: studio delle inclinazioni dei cerchi che limitano l'eclittica con l'equatore celeste.

La fascia zodiacale in numeri e le conclusioni

L'ampiezza risulta di 7.22°±0.3° facendo la media tra le due ampiezza a Nord e a Sud dell'eclittica. Questo valore va confrontato con le massime latitudini eclitticali raggiunte dai

pianeti secondo il modello geocentrico, oppure con le osservazioni. Tolomeo ci ha trasmesso i migliori modelli geometrici del sistema planetario, con i quali cercava di "salvare i fenomeni", ma non possiamo escludere che i dati osservativi in dote all'astronomo che ha definito le ampiezze dei cerchi della sfera Farnese potessero essere più accurati del modello tolemaico. Secondo Tolomeo, Almagesto XIII.5, il pianeta che raggiunge la massima latitudine eclitticale è Marte con 7°07' (7.1°) nel limite Sud, tutti gli altri sono all'interno di questo valore, Venere arriva a 6°22' (6.4°) a Nord. L'Almagesto è basato su un numero limitato, ma sufficiente di osservazioni planetarie.

La verifica dei modelli planetari dell'Almagesto è avvenuta nel corso dei secoli ad occhio nudo fino a Tycho Brahe, sui cui dati Keplero si è basato per la sua Astronomia Nova 1609. Proprio Marte fu oggetto dello studio di Keplero, che evidenziò differenze di 8' tra osservazioni e teoria. Tycho osservava con strumenti di progettazione innovativa, che gli consentirono una precisione migliore di 1', grazie a cui realmente restaurò l'Astronomia. Il secondo parametro è l'inclinazione dei tre cerchi della fascia zodiacale sull'equatore, la cui media è $\varepsilon=24.1°\pm0.6°$. Questo dato è vicino a quello ottenuto da Schaefer di $\varepsilon=23.85°\pm0.9°$ e si può associare al lento movimento di variazione dell'obliquità dell'eclittica che in 48 mila anni oscilla di circa $\pm1°$ attorno a $\varepsilon=23.5°$. Oggi questo moto è conosciuto con precisione sufficiente[5] per datare la scultura o i dati usati dallo scultore a partire da ε. La data è compatibile con il 129 a. C. in cui Ipparco pubblicò il suo catologo stellare.

La novità di questo articolo è nella misura dell'ampiezza della fascia zodiacale, in accordo più con Tolomeo che con wiki[6]!

5 J. Laskar, A. Fienga, et al., Astron. Astrophys. **532**, A89 (2011)

6 La voce zodiaco in italiano si riferisce a treccani.it/enciclopedia/zodiaco/

Ipparco e la precessione degli equinozi

L'astronomo Ipparco è celebre per aver scoperto il moto di precessione della sfera celeste, confrontando le sue osservazioni di Spica con quelle di Timocharis di 144 anni prima. In prima approssimazione si mantiene fissa l'obliquità dell'eclittica di ε=23.5°, e i nodi dell'orbita ruotano di 50″ all'anno rispetto all'equatore celeste, precedendo, cioè arretrando rispetto al moto medio del Sole. In altre parole se il Sole si muove verso Est passando dai Pesci all'Ariete etc., i nodi della sua orbita apparente vanno verso Ovest nella direzione opposta. L'equinozio vernale (di Primavera) pertanto si è spostato dall'Ariete ai Pesci in 2000 anni dai tempi di Ipparco, ed ora sta entrando nell'Acquario. In 144 anni lo spazio percorso era stato di 2°, la precessione compie un giro completo in 25800 anni.

Anche la precessione consente di datare la sfera Farnese, proprio grazie al fatto che è rappresentato il punto γ, nodo ascendente dell'orbita, cioè quando il Sole passa dall'emisfero australe a quello boreale. L'intersezione tra equatore, eclittica e coluro equinoziale nella sfera Farnese non avviene esattamente in un unico punto (come si vede nella fig. 1).

Bianchini[7] valutò la precessione in 3°, e riconobbe in una moneta di Antonino Pio il profilo dell'Atlante, quindi apparso, secondo lui, a Roma in quel periodo, il 158 d. C.

Una precessione di 3° corrisponde a circa 214 anni, e per arrivare al 158 d. C. del terzo anno di consolato di Antonino Pio e ventesimo di potestà tribunizia, si dovrebbe partire dal 56 a. C.; Bianchini propendeva per i dati di Tolomeo, contemporaneo di Antonino Pio a cui dedicò la sua opera, da cui l'origine dell'Atlante nella moneta.

7 F. Bianchini, Globus Farnesianus […] Roma (1752), 1006 pp.

Precessione con una penna e quella della Terra

Si può studiare il fenomeno della precessione degli equinozi, un moto del corpo rigido che è la Terra, dovuto all'azione di Luna e Sole sul rigonfiamento equatoriale del pianeta, usando una penna.

La si lancia in rapida rotazione sul suo asse principale, quello dell'inchiostro, e si osservano le altre rotazioni più lente attorno alla perpendicolare a metà dell'asse principale.

Si vede come questi moti di precessione siano molto più lenti (1-2 giri al secondo) di quello di rotazione (circa 20 giri/s azionato a mano). L'asse polare principale della penna ha un raggio di ½ cm circa, mentre il raggio relativo all'asse perpendicolare è 10 cm; il loro rapporto è 1:20, come quello tra i periodi di rotazione, la forza di gravità con accelerazione $g=9.8\ m/s^2$.è la responsabile del fenomeno precessionale.

Per il pianeta Terra, che è una sfera oblata con il raggio polare solo di 1/298 più corto di quello equatoriale, il rapporto è 1 giro ogni 25800 anni per la precessione, contro 1 giro al giorno per la rotazione: la forza di gravità del Sole (e della Luna) agisce sul rigonfiamento equatoriale, ma con un'accelerazione molto più piccola di $g=9.8\ m/s^2$, che ora valutiamo. Per semplificare trascuriamo l'azione della Luna, con media a zero su un mese. Sapendo che il Sole ha un diametro pari ad 1/100 della sua distanza da noi e che la sua gravità superficiale è $28\cdot g$, a 200 raggi solari la sua gravità diventa $28/200^2\cdot g=7/10000\cdot g$. Questa forza tiene la Terra in orbita, mentre la differenza della forza sul rigonfiamento vicino al Sole e quello lontano determina la variazione dell'asse di rotazione. Questa differenza si esprime come $28\cdot g\cdot[1/(200-1/50)^2-1/200^2]=1.4\cdot10^{-7}\cdot g$ valendo il diametro terrestre 1/50 del raggio solare: g/7 milioni. Un periodo precessionale 7 milioni di volte quello rotazionale corrisponde a circa 20000 anni.

La velocità del suono con le campane di S. Pietro

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*
Margarita Ruiz Olazar *(USP, Sao Paulo, Brasile)*

Abstract We present a measurement of the speed of sound, feasible with the bells of St. Peters' in Vatican. The video made on Easter 2017 is studied, and the division in phases of the oscillation is exploited, in analogy with the measurements with 0.1 s accuracy in XVIII and XIX centuries.
Sommario La velocità del suono è ottenuta da un video del campanone che suona, fatto in piazza san Pietro il giorno di Pasqua del 2017. La divisione in fasi dell'oscillazione del campanone è sfruttata in analogia con le misure visuali al decimo di secondo, fatte tra settecento e ottocento.

Introduzione: precisione delle misure temporali col pendolo

L'astronomia di posizione ha sempre avuto un ruolo primario nell'uso di tecniche per conseguire la massima precisione nelle osservazioni. In alcuni casi era necessario misurare il tempo con grande accuratezza, come nelle occultazioni stellari, le eclissi solari, i transiti planetari, i transiti solari giornalieri, e si svilupparono tecniche opportune. Ci riferiamo in particolare a quelle in cui due osservatori uno guardava il fenomeno e l'altro il pendolo, per fissare l'istante del fenomeno su una delle quattro fasi di oscillazione, o su una loro frazione.

Ad esempio a Santa Maria degli Angeli Francesco Bianchini nel 1702-3 osservava il contatto del Sole con la linea meridiana mentre il collaboratore valutava la fase del pendolo nell'istante in cui l'immagine toccava o lasciava la linea meridiana.[1]

Con un po' di pratica non solo si riusciva a distinguere se il pendolo era a destra, centro, sinistra, centro nell'ambito di una oscillazione completa, ma anche in quale parte di queste fasi ciascuna di 90° si trovava. Con un pendolo Thuret (Parigi)[2] che batteva il secondo, questo potenzialmente permetteva una precisione anche di 0.1 s, facilmente di ¼ s.

1 F. Bianchini, De Nummo et Gnomone Clementino, Roma 1703
2 http://www.napoliartmagazine.it/wp-content/uploads/2016/07/Palazzo-Reale-Orologio-con-Atlante-che-regge-il-globo-300x440.jpg è di Thuret

Applicazione alle campane di san Pietro.

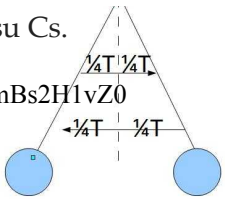
Nell'intento di misurare la velocità del suono abbiamo applicato gli stessi principi con le campane di San Pietro, accorgendoci che il suono di un rintocco arrivava non quando avveniva il colpo del battacchio, ma 1/3 di periodo di oscillazione dopo. Due video sono disponibili su youtube:[3] il colpo avviene quando il campanone è orientato verso la piazza e il suono si intende quando il campanone ha già oltrepassato ¼ di periodo (la verticale) e si avvia ad essere inclinato dalla parte opposta. Il periodo viene misurato dal numero di oscillazioni in tot secondi, nel nostro caso 10 in 29 secondi. $T=2.9\pm0.1$ s. Il ritardo con cui il suono arriva è valutato in 1/3 di periodo, $\Delta T=0.97\pm0.1$ s. La distanza dell'osservatore dalle campane si vede su google maps, 295 m, aggiungendo i 60 metri di altezza della facciata nel teorema di Pitagora: 301 m.

La velocità del suono $Cs=301/[0.97\pm0.1]=310(+0.36-0.29)$ m/s.

La valutazione di queste grandezze, relative al periodo e alla fase in cui il suono si ascolta sono state fatte sul posto con un orologio. A posteriori possiamo migliore la misura dai video.

Misure visuali e video: casi di san Paolo e villa Pamphili

Già nel 2003 nel tratto di via Ostiense che parte dalla Basilica di San Paolo abbiamo fatto misure audiovisuali con un segnale (fazzoletto che si abbassava ritmicamente tre volte prima di un fischio) e cronometro al centesimo di secondo. Il risultato, come precisione, è stato simile: $Cs=340\pm40$ m/s. L'abbassamento ritmico serviva a ridurre gli errori dovuti al tempo di reazione di chi cronometrava. A villa Pamphili nel 2012 abbiamo filmato alcune esplosioni a 300 m di distanza e poi analizzato il video un fotogramma alla volta: abbiamo trovato che in riproduzione i fotogrammi NON erano sincronizzati con il suono, e l'errore si ripercuoteva su Cs.



3 www.youtube.com/watch?v=1lS_GQ_2KyI e anche 9KmBs2H1vZ0

22 questioni di fisica e astrofisica per la maturità

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract 22 questions of physics and astrophysics for the bachelor's degree
Sommario 22 temi di fisica e astrofisica per l'esame di maturità.

1 radiazione di corpo nero e radiazione di Hawking

Il corpo nero è una cavità con un forellino da cui escono i fotoni che hanno rimbalzato moltissime volte contro le pareti interne raggiungendo un equilibrio in senso statistico. I fotoni che ne escono hanno la distribuzione spettrale (Energia vs Lunghezza d'onda oppure Energia vs Frequenza) di Planck, con picco alla temperatura T corrispondente (lambda-max·T=cost, legge di Wien). La temperatura è perciò un indice statistico, ed ogni fotone ha lunghezza d'onda (energia, frequenza) differente.

La radiazione di Hawking è quella che uscirebbe da un buco nero per effetto tunnell, un effetto quantistico grazie al quale una particella che non ha l'energia sufficiente per superare un ostacolo ha una probabilità non nulla di farlo lo stesso. La creazione di coppie virtuali nei pressi dell'orizzonte degli eventi descrive in modo alternativo questo processo.

2 buco nero come prodotto dell'evoluzione stellare

Una massa superiore a 1.44 masse solari senza più nessuna sorgente di calore che la terrebbe "gonfia" contro la gravità è soggetta ad un collasso a cui neanche il principio di esclusione di Pauli riesce più ad opporsi. Il collasso prosegue fino a che la massa entra nel suo orizzonte degli eventi, chiamato anche raggio di Schwarszchild $r=2GM/c^2$. Nemmeno la luce può sfuggire al buco nero, che ricorda solo la sua Massa, la sua Carica e il suo Momento Angolare (teorema *no-hair*). Quantisticamente, secondo la teoria proposta da S. Hawking, lentamente ogni buco nero può perdere materia mediante la cosiddetta radiazione di Hawking per effetto Tunnell.

3 L'elettrone ottico

L'interazione fotone-materia può essere rappresentata mediante quelle di Thomson e Rayleigh di elettrone ottico legato al nucleo da una forza elastica. Gli elettroni ottici, secondo una definizione del secolo scorso, sono quegli elettroni più lontani dal nucleo, soggetti ad una forza di attrazione efficace inferiore a quella sperimentata vicino al nucleo "nudo" cioè non circondato da altri elettroni più interni. Generalmente le energie associate a questi elettroni sono dell'ordine dell'elettron-volt e la corrispondente lunghezza d'onda ricade nello spettro elettromagnetico visibile all'occhio umano.

4 Il fotone

È il bosone di scambio della forza elettromagnetica, di massa nulla e velocità nel vuoto pari a c=299792.458 Km/s.

In quanto particella consente di spiegare le proprietà corpuscolari della luce come nell'effetto fotoelettrico che Einstein spiegò nel 1905 ottenendo per questo nel 1919 il premio Nobel. Tuttavia le sue proprietà ondulatorie sono espresse dalla legge E=h·frequenza, chiamata legge di Einstein, e si manifestano in fenomeni quali la diffrazione, l'interferenza…già scoperti da padre Grimaldi nel 1645 e nei famosi esperimenti di Young del 1810. Il dualismo onda corpuscolo, grazie a De Broglie nel 1924, viene riconosciuto anche come proprietà di particelle di materia, quali l'elettrone e poi via via tutte le altre.[1]

L'analogia e differenza con la materia è che se da una parte il fotone si muove alla massima velocità possibile e in molti fenomeni si comporta come un'onda, con interferenze, la sua energia non è ripartita uniformemente su tutta l'onda, ma è ripartita in quanti, cioè pacchetti spazialmente localizzabili.

1 S. I. Vavilov, L'occhio e il Sole, Feltrinellli, Milano 1959

Per la materia il discorso è inverso: mentre le sue proprietà corpuscolari sono evidenti, man mano che si va nel mondo microscopico, si cominciano ad osservare comportamenti di tipo ondulatorio. La probabilità di trovare un elettrone in un certo posto è modulata dalla sua funzione d'onda.

5 La diffrazione della luce

La luce passando attraverso un'apertura si comporta come un'onda risultando deviata rispetto alla direzione originale in misura tanto maggiore quanto più piccola è l'apertura.

La direzione è legata al concetto di raggio di luce, che appartiene sia all'ottica geometrica studiata già da Aristotele, sia alla teoria corpuscolare della luce che ha avuto in Newton il più celebre sostenitore.

Per effetto della diffrazione una sorgente puntiforme osservata al telescopio appare come un pallino, che non è altro che la somma della distribuzione angolare di molti fotoni diffratti dall'apertura dell'obbiettivo del telescopio.

Per osservare la superficie delle stelle sono state necessarie tecniche molto sofisticate e aperture molto grandi, e nonostante questo la risoluzione è ancora molto bassa: vediamo molti più dettagli sul Sole ad occhio nudo che su una qualunque stella con i migliori telescopi al mondo.

6 Le particelle virtuali

Sono particelle di energia E che esistono per un tempuscolo Dt tale che il prodotto dt·DE resta in accordo col principio di Heisemberg. In un tempo molto breve, purché l'equazione DE·Dt=h sia soddisfatta, possono esistere coppie di particelle-antiparticelle di grande massa-energia.

Sono virtuali perché la loro misurabilità richiederebbe tempi più lunghi della loro esistenza… per i quali la conservazione dell'energia si manifesta anche a livello macroscopico.

Ma la loro esistenza è vera

7 Il principio di Heisemberg

Dovuto a Werner Heisemberg nel 1924, si esprime con due equazioni complementari DE·Dt=h e Dx·Dp=h

Le due equazioni si possono ricavare una dall'altra mediante una trasformazione matematica che si chiama trasformata di Fourier: questa operazione consiste nel trovare lo spettro energetico di una determinata sorgente.

Ad esempio ho un suono come la lettera "AAAAAA" pronunciata da una persona da confrontare con la "AAAA" pronunciata da un'altra: al nostro orecchio ci appaiono diverse e sappiamo anche riconoscere chi le ha pronunciate a patto di avere abbastanza tempo Dt per ascoltarle. Il grafico di andamento temporale dell'ampiezza X(t) come funzione del tempo permette di ritrovare le varie componenti energetiche.

La velocità v(t) inclusa nell'espressione p dell'impulso…

8 Il principio di Pauli e i fermioni: nane bianche e stelle di neutroni L'incompenetrabilità dei corpi, l'incomprimibilità dei liquidi sono le proprietà macroscopiche della materia di evenienza quotidiana più adatte a rappresentare l'effetto del principio di esclusione di Pauli. A livello microscopico questo prevede che due particelle identiche non possano occupare la stessa celletta elementare dello spazio delle fasi. Il volume della celletta elementare dello spazio che ha come coordinate le coordinate spaziali e quelle dei momenti (classicamente la velocità per la massa) è proprio la costante di Planck h.

La repulsione fermionica è proprio dovuta all'impossibilità di mettere due fermioni nello stesso "stato quantico" proprio come accade per gli elettroni in un orbitale già saturo.

Si comportano come fermioni le particelle che obbediscono al principio di esclusione di Pauli, e sono descritte dalla statistica di Fermi e Dirac. Gli elettroni sono fermioni e l'autogravità delle stelle nane bianche è sostenuta dalla loro repulsione.

9 La velocità della luce

La velocità della luce nel vuoto è indicata con c, dalla lettera della parola latina "celeritas". c è la massima velocità possibile in fisica: questo è un principio assunto alla base della teoria della Relatività Speciale (1905) di Albert Einstein. Basterebbe una sola verifica sperimentale della violazione di questo principio per smontare tutta la teoria, e questo lo sapeva benissimo lo stesso Einstein.

Alcuni anni fa l'esperimento OPERA sulla rivelazione dei neutrini elettronici, muonici e tauonici dentro i laboratori del Gran Sasso e provenienti dal CERN di Ginevra, destinato a verificare la trasformazione dei "sapori" dei neutrini dall'uno all'altro dentro la materia (argomento necessario per spiegare il problema dei neutrini elettronici solari misurati in misura minore rispetto alla previsione basata sulle reazioni di fusione nucleare) aveva indicato una velocità dei neutrini leggermente superiore a c. Questo fatto suscitò scalpore, ma poi furono trovate le ragioni per questo risultato legate ad un errore sperimentale.

10 L'aberrazione della luce

Un'altra conseguenza del principio della superiorità assoluta di c, indipendentemente dal sistema di riferimento (invarianza di c) è che non si può comporre settorialmente né algebricamente con altre velocità, se non tramite le trasformazioni di Lorentz. In formule semplici vale il paradosso $c=c+c$, risolvibile solo usando le trasformazioni di Lorentz col fattore $\text{Gamma}(v)=1/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$.

Tuttavia se componiamo le velocità c+v oltre all'invarianza di c si sperimenta un cambio nella direzione di provenienza percepita pari ad un angolo $\text{theta}=v/c$ espresso in radianti con $v<<c$. Questo effetto fu scoperto da James Bradley nel 1727 ma spiegato completamente solo nel 1905 nel quadro della

Relatività Speciale.
Una stella durante l'anno appare descrivere un'ellissi di aberrazione determinata dalla velocità orbitale della Terra composta con quella della luce. Questa ellissi si schiaccia fino ad un segmento sul piano dell'orbita terrestre, chiamato piano dell'eclittica. Dal confronto di stelle a diversa latitudine eclitticale questo effetto è stato scoperto.
11 La fissione nucleare fu scoperta sperimentalmente per l'energia rilasciata da un pezzo di uranio dimenticato in un cassetto, ma riconosciuta come tale da Enrico Fermi e il suo gruppo di via Panisperna a Roma, la fissione del nucleo avviene sia per decadimento beta di un neutrone in protone, elettrone ed antineutrino, che per decadimento alfa (dove si emette un nucleo di elio). I neutroni liberati dal decadimento vanno a stimolare il decadimento di altri nuclei e se il numero medio di neutroni per reazione è maggiore di 1 la reazione a catena è esponenziale.
L'energia rilasciata dal riarrangiamento dei nucleoni è dell'ordine dei Mega elettron-volt (MeV), milioni di volte quella rilasciata dal riarrangiamento di elettroni, riguardante l'energia chimica.
Un'esplosione "chimica" fatta con TNT (dinamite) avviene con tempi molto rapidi poiché gli elettroni sono leggeri e si spostano velocemente. L'energia rilasciata è grande e rapida. L'esplosione nucleare con la reazione a catena rilascia, a parità di masse, energia milioni di volte superiore a quella chimica, ma in un tempo più lungo perché i nucleoni (protoni e neutroni) sono 2000 volte più pesanti degli elettroni.
12 La fusione nucleare
La fusione nucleare di nuclei leggeri in nuclei più pesanti governa la produzione di energia radiante nelle stelle. Questa energia che è calore e luce sostiene la stella contro la sua stessa

gravità. La differenza di energia di legame tra i componenti prima e dopo la fusione, che è una differenza di energie di legame, è l'energia irraggiata dalla reazione. Quantitativamente è lo stesso ordine di grandezza di energia per nucleone di un processo di fissione, ma da un punto di vista pratico i materiali necessari per la fusione dell'Idrogeno sono enormemente più abbondanti di quelli fissili, anche se sono necessari processi industriali per la realizzazione di deuterio e trizio (isotopi dell'idrogeno) e metodi di confinamento ancora allo studio sia teorico che sperimentale.
Il confinamento magnetico sfrutterebbe le proprietà del campo magnetico di deviare le particelle cariche nel plasma (gas di particelle cariche) e mantenerle così in una regione limitata di spazio (a Frascati è stato messo a punto il TOKAMAK per questo). Il confinamento inerziale mira a tenere sospeso il plasma facendo sì che la risultante delle forze su di esso sia nulla, un modo potrebbe essere mediante raggi laser e la loro pressione di radiazione.

13 La materia oscura

Costituisce il 20% della massa-energia dell'Universo conformemente all'attuale modello standard della cosmologia, per spiegare l'espansione dell'Universo, l'aspetto della radiazione di fondo cosmico e la formazione delle strutture a larga scala come galassie e ammassi di galassie, così come si osservano.
La materia oscura è un'esigenza anche a livello di fisica classica, poiché non si osserva abbastanza materia visibile (stelle e galassie) né semplicemente materia barionica (gas, polveri, pianeti…) per giustificare le grandi velocità orbitali delle galassie nei grandi ammassi di galassie dove Fritz Zwicky evidenziò questo effetto nel 1933;e Vera Rubin lo fece più tardi per le curve di rotazione delle galassie.

La materia oscura non interagisce con la luce come fa la materia ordinaria, le è del tutto trasparente, come i neutrini, ma la sua natura è totalmente diversa dalla materia come la conosciamo. Si è parlato di "particelle massicce debolmente interagenti WIMP= weak interacting massive particle, ma la loro ricerca, effettuata mediante complicati esperimenti di "fisica passiva" dove queste rarissime interazioni potrebbero essere messe in evidenza in un caso sopra tantissimi, ancora non ha dato esito positivo. I Laboratori Nazionali del Gran Sasso sono all'avanguardia nel Mondo su questi esperimenti.

14 La fisica nucleare

Riguarda il riarrangiamento di nucleoni tra due stati iniziale e finale di nuclei. Anche i nuclei hanno livelli energetici come gli atomi, con energie milioni di volte superiori giacché cambiano le masse-energie delle particelle in gioco e le forze. I nucleoni sono i protoni e i neutroni di massa 2000 volte circa quella dell'elettrone. La forza in gioco è la forza forte, a cortissimo raggio (non più di qualche Fermi 1fm=10^-15 m) e intensità 137 volte quella elettrica di Coulomb attorno al raggio di Fermi. La forza forte consente di vincere la repulsione coulombiana elettrostatica tra due cariche uguali come tra protone e protone, ma è necessaria la presenza di almeno un neutrone perché questa forza si manifesti.

La forza forte ha i gluoni come bosoni vettori, e la Quanto-cromo dinamica come teoria di riferimento. La Quanto-elettrodinamica invece tratta dell'unificazione tra forza elettromagnetica e forza debole che si manifesta nei decadimenti beta. Entrambe queste teorie si studiano nei corsi avanzati di fisica delle particelle elementari.

15 L'energia oscura e universo accelerato

L'equazione di Einstein senza costante cosmologica che mette in relazione la curvatura dello spazio-tempo con la distribuzione spaziale della materia-energia e con l'evoluzione, ha come soluzione l'Universo in espansione e conseguenza osservativa la legge di Hubble per cui le galassie più lontane si allontanano a velocità crescente con la distanza. La costante cosmologica implica matematicamente una espansione accelerata, che dal 1998 è stata verificata anche osservativamente mediante le Supernovae di tipo 1A ben visibili a grandissima distanza. In termini fisici questa costante viene descritta come "energia del vuoto" che si traduce come livello energetico quantistico fondamentale e non come zero o nulla. Sebbene questo concetto sia tecnicamente chiaro nessuno può ancora definire questo campo quantistico che pervaderebbe tutto lo spazio e ne determinerebbe l'espansione accelerata col suo livello fondamentale: Per analogia si pensa al campo di Higgs, ma è ancora tutto al livello teorico.

16. Il decadimento beta del neutrone

Il neutrone libero decade in p, e ed antineutrino come manifestazione dello scambio di un bosone vettoriale della forza debole tra i quark del neutrone. I bosoni W e Z non sono previsti dalla QED (quantoelettrodinamica quantistica) che si occupa soltanto delle interazioni elettromagnetiche ma non di quelle deboli. W e Z sono previsti dal modello di Weinberg-Salam delle interazioni elettrodeboli, che e' poi entrato a far parte integrale del cosiddetto Modello Standard delle interazioni fondamentali (che include anche la QCD (quantocromodinamica quantistica) come teoria delle interazioni forti. Questi bosoni W+W- e Zo furono osservati da Rubbia e Van de Meer al CERN nel 1983, fruttando loro il premio Nobel per la fisica.

Prima della QED Fermi aveva proposto una teoria esplicativa del decadimento beta (poiché produce elettroni, chiamati allora raggi beta), poi superata. Nell'interazione debole esistono decadimenti adronici che riguardano i loro quark, leptonici dove intervengono solo leptoni e semileptonici dove un quark (appartenente ad una corrente adronica, ovverosia un quark che si trasforma in un altro quark di tipo diverso) interagisce con una corrente leptonica (un leptone che diventa un altro leptone).[2]

17. Il dimezzamento radioattivo è un concetto statistico: su N nuclei iniziali sopo un certo tempo tau ne restano N/2.[3] Per questo si chiama anche emivita, tuttavia il decadimento o "disintegrazione" avviene in tempi estremamente brevi, inferiori anche di molti ordini di grandezza a 10^{-8} s.

18. Joule ed elettronvolt sono unità di misura entrambe dell'energia. La prima in uso nella meccanica macroscopica, la seconda si usa per convenienza nella fisica microscopica. L'eV è il tipico salto di energia tra livelli atomici elettronici. Quando masse e forze di legame sono maggiori, come nei nuclei, si ha a che fare con i MeV. Dall'equazione di Einstein $E=mc^2$ si può esprimere in eV anche la cosidetta massa a riposo di una particella e si passa da quella dei neutrini attorno all'eV a quella del protone (1 GeV). I quark arrivano a 173.1 GeV con il quark top. Il Joule corrisponde all'energia potenziale di 1 Kg all'altezza di circa 10 cm.

La massa delle particelle elementare espressa in GeV in realtà sottintende GeV/c^2, cioè un'energia divisa per la velocità della luce al quadrato, come l'equazione di Einstein $E=mc^2$ suggerisce.

2 C. Dionisi, http://www.roma1.infn.it/~dionisi/docs_specialistica/cap5-Inter-deboli-I.pdf

3 C. Luci, http://www.roma1.infn.it/people/luci/fns/int_deboli.pdf

19. La teoria del Big Bang caldo prevede che l'Universo si espanda da una situazione di temperatura e pressione elevatissime, che è una singolarità matematica. Questa ipotesi trova verifica osservativa nella radiazione di fondo cosmisco a microonde che rappresenta la radiazione di equilibrio termico di corpo nero tra fotoni e plasma, rimasto opaco fino a quando gli elettroni sono stati catturati dai protoni e i fotoni hanno trovato libero il cammino. La Relatività Generale ha permesso di vedere l'Universo come in evoluzione interdipendente e il fisico belga padre George Lemaître fu il primo a prevedere teoricamente questa soluzione nel 1927, confermata nel 1965 da Penzias e Wilson.

20. Le onde gravitazionali sono previste da Einstein in analogia con quelle elettromagnetiche previste da Maxwell per la similitudine tra le equazioni di campo, ma mentre le seconde sono state osservate già nel 1886 da Hertz, le prime solo nel 2016 con gli esperimenti LIGO-VIRGO. Come una carica elettrica accelerata irraggia (legge di Larmor) così un dipolo gravitazionale accelerato irraggia. Il fenomeno che più da' evidenza alle onde gravitazionali è la coalescenza tra due buchi neri o tra due stelle di neutroni. La perdita di energia di un sistema a due corpi fà si che i 2 corpi si possano avvicinare progressivamente ed infine coalescere. Questa è una delle cause di formazione di buchi neri di miliardi di masse solari al centro delle galassie.

21. Le galassie e gli ammassi di galassie non sono primordiali, ma il risultato di aggregazione progressiva attorno a regioni di maggiore densità locale per l'effetto della gravità che deve poter prevalere sull'espansione cosmologica. Il ruolo della materia oscura permette queste aggregazioni, che la materia visibile nella radiazione di fondo cosmico non sarebbe in grado di realizzare da sola.

22. Il decadimento del muone in atmosfera pur avvenendo in tempo proprio $\tau=10^{-8}$ s ad una velocità prossima a quella della luce, non impedisce per effetto della dilatazione temporale e della contrazione delle lunghezze di Lorentz-Fitzgerald che dei muoni giungano fino al suolo. Il fattore gamma in questo fenomeno vale circa 10^4.

Il muone quindi andando alla velocità della luce $c=3\cdot10^{8}$ m/s in un tempo $\tau=10^{-8}$ s che è la sua vita media, dovrebbe percorrere solo 3 metri, invece riesce a percorrere anche 30 km, che è l'ampiezza dell'atmosfera terrestre.

Siccome è l'interazione con l'atmosfera che ne produce il decadimento, e questi decadimenti li possiamo osservare anche a Terra, questa è una prova particolarmente evidente della dilatazione temporale o contrazione delle lunghezze ipotizzata da Lorentz e indipendentemente da Fitzgerald per spiegare i risultati di Michelson e Morley (1881-1887) e poi spiegata da Einstein con la teoria della Relatività Speciale (1905).

Meteorologia e Climatologia: la didattica in Italia

Luigi Mariani (Museo Lombardo di Agricoltura)

Abstract Meteorology and climatology (M&C) are two reference sciences of the climate system which comprehends the whole planet (lands, atmosphere, oceans, biosphere, continental and sea ice) and is mainly driven by astronomic factors. Meteorology is the science of weather and it is strictly related to climatology, a statistical abstraction which considers weather over long time spans. Moreover the concept of climate change (change in frequency and persistence of different climatic variables) is strictly related to climatology. By the historical point of view, since their foundation by Aristotle, M&C are important tracers of the scientific progress, becoming with Galileo the lead of the scientific revolution of the seventeenth century (Galileo's school invented the earliest meteorological instruments - thermometer, pluviometer, barometer, evaporimeter - and created the oldest meteorological network of the world). The epistemological interest of Galileo for M&C was perhaps due to the fact that these sciences show in an effective and immediate way the link between observations/measurements and interpretations/models which characterized his new scientific method (nuova scienza). This is because the meteorological phenomena (clouds, wind, rainfall, etc.) are often under our senses and the observations/measurements are relatively simple if compared with other scientific fields. By the social and economic point of view, weather variables (radiation, temperature, relative humidity, wind, evapotranspiration, cloud cover and so on) are fundamental driving variables for natural and anthropised ecosystems. For this reason M&C affect significantly all human activities (agriculture, trade, transport, tourism, health care, construction, public works, civil protection, etc.). In view of the abovementioned aspects, some evaluations about education in M&C are developed with reference to the Italian education path, organized in primary, lower secondary (middle school), upper secondary (high school) and university. More specifically, primary and lower secondary schools could give a basic education in meteorology and climatology in the broader field of the natural sciences. The case of upper secondary school is a little bit more complicated because in schools directly related to the world of work the knowledge of some specific areas of M&C is important for professional aims (e.g.: agrarian schools, aeronautical schools, nautical schools) while a more general approach related for example to the teachings of physics or geography may be more profitable for secondary schools focusing on humanities or science (liceo classico and liceo scientifico). Finally universities should take charge of educational activities that enable graduates to understand the basic mechanisms of the climate system and

take advantage of technological innovations (new measuring instruments, new techniques of analysis and prediction and so on). After the end of the education path, specific master degrees could cover, at least within a certain extent, the residual knowledge gap.

Meteorologia e climatologia - spunti per la didattica

"*We cannot hope to understand the causes of climatic stability or change by restricting ourselves to any one field of earth science. Nature is ignorant of how our universities are organized*" (Weyl, 1968).

"*Noi dunque desidereremmo di essere liberati una volta per tutte da codesto incubo della meteorologia, che consuma metà delle nostre forze senza alcuna soddisfazione*" (Schiaparelli, 1875).

Queste due frasi, pronunciate a così lunga distanza di tempo l'una dall'altra e in contesti totalmente diversi, sono espressione di due atteggiamenti culturali peculiari e che spesso ritroviamo anche nel dibattito odierno: da un lato la preoccupazione di Peter K. Weyl per il fatto che una sana interdisciplinarietà, che coinvolga la meteorologia e la climatologia, appaia sempre più lontana dagli obiettivi di un mondo accademico che fa della specializzazione sempre più spinta il proprio fine ultimo, fino al paradosso del "saper tutto di niente"; dall'altro l'ostilità per la meteorologia espressa da Giovanni Virginio Schiaparelli, uno dei massimi scienziati italiani del XIX secolo, cui la necessità di garantire la continuità delle misure meteorologiche nell'Osservatorio di Brera (allora gli osservatori erano contemporaneamente meteorologici, astronomici e a volte anche sismologici), rubava tempo prezioso alle amate ricerche in campo astronomico.

Aldilà degli elementi di verità che emergono da ambedue le posizioni, trovo quella di Weyl molto più vicina al mio sentire in quanto sono convinto che l'approccio sistemico ai

fenomeni naturali si riveli essenziale per la comprensione degli stessi. Un tale approccio spinge ad interpretare il reale alla luce della densa rete di cause che sono alla sua base e si richiama in ultima analisi alla frase di Galileo secondo cui "*...le cognizioni più eccellenti delle cose naturali <si ottengono> con gli studii e contemplazioni fatte sopra questo grandissimo libro che essa natura continuamente tiene aperto innanzi a quelli che hanno occhi sulla fronte e nel cervello*" (Galileo, 1611) ove per "*occhi sulla fronte*" deve intendersi la nostra capacità di misurare e osservare e per "*occhi nella mente*" quella di interpretare quanto osserviamo e misuriamo.

Occorre a questo punto dire che in moltissimi ambiti delle scienze naturali gli "*occhi sulla fronte*" sono rivolti alle grandezze atmosferiche (radiazione, temperatura, umidità relativa, vento, evapotraspirazione, copertura nuvolosa, ecc.) poiché queste sono variabili guida essenziali per gli ambienti naturali e antropizzati. Inoltre il tempo atmosferico assieme a quella sua astrazione statistica che è correntemente indicata come clima condizionano in modo rilevante tutte le attività umane (agricoltura, commercio, trasporti, turismo, sanità, edilizia, lavori pubblici, protezione civile, ecc.), per cui l'interesse economico associato ad una conoscenza approfondita di tali variabili è sempre più rilevante.

Si osservi inoltre che le variabili atmosferiche sono passibili di osservazione visiva e di misura mediante strumenti relativamente semplici e dunque costituiscono una palestra ideale per avvicinare lo studente alle scienze della natura e allo studio e misura sistematica dei fenomeni naturali.

Si ricorda inoltre che a livello storico la meteorologia può essere proposta come un ottimo esempio di scienza

sperimentale. Infatti Galileo applicò la sua "scienza nuova" ai due settori del'astronomia e della meteorologia e ciò spiega perché la scuola galileiana mise a punto i primi strumenti meteorologici (Galileo stesso inventò il termometro, Castelli il pluviometro e l'evaporimetro e Torricelli il barometro) che poi abili artigiani provvidero a replicare in molti esemplari che furono diffusi a livello italiano ed europeo, rendendo così possibile la nascita della prima rete meteorologica osservativa mondiale (Camuffo e Bartolin, 2012).

L'educazione alla meteorologa e alla climatologia

Chi vive in Italia osserva che le perturbazioni arrivano mediamente da ovest e, se abita al Nord, si accorge che la stagione dei temporali si protrae da marzo a novembre mentre se vive al sud tale stagione si estende all'anno intero. Ancora, chi vive nelle pianure del Nord ha una percezione del tempo atmosferico frutto di una "ricetta" che prevede mediamente 180-220 giorni di anticiclone con tempo stabile e soleggiato, 15-25 giorni di foehn alpino con tempo limpido e ventoso, 80-100 giorni di perturbazioni atlantiche o minimi mediterranei con tempo piovoso e così via. Sulle cause di tali comportamenti è di solito "nebbia fitta" in quanto ai più manca una cultura meteorologica e climatologia di base. A ciò si aggiunga che sui mezzi di comunicazione di massa appare sempre più spesso il concetto di *cambiamento climatico*. Tuttavia tale concetto è il più delle volte espresso da giornalisti totalmente privi di cultura meteorologica e climatologica di base, per cui emergono affermazioni che, oltre a risultare raccapriccianti per chi si occupa a livello professionale di tali tematiche, finiscono con l'inculcare nei lettori dei preconcetti

totalmente privi di fondamento[1].

In ragione di quanto sopra, l'educazione di base alla meteorologia e alla climatologia dovrebbe ragionevolmente rientrare nei programmi educativi delle scuole di ogni ordine e grado, dalle scuole elementari, a quelle secondarie di primo e secondo grado e alle università.

Nel caso della suola primaria un approccio alla meteorologia e alla climatologia potrebbe aver luogo nell'ambito del'insegnamento delle scienze o della geografia mentre nel caso della scuola secondaria di primo grado tali attività potrebbero ad esempio essere condotte nell'ambito dei vari corsi dedicati all'educazione tecnologica.

Più nello specifico, nella scuola primaria e in quella secondaria di primo grado potrebbe essere proposta la tenuta di un diario meteorologico, ove registrare non solo i fenomeni rilevanti ma anche le misure di pioggia effettuate con un pluviometro costruito in classe (figura 1) o quelle di temperatura ottenute con un termometro collocato in uno schermo antiradiazione sempre costruito in classe. A corollario di tali osservazioni e misure si potrebbero approntare le modalità di archiviazione e visualizzazione dai dati tramite foglio elettronico e discutere anche dei fenomeni atmosferici che più impressionano (temporali, grandine, trombe d'aria, foehn, neve, ecc.) o delle attività di previsione del tempo.

1 Al riguardo segnalo come paradigmatico l'articolo "La Terra mai così calda da 500 milioni di anni" (Corriere della sera del 24 luglio 2003 - http://www.archiviostampa.it/it/articoli/art.aspx?id=2451) a firma di Giovanni Caprara, attuale presidente dell'Unione dei Giornalisti Scientifici Italiani. Il titolo infatti contiene una falsità enorme, in quanto la Terra – ad esempio – è stata di vari gradi più calda di oggi fra 8000 e 5000 anni fa, durante il grande optimum olocenico.

Nelle scuole secondarie di secondo grado sarebbe inoltre opportuno parlare di meteorologia, climatologia e cambiamento climatico approfondendo alcuni aspetti specifici nell'ambito ad esempio dei corsi di fisica o di geografia. Nel caso della scuola secondaria superiore si deve inoltre considerare il caso delle scuole direttamente connesse con il mondo del lavoro (ad es. scuole agrarie, scuole aeronautiche, scuole nautiche) per le quali la conoscenza di alcune specifiche aree di M&C è importante per scopi professionali immediati. Un quadro più generale e legato alle scienze naturali potrebbe risultare invece più utile per i licei.

Ovviamente perché un insegnante di scuola primaria o secondaria possa affrontare a ragion veduta le tematiche relative alla meteorologia, alla climatologia e al cambiamento climatico potrebbe rivelarsi in molti casi essenziale un'attività di formazione e/o aggiornamento riferita a tali materie.

Infine in ambito universitario risulterebbe molto utile poter sviluppare una didattica della meteorologia e della climatologia applicate alle discipline di profilo previste per i diversi corsi di laurea.

Un esempio per i corsi di laurea in discipline agronomiche

L'agricoltura è un'attività che si svolge per lo più a cielo aperto, per cui la conoscenza delle variabili atmosferiche e l'interpretazione e previsione delle ricadute produttive delle stesse costituisce una priorità assoluta. Riferendoci ad esempio al caso della vite si osservi che la produzione viticola si fonda sulla radiazione solare che, intercettata dalla chioma, fornisce energia al processo di fotosintesi, il

quale utilizza anidride carbonica e acqua per produrre glucosio. Da quest'ultimo prende il via la vasta gamma di biosintesi che conduce alle molecole organiche che compongono foglie, fusti, radici e frutti. Dal canto suo la produzione lorda di sostanza organica derivante dalla fotosintesi subirà decurtazioni per effetto delle limitazioni termiche (la vite opera in un intervallo grossomodo compreso fra 7 e 35°C, con un optimum sui 22-28°C, ma ognuna delle biosintesi sopra accennate ha propri intervalli termici specifici), di quelle idriche (la vite, grazie ad un apparato radicale profondo, è in grado di sfruttare con grande efficacia la riserva idrica dei suoli, il cui livello è frutto del bilancio fra apporti da precipitazioni e perdite evapotraspirative, perdite che a loro volta sono funzione di temperatura, umidità relativa, vento e radiazione), di quelle nutrizionali (azoto, fosforo, potassio, macroelementi secondari e microelementi) e infine di quelle da avversità biotiche[2] (insetti, funghi, acari, batteri, ecc.) e abiotiche (gelo, vento forte, ecc.).

In virtù di quanto sopra sommariamente descritto, la radiazione solare, la temperatura, la precipitazione, il vento e l'umidità relativa sono variabili guida essenziali, in grado di influire in modo rilevantissimo sulla quantità e qualità della produzione viticola ed enologica. Da ciò la necessità primaria di misurare queste variabili per avere il "polso" del vigneto. Nessun panettiere si sognerebbe mai di cuocere il proprio pane senza conoscere la temperatura del forno; analogamente le misure meteorologiche dovrebbero essere viste come un supporto essenziale per le decisioni del

2 Si noti che le limitazioni nutrizionali e da avversità biotiche sono influenzate in modo determinante dalle variabili meteorologiche.

produttore ed in particolare per le decisioni strategiche in grado di condizionare l'intera vita dell'impianto (scelta della varietà, della sistemazione del suolo, della forma di allevamento, ecc.) e per quelle tattiche da cui dipende la produzione di una particolare annata (concimazioni, trattamenti, diserbi, lavorazioni, potature, sfogliatura, diradamento grappoli, ecc.).

Alla luce di quanto sopra colpisce il fatto che dal 2008 i corsi specifici di Agrometeorologia non siano più tenuti nella maggior parte delle Università Italiane e che la materia – che, per inciso, è anche ufficialmente riconosciuta dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (World Meteorological Organization, 2010) – venga trattata solo sinteticamente nella parte iniziale del corso di Agronomia Generale da parte di docenti che il più delle volte non sono per nulla esperti di una disciplina che negli ultimi decenni ha vissuto un progresso rilevantissimo come attesta ad esempio l'ambito della meteorologia previsionale operativa.

Come conclusione dalla vicenda sopra delineata, mi pare ragionevole affermare che la scomparsa dell'agrometeorologia dall'insegnamento universitario sia frutto dell'affermarsi di un'idea distorta di unitarietà disciplinare, idea che contrasta con la necessità pratica degli allievi di cogliere in modo sistemico i fenomeni meteorologici che accadono alle diverse scale e di disporre di un quadro di conoscenze aggiornate su tematiche di stretto interesse professionale.

Conclusioni

In conclusione la scuola primaria e secondaria inferiore dovrebbero favorire ad avviso di chi scrive la formazione di una cultura di base in M&C nel più vasto ambito delle

scienze naturali mentre per le scuole secondarie superiori si potrebbero individuare priorità diverse a seconda delle tipologie di scuola. Infine l'università dovrebbe farsi carico di una formazione in meteorologia e climatologia che ponga i laureati in condizione di comprendere i meccanismi fondamentali del sistema climatico e di sfruttare appieno i nuovi strumenti di misura, analisi e previsione che la tecnologia mette oggi a nostra disposizione. Ovviamente, se l'università non è in grado di far fronte a tale necessità, esiste sempre la possibilità di attivare Master specifici atti a coprire, per lo meno entro una certa misura, il gap di conoscenze cumulatosi lungo il percorso di studi.

Ringraziamenti

Ringrazio il professor Sergio Pinna, ordinario di Geografia all'Università di Pisa, per la revisione critica operata.

Bibliografia

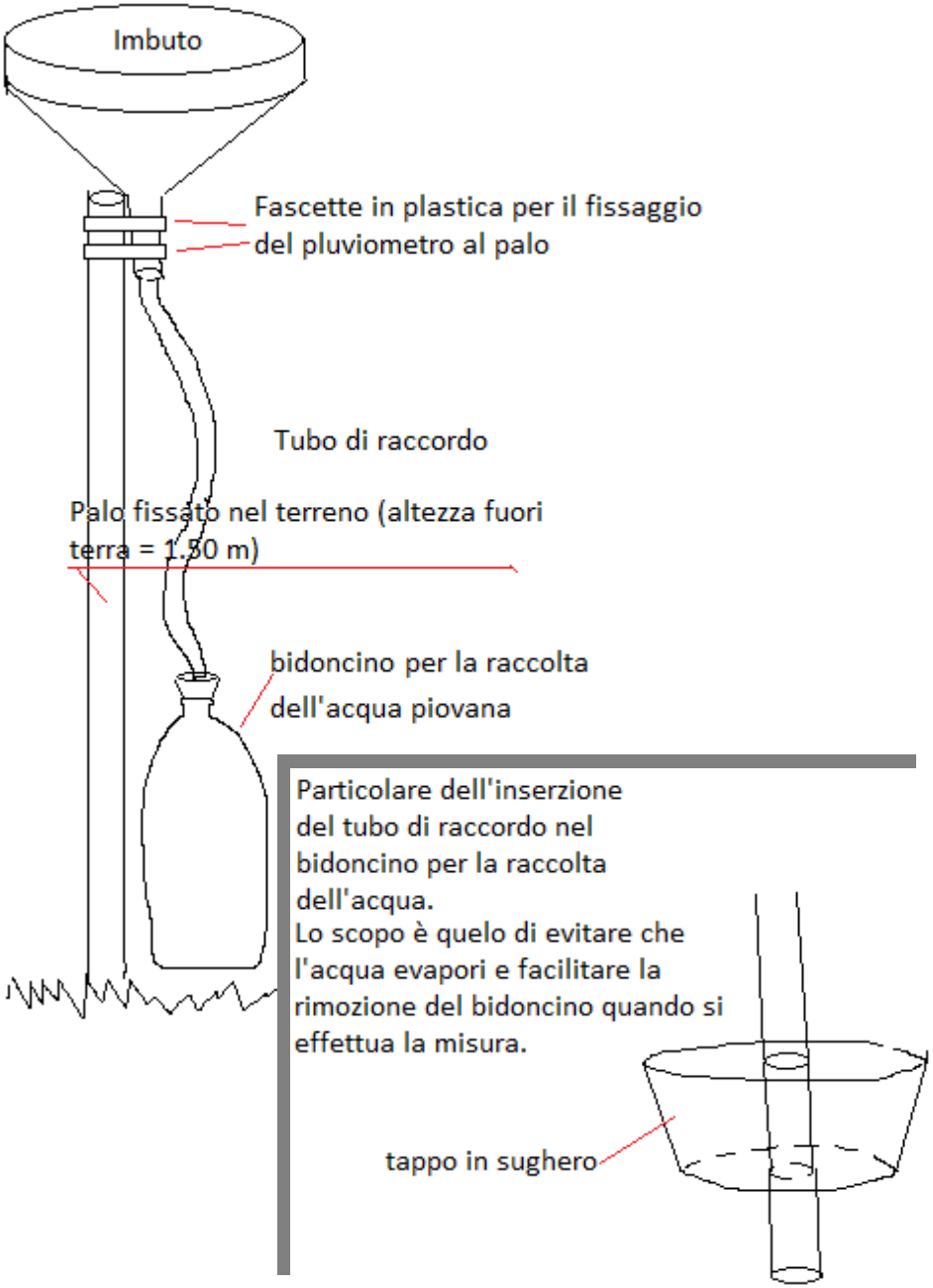
Camuffo D. e Bartolin C., 2012. The earliest temperature observations in the world: The Medici Network (1654-1670), Climatic Change 111(2):335-363 · July *2012.*

Galilei G., 1611. lettera di Galileo a Piero Dini del 21 maggio 1611, la 532 dell'Edizione Nazionale, righe 209-248.

Weyl Peter K., 1968. The Role of the Oceans in Climatic Change: A Theory of the Ice Ages. Meteorological monographs, 8: 37-62.

World Meteorological Organization, 2010. Guide to agrometeorological practices, Geneva (disponibile al sito http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/gamp/gamp_en.php).

Fig. 1 *Schema realizzativo di un pluviometro totalizzatore artigianale e che può essere facilmente costruito da chiunque.*


Imbuto
Fascette in plastica per il fissaggio
del pluviometro al palo
Tubo di raccordo
Palo fissato nel terreno (altezza fuori
terra = 1.50 m)
bidoncino per la raccolta
dell'acqua piovana
Particolare dell'inserzione
del tubo di raccordo nel
bidoncino per la raccolta
dell'acqua.
Lo scopo è quelo di evitare che
l'acqua evapori e facilitare la
rimozione del bidoncino quando si
effettua la misura.
tappo in sughero

Fine del Mondo e millenarismo

Gaetano Forni (Centro Studi di Museologia Agraria F. Pisani) e Luigi Mariani (MULSA e Università degli Studi di Milano)

Abstract Our culture is affected since millennia by myths of apocalyptic events that, according to their proponents, would be able to destroy the whole human civilization. These myths have a negative impacts on human psychology and we will discuss the mitigating role of the rational approach to the problems that we find for example in Columella and Gerbertus.

Sommario La nostra cultura è pervasa da millenni da miti di eventi apocalittici che secondo i propugnatori sarebbero in grado di distruggere l'intera civiltà umana. In questa sede saranno discussi alcuni esempi sottolineando il ruolo mitigatore rispetto al loro portato di negatività che è svolto dell'approccio razionale ai problemi che troviamo ad esempio in Columella o in Gerberto.

Premessa

Il pessimismo è un tratto antropologico che si rivela positivo entro certi limiti in quanto espressione dell'istinto di conservazione ma che se spinto all'eccesso può annichilire, impedendo qualunque iniziativa e comportamento fattivo. Fra le più singolari espressioni di pessimismo estremo vi sono le previsioni di "fine del mondo" e cioè di eventi catastrofici in grado di distruggere la Terra e/o l'ecosistema e/o l'intera stirpe umana. Nonostante in passato tali previsioni si siano sempre rivelate errate, continuano tuttora ad essere diffuse, come risulta dalle lunghe liste presenti in Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_dates_predicted_for_apocalyptic_events#Past_dates) e riferite a eventi passati o attesi per il futuro.

All'atteggiamento psicologico pessimistico non è forse estraneo un evento ancestrale accaduto nel periodo caldo-arido del tardo miocene, circa 6 milioni di anni fa. In

quell'epoca comparvero le piante C4, specie erbacee idonee ad ambienti caldo-aridi, le quali dettero gran prova di sé in occasione di un imponente processo di aridificazione che coinvolse l'Africa fra 3,5 e 1,5 milioni di anni fa, originando grandi savane che sostituirono le pre-esistenti foreste in cui i nostri antenati ominidi avevano fino ad allora prosperato. Il passaggio da un ambiente protetto, la foresta, all'ambiente di savana, assai più esposto a divenire preda dei grandi carnivori era questione di un istante, spinse i nostri progenitori *Homo erectus* e *H. habilis* a sviluppare adattamenti fondamentali come la stazione eretta, gli adattamenti per la corsa e la mano con pollice opposto e prensile. A ciò forse si aggiunsero altri tratti del carattere umano come per l'appunto il pessimismo e l'archetipo della biblica caduta dal paradiso terreste, non a caso collocato in una foresta (Forni, 2013).

Esempi dal mondo antico

Il primo evento catastrofico presente nella letteratura mondiale è il diluvio universale narrato nel poema mesopotamico Gilgamesh (terzo millennio a.C.), poi ripreso con accenti analoghi dalla Bibbia. Il tema della decadenza del mondo trova poi spazio nel poema di Esiodo *Le opere e i giorni* (secc. VIII-VII a.C.) ove l'epoca attuale (età del ferro con sofferenze, ingiustizie e necessità di lavorare per sopravvivere) è interpretata come la caduta rispetto a un'età dell'oro, concetto ripreso poi da Virgilio (70-19 a.C.) nelle Georgiche, da Ovidio (43 a.C.-17 d.C.) all'inizio delle Metamorfosi e dagli stoici Seneca (4 a.C.-65 d.C.) e Lucrezio (94-50 a.C.). Quest'ultimo nel *Senectus mundi* (II, 1105-1174) nega al mondo ogni speranza, prospettandone il declino come necessaria legge di natura, del tutto indipendente da volontà o azione umana, con un discorso che si articola all'interno di una

visione meccanicistica dell'universo in cui l'uomo gioca solo un ruolo di comprimario.

La vena catastrofica fu apertamente avversata da Lucio Giunio Moderato Columella (4-70 d.C.), illustre agronomo di Roma antica, che nell'introduzione al suo trattato *De re rustica*[1] scrive fra l'altro: "*Io odo spesso gli uomini principali di Roma lagnarsi, chi della sterilità dei campi, chi dell'intemperie dell'aria nociva alle biade da lungo tempo in qua; e finalmente alcuni di loro, volendo addolcire le querele con qualche ragione, mostrarsi di parere che il terreno per l'abbondanza dei passati secoli affaticato e spossato, non possa oggidì somministrare agli uomini gli alimenti con la cortesia de' primi tempi. Quanto a me, Publio Silvino, tengo tutte queste ragioni per lontanissime dalla verità.*". Columella dedicò tutto il suo trattato a dimostrare come si potesse fare agricoltura anche con il clima del suo tempo (si era in una fase calda, l'optimum climatico romano, per molti versi simile all'epoca attuale) e che la fertilità dei suoli si potesse non solo conservare ma accrescere con pratiche agronomiche razionali. E di quanto Columella avesse ragione ci rendiamo conto confrontando le rese medie odierne del frumento in Italia (6 t/ha) con quelle di epoca augustea (meno di 1 t/ha).

Il pessimismo stoico fece il suo ingresso nel mondo cristiano trainato dall'idea che il mondo avesse una durata prestabilita di 6 millenni e che in quegli anni stesse per scadere il 6° millennio. Ciò è ad esempio affermato da Cipriano di Cartagine (210-258 d.C.) nel suo *A Demetriano* (Moreschini,

1 Il *De re rustica* costituirà per secoli una guida per gli agronomi di tutto il mondo. Si noti inoltre che Columella dedica significativamente il proprio trattato al vicino Publio Silvino, il che sottolinea un tema a lui particolarmente caro e cioè che il proprietario dovesse risiedere in azienda par farla fruttare. Di Columella, nativo di Cadice, vale infine la pena di ricordare il rapporto d'amicizia avuto in gioventù con un altro illustre iberico, Lucio Anneo Seneca, e con il di lui fratello Gallio.

2013), ove l'autore scrive fra l'altro che "*le piogge invernali sono* ins*ufficienti per nutrire le sementi. Il calore estivo non fà maturare i frutti, né la primavera sorride più del suo bel clima, né l`autunno é cosi fecondo dei prodotti degli alberi [...] e le miniere producono sempre meno oro e argento […]. Nei campi diminuiscono i contadini, in mare i marinai, nell'accampamento i soldati, nel foro l'onestà, nei processi la giustizia, nelle amicizie l'armonia, nelle arti l'abilità, nei costumi il rigore morale. […]. Al mondo é stata data questa sentenza, questa é la legge di Dio: tutto ciò che é sorto, tramonta. Tutto ciò che é cresciuto, invecchia, tutto ciò che é forte s'indebolisce. Tutto ciò che è grande, diminuisce e divenuto debole e piccolo, si estingue*."

Esempi dal medioevo

I timori per la fine del mondo videro il proprio apice con l'approssimarsi dell'anno mille, data cui ci rimanda questo brano dell'Apocalisse di San Giovanni: "*E quando saranno passati mille anni, Satana sarà liberato dal suo carcere e uscirà per sedurre le nazioni ai quattro punti della terra*.". Alle tesi millenaristiche fanno riferimento esplicito il monaco benedettino Abbon di Fleury (950-1004) nell'*Apologeticus* (Saitta, 1969; Landes, 2000) e scrittori cronachistici come Ademaro di Chabannes (989-1043) e Rodolfo detto il Glabro (985 ca.-1050 ca.) (Bisogno, 2010). D'altro canto uomini di cultura come Raterio vescovo di Verona (890 ca.-974), Abbon di Fleury e Gerberto d'Aurillac rappresentarono in quei tempi la reazione alla decadenza delle istituzioni, dei costumi e dei saperi(Bisogno, 2010) ed implicitamente al millenarismo. Nello specifico Gerberto d'Aurillac, Papa con il nome di Silvestro II, ufficiò a Roma la prima messa dell'anno mille, quella che secondo le profezie millenaristiche avrebbe dovuto essere l'ultima messa della storia del mondo, cosa che non fu.

Attualità e prospettive

Per quanto attiene alla climatologia, l'atteggiamento pragmatico che fu di Columella è riproposto dallo storico del clima Emmanuel Leroy Ladurie, il quale afferma che la civiltà umana può essere letta come un insieme di strumenti atti a contrastare la "dittatura del clima" che da sempre attanaglia la nostra specie.

Inoltre i timori manifestatisi alla fine del primo millennio hanno fatto di nuovo la loro comparsa alla fine del secondo millennio, allorché ad esempio si ipotizzò un evento catastrofico legato a un errore nel formato delle date nei personal computer (il baco del millennio - https://it.wikipedia.org/wiki/Millennium_bug) che secondo le analisi più pessimistiche avrebbe minato i sistemi informatici su cui si regge il nostro sistema socio-economico e culturale.

Oggi poi il mito della fine del mondo (per esaurimento delle risorse, catastrofe ecologica, olocausto climatico o nucleare) è propagandato dal movimento ecologista, il quale, come già Esiodo, fa riferimento a una mitica dell'età dell'oro collocandola in un passato in cui l'uomo non interferiva con i cicli della natura. Peraltro tale movimento lucra sul mettere in luce problemi in grado a suo dire causare disastri enormi preoccupandosi al contempo di rifiutare qualsiasi approccio razionale ai problemi stessi. In tal senso si rifletta ad esempio sul fatto che se davvero si volesse annullare la crescita della CO_2 atmosferica che tanto preoccupa molti, lo si potrebbe fare puntando sul nucleare come fonte in grado di soddisfare il fabbisogno energetico mondiale senza produrre un grammo di CO_2. Tuttavia tale prospettiva è avversata dagli ecologisti stessi il che, oltre a tutelare gli interessi dai produttori petroliferi e della green economy, mantiene il mondo in quello

"*Stato di paura*" che così bene delineò Michael Crichton nell'omonimo romanzo di fantascienza e che non giova certo alla soluzione di problemi più concreti e immediati che abbiamo oggi di fronte.

Conclusioni

Possiamo concludere che ogni epoca ha avuto filoni di pensiero millenaristici e che a questi si sono opposti gli uomini di pensiero più lucidi e che hanno contestato quanto di oscurantista e financo distruttivo vi fosse in tali filoni. Occorre inoltre considerare che la fine del mondo è qualcosa di assai più vicino alla nostra esperienza quotidiana di quanto si possa immaginare, se non altro perché, come scriveva Fulvio Tomizza nel suo romanzo *La miglior vita*, "*il mondo muore a ogni morte di un uomo*". Potrebbe bastare una tale riflessione per ricondurre ad una dimensione più squisitamente individuale quanto si tende ad estendere all'intero cosmo.

Bibliografia

Bisogno A., 2010. Temi escatologici alal fine del millennio in Il medioevo, barbari, cristiani e mussulmani, a cura di U. Eco, Encylomedia publishens, Milano, 334-338.

Forni G., 2013. Origine ed evoluzione dell'alimentazione carnea e problematiche connesse - domesticazione animale ed evoluzione umana, in Atti dei seminari carne, Mulsa, 5-19.

Landes R., 2000. The fear of apocalyptic year 1000: augustinian historiography, medieval and modern, Speculum, 75, 97-145.

Moreschini C., 2013. Storia del pensiero cristiano tardo-antico, Bompiani collana Il pensiero occidentale, 1388 pp.

Rossi P., 2012. Abbon di Fleury e Gerbert d'Aurillac: due giganti a confronto, in: Gerbertus vol. 3 (2012) p. 15-22

Saitta A., 1969. Il cammino umano, vol. 1, La nuova Italia, Firenze, 391 pp.

Gerberto di Aurillac e la cultura dell'ambiente

Luca Montecchio (Università E-Campus, Como)

Abstract Our culture is becoming sensitive to environmental problems after the unsustainability of consumerism. But in the past millennium this attention was present. Gerbert of Aurillac with his scientific, medical and astronomical studies lived in the contexts of the monastery and traveled around Europe, facing natural phenomena like floods.

Sommario La nostra cultura è diventata sensibile all'ambiente per l'insostenibilità del consumismo, ma nello scorso millennio quest'attenzione era presente in modo più naturale: Gerberto con i suoi studi scientifici, medici e astronomici viveva nei monasteri, e viaggiava per l'Europa immerso nella Natura, anche violenta come nel caso delle piene del Reno.

La cultura dell'ambiente nei monasteri dopo il secolo VIII.

Il mondo monastico, sebbene immerso nella natura e attento alla cultura in senso lato, non farà propri se non in minima parte, e cioè almeno sino a Gerberto di Aurillac (quindi al secolo X), la sensibilità e il rispetto dell'ambiente dell'antichità latina.

Anche Giovanni Scoto, che pure scrisse sulla Natura, non affrontò con piglio deciso il tema dell'ambiente[1]. *Scholasticus* e direttore della *schola palatina* alla corte di Carlo il Calvo, Scoto è senz'altro un faro della cultura occidentale del secolo IX, pertanto risulta particolarmente significativo il fatto che non abbia mai posto l'accento su temi che andassero al di là del legame imprescindibile tra la natura e Dio. Quasi che l'ambiente fosse 'altro' rispetto alla natura e quindi a Dio. Il suo *Periphyseon* è un'opera prettamente filosofica in cui vengono affrontati anche temi inerenti la natura. Essa però viene vista quale mezzo per giungere a Dio, non in se stessa dunque. Unica eccezione è rappresentata dalle pagine di argomento astronomico in cui Scoto, primo sino al Rinascimento, formula una teoria semi-eliocentrica: «essi [Giove, Marte, Venere e Mercurio] percorrono le loro orbite

1 Johannes Scot., *Sulle nature dell'Universo*, (Dronke 2012).

sempre intorno al sole, come insegna Platone nel *Timeo*»[2]. Nel complesso si tratta di uno studio filosofico privo di una dimensione pratica. In effetti, la Natura di Scoto rimane per molti versi immaginaria, provvisoria, ipotetica.

Dal secolo X, nonostante la riforma cluniacense, inizierà una nuova fase in cui il pensiero di Giovanni Scoto, ormai assimilato, avrà senz'altro un ruolo considerevole. Tale riforma implica, tra le altre cose, che i monaci di Cluny – lo scrive Cantarella – «non hanno necessità di compromettersi con il lavoro dei campi, ma nemmeno debbono farlo; Benedetto d'Aniane, zelante riformatore del monachesimo, cent'anni prima che fosse fondata Cluny si era domandato se il lavoro agricolo dei monaci non maculasse la loro funzione presbiterale e orante: una macchia d'ordine fisico, non morale. Se le storie raccontavano che a qualcuno capitava di praticarlo, sottolineavano l'eccezionalità dell'evento e dell'uomo»[3]. In effetti le terre dove sorge quel monastero sono di proprietà di Guglielmo, conte di Mâcon e duca di Aquitania. Di conseguenza «il monastero non nasce affatto sfornito di beni...è dotato di tutte le pertinenze della villa: ville, cappelle, servi dei due sessi, vigne, campi, prati, boschi, acque e corsi d'acqua, mulini, vie d'accesso e d'uscita...» [4]. Insomma, seppur immersi nella natura, i monaci di Cluny, diversamente dai primi benedettini, giudicarono opportuno anche potersi affrancare dal confronto quotidiano con essa. In ciò, pertanto, si allontanarono anche dall'insegnamento biblico. Questo atteggiamento comportò inevitabilmente un allontanamento dalla cura per l'ambiente. Nondimeno da Cluny scaturì una pletora di personaggi che occuparono un posto di rilievo nella cultura del tempo e che ebbero la necessità, almeno alcuni di loro, di confrontarsi con il mondo della natura. In fondo

2 Johannes Scot., III, 698a.

3 Cantarella 1997: 21-22; Hägermann 1989: 346-351.

4 Cantarella 1997: 20. Sulla fondazione dell'abbazia di Cluny Bernard, Bruel 1876-1903.

l'abbandono dei campi non eliminò del tutto la curiosità 'teorica' di ciò che è la natura e quindi l'ambiente. Certamente non furono tanti gli studiosi che si avvicinarono al Creato.
Uno di questi fu il monaco Gerberto di Aurillac. Egli si dedicherà, anche dopo la sua nomina a pontefice romano, all'osservazione degli astri ma non solo. Il suo impegno come matematico lo porterà a osservare l'ambiente con vero spirito scientifico. E la sua stessa idea teologica andrà oltre quella tipica del suo tempo. Egli, quasi fosse un antico greco, era sempre alla ricerca dell'armonia. Perciò rimaneva stupefatto di fronte agli spettacoli naturali e tentava con i suoi calcoli di capire la natura, nel pieno rispetto per essa. Gerberto di Aurillac, pertanto, non sfruttò mai la natura. La usò così come si conveniva alle sue invenzioni. Si pensi agli organi idraulici o all'orologio solare. La natura era vista come ordine razionale perché sottoposta a regole matematiche. Nella sua immagine, tali regole erano da porre a fondamento della natura poiché essa è scaturita dalla razionale mente di Dio; ecco perciò spiegato l'interesse gerbertiano per la matematica, mezzo per poter studiare la fisica e l'astronomia. Matematica, fisica e astronomia sono discipline che permettono una comprensione approfondita dei fenomeni naturali che – è bene ribadire tale concetto – sono, per un credente, frutto della creazione dell'Eterno. Proprio attraverso quegli studi, in ultima analisi, è possibile apprezzare l'armonia dell'Universo e tentare di meglio penetrare nella mente del Creatore.
Gli studi astronomici, dunque, pur non rientrando direttamente in un discorso legato all'ambiente, consentono d'altra parte di riflettere su come le attenzioni dell'uomo di chiesa iniziassero a concentrarsi anche sulla natura. È solo un'attenzione maggiore verso i fenomeni naturali che porterà, molto lentamente, la Chiesa tutta e i monaci, in particolare, a interessarsi maggiormente della realtà naturale.

L'opera astronomica di Gerberto di Aurillac[5].

Un *unicum* appare, in ambito alto medievale, l'interesse gerbertiano per l'astronomia che, nell'Occidente europeo, era inevitabilmente venuto meno dopo l'antichità tarda. Il monaco auriliacense, oltre a dimostrare di possedere conoscenze di base diffuse all'epoca (si consideri, ad esempio, l'opera di Boezio *De Astronomia*[6] «Acquisite per noi la storia di Giulio Cesare dal signore Adso abate di Montier-en-Der per ricopiarla, affinché abbiate ciò che abbiamo presso di voi e possiate aspettarvi ciò che abbiamo trovato in seguito, cioè otto volumi di Boezio sull'astrologia, e anche assai splendenti di figure di geometria, e altri non meno mirabili»), nel suo epistolario discorre più volte, e con notevole dovizia di particolari, di tecnologia necessaria all'osservazione del Creato. Cioè di strumenti da lui utilizzati per individuare corpi celesti, per calcolare distanze astrali e così via.

Ora la costruzione di quei marchingegni necessari per indagare la volta celeste è un qualcosa ben poco comune nel secolo X.

Ma facciamoci guidare dallo stesso Gerberto in questo percorso che riflette i suoi interessi astronomici. Egli, in alcune epistole indirizzate a Remigio[7], monaco di Mettlach, e allo scolastico

5 Potrebbe darsi che Gerberto avesse letto da Cassiodoro nella *Varia* 1.45.4, che Boezio aveva tradotto un'opera astronomica di Tolomeo, ma non si può dire con certezza che abbia letto tale opera, quindi le sue conoscenze astronomiche, almeno in parte, potrebbe averle acquisite durante il soggiorno nella marca di Barcellona, in proposito però le fonti non ci aiutano. Cfr. Lindgren 1985: 619-644, in particolare si veda 619. Su Gerberto di Aurillac si vd. Montecchio 2011.

6 Gerberto stesso nel 983, periodo in cui era abate a Bobbio, in una lettera indirizzata al vescovo di Reims, Adalberone, parlerà degli 8 volumi dell'opera astronomica di Boezio. Gerberto di Aurillac, *Correspondance ep.* 8: "*Historiarum Julii Caesaris a domino Azone abbate Dervensi ad rescribendum nobis acquirite, ut vos, penes quos nos habemus, habeatis, et quod reperimus speretis, id est octo volumina Boetii de astrologia, praeclarissima quoque figurarum geometriae, aliaque non minus admiranda*" (Riché, Callu 1993: 16-19).

7 7 Gerberto di Aurillac, *Correspondance*, ep. 148 e 152. Le pagine

Costantino di Fleury[8], fa riferimento a una sfera[9] che, tempo prima, gli aveva consentito l'osservazione e lo studio degli astri. La sfera, costruita ma non inventata dal monaco di Aurillac, era uno strumento senz'altro ignorato in quell'epoca e in quei luoghi poteva essere utilizzata in tre modi.
Facciamo parlare Gerberto perché le sue parole sono illuminanti.

---

seguenti sono nella sostanza riprese da Montecchio 2011: 128 e sgg.
8 Gerberto di Aurillac, *Correspondance*, annessione 5, ep. 3, 680.
9 Richerius monacus, *Historiarum libri quattuor*, (III, 50-53): "*50. ... Inprimis enim mundi speram ex solido ac rotundo ligno argumentatus, minoris similitudine, maiorem expressit. Quam cum duobus polis in orizonte obliquaret, signa septentrionalia polo erectiori dedit, australia vero deiectori adhibuit. Cuius positionem eo circulo rexit, qui a Graecis orizon, a Latinis limitans sive determinans appellatur, eo quod in eo signa quae videntur ab his quae non videntur distinguat ac limitet. Qua in orizonte sic collocata, ut et ortum et occasum signorum utiliter ac probabiliter demonstraret, rerum naturas dispositis insinuavit, instituitque in signorum comprehensione. Nam tempore nocturno ardentibus stellis operam dabat; agebatque ut eas in mundi regionibus diversis obliquatas, tam in ortu quam in occasu notarent. 51. Circuli quoque qui a Graecis paralleli, a Latinis aequistantes dicuntur, quos etiam incorporales esse dubium non est, hac ab eo arte comprehensi noscuntur. Effecit semicirculum recta diametro divisum. Sed hanc diametrum fistulam constituit, in cuius cacuminibus duos polos boreum et austronothum notandos esse instituit. Semicirculum vero a polo ad polum XXX partibus divisit. Quarum sex a polo distinctis, fistulam adhibuit, per quam circularis linea artici signaretur. Post quas etiam quinque diductis, fistulam quoque adiecit, quae aestivalem circulationem indicaret. Abinde quoque quatuor divisis, fistulam identidem addidit, unde aequinoctialis rotunditas commendaretur. Reliquum vero spatium usque ad notium polum, eisdem dimensionibus distinxit. Cuius instrumenti ratio in tantum valuit, ut ad polum sua diametro directa, ac semicirculi productione superius versa, circulos visibus inexpertos, scientiae daret, atque alta memoria reconderet. 52. Errantiumque siderum circuli cum intra mundum ferantur, et contra contendant, quo tamen artificio viderentur scrutanti non defuit. Inprimis enim speram circularem effecit; hoc est ex solis circulis constantem. In qua circulos duos qui a Graecis coluri, a Latinis incidentes dicuntur, eo quod in sese incidant complicavit; in quorum extremitatibus polos fixit. Alios vero*

«La sfera per mostrare i cerchi celesti o le costellazioni, fratello mio, sulla quale mi interroghi, è costruita completamente rotonda, e la divide una linea mediana tracciata tutt'intorno e divisa in sessanta parti uguali. Dove dunque hai fissato l'inizio della linea, fissa un piede del compasso, e dalla regione poni l'altro piede là dove finiscono sei parti delle sessanta parti della suddetta linea; e mentre fai girare il compasso includi dodici parti»[10].

---

quinque circulos, qui paralleli dicuntur, coluris transposuit, ita ut a polo ad polum XXX partes, sperae medietatem dividerent; idque non vulgo neque confuse. Nam de XXX dimidiae sperae partibus a polo ad primum circulum, sex constituit; a primo ad secundum quinque; a secundo ad tertium, quatuor; a tertio ad quartum, itidem quatuor; a quarto ad quintum, quinque; a quinto usque ad polum, sex. Per hos quoque circulos eum circulum obliquavit, qui a Graecis loxos, vel zoe, a Latinis obliquus vel vitalis dicitur, eo quod animalium figuras in stellis contineat. Intra hunc obliquum, errantium circulos miro artificio suspendit. Quorum absidas, et altitudines a sese etiam distantias, efficacissime suis demonstravit. Quod quemadmodum fuerit, ob prolixitatem hic ponere commodum non est, ne nimis a proposito discedere videamur. 53. Fecit praeter haec speram alteram circularem, intra quam circulos quidem non collocavit, sed desuper ferreis atque aereis filis signorum figuras complicavit. Axisque loco, fistulam traiecit, per quam polus coelestis notaretur, ut eo perspecto, machina coelo aptaretur. Unde et factum est, ut singulorum signorum stellae, singulis huius sperae signis clauderentur. Illud quoque in hac divinum fuit, quod cum aliquis artem ignoraret, si unum ei signum demonstratum foret, absque magistro cetera per speram cognosceret. Inde etiam suos liberaliter instruxit. Atque haec actenus de astronomia". Latouche 1930.

10 Ecco come Gerberto, in una sua epistola, descriveva la costruzione della sfera. Gerberto di Aurillac, *Correspondance*, annessione 5, ep. 3, 680-686: *Sphaera ad coelestes circulos vel signa ostendenda componitur ex omni parte rotunda, quam dividit circumducta linea mediam aequaliter in LX partibus divisa. Ubi itaque constituis caput lineae, unum circini pedem fige, et alterum pedem e regione ibi constitue, ubi VI partes finiuntur de LX partibus praedictae lineae; et dum circinum circumduxeris, XII pertes includis. Non mutato primo pede, secundus pes extenditur usque ad locum, quo de praedicta linea undecima pars finitur; et ita circumducitur, ut XXII*

Il *modus operandi* della sfera dipendeva e variava a seconda che si volesse studiare la conformazione terrestre, individuare l'eclittica unitamente allo zodiaco, o ci si prefiggesse di osservare la volta celeste. In un secondo momento quell'esemplare di sfera fu superato dallo stesso Gerberto che, per osservare con più precisione le stelle, concepì un marchingegno ancora più potente e sofisticato, paragonabile a

---

partes circumplectatur. Eodemque modo adhuc pes usque ad finem quintae decimae partis praedictae lineae protenditur et circumductione XXX partes habens media sphaera secatur. Tunc mutato circino in altera parte sphaerae, ubi primum pedem fixeras, attendens, ut contra statuas, praedictam rationem mensurae circumductionis et partium complexionis observabis. Nam V solummodo erunt circumductiones, quarum media aequalis est lineae in LX partibus divisae. Alterutro istorum hemisphaeriorum sumpto, interius cavato et, ubi circini alterum pedem in praedicta linea ad circumducendo fixerat, perfora, ut circumductio medium foraminis teneat. In capitibus quoque sphaerae, ubi primum pedem circini posuisti, singula foramina facis, ut medietas foraminum illorum terminet praedictum hemisphaerium. Nam ita VII erunt foramina, in quibus singulis singulas semipedales fistulas constituis; eruntque duae extremae contra se positae, ut per ultrasque, tanquam per unam, videas. Ne vero fistulae hac illacque titubent ferreo semicirculo, ad modum praefati hemisphaerii secundum suam quantitatem mensurato et perforato, utere, quo superiores extremitates fistularum coherce; quae hoc differunt a fistulis organicis, quod per omnia aequalis sunt grossitudinis, ne quid offendat aciem per eas coelestes circulos contemplantis. Semicirculus vero duorum digitorum ferme latitudinis, ut omne hemisphaerium, XXX partes habet longitudinis, srvans aequalem rationem divisionis, qua perforatus fistulas recipit. Notato itaque nostro boreo polo, descriptum hemisphaerium taliter pone sub divo, ut per utrasque fistulas, quas diximus extremas, ipsum boreum polum libero intuitu cernas. Si autem de polo dubitas, unam fistulam tali loco constitue, ut non moveatur tota nocte, et per eam stellam suspice, quam credis esse polum, et si polus est, eam tota nocte poteris suspicere, sin alia, mutando loca non occurrit visui paulo post per fistulam. Igitur preadicto modo locato hemisphaerio, ut non moveatur ullo modo, prius per inferiorem et superiorem primam fistulam boreum polum, per secundam arcticum circulum, per tertiam aestivum, per quartam aequinoctialem, per quintam hiemalem, per sextam antarticum circulos metiri poteris. Pro polo vero antarctico, quia sub terra est, nihil coeli, sed terra tantum per utrasque

una specie di telescopio, che gli fu utile per la scoperta delle macchie solari[11].

Volendo inoltre calcolare la posizione esatta degli astri che si stagliano nella volta celeste, il monaco di Aurillac ricorse a un ulteriore dispositivo, all'astrolabio[12]. Questo strumento, come si sa, era già stato utilizzato secoli prima da Ipparco e Tolomeo, notizia di cui Gerberto era ben consapevole, ma ora, nel X secolo, era caduto in disuso. Con esso si poteva calcolare la longitudine e la latitudine delle stelle che appaiono nella volta celeste e dunque, in sostanza, era possibile eseguire calcoli di geometria sferica con una certa facilità e precisione, operazioni, queste, altrimenti molto più ardue.[13]

Come si può arguire, il monaco auriliacense, anche per quanto riguarda la scienza astronomica, così come per altre questioni, filosofiche, politiche, ebbe un ruolo non secondario perché concorse a far riscoprire prima, approfondire poi e, infine, a diffondere, nozioni ormai perdute. Tale attenzione verso gli astri, come acutamente osserva lo Schramm, sembrava scomparsa addirittura dai tempi degli antichi egizi, mentre adesso, con questo monaco "curioso", si riaffaccia in un mondo ormai imbarbarito, anticipando anche in questo caso quelli che saranno gli interessi degli uomini che verranno dopo, quegli uomini cioè che spenderanno tante loro energie per coronare il sogno di conquistare le stelle.

---

fistulas intulenti occurrit.

11 Si trattava di 'tubi ottici' e tale tubo in arabo si chiama 'anbu'ba'. È proprio la presenza della parola 'ottico' che suggerisce l'accostamento di tali 'tubi' ai moderni telescopi. Vernet 1978: 109; cfr. anche Carrara 1908: 19-20.

12 Schramm 1962, 67 pensa che Gerberto abbia portato con sé dalla marca di Barcellona un astrolabio e un periscopio.

13 L'astrolabio divenne poi uno strumento più semplice usato dai naviganti: si trasformò in quadrante. Carrara 1908: 20.

Secondo Poulle 1985: 597-617, in particolare 607-609, l'astrolabio gerbertiano non sarebbe altro se non un 'notturlabio', uno strumento, cioè, che serviva a far conoscere l'ora di notte.

Va considerato inoltre che l'astronomia, disciplina che andava di pari passo con l'astrologia, era una scienza estranea alla cultura cristiana di quell'epoca, tanto è vero che, sempre secondo lo Schramm, sarebbe stato proprio l'interesse di Gerberto per l'astronomia a far nascere tra i suoi contemporanei, subito dopo la sua morte, sospetti di magia[14]. Siffatta considerazione è da noi condivisa e temiamo si tratti di qualcosa di più di un semplice sospetto: non sarebbe possibile spiegare altrimenti come un personaggio della levatura di Gerberto d'Aurillac sia stato 'dimenticato' per secoli.

Altri aspetti della natura nell'opera gerbertiana

Sfogliando le epistole del monaco auriliacense non sono molte le occasioni in cui si possono leggere passaggi dedicati ad altri aspetti del creato, almeno non in modo poetico bensì-e solo in pochissimi casi-il nostro Gerberto fa osservazioni invero prosaiche su questioni inerenti la Natura.

Rispetto ai tanto amati autori latini, infatti, il futuro pontefice romano non mostra né lo stupore fanciullesco rispetto al mondo naturale di un san Francesco, né tanto meno quell'attenzione scientifica e, al contempo ammirata, dei Romani.

Egli, proiettato come ogni uomo di Chiesa, verso la vita spirituale, come vedemmo già non aveva disdegnato ammirare le stelle ma le stelle sono lontane, sembrano quasi facenti parte del Paradiso. Al contrario l'abate di Bobbio appare distante dalla natura anche se, nella sostanza, pone un'attenzione superiore alla media degli ecclesiastici coevi al creato tutto.

Si considerino ad esempio le osservazioni fatte dal portavoce dell'arcivescovo Adalberone di Reims quando avverte il re dei Franchi, Lotario, di non distruggere le mura del monastero di san Paolo di Verdun perché inutilizzabile per la difesa dei nemici del sovrano in quanto «la natura ne ha creati numerosi più adatti intorno alla città, e più facili a fortificarsi se così

14 Schramm 1971, 324.

fosse piaciuto ai nemici»[15]. È evidente che qui non si entra nello specifico di alcune caratteristiche del luogo fine a se stesse ma soltanto per evitare una distruzione inutile di un luogo consacrato.

In almeno due casi, sempre dall'epistolario gerbertiano, si ricavano dei riferimenti precisi agli ostacoli che la Natura mette davanti al cammino dell'uomo, ostacoli che fecero dire ai poeti come la Natura fosse matrigna e non madre.

Il primo riferimento è allo straripamento del Reno dell'autunno del 987.

> «Ostacolati nel viaggio intrapreso da difficoltà di ogni genere, ritenemmo che si dovesse cercare un porto di salvezza. In effetti, continui torrenti tagliano i fianchi delle montagne. Acque incessanti ricoprono la campagna, così che, essendo i villaggi sommersi con gli abitanti, uccisi gli armenti, suscitano il terrore di un diluvio da rinnovarsi. La speranza di un tempo migliore è scartata dagli uomini di scienza»[16].

Gli *Annales Colonienses* parlano di straripamenti del Reno e della Mosella che fecero danni ingenti a uomini e cose[17]. Si noti come Gerberto narri la vicenda apparentemente indifferente alla sorte dei tanti che, come è plausibile, pagarono anche con la vita tali esondazioni, limitandosi a raccontare e spiegare i motivi che impedirono a lui e ad Adalberone di Reims di raggiungere il monastero di san Gallo. D'altra parte nell'antichità e nell'alto medioevo si era maggiormente abituati alla furia della Natura da non soffermarsi particolarmente sulle vittime della stessa. Ecco quindi il tono piano nel ricordare *ut*

15 Gerberto di Auriliac, Ep. 53, trad. it. P. Rossi.

16 Gerberto di Aurillac, ep. 109: "*Omni difficultate rerum accepto itinere interclusi expetendum censuimus portum salutis. Nam declivia montium torrentes continui intercipiunt. Campestria sic juges aquae vestiunt, ut villis cum habitatoribus sublatis, armentis enectis, terrorem ingerant diluvii renouandi. Spes meliuris aurae a phisicis sublata*", trad. it. P. Rossi.

17 *Annales Colonienses*, MGH, SS, I, 99.

villis cum habitatoribus sublatis.
Della cosiddetta 'natura' sono parte integrante i malanni e, anche in questo caso, si percepisce la Natura matrigna.
A Remigio, monaco di Treviri, in una epistola, verranno dunque descritte le traversie autunnali che Gerberto dovette sopportare insieme al suo mentore, Adalberone.

> «Non sai, non sai quali naufragi abbiamo affrontato, dopo che ci siamo allontanati da te. Infatti per i gravissimi continui travagli estivi abbiamo contratto quelle malattie per le quali l'autunno pestilenziale quasi ci tolse la vita»[18].

In questo caso il futuro arcivescovo di Reims parla di malattie, quindi è costretto a mostrare una qualche attenzione anche a tale aspetto naturale della esistenza umana. Si potrebbe osservare come tali malanni non vengano considerati come aspetti delle piaghe di Cristo ma come fastidi pericolosi che sovente compaiono sul cammino dell'uomo.
Ancora, in una lettera indirizzata a Remigio di Mettlach della primavera 990, Gerberto lamenta come manchi all'amico un esperto in medicina.

> «In effetti poiché a te manca un esperto in medicina, e a noi il materiale per i farmaci, abbiamo fatto a meno di trascrivere ciò che i più esperti tra i medici giudicarono utile per un fegato malato. La malattia che tu erroneamente chiami *postuma* e i nostri *apostema*, Celso Cornelio dice che è chiamata dai Greci *ypatikon*»[19].

Il nome di Celso Cornelio non fa altro che porre su un piano

18 Gerberto di Aurillac, ep. 162: "*Nescis, nescis, quae naufragia pertularimus, postquam a te digressi sumus. Gravissimis quippe laboribus aestivis et continuis, eos contraximus morbos, quibus pestilens autumnus pene vitam extorsit*", trad. it. P. Rossi.
19 Gerberto di Aurillac, ep. 169: "*Itaque cun tibi desit artifex medendi, nobis remediorum materia, supersedimus describere ea quae medicorum peritissimi utilia judicaverint viciatio jecori. Quem morbum tu corrupte, postuma, nostri, apostema, Celsus Cornelius, a Grecis, YPATIKON*", trad. it. P. Rossi.

prettamente intellettuale anche la malattia del giovane allievo gerbertiano.

Conclusioni

Attraverso le pagine precedenti abbiamo voluto dimostrare quanto fosse grande la distanza tra il mondo alto medievale e quello classico rispetto al tema dell'ambiente. Laddove i Romani, soprattutto, mostrarono un atteggiamento modernissimo rispetto al rapporto tra l'uomo e la natura, il mondo medievale rivelò una distanza inaudita. Se i Romani si posero fattivamente la questione di come convivere con la natura che, nei fatti, giudicarono un'interlocutrice, così non fece l'uomo medievale, né il monaco. Furono i Romani a bonificare laghi e paludi mentre l'uomo medievale soltanto nella seconda parte di quell'evo si cimentò in simili imprese.

Tale distanza è dovuta a due ordini di motivi. Il primo è una realtà affatto diversa tra i due mondi. Quello latino, siamo costretti a ripeterlo, era inserito in un contesto statale che solo in epoca moderna si potrà rivedere (almeno in parte). Quello medievale, a partire dall'antichità Tarda, vivrà in tutt'altro contesto. Il secondo e, forse più incisivo motivo, riguarda il credo religioso che porterà le persone più colte a indirizzare la propria speculazione sul metafisico, prescindendo così da interessi materiali legati all'ambiente. Le questioni inerenti all'ambiente torneranno nella seconda fase dell'evo medievale, quando cioè la Chiesa, dovrà confrontarsi con san Francesco che, dimostrando un acume eccezionale, osserverà la natura come meravigliosa creazione di Dio. Ovviamente l'uomo è l'essere per eccellenza, ma l'uomo vive immerso nella natura e quindi deve confrontarsi con lei quotidianamente. Con san Francesco, in buona sostanza, si avrà una sorta di rivoluzione copernicana. Il cammino della Chiesa per avvicinarsi al Creato sarà lunghissimo. Al contrario il mondo non strettamente legato alla Chiesa potrà avvicinarvisi prima e meglio.

Va anche fatto osservare che, nonostante il riguardo del mondo romano verso l'ambiente, esso, a causa del grande livello

tecnologico raggiunto, procurò danni di un certo livello. Il Thommen a riguardo dice che «si praticò uno sfruttamento forzato del suolo, si abbatterono foreste, si edificarono rive di laghi e di fiumi, si deviarono acque con l'ausilio della tecnologia e le si inquinarono, si sfruttarono animali e interi raccolti vennero distrutti durante la guerra»[20]. Insomma lo storico svizzero dipinge un quadro a tinte fosche della classicità latina. Ma in effetti bisogna valutare che città 'moderne', strutture statali 'moderne' significarono inevitabilmente un grande sfruttamento dell'ecosistema. Al contrario, durante la Tarda Antichità e l'Alto Medioevo, un minore sviluppo tecnologico rispetto all'evo precedente, e un livello demografico meno marcato di prima, influirono in modo meno traumatico sul rapporto dell'uomo con l'ambiente. Ciò naturalmente a prescindere da una coscienza ambientale che non poteva esistere per le cause succitate. Gerberto di Aurillac si pone come via di mezzo tra l'antichità classica e il medioevo. Egli è fortemente interessato a quei fenomeni naturali inerenti, soprattutto, le stelle forse perché la volta celeste è talmente distante dall'uomo da essere quasi considerata già divina. Al contrario il futuro Silvestro II non mostra particolare attenzione rispetto al creato che pure conosce, come d'altronde qualsivoglia monaco del suo mondo.
In epoca moderna, infine, a causa di un'inusitata esplosione demografica, oltreché con la rivoluzione industriale, gli abitanti della Terra, quasi assopiti nella loro coscienza ambientale, si sono dovuti svegliare di soprassalto per porre rimedio alle tragiche conseguenze dovute al totale disprezzo nei confronti del pianeta che ci ospita e quindi della natura tutta.

Bibliografia

Cantarella, G. M. 1997. *I monaci di Cluny*. Torino.
Carrara, B. 1908. *L'opera scientifica di Gerberto o sia papa Silvestro II novellamente discussa ed illustrate*. Roma.

20 Thommen 2014: 136.

Dronke, P. 2012. *Giovanni Scoto*, *Sulle nature dell'Universo*. Cles (TN).
Hägermann, D. 1989. 'Der Abtals Grundherr. Kloster und Wirtschaft im frühen Mittelalter', in *Herrschaft und Kirche. Beiträge zur Entstehung und Wirkungsweise episkopaler und monasticher Organisationsformen*. Stuttgart, 346-51.
Lindgren, V. 1985. 'Ptolémée chez Gerbert d'Aurillac', in *Gerberto. Scienza, storia e mito*, Atti del *Gerberti Symposium* (Bobbio 25-27 luglio 1983), Bobbio, 619-44.
Montecchio, L. 2017. *La cultura dell'ambiente in ambito monastico tra V e VIII secolo*, in Atti del Convegno internazionale, *Pollution and the Environment in Ancient Life and Thought*, (Berlin, 16-18 october 2014), a cura di O. Cordovana e G.F. Chiai, 131-150, Stuttgart.
Poulle, E. 1985. *L'astronomie de Gerbert (597-617),* in *Gerberto. Scienza, storia e mito*, Atti del *Gerberti Symposium*, Bobbio 25-27 luglio 1983. Bobbio, 597-617.
Schramm, P. E. 1971. *Kaiser Könige und Päpste*, vol. 4. Stuttgart.
Schramm, P. E. *Denkmale der deutschen Könige und Kaiser.* München 1962.Thommen, L. 2014. *L'ambiente nel mondo antico*. Bologna.
Vernet, J. 1978. *La cultura hispano-àrabe en Oriente y Occidente*. Barcellona.

Orientamento della prima fase della moschea al-Aqṣā di Gerusalemme

Michelina Di Cesare (Sapienza Università di Roma)

Abstract A new interpretation of the archaeological data regarding the first of the three pre-Crusader structural phases of al-Aqṣā mosque in Jerusalem (Aqṣā I) is proposed. It suggests that the building had an astronomical orientation like other 7th-century and early 8th-century mosques. Thus, Aqṣā I would have been oriented towards the east rather than the south, as believed so far. This hypothesis would allow to solve the anomalies of the plan of Aqṣā I. Indeed, by identifying the eastern wall rather than the southern as the qiblī wall, the aisles would not result perpendicular but parallel to it and running along the long side, as usual in Umayyad mosques. Consequently, the precocious appearance of the transept in Aqṣā II would be due to the re-orientation of the previous structure.

Sommario Si propone una nuova lettura dei dati archeologici relativi alla prima delle tre fasi strutturali, precedenti al periodo crociato, della moschea al-Aqṣā di Gerusalemme (Aqṣā I). Si suggerisce che l'edificio avesse un orientamento astronomico, come le altre moschee costruite nel VII secolo e nella prima decade dell'VIII, e quindi non fosse orientata verso sud, come ritenuto finora, ma verso est. Questa ipotesi permetterebbe di risolvere della anomalie nella pianta di Aqṣā I: identificando il muro orientale con il muro qiblī, le navate non sarebbero perpendicolari ad esso ma parallele e sarebbero collocate lungo il lato lungo, come di norma nelle moschee omayyadi, e la precoce apparizione del transetto in Aqṣā II sarebbe il risultato del riorientamento della struttura precedente.

La moschea oggi nota come al-Aqṣā è addossata al muro meridionale del *ḥaram al-sharīf* di Gerusalemme [FIG. 1]. La sua pianta è rettangolare e misura 72 m ca. in lunghezza, incluso il portico, e 58 m ca. in ampiezza, escluse le propaggini irregolari sul lato est *(jāmi' al-arba'īn*, *miḥrāb Zakariya', jāmi' 'Umar*) [FIG. 2]. L'interno è suddiviso in sette navate delimitate da arcate che corrono da nord a sud, quindi perpendicolari al muro *qiblī*, e sono intersecate da un transetto delimitato da due arcate che corrono da est a ovest, parallelamente al muro *qiblī*, raccordandosi con i quattro pilastri che sorreggono la cupola posta di fronte al *miḥrāb*. Le

arcate a nord del transetto sono sette, distanti tra loro 7.75 m ca. in direzione nord-sud, mentre quelle comprese nel transetto sono quattro, distanti tra loro 4.20 m. Le navate sono ampie 6.80 m ca. tranne quella centrale, che misura 13 m ca. L'edificio ha 27 porte: 7 sul muro nord, 12 su quello est, una sul lato ovest. L'asse maggiore dell'edificio, che corre da nord a sud, passando per la porta centrale e il *miḥrāb* posto al centro del muro *qiblī*, presenta un azimut di 169° 39', come il muro occidentale del *ḥaram al-sharīf*[1]. Se idealmente prolungato verso nord questo asse raggiungerebbe l'entrata meridionale della Cupola della Roccia, l'edificio costruito dal sovrano omayyade ʻAbd al-Malik e datato all'anno 72 dell'Egira (691/692), che sorge quasi al centro della metà occidentale del *ḥaram*[2]. L'asse minore, che corre da ovest a est, presenta un azimut di 79° 44', come il muro meridionale del *ḥaram*. L'asse maggiore dovrebbe in realtà corrispondere alla *qibla*, puntando alla direzione della Kaʻba a Mecca, e quindi indicare 157° o 23° da sud verso est, oppure 137°, secondo i calcoli basati sulle coordinate di derivazione tolemaica[3] notoriamente con grossi errori nella longitudine.

La struttura attuale di al-Aqṣā è il risultato di un restauro invasivo condotto tra il 1938 e il 1942, reso necessario dai danni provocati dai terremoti del 1927 e del 1937. L'area a nord del transetto, esclusa parte del portico, è stata

1 Desidero ringraziare il Prof. Costantino Sigismondi per la grande disponibilità nel fornire i dati astronomici relativi a Gerusalemme e a Mecca, verificare gli orientamenti della Kaʻba a partire dai dati satellitari su Google maps e del *ḥaram al-sharīf*, e rispondere ai miei quesiti. Ovviamente gli eventuali errori nei calcoli e nelle deduzioni sono miei.

2 Sulla Cupola della Roccia si vedano O. Grabar (1959) e O. Grabar, S. Nuseibeh (1996).

3 Per il calcolo della *qibla* si veda EI^2, vol. 5, pp. 82-88; il valore qui indicato per Gerusalemme è tratto dalle tavole compilate da al-Khalīlī (*fl.* 1365), *ibid.* p. 88.

parzialmente abbattuta e ricostruita[4]. Tuttavia, la pianta e l'orientamento sono rimasti immutati rispetto al restauro commissionato da Ṣalāh al-Dīn dopo la riconquista di Gerusalemme nel 1187, nonostante i successivi interventi avvenuti in epoca mamelucca e ottomana. Prima di allora, durante il periodo della presenza crociata (1099-1187), al-Aqṣā era stata inizialmente trasformata nel palazzo dei sovrani del Regno Latino di Gerusalemme e poi ulteriormente riadattata come sede dei cavalieri dell'Ordine del Tempio[5].

La storia e le caratteristiche dell'edificio in epoca pre-crociata sono molto più incerte, dal momento che è difficile armonizzare le informazioni fornite dalle fonti e i risultati dell'indagine archeologica[6]. Quest'ultima, condotta da Robert Hamilton proprio in occasione dei restauri del 1938-1942, ha permesso tuttavia di individuare tre fasi costruttive, denominate progressivamente Aqṣā I, Aqṣā II e Aqṣā III[7].

La prima fase, Aqṣā I, consisteva in un edificio che misurava 53 m ca. in lunghezza, 19 m in meno rispetto all'attuale limite settentrionale [FIG. 3]. Per quanto riguarda l'ampiezza è stato possibile individuare soltanto il limite orientale, che doveva trovarsi ad una distanza di 6.80 m ca. dall'attuale muro orientale. La struttura presentava dunque almeno sei arcate, perpendicolari al muro *qiblī*, che insistevano su 11 colonne distanti 4.20 m ca. l'una dall'altra, tranne in alcuni punti in cui

4 R. W. Hamilton (1948).

5 D. Pringle (2007), pp. 417-434.

6 Per le varie ricostruzioni si vedano K. A. C. Creswell (1932), pp. 21-26, e K. A. C. Creswell (1940), pp. 119-126; R. W. Hamilton (1948); H. Stern (1963); K. A. C. Creswell (1979), vol. 1, pp. 29-35 e vol. 2, pp. 373-380; K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 73-82; R. W. Hamilton (1992); J. Johns (1999); A. Grafman, M. Rosen-Ayalon (1999); A. Kaplony (2002); D. Pringle (2007), pp. 424-432; B. St. Laurent, I. Awwad (2013), L. Nees (2015), pp. 5-57. Le proposte di Hamilton e Raby (in J. Johns (1999) relative alla prima fase di al-Aqṣā sono discusse più avanti nel testo.

7 R. W. Hamilton (1948).

l'intercolumnio era ridotto a 3 m ca., forse per il mancato allineamento del muro nord con il muro sud. Il muro nord disegna infatti con il muro est un angolo di 87°. L'ampiezza delle navate variava: quella delle quattro navate a est era di 6.80 m ca., la penultima navata individuata a ovest si restringeva gradualmente da 7.45 m ca. a 5.77 m ca. da nord a sud; l'ultima presentava invece un'ampiezza di 4 m. L'edificio aveva un solo ingresso sul muro nord, in corrispondenza della penultima navata orientale, mentre sul lato *qiblī* non era presente un *miḥrāb*.

Nella seconda fase (Aqṣā II) la lunghezza dell'edificio raggiunse quella attuale. Alle arcate preesistenti ne vennero aggiunte quattro, mantenendo l'intercolumnio di 4.20 m ca., e il numero delle navate venne portato a 15, come si evince dalle fonti. Le ultime due navate occidentali di Aqṣā I vennero abbattute e sostituite da un'unica grande navata centrale, ampia 13 m ca., che all'estremità meridionale presentava quattro grandi arcate che sorreggevano una cupola dal diametro di 12 m ca. Ai pilastri, posizionati in corrispondenza della prima e della quarta fila di colonne delle arcate longitudinali sul lato meridionale, si raccordava un transetto costituito da due navate parallele al muro sud. Al centro della navata, sul muro sud, venne inserito un *miḥrāb* concavo.

La terza fase, al-Aqṣā III, vide un rinnovamento delle arcate a nord del transetto. Le colonne di marmo vennero sostituite da pilastri cilindrici in muratura, distanti tra loro 7.75 m circa, come oggi. Il numero totale delle arcate fu quindi ridotto da 16 a 11. La navata centrale venne ampliata di 1 m ca.

Per quanto riguarda la datazione, analizzando le fonti, Hamilton aveva inizialmente attribuito al-Aqṣā I alla committenza dell'omayyade al-Walīd (r. 705-715), al-Aqṣā II agli 'abbasidi al-Manṣūr (r. 754-775) e al-Mahdī (r. 775-785), Aqṣā III al fatimide al-Ẓāhir (r. 1021-1036)[8]. Successivamente,

8 R. W. Hamilton (1948).

aveva retrodatato Aqṣā III all'epoca 'abbaside, attribuendo Aqṣā II a al-Walīd e Aqṣā I a 'Abd al-Malik (r. 685-705)[9]. Infine, come riferito da Johns, Hamilton avrebbe concordato con Raby sulla datazione di Aqṣā I all'epoca di Mu'āwiya I (r. 661-680)[10]. In effetti, fonti portate recentemente alla conoscenza degli studiosi da Flusin sostanziano quest'ultima ipotesi[11].

Tuttavia, proprio le caratteristiche planimetriche e strutturali di Aqṣā I, così come è ricostruita da Hamilton, si rivelano problematiche per l'epoca omayyade (661-750)[12]. Infatti Aqṣā I costituirebbe il primo esempio di una moschea caratterizzata da navate perpendicolari al muro *qiblī*. In epoca omayyade questa innovazione si ritroverebbe soltanto in Aqṣā II, a distanza di pochi anni, mentre per altri esempi bisognerebbe attendere la Grande Moschea di Cordova (prima fase: 785/6-786/7)[13], la Grande Moschea di Kairouan (fase dell'836)[14], la Grande Moschea di Samarra (848-851)[15] e la moschea di Abū Dulaf (860/1), sempre a Samarra[16]. Però la seconda e l'ultima di queste presentano un transetto parallelo al muro *qiblī*, suggerendo che il loro modello sia Aqṣā II piuttosto che Aqṣā I. La ricostruzione di Hamilton presenta anche altre aporie: l'entrata posta in posizione laterale, nella seconda navata da est, la diversa ampiezza delle due ultime navate occidentali, l'esistenza di una colonna isolata ancora più a ovest, in linea con l'arcata più meridionale del transetto, lo spessore del muro nord che si riduce proprio in corrispondenza dell'ultima navata

9 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 79-82 e R. W. Hamilton (1992).
10 J. Johns (1999), p. 62.
11 B. Flusin (1999).
12 Si vedano per esempio le piante rinvenute o restituite in K. A. C. Creswell (1979).
13 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 291-302.
14 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 315-330.
15 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 358-365.
16 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 367-373.

occidentale [FIG. 3][17]. Questi problemi restano irrisolti anche nella ricostruzione proposta da Raby, come riportata da Johns[18]. Raby ipotizza una pianta a 11 navate perpendicolari al muro *qiblī* con tre ingressi: due laterali, nelle penultime navate a est e a ovest, e uno in corrispondenza della navata centrale, più ampia e terminante con un *miḥrāb* sul muro sud [FIG. 4]. Per ottenere la simmetria, però, lo studioso non tiene conto della navata più a ovest rinvenuta durante lo scavo, ampia 4 m ca., la cui arcata occidentale taglierebbe quasi a metà la navata centrale da lui ipotizzata.

Tutti questi aspetti problematici potrebbero essere risolti postulando un diverso orientamento di Aqṣā I. Infatti, se identificassimo come muro *qiblī* il muro orientale piuttosto che quello meridionale, ci troveremmo in presenza di una tipologia planimetrica e strutturale molto più comune in epoca omayyade. Avremmo infatti la sala di preghiera lungo un lato lungo dell'edificio, con navate parallele al muro *qiblī* e non perpendicolari ad esso, un'entrata sul lato breve, un portico sulla facciata aperta da identificare con la navata più a ovest con ampiezza minore, raccordato con un altro portico sul lato sud, a cui apparterrebbe la colonna isolata, un altro sul lato nord, dove il muro ha uno spessore minore, e quindi anche un altro portico a ovest, delimitante il cortile [FIG. 5].

L'orientamento di Aqṣā I non in direzione della Ka'ba troverebbe conforto nell'orientamento di altre moschee risalenti sia al periodo dei califfi *rāshidūn* sia di quelli omayyadi, anch'esse non orientate in direzione della Ka'ba. Secondo le fonti, il muro *qiblī* della moschea fatta costruire da 'Amr b. al-'Āṣ a Fusṭāṭ nel 641 era "rivolto molto a est" (*qibla musharriqa jiddan*)[19]; la moschea fatta costruire da Sa'd b. Abī

17 R. W. Hamilton (1948), pp. 53-66.

18 J. Johns (1999), p. 62.

19 Yāqūt, *Mu'jam al-buldān* s.v. Fusṭāt, e al-Maqrīzī, *Khiṭaṭ* vol. 2, pp. 246-247. Questa singolare definizione, che esprime senza dubbio una deviazione a est dalla *qibla*, secondo King (1984) potrebbe indicare sia

Waqqās a Kūfa nel 635 era orientata a ovest[20]; la moschea di Wāsiṭ fatta costruire da al-Ḥajjāj nel 703/704 e riportata alla luce tra il 1936 e il 1985 aveva il muro *qiblī* ad un azimut di 234°, 34° più a ovest della direzione della Ka'ba[21]; così come la moschea di Banbhore, costruita nel 711 ca., era orientata verso ovest, a 267°[22]. Patricia Crone e Michael Cook avevano inizialmente sostenuto che queste direzioni convergessero in un luogo dell'Arabia nord-occidentale in cui doveva trovarsi l'originario santuario abramitico degli "Agareni"[23]; Robert Hoyland ha invece proposto di interpretare questi orientamenti come generiche direzioni verso Mecca[24]. Tuttavia, analizzando testi relativi all'astronomia popolare islamica e l'orientamento di varie moschee in Egitto, Maghreb e al-Andalus, David King ha persuasivamente dimostrato che le prime moschee avevano un orientamento astronomico[25]. Gli edifici erano infatti progettati in modo tale che i fedeli si trovassero nelle stesse condizioni astronomiche che avrebbero osservato stando nel *ḥaram* di Mecca, pregando nei pressi della Ka'ba. Questa era infatti immaginata come un cubo perfetto, il cui asse nord-sud era orientato verso il punto ortivo di Canopo, cioè 148° circa, ed era perpendicolare all'asse est-ovest, 58° ca., tendenzialmente l'azimut del punto ortivo del sole in estate, e 238°, azimut del punto occiduo del sole in inverno [FIG. 6][26]. Di conseguenza, in base alla posizione geografica, le moschee avevano il muro *qiblī* parallelo ad un muro della Ka'ba: il muro sud-ovest in Egitto, Maghreb e al-Andalus, il muro nord-est in 'Irāq, Irān e regioni orientali, il muro nord-ovest in al-Shām e

l'est che il punto ortivo del sole in inverno. Sulla *qibla musharriqa* si vedano anche W. Barthold 1929 e S. Bashear 1991.

20 Balādhurī, *Futūḥ* p. 276.

21 F. Safar (1945).

22 S. M. Ashfaque (1969).

23 P. Crone, M. Cook (1977), p. 23-24.

24 R. Hoyland (1997), pp. 560-573.

25 D. King (1982), (1985), (1995).

26 G. S. Hawkins, D. King (1982).

regioni settentrionali, il muro sud-est in Yemen[27]. In al-Andalus, Maghreb ed Egitto occorrono anche orientamenti diversi: il punto ortivo di Canopo, sud, punto ortivo del sole in inverno, sud-est, *qibla* computata con formule accurate, ecc.[28]. A proposito di Gerusalemme e Damasco, si ritiene che l'orientamento delle moschee fosse condizionato dalle strutture precedenti su cui insistevano e che la *qibla*, tendenzialmente a sud, rientrasse nella casistica legalmente accettabile[29].

La variazione negli orientamenti delle moschee più antiche si potrebbe comprendere meglio considerando la cronologia relativa, come nel caso di al-Aqṣā. Una testimonianza molto significativa per il periodo di regno di Mu'āwiya è costituito da una lettera scritta da Ya'qūb di Edessa (m. 708) in risposta allo stilita Yuḥannā (m. 737/8), che gli chiedeva perché gli ebrei pregassero rivolti a sud. Ya'qūb spiega che in realtà, come ha potuto verificare di persona, sia gli ebrei che i musulmani residenti in Egitto pregano rivolti verso est, i primi in direzione di Gerusalemme, i secondi della Ka'ba; gli ebrei e i musulmani residenti in 'Irāq pregano rivolti verso ovest, quelli delle regioni meridionali verso nord; quindi quelli che vivono in Siria non pregano propriamente verso sud ma in direzione delle sedi dei rispettivi patriarchi[30]. Che il periodo a cui Ya'qūb si riferisce sia il regno di Mu'āwiya si deduce dal fatto che egli trascorse un periodo di studio in Egitto, ad Alessandria, prima del 684, quando divenne patriarca di Edessa[31]. Inoltre, è molto

27 D. King (1982).

28 Panoramica generale in King (1995); sul Cairo: King (1984); sul Marocco: M. E. Bonine (1990); su al-Andalus: J. Samsó (1992), pp. 60-67; su al-Andalus e Maghreb: M. Rius (1998-1999) e (1999).

29 King (1995), p. 256. Purtroppo uno studio complessivo di tutti gli orientamenti delle moschee, combinati con dati archeologici e testuali, che tengano conto della cronologia non è ancora disponibile

30 Ya'qūb di Edessa, Lettere a Yuḥannā lo Stilita, 14 (London, British Library, Add. MS 12172 f. 124a) tradotto in P. Crone, M. Cook 1977, p. 173 n. 30 e R. Hoyland (1997), pp. 565-566.

31 Barhebraeus, *Chronicon*, vol. 1, pp. 289-294.

importante notare che il territorio che intende come Siria non corrisponde ad al-Shām, che includeva anche la Palestina, ma alle regioni sud-orientali dell'odierna Turchia e all'odierna Siria, come si evince dal suo *Hexameron*, un'omelia di contenuto cosmo-geografico, in cui la Siria è distinta da Palestina, Fenicia e Cilicia[32]. È un dato importante, perché chiarisce che per Ya'qūb l'asse nord-sud di riferimento corrisponde all'asse Siria-Yemen. Chiaramente Gerusalemme e Mecca non si trovano su questo asse, indebolendo la spiegazione di Crone e Cook e quella di Hoyland, e suggerendo piuttosto che il Tempio ebraico e la Ka'ba, i santuari rispettivamente al centro della geografia sacra ebraica ed islamica, avessero lo stesso orientamento astronomico che determinava che ebrei e musulmani pregassero nella stessa direzione. Infatti, come abbiamo già visto, sappiamo dalle fonti che l'asse maggiore della Ka'ba era considerato come orientato verso il punto ortivo di Canopo, che oggi corrisponde ad un azimut di 148° 31', qualche minuto in meno nel 608, quando la Ka'ba fu riedificata dai Quraysh, mentre l'asse minore era perpendicolare a quello maggiore. Canopo oggi si vede sorgere a Gerusalemme a 168° 47', ma tra il 20 e il 19 a.C., quando Erode intraprese la ricostruzione dell'area del Tempio oggi occupata dal *ḥaram al-sharīf*, esso era visibile a 169° 24'. Il muro occidentale del *ḥaram*, che coincide con quello erodiano, ha un azimut di 169° 39' 11", solo pochi minuti in più rispetto al punto ortivo di Canopo tra il 20 e il 19 a.C. Inoltre, il muro meridionale del *ḥaram*, anch'esso coincidente con il muro erodiano, forma un angolo quasi retto con il muro occidentale, avendo un azimut di 79° 43' 48"[33].

Dal momento che il *ḥaram* ha una forma trapezoidale ma era considerato un rettangolo[34], si può concludere che il suo orientamento fosse determinato dagli azimut del muro

32 A. Hjelt (1892).

33 Si veda la n. 1.

34 Si veda per esempio Nāṣir-i Khusraw, *Safarnāmah*, p. 72.

occidentale e del muro meridionale: il punto ortivo di Canopo e, approssimativamente, il punto ortivo del sole in estate e il punto occiduo del sole in inverno, proprio come per la Ka‘ba. Queste misurazioni sono valide attualmente per al-Aqṣā. Tuttavia abbiamo visto che dal passo di Ya‘qūb di Edessa si deduce che durante il regno di Mu‘āwiya e, come si evince dalle date degli esempi che seguono, fino alla fine del regno di ‘Abd al-Malik, le moschee erette a ovest e a est dell’asse nord-sud Siria-Yemen erano orientate rispettivamente verso est e verso ovest: le moschea di ‘Amr a Fusṭāṭ (est), 641/2, ampliata da Maslama nel 673; quella di Sa‘d a Kūfa (ovest), 638, ricostruita da Ziyād b. Abīhi nel 670; quella di Wāsiṭ (sud-ovest), 702/3-705; quella di Banbhore (ovest), 711; tutte prive di *miḥrāb* come Aqṣā I.
Il *miḥrāb* concavo è un’innovazione che compare nella moschea di Fusṭāṭ ricostruita da Qurra b. Sharīk nel 710-711/2[35], nella moschea di Medina ricostruita tra il 707 e il 709[36], quella di Damasco costruita tra il 706 e il 714/5[37], e Aqṣā II, ricostruita tra il 709 e il 714, tutte su iniziativa di al-Walīd[38]. La moschea di Fusṭāṭ fu riorientata verso sud, come quella di Medina; quelle di Damasco e Gerusalemme erano orientate tendenzialmente a sud, tenendo conto rispettivamente dei limiti imposti dalle mura del *temenos* e dell’area del Tempio. Si può dunque ipotizzare che esista una relazione tra l’introduzione del *miḥrāb* e il (ri)orientamento delle moschee secondo la *qibla* del Profeta a Medina[39].

Per concludere, un orientamento di Aqṣā I verso est, a 90° dall’azimut di Canopo tra il I sec. a.C. e il VII d.C., si

35 K. A. C. Creswell (1979), vol. 1, pp. 149-151.
36 K. A. C. Creswell (1979), vol. 1, pp. 142-149.
37 K. A. C. Creswell (1979), vol. 1, pp. 151-210.
38 K. A. C. Creswell, J. W. Allan (1989), pp. 79-82 e R. W. Hamilton (1992).
39 Questo tema sarà sviluppato in un contributo futuro.

inserirebbe perfettamente nella consuetudine di individuare la *qibla* attraverso l'orientamento astronomico della Ka'ba, che corrispondeva a quello del Tempio di Erode, come suggerito da Ya'qūb di Edessa. Il *terminus ad quem* per questa consuetudine individuabile nel 711 e il fatto che durante il regno di Mu'āwiya le prime moschee furono sostituite da strutture più complesse che però mantennero l'orientamento astronomico originario, confermerebbero l'ultima datazione di Aqṣā I proposta da Hamilton. Inoltre, la *qibla musharriqa* di Aqṣā I risolverebbe i problemi strutturali e cronologici emersi dai risultati dello scavo, suggerendo che anche l'apparizione precoce del transetto in Aqṣā II sia il risultato dell'integrazione del portico meridionale di Aqṣā I nell'ampliamento e riorientamento della moschea. Quest'ultimo, reso più evidente dall'asse tracciato attraverso la navata centrale più ampia dal *miḥrāb* fino all'ingresso meridionale della Cupola della Roccia, permetteva di individuare quest'ultimo come il muro *qiblī*. In questo modo la Cupola della Roccia, che ha una pianta ottagonale, e di conseguenza non ha un orientamento univoco, venne "orientato" verso Mecca, secondo la *qibla* del Profeta, proprio ponendo la Roccia alle spalle della moschea, la soluzione "ortodossa" che la tradizione attribuiva a 'Umar[40].

Bibliografia

S. M. Ashfaque, "The Grand Mosque of Banbhore", in *Pakistan Archaeology* 6 (1969), pp. 182-209

Balādhurī, *Kitāb futūḥ al-buldān*, ed. M. J. De Goeje, Leiden 1866

Barhebraeus, *Chronicon ecclesiasticum*, 3 vol., Louvain 1872-1877

W. Barthold, "Die Orientierung der ersten muhammedanischen Moscheen", in *Der Islam* 18 (1929), pp.

40 Cfr. nota precedente.

245-250

S. Bashear, "*Qibla musharriqa* and Early Muslim Prayer in Churches", in *The Muslim World* 81 (1991, pp. 267-282

M. E. Bonine, "The sacred direction and city structure: A preliminary analysis of the Islamic cities in Morocco", in *Muqarnas* 7 (1990), pp. 50-72

K. A. C. Creswell, *Early Muslim Architecture: Umayyads, 'Abbāsids and Early Ṭūlūnids, Volume I: Umayyads AD 622-750*, Oxford 1932

K. A. C. Creswell, *Early Muslim Architecture: Umayyads, 'Abbāsids and Early Ṭūlūnids; Volume 2: Early 'Abbāsids, Umayyads of Cordova, Aghlabids, Ṭūlūnids, and Samānids AD 751-905*, Oxford 1940

K. A. C. Creswell, *Early Muslim Architecture: Umayyads AD 622-750, Second Edition in Two Parts*, New York 1979

K. A. C. Creswell, J. W. Allan, *A Short Account of Early Muslim Architecture*, Aldershot 1989

P. Crone, M. Cook, *Hagarism: The Making of the Islamic World*, Cambridge-London-New York-Melbourne 1977

EI^2 = P. Bearman, Th. Bianquis, C.E. Bosworth, E. van Donzel, W.P. Heinrichs (eds.), *The Encyclopaedia of Islam, Second Edition*, 12 vols., Leiden 1960-2005

B. Flusin, "L'Esplanade du Temple à l'arrivée des Arabes, d'après deux recits byzantins", in J. Raby, J. Johns (eds), *Bayt al-Maqdis: 'Abd al-Malik's Jerusalem*, *Part One*, Oxford 1992, pp. 17-32

O. Grabar, "The Umayyad Dome of the Rock in Jerusalem", in *Ars Orientalis* 3 (1959), pp. 33-62.

O. Grabar, S. Nuseibeh, *The Dome of the Rock*, New York 1996

A. Grafman, M. Rosen-Ayalon, "The Two Great Syrian Umayyad Mosques: Jerusalem and Damascus", in *Muqarnas* 16 (1999), pp. 1-15

R. W. Hamilton, *The Stuctural History of the Aqsa Mosque: A Record of Archaeological Gleanings from the Repairs of 1938-1942*, Jerusalem 1948

R. W. Hamilton, "Once again the Aqṣā", in J. Raby, J. Johns (eds), *Bayt al-Maqdis: 'Abd al-Malik's Jerusalem*, *Part One*, Oxford 1992, pp. 141-144

G. S. Hawkins, D. A. King (1982), "On the orientation of the Ka'ba", in *Journal for the History of Astronomy* 13 (1982), pp. 102-109

A. Hjelt, *Études sur l'Hexaméron de Jacques d'Edesse: Notamment sur ses notions géographiques contenue dans le 3ième traité*, Helsingfors 1892

R. Hoyland, *Seeing Islam as Others Saw It: A Survey and Evaluation of Christian, Jewish and Zoroastrian Writings on Early Islam*, Princeton 1997

J. Johns, "The 'House of the Prophet' and the Concept of the Mosque", in J. Johns (ed.), *Bayt al-Maqdis: Jerusalem and Early Islam*, Oxford 1999, pp. 59-112

A. Kaplony, *The Ḥaram of Jerusalem 324-1099. Temple, Friday Mosque, Area of Spiritual Power*, Stuttgart 2002

D. A. King, "Astronomical alignments in Medieval Islamic Religious Architecture", in *Annals of the New York Academy of Sciences* 382 (1982), pp. 303-312

D. A. King, "Architecture and Astronomy: The Ventilators of Medieval Cairo and Their Secrets", in *Journal of the American Oriental Society* 104 (1984), pp. 97-133

D. A. King, "The sacred direction in Islam: A study of

interaction of religion and science", in *Interdisciplinary Science Review* 10 (1985), pp. 315-328

D. A. King, "The orientation of Medieval Islamic religious architecture and cities", in *Journal for the History of Astronomy* 26 (1995), pp. 253-274

al-Maqrīzī, *Kitāb al-khiṭaṭ al-maqrīzīya*, 2 vol., Cairo 1953

Nāṣir-i Khusraw, *Safarnāmah*, ed. Ch. Schefer, Paris 1881

L. Nees (2015), *Perspectives on Early Islamic Art in Jerusalem*, Leiden-Boston 2015

D. Pringle, *The Churches of the Crusader Kingdom of Jerusalem: A Corpus. Volume III: The City of Jerusalem*, New York 2007

C. Ptolemy, *The Geography, Dover, NY 1991*

M. Rius, "La Alquibla en al-Andalus y al-Magrib al-Aqsà", in *Anuari de filologia. Secció B, Estudis àrabs i islàmics* 3 (1998-1999), pp. 17-358

M. Rius, "Orientación de las mezquitas en Toledo" in *Tulaytula* 4 (1999), pp. 67-75

F. Safar, *Wâsiṭ: The Sixth Season of Excavations*, Le Caire 1945

J. Samsó, *Las ciencias de los antiguos de al-Andalus*, Madrid 1992

H. Stern, "Recherches sur la mosquée al-Aqṣā et sur les mosaïques", in *Ars Orientalis* 6 (1963), pp. 27-47

B. St. Laurent, I. Awwad, "The Marwani Musalla in Jerusalem: New Findings", in *Jerusalem Quarterly* 54 (2013), pp. 7-30

Yāqūt, *Mu'jam al-buldān*, Bayrūt 1977

Fig. 1 Gerusalemme, *al-ḥaram al-sharīf* in una foto aerea scattata nel 2007 (tratta da wikipediacommons)

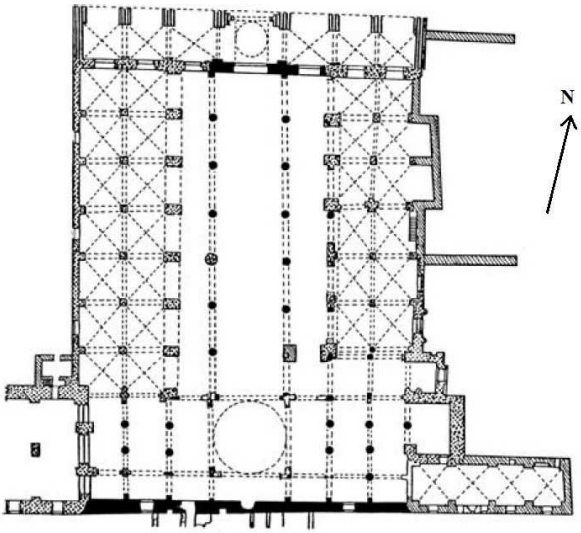


Fig. 2 Pianta della moschea al-Aqṣā (tratta da R. W. Hamilton (1948), riorientata verso nord)

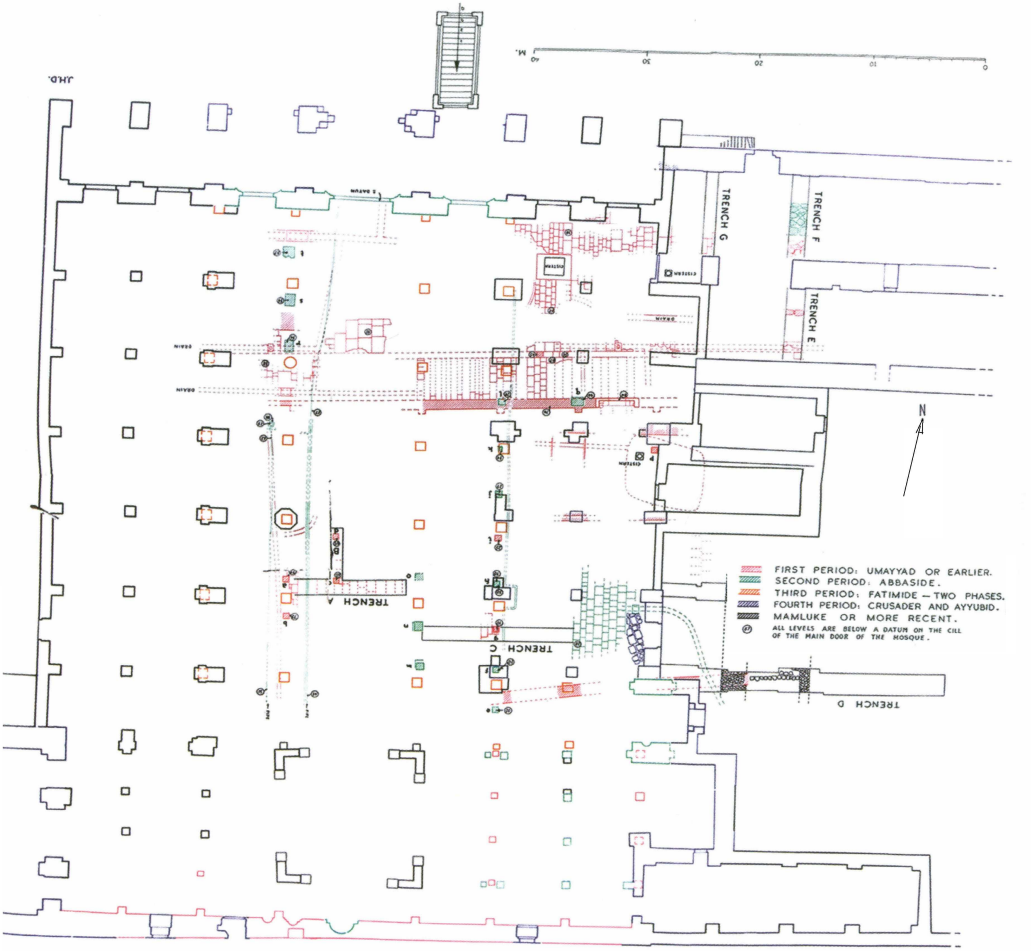


Fig. 3 Pianta degli scavi relativi a Aqṣā I (tratta da R. W. Hamilton (1948), riorientata verso nord)

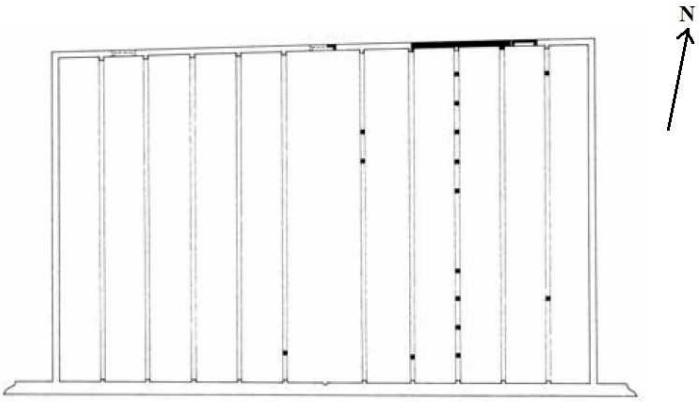


Fig. 4 Ricostruzione della pianta di Aqṣā I proposta da Julian Raby (in JOHNS (1999), riorientata verso nord)

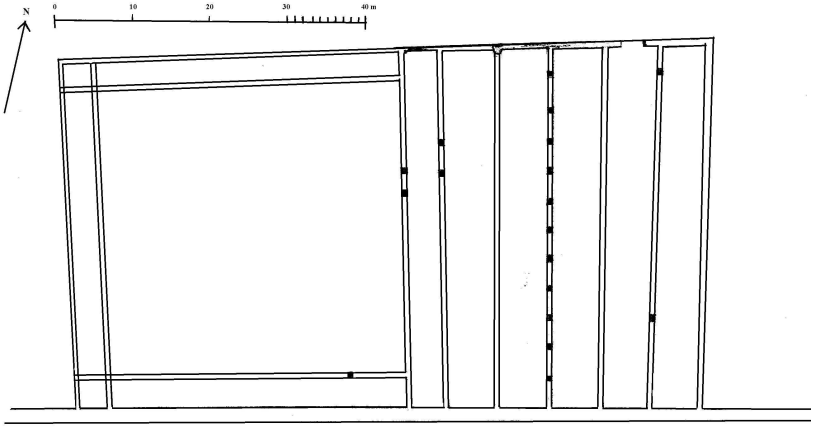


Fig. 5 Ricostruzione della pianta di Aqṣā I proposta dall'Autrice

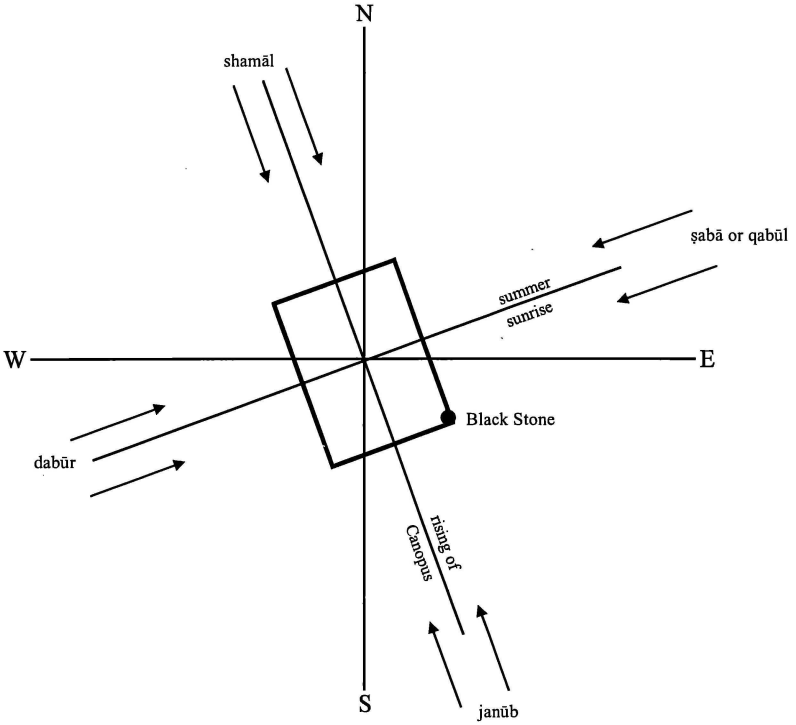


Fig. 6 Orientamento astronomico della Ka'ba, con indicazione dei venti cardinali (tratta da D. A. King (1995)

L'eclissi del sistema di N Scorpii nel giugno 2017 in visuale e con foto digitali

Costantino Sigismondi *(ICRA/Sapienza, Liceo G. Ferraris, Roma)*

Abstract The double star N Scorpii has an orbital period of 223 d and time between eclipses of 3.5 days, and from 11 to 15 June 2014 an observational campaign in AAVSO has been conducted. Observations from Rome with the star down to 4.5° above the horizon evidenced the differential chromatic extinction and the scintillation. The integration over a series of ½ s photographs permitted to limitate and evaluate the scintillation effect.
Sommario Il sistema doppio di N Scorpii ha un periodo orbitale di 223 giorni e un intervallo tra le eclissi di 3.5 giorni. Una campagna osservativa tra il 10 e il 15 giugno è stata condotta all'AAVSO e da Roma, con la stella fino a 4.5° gradi sull'orizzonte, si è evidenziata l'estinzione cromatica differenziale e la scintillazione, per toglierle dalle osservazioni.

Stelle basse sull'orizzonte ed estinzione cromatica:

Quando il Sole si avvia al tramonto la sua luce cambia colore fino ad assumere quello del miele, e spesso la vista del suo disco può essere sostenuta ad occhio nudo, quando diventa rosso. Rispetto al meridiano il colore del Sole diventa rosso, segno che le componenti della luce a minor lunghezza d'onda vengono estinte dall'atmosfera, maggiormente che il rosso.

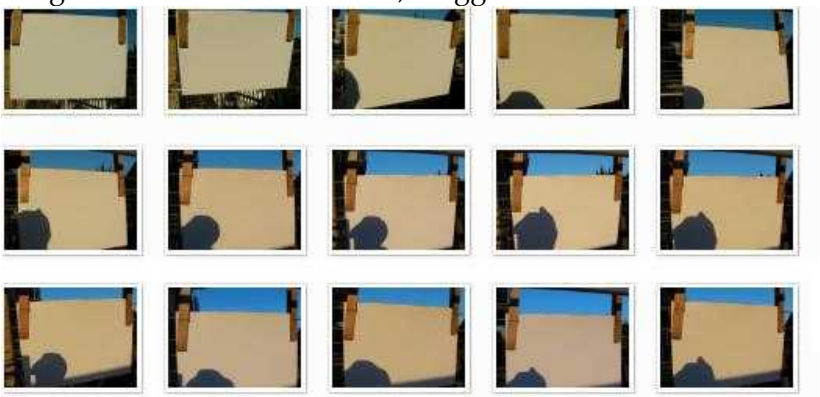


Fig. 1 Foto di un pannello bianco a Roma mentre il Sole passa

da h=12° in alto a sinistra, a h=4° in basso a destra,[1] il 13/6/17.
La stessa cosa, in maniera molto meno evidente accade con la Luna e con le stelle. H ed N Scorpii erano le due stelle da osservare per evidenziare differenzialmente l'eclissi di N: H è rossa ed N è bianca. Poiché le declinazioni di queste stelle sono circa δ=-35° a Roma lat.=41.9° risultano sempre ad h<13°.
Nel modello di atmosfera piano-parallelo le masse d'aria corrispondenti a queste altezze sono oltre X=1/sen(h°)=4. Nel modello di Garstang, più preciso, si passa da X=3.36 per h=13° a X=4.69 per h=4°.
Dalla formula dell'estizione atmosferica nelle varie bande[2] si può prevedere un effetto m(X)=m0+k*X con m0 la magnitudine fuori dall'atmosfera e K=0.1 per la banda R e K=0.2 per la V. In questo modello interpretativo preliminare assumiamo per semplicità che la luce di H Sco sia tutta in banda R e che quella di N Sco tutta in banda V. Passando da massa d'aria X=4 ad X=5 H Scorpii avrà un incremento di magnitudine ΔM_H=m(R,5)-m(R,4)=0.1, mentre N Sco ΔM_N=m(V,5)-m(V,4)=0.2, di conseguenza la differenza relativa tra H ed N aumenterà di 0.1 a sfavore di N, che sembrerà indebolirsi relativamente ad H man mano che la stella scende verso l'orizzonte.

1 D. Malin e P. Murdin, Colours of the Stars, Cambridge UP (1984), p. 76
2 E. Bernieri,http://webusers.fis.uniroma3.it/bernieri/pdf/Mezzo_1.pdf p.6

La retta di fit ha un andamento molto più inclinato dell'equazione con K=0.1 o 0.2, qui K=0.5. Per convincersi della bontà delle osservazioni fatte basta considerare che con 5 masse d'aria in totale il Sole risulterebbe indebolirsi solo di una magnitudine passando dallo zenit all'orizzonte, mentre in realtà sono molte di più le magnitudini perdute. Prima di 4.3 masse d'aria l'estinzione non è percepibile, e la differenza in magnitudini tra le due stelle vale 0.07 magnitudini.
Nella notte della prima eclissi ai dati osservati va sottratto l'effetto dovuto al tramonto con estinzione cromatica.

11/06/17 [UT]	0h 20	0h 50	1h 05	1h 09	0h22 14/6	0h51
Δ Mag oss	0.17	0.19	0.27	0.37	0.18	0.36
H[°]	9°	6.4°	5.0°	4.6°	7.8°	5.2°
X	3,98	4,38	4,6	4,65	4,16	4,57
Δ Mag N calc	/	0.06	0.03	0.11	0.17	0.14

Dall'ultima riga della tabella si ricava che le due eclissi erano già incominciate alle 0:50 UT dell'11/6 e alle 0:22 UT del 14/6.
Con l'equazione lineare di fig. 2 non si può scorporare l'effetto di estizione per masse d'aria inferiori a 4.1, ma ci sono indizi[3] per ipotizzare che l'eclissi il 14/6 sia iniziata un'ora prima del primo dato qui riportato.[4]

Scintillazione e dati da fotografia digitale

Già nel 2011 con lo studio di delta Scorpii[5] avevo riscontrato dei problemi usando delle foto digitali da camera SanyoCG9. Avevo attribuito il problema alla non linearità della camera quando la stella è debole e vicina alla magnitudine limite. Ora con SanyoHD1010 H ed N Sco sono di m=4.2 e si vedono stelle

3 Vedi osservazioni in www.aavso.org di N Sco fatte da SCQ
4 E. O. Waagen, https://www.aavso.org/aavso-alert-notice-581
5 C. Sigismondi, arXiv:1112.2356 ; arXiv:1109.5865 ; arXiv:1107.1107

di m=7, la scintillazione all'orizzonte richiede un nuovo studio. L'obiettivo della camera fotografica HD1010 ha un diametro di 9 mm, mentre era di 4.5 mm per la CG9. L'occhio nudo -che pure percepisce la scintillazione- ha un diametro tra 4 e 7 mm.
La scintillazione è dovuta all'azione di bolle d'aria di dimensione angolare maggiore di quella delle stelle, e per questa ragione i pianeti non scintillano, in particolare l'occhio è illuminato da piccole porzioni del fronte d'onda su cui la curvatura è tutta positiva (convergente, aumento di luce) o tutta negativa (divergente, diminuzione di luce) in rapida alternanza.[6] Un telescopio intercetta porzioni maggiori del fronte d'onda e l'effetto di scintillazione sparisce. Abbiamo tempi tipici di scintillazione anche di alcuni decimi di secondo, specialmente vicino all'orizzonte. Le foto prese in sequenza con la massima posa consentita ½ s mostrano all'analisi col software iris forti variazioni anche relative di intensità, per questo le sommo fino a 10 insieme. Su 10 pose 1600x1200 pixel lungo 2 minuti di tempo il 12/6 con le stelle ad h=10° (3.81 masse d'aria) l'intensità rilevata entro un cerchio di 16 pixel di diametro sommando tutti i pixel illuminati da 0 a 255 (8 bit) vale per H Sco 1881±365 e per N Sco 1917±368. Si vede che le deviazioni standard sono simili, queste sono legate alla scintillazione. Anche le intensità, se assumiamo $m(V)H_{SCO}=4.15$ verrebbe $\Delta mag=-0.02$, $mN_{SCO}=4.13$, invece che $m(V)N_{SCO}=4.23$, ciò è dovuto alla sensibilità spettrale della camera, che non coincide con la banda V di Johnson, ma è più spostata verso la B. Si potrebbe migliorare questo aspetto usando solo il colore verde nella sintesi RGB.[7] Il confronto con sequenze di 12 immagini in eclissi il 14/6 ad h=4.5° alle 0:54-0:57 UT dà per H Sco 3509±569 e per N Sco 2883±599, $\Delta mag=+0.21$, senza aver

6 C. Barbieri, Lezioni di Astronomia, Zanichelli BO 1999 p. 162
7 O. Lanciano, G. Fiocco, Applied Optics **46**, 5176 (2007)

sottratto l'estinzione cromatica. 13 immagini fuori eclissi il 13/6 alla stessa altezza h=4.5° danno per H Sco 3665±739 e per N Sco 2962±340, con un Δmag=+0.23, dovuto alla sola estinzione cromatica. Gli errori in questo caso sono molto alti, fino al 20% dei conteggi nel caso di H Sco, ed il calo di magnitudine dovuto all'estinzione cromatica risulta di 0.25 magnitudini passando da 10° a 4.5° cioè da 3.81 a 4.65 masse d'aria, avremmo da questi due dati fotografici un incremento K=0.3 magnitudini per massa d'aria.

Tuttavia se vale questa equazione nei pressi dell'orizzonte (le notti della campagna osservativa di N Sco sono state tutte molto serene e simili per condizioni meteo e trasparenza) la sequenza di foto prese durante l'eclissi secondaria del 14/6 non evidenzia che tale eclissi sia in atto, poiché la perdita di magnitudine è inferiore a quella che avrebbe per effetto cromatico differenziale, a cui la camera deve essere particolarmente sensibile raccogliendo più fotoni in B che in V.

Durante l'eclissi primaria del 11/6 alle 0:33-35 UT ad un'altezza di 7.8°, cioè 4.16 masse d'aria 12 foto integrate danno per H Sco 2391±700 e per N Sco 1451±383, con un Δmag=+0.54±0.29, decisamente superiore ai precedenti.

Tenendo conto delle 0.11 magnitudini perse rispetto a H Sco, per l'estinzione atmosferica da h=10° ad h=7.8°, con K=0.3 mag/airmass, risulterebbe che N Scorpii fosse in quel momento 0.45±0.29 magnitudini più debole del suo standard.

Questo valore è 0.3 mag più debole di quanto previsto,[8] ma è anche affetto da un errore notevole, pari al 20% delle intensità misurate.

Ciò può significare o che l'eclissi in questione fosse la secondaria (con la stella più brillante dietro la meno) oppure che la dimensione della componente che eclissava è maggiore

8 M. Ratajczak, in https://www.aavso.org/aavso-alert-notice-581 (2017)

di quanto ritenuto.
In ogni modo gli errori pari al 20% dell'intensità sono anche dovuti al passaggio di veli di nubi molto alte che presso l'orizzonte possono giocare un ruolo decisivo anche nello spazio di 2 minuti quanto sono durate le sequenze di foto.

Il futuro digitale

Irene Sigismondi *(Sapienza Università di Roma)*

Abstract Predicting the digital future is too complex beyond a time horizon of a few years. We reflect on the sense of 'digital', and on exponential growth. Databases access and smart cities, internet of things; big data, cloud computing, enhanced reality and virtual reality are on the cutting edge in today's life. Quantum computing is the future. The future globalized society and the role of scientific research to solve common problems will determine the success of the predictions and their rapidity.

Sommario La predizione del futuro digitale non può prescindere dal prendere in considerazione l'intero pianeta e la società sempre più globalizzata. Oltre un orizzonte temporale di pochi anni, le previsioni possono fallire per la crescita esponenziale di alcune realtà, che determinano il rapido tramonto di altre. Database, smart city, internet delle cose, big data, computazione in remoto, realtà aumentata, realtà virtuale sono la punta avanzatra della vita attuale; la futura società globalizzata ed il ruolo della ricerca scientifica nel risolvere problematiche comuni determinerà il successo del quantum computing e la rapidità delle predizioni

Introduzione: il futuro e il digitale

Parlare di futuro in una società globalizzata, conoscendo solo lo sviluppo di alcuni suoi aspetti è rischioso anche per le menti più elette,[1] che vengono colte in errore parziale o totale alla prova degli anni. Infatti gli sviluppi di una determinata disciplina (esempio l'elettronica) possono contaminare positivamente altri campi (come l'informatica) e stimolarne lo sviluppo, che spesso è esponenziale.

1 Così C. Sagan, *"Ho un triste presentimento per quanto riguarda l'America che toccherà ai miei figli o ai miei nipoti - si legge in un passo - quando gli Stati Uniti avranno un'economia basata sui servizi e sull'informazione, quando quasi tutte le industrie manifatturiere saranno spostate in altri paesi, quando i poteri meravigliosi della tecnologia saranno in mano a pochi, e quando nessuno che rappresenti il pubblico interesse si occuperà dei problemi; quando, avvinghiati ai nostri oroscopi, le nostre facoltà critiche in netto declino, incapaci di distinguere tra ciò che è vero e ciò che ci fa sentir bene, scivoleremo, quasi senza accorgercene, nella superstizione e nell'oscurantismo" Il mondo infestato dai demoni,* Baldini & Castoldi, Milano 1997.

L'informatica ha visto in un pochi decenni il passaggio dai primi *main frames* degli anni '60 del novecento, ai personal computers (di uguale potenza di calcolo negli anni '90) al cloud computing attuale, dove con nuove architetture di calcolo si possono realizzare simulazioni di grande complessità sfruttando la potenza di calcolo congiunta di varie macchine altamente specializzate e connesse dalla rete. Ogni step di questo sviluppo ha visto un raddoppiamento di velocità di calcolo, di quantità di dati gestibili etc. nello stesso intervallo di tempo, cosa che illustra la crescita esponenziale.[2]
Parallelamente all'informatica, l'elettronica[3] ha fornito il supporto fisico al suo linguaggio 'digitale' che dalle valvole a transitor ai diodi basati sui semiconduttori, ai circuiti integrati ha visto contemporaneamente un miglioramento dell'efficienza ed una riduzione delle dimensioni degli elementi utilizzati, rivoluzione che continua supportata da una domanda di *HiTec*, a livello popolare.

Il ruolo del progresso scientifico tra nazioni e privati

Esiste corrispondenza 1:1 tra ricerca scientifica e progresso tecnologico, anche se è molto più complesso stabilire i legami di causa e di effetto tra ricerca e sviluppo, e la preminenza tra idee e tecnologia nella storia della scienza.[4] In particolare la società informatizzata che stiamo vivendo è figlia della corsa alla Luna[5] nell'ambito della guerra fredda tra USA e URSS, e di poche realtà altamente dinamiche quali la Silycon Valley e le

2 G. Moore, *Cramming More Components onto Integrated Circuits*, Electronics Magazine **38**, (1965). cfr. anche del luglio 2017 l'articolo https://systems.closeupengineering.it/legge-di-moore-fine/10780/

3 A. Frova, La rivoluzione elettronica, Editori Riuniti 1994

4 F. Dyson, *Il Sole il genoma e Internet, Modelli di rivoluzioni scientifiche,* Bollati Boringhieri, Torino, 1999.

5 J. F. Kennedy, *We choose to go to the moon.* https://er.jsc.nasa.gov/seh/ricetalk.htm (1962)

Università che vi interagiscono. Non c'è computer che abbia questo imprinting nei propri circuiti, anche se fabbricato altrove, dove la mano d'opera è più conveniente. Tuttavia dobbiamo distinguere lo sviluppo scientifico nato in ambito accademico, da quello in ambiti creati ad hoc per massimizzare i risultati in vista di un obbiettivo comune, o dove i cervelli erano lasciati liberi di produrre. Sempre negli Stati Uniti a Los Alamos si è accelerata la ricerca sulle armi atomiche concentrandovi tutti i migliori scienzati del tempo, mentre nei Bell Laboratories[6] -che erano privati- gli scienziati finanziati dagli utili dell'azienda leader mondiale delle telecomunicazioni erano lasciati liberi da vincoli sugli argomenti di ricerca e hanno prodotto l'enorme sviluppo in elettronica di cui oggi fruiamo.

Il modello di ricerca scientifica è fortemente dipendente dalla politica, e dall'economia: se la ricerca non è supportata a livello governativo nazionale e globale tanto le grandi imprese, quanto le scoperte minime non trovano il loro terreno di sviluppo. Il pareggio di bilancio nella ricerca si può avere forse dopo molti anni, ed una politica chiusa solo su questo aspetto formale può ritardare lo sviluppo previsto e di molto.

Grandi personalità hanno dato contributi allo sviluppo sociale del 'digitale' (B. Gates, S. Jobbs, M. Zuckerberg..) e altre ne ispirano quello tecno-scientifico (E. Musk, Y. Milner...), ma la società del futuro sarà sia la destinataria dei prossimi traguardi, che la finanziatrice, attraverso un'adesione democratica e digitale.

Per questo è importante una previsione sulla società.

Per finanziare imprese come l'uomo su Marte oggi non basta

6 C. E. Shannon, *A mathematical theory of Communication*, Bell System Technical Journal, **27**, pp. 379-423, 623-656 (1948), che ha dato origine alla moderna teoria dell'informazione, proprio dai Laboratori Bell.

più un Kennedy ed il paese più potente del Mondo, ma occorre una società internazionale globale ed evoluta motivata -paradossalmente- dall'assenza di passioni: una società globale in cui gli individui e le nazioni abbiano smesso di muoversi guerra l'un l'altro per questioni religiose o economiche.[7]
La società del futuro dovrà sia accettare di non avere passioni, sia finanziare imprese colossali, che produrranno come ricaduta tecnologica le migliorie attese dal futuro digitale.

Quantum computing ed era digitale

Uno strumento analogico[8] traduce in tensione elettrica (o nel movimento di un indice) che può variare con continuità un segnale da misurare; per uno strumento digitale il segnale è tradotto in 'digit'[9], cifre,[10] che variano con salti discreti. Con l'avvento dell'elettronica a semiconduttori il linguaggio binario composto di 0 e 1, assenza e presenza di segnale, vero o falso,[11] tipico linguaggio delle istruzioni seriali ha trovato la sua applicazione nell'uso grazie ai diodi, che hanno dato a quei segnali la velocità degli elettroni, le particelle materiali più leggere del mondo elettromagnetico.
Dall'avvento della meccanica quantistica si pensa a sfruttare la nuova rappresentazione della realtà microscopica in stati sommati tra loro con differenti combinazioni Queste

7 G. F. Bignami, A. Sommariva, *Oro dagli asteroidi e Asparagi da Marte. Realtà e miti dell'esplorazione dello spazio*, Mondadori, Milano 2015
8 D. Sax, *The Revenge of Analog,* Perseus, New York 2016
9 Il primo ad usare questo termine in questo senso fu Gerberto d'Aurillac, nel suo abaco. All'epoca fu il primo ad usare in Europa le cifre indo-arabiche. http://www.provincia.bz.it/fp/gutenberg/approfondimenti/app10.html
10 Il dono più eccellente che Prometeo fece all'uomo non è il fuoco "e il numero, eccellente fra le invenzioni, escogitai per loro, e l'unione delle lettere, memorie di tutto, operosa madre delle arti" Eschilo, *Prometeo Incatenato*, 459-60. Cit. da J. Gleik, *Informazione*, Feltrinelli MI 2012
11 J. A. Wheeler, *It from bit*, in *At home in the Universe*, American Institute of Physics, New York 1994

combinazioni che costituiscono il Qubit sono molte di più di «vero o falso», che è il Bit,[12] e aprono la via a veicolazioni di dati veramente imponenti, nei tempi ultrabrevi delle transizioni quantistiche di elettroni in stati differenti di una molecola o un atomo. Il problema oggi è quello di mantenere coerenti quantisticamente gli atomi per abbastanza tempo, e di aumentare le memorie quantistiche oltre pochi Qubits.[13]
Quando il quantum computing ed il suo parallelismo massiccio[14] saranno utilizzabili tutto ciò che lo precede sarà da rottamare, per la sua lentezza e dimensione, ma se questo è vero sul piano militare e poi su quello commerciale, lo sarà anche in termini di vita reale, perché con la crittografia quantistica non si potranno più utilizzare gli odierni sistemi/algoritmi di cifratura nelle comunicazioni perché saranno violati molto rapidamente.

Digital divide: la marginalizzazione dei non 'digitali'

Le tecnologie digitali, elettroniche e, in futuro, quantistiche, di per sé non tagliano fuori le persone. Sono le pubbliche amministrazioni che le adottano ed i funzionari che le implementano a creare divisione, penalizzando chi si reca di persona agli uffici competenti per risolvere problemi che non sempre hanno già una soluzione deterministica, come il buon informatico vorrebbe. La soluzione attraverso risposte di tipo vero/falso a call center automatizzati non esaurisce tutte le richieste possibili, anche se le *frequently asked questions* rispondono alla maggior parte. Sequenze di istruzioni studiate a tavolino come per la redazione di un programma di

12 *il bit è caratterizzato dalla congiunzione «o» […] il qubit dalla congiunzione «e»* H.C. von Baeyer, *Informazione. Il nuovo linguaggio della scienza*, Edizioni Dedalo, Bari 2003.

13 www.lescienze.it/news/2017/01/18/news/prevedere_decoerenza_quantistica_qubit-3388173/? http://www.lescienze.it/news/2017/01/06/news/calcolo_quantistico_sfidaricerca_ingegneria-3373152/

14 D. Deutsch, Proc. Royal Soc. of London A **400**, 97-117 (1985)

computer, spesso considerano l'utente entro poche reazioni, e se per personali esigenze o diversa intuitività l'utente risponde in modo diverso per avere diverse esigenze, questo viene punito con l'interazione di persona, fatta in modo scostante dopo un'attesa logorante. Nella legimatica, l'arte di comporre bene una legge si apprende e si può tradurre anche in arte di saper comunicare le corrette procedure amministrative[15] debitamente liberate delle lungaggini e delle pesantezze del linguaggio della burocrazia.[16] La società *apatica* adatta alla convivenza pacifica accetterebbe di buon grado il sopruso della Pubblica Amministrazione pagando la sanzione, per non aver capito le istruzioni mal poste. Solo l'*apatia* garantirebbe il mantenimento della tranquillità sociale.

STEM Science Tech Engineering e Math, e nativi digitali

Il dibattito sull'utilità di corsi di algebra di base per gli studenti non STEM, per i quali l'ostacolo è duro, è in corso, e la California fa trend[17]. L'Europa[18] e l'Italia in particolare si trova ad affrontare questo 'digital divide' già da tempo. Il Piano Nazionale Informatica nei licei partì nel 1994 e sarebbe andato a regime nel 2010 con la riforma Gelmini. Nella realtà l'informatica nei licei è rimasta una materia in più da studiare a memoria, senza applicazioni pratiche ed utili contaminazioni interdisciplinari.[19] I nativi digitali pensano che la vera

15 Agenzia per l'Italia digitale, Piano triennale per l'informatica nella P.A., oggi l'agenzia ex AIPA, poi CNIPA si chiama AgID.

16 I. Sigismondi, *Dalle tecniche di normazione alla legimatica*, ClioEDU, Bari, 2017

17 S. V. Cornellussen, Physics Today, July 2017.

18 A proposito di informatica e digitale a scuola ci sono le raccomandazioni del parlamento europeo del 2006 sulle competenze chiave per l'apprendimento permanente (competenza digitale) che in Italia sono attuate mediante le competenze di base e le competenze chiave per la cittadinanza https://didatticapercompetenze.wordpress.com/2014/11/17/competenze-chiave-europee-di-base-di-cittadinanza-che-differenza-ce/

19 Il test di leggibilità ideato dal gruppo di De Mauro GULPEASE,

informatica non sia quella insegnata a scuola, ma pensano anche che coincida con l'uso smart di uno smartphone, con cui giocano anche online, senza andare oltre quanto facevano i loro docenti, parvenus digitali. L'informatica è percepita anche come l'accesso rapido alle informazioni distribuite su internet. Nessun lavoro critico di cernita sembra necessario nell'era dei wikipediani.

Smart cities

Possiamo dire che questo è il presente digitale in qualche caso (Barcellona, Padova ancora in via sperimentale), ma se tecnologicamente già è possibile, a livello politico e delle amministrazioni locali no. Chiaramente non è la applicazione che dà il traffico in tempo reale a preoccupare il futuro dei trasporti nelle città, oppure le macchine senza pilota, che riducono gli incidenti, ma le risposte informatiche con conseguenze etiche. Quando il computer dovrà decidere in tempo reale se far frenare la macchina per un passante sbadato e rischiare di essere tamponato da dietro... oppure l'uso dei dati personali sugli spostamenti, la loro permanenza nell e banche dati, la loro vendita a terzi... Da questo si vede che alle parole chiave tecnologia, mobile broadband[20], digitale etc. occorre inserire *digital humanities*, legimatica, alfabetizzazione informatica, logica: il futuro è digitale ma ci vogliono anche gli umanisti digitali oltre ai tecnici e gli informatici giuridici...etc.

Potenza di calcolo e progresso

Avere computers potenti e usarli per videogiochi o per la realtà virtuale non è esattamente sinonimo di progresso.

potrebbe essere un esempio di interazione tra informatica ed italiano, e.g. http://www.corrige.it/leggibilita/lindice-gulpease/ . Con le materie tecnico scientifiche abbiamo tanti esempi di calcolo numerico, gestione di dati statistici...analisi e previsioni.

20 T. Janevsky, *Internet Technologies for fixed and mobile network,* Arthech House, Boston London, 2015

È noto che ogni personal computer oggi può svolgere operazioni matematiche in sequenza molto complesse, ma è altrettanto noto che se lo fa, l'utente in qualche modo ne resta inconsapevole. Questo è il motivo per cui tra i giovani il 'digitale' è popolare, ma le discipline STEM no. L'impatto del Quantum computing QC nei campi dove la velocità di calcolo richiesta è in tempo reale, come fa il cervello umano, sarà grande: si potranno fare interazioni uomo-macchina in modo *'seamless'* senza cuciture, penso agli esoscheletri che aiuteranno persone con handicap a camminare in modo fluido. Oppure il QC svolgerà simulazioni ad N corpi per migliorare le previsioni meteorologiche, valendosi anche del 'dialogo' con molte stazioni automatiche (Internet of Things) ed arrivando a scale di risoluzione di pochi metri; si miglioreranno i modelli climatici con la possibilità di includere tutte le variabili in gioco e non solo alcune come è oggi.[21] Nella ricerca scientifica il QC consentirà di modellizzare la struttura della materia attraverso la dinamica molecolare,[22] per realizzare veri e propri esperimenti 'numerici' per i quali esisteranno nuove applicazioni industriali.
Nella vita quotidiana tutto questo ricorso all'ausilio di uno strumento informatico rischia non solo di abbassare i livelli di analisi critica, ma anche quelli di funzionalità neuronale (oltre che biologica, con i rischi da poco movimento).[23]

21 L. Bignami, http://www.focus.it/scienza/scienze/cambiamenti-climatici-il-riscaldamento-del-pianeta-non-si-ferma (2017)
22 R. Car, http://www.phys.uniroma1.it/fisica/archivionotizie/corso-cattedra-enrico-fermi-2016/2017
23 N. Carr, *The Glass Cage, how computers are changing us,* Norton & Co, NY 2015

Conseguenze in economia

Per quanto riguarda l'appuntamento dedicato al Digital Single Market per enfatizzare il legame tra giovani e futuro, vorrei, se possibile, mettere a fuoco due elementi.

Il primo è oggettivo di scenario e quindi parlare del rapporto sul progresso digitale in Europa[24], presentato a fine maggio 2017:-ADESSO C'è 2017-- ! Questo rapporto contiene tutti i parametri per individuare quanto siamo pronti per il mercato unico digitale in relazione allo sviluppo dell'e-commerce e da là possono scaturire le proposte di sviluppo che superino il gap tra territorio e virtualità.

Il secondo elemento è soggettivo, legato alle competenze digitali, e mette in evidenza le esigenze che oggi sono presenti in Europa e in Italia in materia ad esempio di Data protection officer, o comunque di conoscenza e buon uso, perchè non basta solo l'uso, delle tecnologie.

24 Europe's Digital Progress Report (EDPR) 2016