

N° 1GLI SCIENZIATI STANNO SCOPRENDO FATTI
SORPRENDENTI CHE AVVENGONO SUI PIANETI N° 1a)- Su Mercurio si bruciab)- Su Venere Piove Acidoc)- Marte, Pianeta delle TempesteAnche sugli altri pianeti del Sistema Solare:a)- Esistono le Stagionib)- Il Clima cambia di giorno in giorno
come sulla terra.**Ecco tutte le “Previsioni del Tempo” dei Pianeti più vicini al nostro:**MercurioVenereMartea)- Su Mercurio si brucia

La temperatura di Mercurio può toccare 120°, sulla parte illuminata dal Sole.

Sono solo alcune delle scoperte che gli Astronomi stanno facendo una dopo l'altra mentre osservano i Pianeti a noi più vicini. Quelli che, nonostante le differenze abissali, continuano comunque ad essere i più simile alla nostra Terra.

Lo studio del clima degli altri pianeti è una disciplina molto recente. Addirittura in questi mesi una sonda americana, il “Mars Global Surveyor”, sta compiendo accurate osservazioni dell'atmosfera marziana e del suo clima per preparare lo sbarco della prima missione umana indirizzata verso quel pianeta. Missione che, è ragionevole pensare, non possa avvenire prima del 2015 ma che ha bisogno di accurate ricognizioni fin da ora per preservare l'equipaggio da pericoli o sgradite sorprese.

L'osservazione del clima degli altri pianeti, per noi qui sulla Terra, non manca di suscitare stupore: le condizioni che possiamo trovare sulla superficie di altri pianeti, sono talmente estreme da non avere analogie con quelle terrestri. Ma andiamo con ordine: il nostro sistema solare è composto da nove pianeti. Di questi nove, i primi quattro, più vicini al Sole, sono chiamati “pianeti interni” perché le loro orbite sono all'interno di una fascia di asteroidi che li separa dagli altri cinque. Sono nell'ordine di vicinanza al Sole: Mercurio, Venere, la nostra Terra e Marte. I pianeti esterni sono, invece, Giove, Saturno, Urano, Nettuno e Plutone. A parte quest'ultimo (che è poco più piccolo della Luna e somiglia più a un enorme asteroide roccioso che non a un pianeta) gli altri sono dei giganti gassosi, composti da un piccolo nucleo solido ma avvolti da un'atmosfera talmente densa da non permettere di comprendere cosa vi sia al di sotto.

MERCURIO, IL PIANETA DEGLI ESTREMI

Um'immagine della superficie di Mercurio, il pianeta più vicino al Sole scattata dalla sonda Mariner 10. Mercurio è il Pianeta che registra gli sbalzi climatici più estremi. Durante il “giorno”, che dura l'equivalente di 88 giorni terrestri, la parte esposta alla luce solare

raggiunge temperature di 420° gradi centigradi. La parte che è in ombra, invece, ha una temperatura di 180° gradi sottozero.

I Pianeti Interni sono invece più simili al nostro: hanno una superficie solida e un nucleo di ferro che dona loro un campo magnetico. Solo per questi pianeti si può parlare di clima. Mercurio è il più piccolo e bollente. Mercurio compie una rotazione completa su se stesso in 176 giorni terrestri: è il Pianeta con il più lungo periodo di rotazione del Sistema Solare.

Questo significa che un punto sulla superficie viene bombardato dal Sole per 88 giorni terrestri consecutivi. Questo fatto, unitamente alla breve distanza che lo separa dal Sole (in media 58 milioni di chilometri, contro i 150 milioni della Terra) porta le temperature fino a 420° gradi centigradi. In compenso la parte che rimane allo scuro per 88 giorni patisce un gran freddo: Mercurio, infatti, ha un'atmosfera praticamente nulla, ragione per cui il calore accumulato si disperde immediatamente. La metà di Mercurio opposta al Sole ha una temperatura media 180° gradi sottozero. Sono temperature incredibili per noi, se pensiamo che i record storici sono di 52° gradi nella "Valle della morte", in California, e di 76° gradi sottozero a Vostok, in Antartide.

b)- Su Venere Piove Acido (H₂SO₄)

Su Venere piove Acido Solforico (H₂SO₄)

Paesaggio infernale, come si può osservare da un'immagine della superficie del Pianeta Venere ottenuta ricomponendo al computer un mosaico di immagini scattate dalla sonda "Magellano". Il computer ha ricostruito in tre dimensioni le fotografie e le ha colorate creando così il panorama del pianeta nella zona dei "Monti Maxwell, una catena montuosa che si eleva fino a 11.000 metri.

Il paesaggio ricorda quello dell'inferno dantesco. Infatti Venere è più vicino al Sole rispetto alla Terra e subisce gli effetti roventi di tale vicinanza.

Il calore sulla superficie arriva fino a 480° gradi e fa sì che le nubi siano ricche di acido solforico in forma gassosa. Questo significa che le piogge non sono di acqua ma di acido solforico.

Dopo Mercurio, più lontano dal Sole, troviamo Venere. Venere avrebbe potuto avere un destino simile a quello della Terra, se sole fosse stato più lontano dal Sole: La sua distanza dalla nostra stella è infatti di 104 milioni di chilometri. Troppo poco per non subire gli effetti roventi della sua vicinanza. Venere ha un'atmosfera densa, simile a quella della Terra. Ma i componenti di questa atmosfera, per azione dei raggi solari, sono profondamente differenti.

Il calore, che sulla superficie può toccare i 480° gradi, è tale che metalli come il ferro e il piombo sarebbero sempre allo stato liquido. Il calore fa sì che le nubi siano ricche non di vapore acqueo ma di acido solforico in forma gassosa. Questo significa che le piogge, su Venere, non sono di acqua ma di acido solforico. Solo che, dato il calore della superficie del pianeta, la pioggia non raggiunge mai il suolo ma evapora prima. I venti che spazzano Venere, poi, sono terribili: soffiano fino a oltre 350 chilometri orari. Sulla Terra, i peggiori tornado sfiorano i 200.

c)- Marte, Pianeta delle Tempeste

Su Marte ci sono tempeste di sabbia più violente di quelle che si scatenano sul deserto del Sahara.

MARTE, PIANETA DELLE TEMPESTE

Una spettacolare immagine di Marte scattata dalla sonda "Viking". In alto, al centro, si vede La macchia bianca del Polo Nord coperto da una distesa di anidride carbonica ghiacciata. Il clima di Marte è caratterizzato da spaventose tempeste di sabbia che durano fino a tre mesi con venti che soffiano a 400 chilometri orari, più del doppio dei peggiori tifoni terrestri. Le temperature vanno da 21° gradi centigradi dell'estate ai 129° gradi sottozero dell'inverno.

Passiamo ora a Marte, tra tutti i pianeti interni quello dalle condizioni meno estreme e più simili a quelle della Terra, nonostante le enormi differenze, Marte, più piccolo della Terra, non ha potuto resistere all'azione di erosione dell'atmosfera da parte del vento solare.

Questo fa sì che su Marte i fenomeni siano decisamente estremi. La superficie di Marte, eccettuati i poli, coperti da ghiaccio, è polverosa e simile a quella di un deserto. I venti che sferzano la superficie sono allora in grado di dare vita a tempeste di sabbia che durano fino a tre mesi e che coprono interamente la superficie del pianeta. I venti soffiano a circa 400 chilometri orari e le temperature variano dai 120° sottozero dell'inverno marziano ai 21° gradi dell'estate. Valori più accettabili rispetto a quelli degli altri pianeti ma ancora troppo estremi per noi. La scienza sta scoprendo anche le condizioni impossibili ma affascinanti degli altri pianeti. Che ci ricordano come noi, sulla Terra, nonostante estati torride e inverni rigidi, siamo, in realtà, molto fortunati.

(Giulio Divo)

N° 2

GENERALITÀ SUI PIANETI N° 2

FISICA DEI PIANETI

Finalità: Il corso di Fisica dei pianeti intende fornire le conoscenze di base necessarie per affrontare con rigore metodologico lo studio dei pianeti. E' indirizzato ai fondamenti fisici delle scienze planetarie, e, come tale, si propone di cogliere le profonde connessioni esistenti tra le proprietà microfisiche della materia ordinaria aggregata e quelle su grande scala delle strutture planetarie.

Programma:

MODULO A.

1. Introduzione alla fisica dei pianeti. I pianeti in relazione alle altre classi di oggetti compatti nell'Universo. Relazioni massa-dimensione, dimensione- densità media, dimensione-energia media per costituente elementare per le varie classi di oggetti compatti. Lo stato costitutivo ordinario della materia in relazione ad altri stati costitutivi. Range della densità della materia ordinaria aggregata planetaria. Organizzazione della materia planetaria sotto l'azione dell'autogravità. Effetti sulla forma esterna del pianeta e sulla differenziazione-stratificazione dei materiali all'interno. Budget energetico nei pianeti. Ruolo delle temperature interne ed evoluzione termofisica. Cenni di storia delle scienze planetarie. Finalità e prospettive nelle scienze planetarie. Esplorazione planetaria. I pianeti e lo spazio interplanetario come laboratori privilegiati per la scienza e la tecnologia.
2. Introduzione alla fisica del Sistema Solare. Costituzione del Sistema Solare. Caratteristiche d'insieme. Predominanza dei campi gravitazionale, fotonico e di plasma del Sole. Distribuzione della materia in una configurazione spaziale a disco appiattito. Moto d'insieme del Sistema Solare. Elementi di fisica solare: spettro solare, atmosfera ed interno del Sole, campo magnetico, vento solare. Caratteristiche specifiche dei pianeti. Analisi comparativa dei dati d'osservazione per pianeti terrestri, pianeti giganti, satelliti, asteroidi e comete. Energia solare assorbita ed energia interna emessa. Temperature effettive e temperature di superficie.
3. Elementi di fisica delle atmosfere planetarie. Condizioni fisiche per l'esistenza di un'atmosfera. Composizione delle atmosfere planetarie. Bilancio radiativo negli ambienti circumplanetari ed effetto serra. Generalità sui climi planetari. Fluttuazioni ed evoluzioni climatiche, controreazioni positive e negative, in particolare per l'ambiente terrestre e

l'ambiente marziano. Struttura media verticale delle atmosfere planetarie. Profili di temperatura, pressione e densita'. Troposfera, stratosfera, alta atmosfera. Altezze di scala delle atmosfere planetarie e peculiarita' dell'atmosfera terrestre. Circolazione generale e termodinamica dell'atmosfera. Bilancio geostrofico. Trasporto di calore nell'atmosfera e nell'idrosfera terrestre; scambi d'energia tra atmosfera e oceani. Fondamenti della circolazione oceanica. Analisi comparata delle caratteristiche delle atmosfere dei pianeti terrestri e dei pianeti giganti.

4. Struttura dinamica del Sistema Solare. A) Dinamica orbitale. Elementi di dinamica gravitazionale a molti corpi. Equazioni dei moti relativi. L'approssimazione delle orbite imperturbate o moto kepleriano. Dinamica orbitale a due corpi. Definizione fisico-geometrica degli elementi orbitali per il moto kepleriano. Elementi orbitali osculanti ed orbite reali. Moti orbitali al presente nel Sistema Solare. Interpretazione della distribuzione dei semiassi maggiori planetari. Sfere d'influenza planetarie. Problema a tre corpi ristretto e planare. Potenziale di Roche e punti lagrangiani. B) Dinamica rotazionale. Condizione di stabilita' per rotazione. Caratteristiche rotazionali planetarie al presente. Velocita' di rotazione ed obliquita' degli assi di rotazione. Origine delle rotazioni planetarie. Origine delle obliquita'. Momenti d'inerzia planetari. Ellitticita' dinamica ed ellitticita' di forma. Momenti angolari planetari. Momento angolare totale del Sistema Solare e piano invariante di Laplace.

5. Composizione, struttura meccanica e stato termico dei pianeti. Composizione elementale, isotopica, chimica e mineralogica dei materiali planetari. Composizione elementale del materiale originario. Confronto tra abbondanze cosmiche e composizione elementale media dei pianeti terrestri, pianeti giganti, satelliti, asteroidi, comete e meteoriti. Interpretazione del gradiente composizionale con la distanza eliocentrica: sequenza di condensazione dei minerali nella nebulosa protoplanetaria. Diagramma delle fasi di materiali planetari semplici: idrogeno, ghiacci del gruppo CHON, silicati e leghe Fe-Ni rappresentative negli interni planetari. Il problema della struttura meccanica. Equilibrio idrostatico. Stima delle pressioni e delle temperature interne per pianeti terrestri e per pianeti giganti. Gradiente di temperatura quasi adiabatico. Sorgenti interne di energia e stato termico planetario. Calore originario dalla formazione del pianeta e calore radiogenico. Trasporto conduttivo e trasporto convettivo del calore.

MODULO B

6. Fisica dell'interno e struttura interna dei pianeti giganti. Metallizzazione interna indotta dall'autocompressione gravitazionale. Costruzione dell'equazione di stato per materiale metallizzato ad alte pressioni nell'ambito della teoria di Thomas-Fermi-Dirac: calcolo dell'energia totale media per elettrone di conduzione, della pressione del gas degenero di elettroni e degli effetti delle interazioni coulombiane, contributi quantistici o di scambio inclusi. Equilibrio meccanico risultante dal bilancio delle pressioni in giuoco sia di origine macroscopica (autocompressione gravitazionale) che microscopica (come date dall'equazione di stato). Derivazione della relazione massa-dimensione dall'accoppiamento di equazioni di meccanica con equazioni di stato. Massima massa e massima dimensione planetaria. Equazione di stato nella regione di transizione pianeti giganti-nane brune. Rappresentazione della massima massa planetaria in termini delle costanti fondamentali della fisica, in particolare del rapporto tra costante di accoppiamento delle forze elettromagnetiche e costante di accoppiamento delle forze gravitazionali. Modelli di struttura e di composizione per i pianeti giganti; profili di densita' e pressione interne. Proprieta' degli strati fluidi molecolari e liquidi metallici, e del nucleo dei pianeti giganti.

7. Fisica dell'interno e struttura interna dei pianeti terrestri e dei satelliti giganti. Modelli termici, composizionali e modello sismologico. Modello sismologico per la Terra;

propagazione delle onde sismiche nell'interno della Terra, profili delle velocità delle onde P ed S. Equazione di Adams-Williamson e sua integrazione. Il modello di riferimento per la Terra (PREM). Profili di densità, pressione e gravità interne nel modello PREM. Modelli di struttura e composizione per Mercurio, Venere, Marte, la Luna ed i satelliti dei pianeti giganti. Geomeccanica planetaria comparata: proprietà fisico-reologiche delle croste dei pianeti terrestri e dei satelliti ghiacciati; isostasia; fattori di scala in litosfera; stima dell'altezza massima dei rilievi sulle superfici dei pianeti terrestri e dei satelliti. Tettonica planetaria comparata. Fratturazione e ringiovinimento delle superfici planetarie solide. Craterizzazione da impatto. Tecniche di datazione relativa di superfici planetarie in base alla densità dei crateri da impatto. Tecniche di datazione assoluta in base ad abbondanze di radioisotopi.

8. Campi magnetici planetari e mezzo interplanetario. Dati osservativi. Struttura dei campi magnetici solare e planetari. Origine dei campi magnetici. Moti convettivi interni. Meccanismo dinamo. Elementi di magnetoidrodinamica. Sorgente di energia per il mantenimento del campo. Variazioni secolari ed inversione di campo. Mezzo interplanetario. Proprietà fisiche del vento solare. Interazione del vento solare con i campi magnetici planetari. Formazione e struttura delle magnetosfere planetarie. Fenomeni di variabilità. Differenza tra magnetosfera terrestre e magnetosfera di Giove. Interazione del vento solare e dei raggi cosmici con superfici esposte di satelliti ed oggetti minori.

9. Evoluzione dinamica del Sistema Solare. Perturbazioni planetarie. Equazioni di Lagrange per le variazioni degli elementi orbitali e teoria lineare delle perturbazioni secolari. Le variazioni orbitali secolari come sistemi di oscillazioni armoniche accoppiate. Frequenze naturali fondamentali per le evoluzioni orbitali del sistema di pianeti. Analisi comparata dell'evoluzione delle orbite dei pianeti terrestri e dei pianeti giganti. Evoluzione delle obliquità dei pianeti, in particolare della Terra e di Marte. Ruolo della Luna nello stabilizzare l'obliquità e, conseguentemente, il clima della Terra. Evoluzione mareale delle orbite dei satelliti e conseguenze dinamiche per il sistema pianeta-satelliti. Implicazioni della recessione secolare della Luna dalla Terra. Distanza limite di Roche e dinamica di secondari entro la sfera d'influenza del primario. Risonanze nel Sistema Solare. Risonanze di spin-orbita. Risonanze orbitali e loro interpretazione. La risonanza di Laplace a tre corpi, Io-Europa-Ganimede, e conseguenze della dissipazione dell'energia mareale. Risonanze nei sistemi di anelli. Risonanze nella fascia degli asteroidi; lacune di Kirkwood; asteroidi troiani. Dinamica di oggetti minori e comportamento caotico. Asteroidi planet-crossing e meteoroidi. Interrelazioni tra classi di oggetti minori.

10. Origine del Sistema Solare e condizioni fisiche per la vita. A) Origine del Sistema Solare e formazione dei pianeti. Stima dell'età del Sistema Solare. Lo scenario standard per la formazione del Sistema Solare: contrazione gravitazionale di una nube molecolare e formazione da essa, o parte di essa, del protosole e della nebulosa solare residua di gas e polvere; evoluzione dinamica ed evoluzione termofisica della nebulosa solare, e sedimentazione della polvere sul piano mediano della nebulosa; formazione per aggregazione di grani di polvere, attraverso forze di coesione e processi di instabilità gravitazionale, di corpi solidi, i planetesimi; evoluzione delle popolazioni di planetesimi per effetto di collisioni binarie e sotto l'azione di perturbazioni gravitazionali mutue, con conseguente accumulazione di planetesimi e/o loro frammenti in corpi solidi sempre più massicci, fino ai pianeti terrestri, ai nuclei dei pianeti giganti ed ai corpi minori del Sistema Solare; cattura di gas della nebulosa da parte dei nuclei dei pianeti giganti con conseguente loro crescita alle dimensioni attuali. Tempi di formazione di Giove, Saturno, Urano e Nettuno, dei pianeti terrestri e degli oggetti subplanetari nella fascia asteroidale. B) Condizioni fisiche che rendono un ambiente

planetario adatto alla vita. Range di variabilita' dei parametri fisici in un ambiente planetario adatto all'insorgere e allo sviluppo della vita. Condizioni per la quasistabilita' dinamica, orbitale e rotazionale, di un pianeta, e per la quasistabilita' termofisica dell'ambiente planetario. Condizioni per l'instaurarsi di cicli di variazione dei parametri d'ambiente, a scale temporali diversificate, congeniali allo sviluppo ed evoluzione di specie ed organismi complessi. Condizioni per l'esistenza e la quasistabilita' temporale di gusci spaziali protettivi dell'ambiente planetario dalla radiazione cosmica galattica, dal vento stellare, dal bombardamento di micrometeoroidi, dall'ablazione dell'atmosfera del pianeta a causa di impatti energetici, dal bombardamento di cometesimi e di comete, e da perturbazioni planetarie destabilizzanti l'obliquita' ed il clima del pianeta.

Frère Natalino Cesare De Rossi (Ricerca)