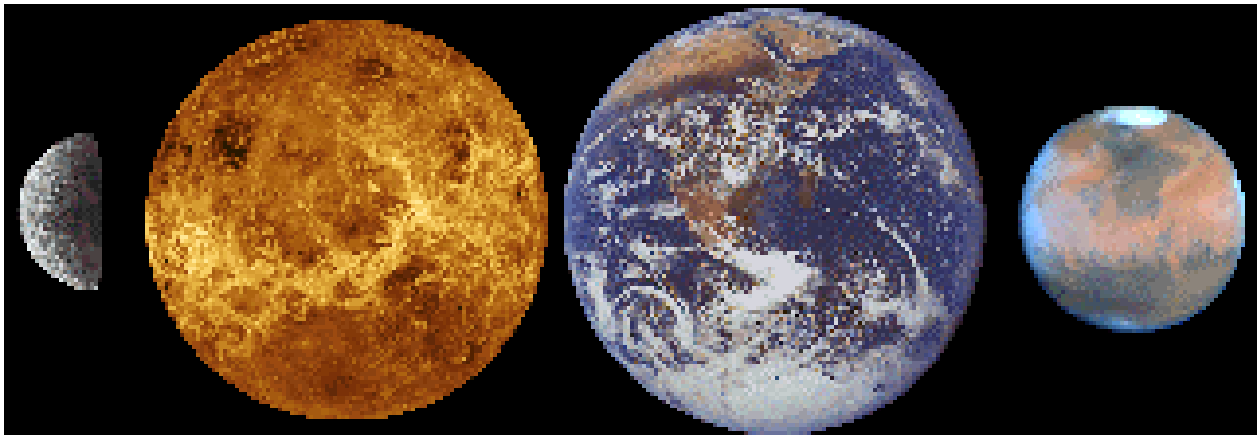


# *I PIANETI INTERNI DEL SISTEMA SOLARE*



## Sezione

## I Pianeti

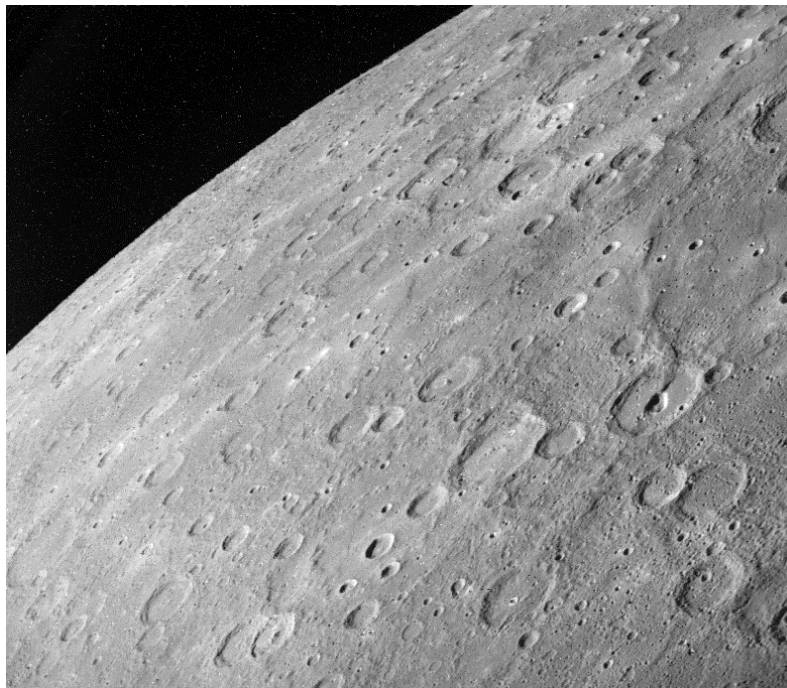
## Testo Parte VI

### Argomenti trattati



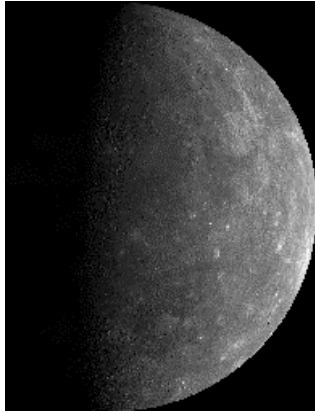
## MERCURIO

- Introduzione
- Atmosfera di Mercurio
- Cenni Storici
- Esplorazione con sonde spaziali di Mercurio
- Fisica di Mercurio
- Parametri orbitali e dati fisici di Mercurio- Tabelle di Mercurio
- Struttura interna di Mercurio
- Superficie di Mercurio
- Immagini di Mercurio



## *Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI*

**Mosaico di 140 immagini di Mercurio prese dal Mariner 10.**



### **•Introduzione**

Mercurio è il pianeta più vicino al Sole e l'ottavo in ordine di grandezza. Conosciuto sin dal tempo dei Sumeri (terzo millennio a.C.), il suo nome, tratto dalla mitologia greca, deriva da quello del messaggero degli dei probabilmente a causa della sua rapidità di moto nel cielo. Per i romani era invece il dio del commercio ed il protettore dei ladri.

Risulta a volte visibile ad occhio nudo anche se è difficilmente osservabile in quanto sempre troppo vicino al Sole. La magnitudine apparente al massimo dello splendore è di -1. Sino al 1962 si credeva che il "giorno" di Mercurio avesse la stessa durata del suo "anno", cioè che la rotazione fosse sincrona con il suo moto orbitale. Nel 1965 misure effettuate con il radar ha rivelato che Mercurio ruota attorno al proprio asse, pressoché perpendicolare al piano orbitale, con un periodo di 59 giorni circa.

È situato alla distanza di 0.39 U.A., e compie una rivoluzione intorno al Sole in 88 giorni circa alla velocità di 47.89 km/sec e non ha satelliti. Una sola navicella spaziale, il Mariner 10 lo ha sorvolato tre volte tra il 1973 ed il 1974 esplorando solo il 45% della sua superficie.

*Immagine di Mercurio in falsi colori*



### **•Atmosfera di Mercurio**

Mercurio, a somiglianza della Luna, è praticamente privo di atmosfera. La capacità di un pianeta di trattenere le sostanze gassose dipende infatti dalla sua massa e temperatura superficiale. Più elevata è la temperatura maggiore è la velocità di agitazione delle molecole di gas che, se supera la velocità di fuga (4 km/sec per Mercurio), porta ad una diffusione della atmosfera del pianeta nello spazio interplanetario.

Data la massa piccola e la temperatura elevata, su Mercurio sono rimaste solo tracce di un'atmosfera composta in minima parte di idrogeno e per il resto di elio, ossigeno, sodio potassio ed argo. La

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

composizione è però notevolmente diversa da quella delle tracce di gas presenti sulla Luna. La densità di questa esile traccia gassosa è pari a pochi miliardesimi di quella terrestre.

La temperatura media su Mercurio è di 440 ° C mentre la pressione al suolo è di un miliardesimo di atmosfera. A causa della quasi totale mancanza di atmosfera forte è l'escursione di temperatura tra la parte illuminata dal sole 430 ° C (quanto basta per fondere lo stagno ed il piombo) e quella in ombra -185 ° C.

<b>Composizione dell'atmosfera di Mercurio</b>	<b>%</b>
Elio	42%
Sodio	42%
Ossigeno	15%
Altri componenti	1%



**L'astronomo italiano Schiaparelli che fece alcune tra le prime osservazioni di Mercurio.**

### **•*Cenni storici***

Mercurio è un pianeta che nel suo moto non si allontana mai troppo dal Sole, per cui la sua osservazione è possibile al sorgere od al tramontare del Sole. Il fatto che, pur essendo di difficile visibilità, fosse noto agli astronomi sin dall'antichità denota l'alto grado di attenzione con cui, per motivi religiosi o divinatori, venivano scrutati i cieli. Il pianeta ha un'orbita fortemente ellittica con una rapidità di movimento seconda solo a quella della Luna.

Il fatto che Mercurio fosse così vicino al Sole ed apparisse ora sopra ora sotto il piano equatoriale del Sole suggerì ai pitagorici l'esistenza di un suo moto di rivoluzione attorno al Sole anticipando, almeno in parte, l'idea che fu poi di Tycho Brahe. Copernico riconobbe in esso il pianeta che ruota più vicino al Sole anche se ne sbagliò di molto la misura della distanza dal Sole. Il diametro troppo piccolo del pianeta impedì a Galilei di osservarne le fasi che, per la prima volta, furono osservate a Napoli dal Fontana nel 1639 e risultarono quelle previste dalla teoria eliocentrica.

Il primo astronomo a scoprire dettagli della superficie del pianeta ( *macchie* ) fu Schiaparelli dall'osservatorio milanese di Brera nel 1881. Le sue osservazioni lo portarono alla convinzione che Mercurio volgeva sempre la stessa faccia al Sole, ruotando su se stesso con lo stesso periodo con cui vi si rivolgeva attorno. Questi risultati furono confermati in seguito anche se rimanevano piuttosto incerte le stime del periodo di rotazione mentre i dettagli della sua

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

superficie risultarono frutto di immaginazione.

Solo nel 1965 si ebbero dati precisi, tramite il grande radiotelescopio di Arecibo a Puerto Rico, riguardanti il periodo di rotazione del pianeta che risultò di 58.65 giorni, differente da quello di rivoluzione pari a 87.8 giorni. La tecnica del ritardo Doppler del segnale radio consiste nel mandarlo da Terra su Mercurio ed ricevere a Terra l'onda radio riflessa ed allargato del segnale per l'effetto Doppler causato dalla rotazione del pianeta.

### ***Il satellite Mariner 10***



### ***•Esplorazione con sonde spaziali di Mercurio***

Nel 1971 venne commissionato dalla NASA, all'industria aeronautica Boeing, il [Mariner 10](#). Si trattava della sesta ed, a quei tempi, la più evoluta sonda della serie Mariner, dotata di uno schermo a forma di ombrello, installato sulla parte superiore del satellite, per proteggerlo dalla radiazione solare. Fu provvisto anche di due camere televisive e di uno spettrometro funzionante nell'ultravioletto. Una delle

caratteristiche principali era la presenza, a bordo, di un elaboratore elettronico capace di essere programmato da Terra e di spedire dati sotto forma di immagini computerizzate.

Il lancio avvenne il 3 novembre del 1973 ed il 19 marzo 1974, dopo una ricognizione di Venere, essa sorvolò per la prima volta il pianeta da una altezza di 705 km. Le immagini rivelarono notevoli somiglianze tra l'ambiente di Mercurio e quello della Luna. Fu per merito dello scienziato italiano Giuseppe Colombo se fu possibile effettuare una rotta capace di intersecare ripetutamente l'orbita di Mercurio. Infatti egli fece notare come variando alcuni parametri dell'orbita sarebbe stato possibile effettuare almeno tre passaggi ravvicinati vicino al pianeta.

Mentre le telecamere mandavano immagini del pianeta il radiometro all'infrarosso acquisiva dati sulla superficie di Mercurio ed i tre rilevatori di particelle studiavano lo spazio interplanetario vicino ad esso.

Gli altri due incontri con Mercurio avvennero il 21 settembre del 1974 ed il 16 marzo del 1975, quest'ultimo ad una altezza di soli 374 km che permise di ottenere immagini con una risoluzione di appena 100 metri. Come risultato complessivo della missione Mariner 10 è stata tracciata una mappa del 45 % della superficie di Mercurio. utilizzando oltre 12000 immagini di Mercurio.

Si ottennero misure significative della massa del pianeta tramite le quali, insieme ai già determinati parametri della sua orbita, si poterono effettuare stringenti verifiche della relatività generale di Einstein. Ulteriori passaggi portarono a misure del campo magnetico del pianeta la cui intensità risultò circa l'1% quella della Terra.

A tutto il 1997 la sonda spaziale Mariner 10 è l'unica che si sia avvicinata a Mercurio. Nel

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

1999 è prevista la missione "Mercury Polar Flyby". Essa prevede un sorvolo di Mercurio in modo da completare la stesura di una mappa della sua superficie. In particolare manderà immagini dettagliate delle regioni non fotografate dal Mariner 10 : ad esempio quelle relative alle regioni polari del pianeta più vicino al Sole.

### ***Zona rupestre di Mercurio***



### ***•Fisica di Mercurio***

Mercurio è il più piccolo dei pianeti "terrestri" che comprendono anche Venere, Terra e Marte.

Il diametro del pianeta è circa un terzo quella della Terra mentre la quantità di luce ricevuta dal Sole è, data la minore distanza, 6.67 volte maggiore di quella della Terra. La massa non può essere determinata da Terra poiché il pianeta non possiede satelliti.

Solo nel 1974 ne è stata possibile la misura attraverso la deflessione della traiettoria della sonda Mariner 10, causata dall'azione gravitazionale del pianeta. La densità media risulta circa uguale a quella terrestre il che ha fatto supporre l'esistenza, nel suo interno, di un esteso nucleo di ferro e nichel. La sua orbita è fortemente inclinata sull'eclittica, caratteristica questa condivisa solo con il pianeta più esterno Plutone. Infatti la sua eccentricità ( $e=0.2056$ ) è molto elevata per cui al perielio la sua distanza dal Sole è di 46 milioni di km mentre all'afelio risulta di 76 milioni di km.

Il perielio della sua orbita precede molto lentamente. Gli astronomi del secolo scorso ritenevano la meccanica newtoniana inadeguata per spiegare tale precessione arrivando persino a sospettare la esistenza di un altro pianeta (chiamato Vulcano) vicino alla sua orbita. Solo la teoria della relatività generale di Einstein spiegò tale discrepanza rinunciando alla ipotesi dell'esistenza di Vulcano. La corretta spiegazione della precessione del perielio è stata un'importante verifica di tale rivoluzionaria teoria.

Per molto tempo si era creduto che il periodo di rotazione fosse uguale a quello di rivoluzione, in modo da presentare sempre la stessa faccia al Sole. Nel 1965 invece osservazioni radar dimostrarono che il periodo di rotazione (58.65 giorni) è  $2/3$  quello di rivoluzione (87.969 giorni). Solo infatti nel caso di un'orbita circolare, e non fortemente ellittica come quella di Mercurio, i due periodi sono uguali, come prevede la meccanica celeste. La "lentezza" del moto di rotazione è dovuta all'effetto mareale prodotto su Mercurio dalla presenza del Sole.

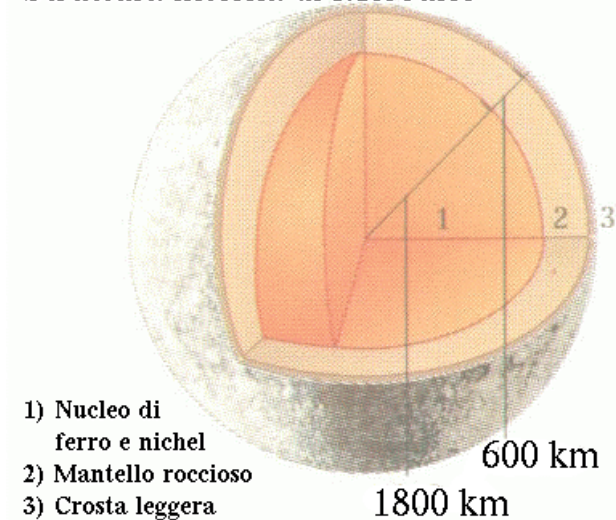
## *Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI*

### ● **Parametri orbitali e dati fisici di Mercurio**

<b>Parametri orbitali</b>
Distanza dal Sole (U.A.) =0.39
Distanza dal Sole (km) =57 910 000
Periodo di rivoluzione (anni) =0.241
Periodo di rivoluzione (giorni) =87.869
Eccentricità=0.20561
Inclinazione rispetto all'eclittica =7 ° 0 '
Velocità orbitale media (km/sec) =47.88
<b>Dati fisici</b>
Massa (gr) =3.303 x 10 <sup>26</sup>
Massa (Terra=1) =0.055
Raggio equatoriale (km) =2439
Raggio equatoriale (Terra=1) =0.382
Densità media (gr/cm <sup>3</sup> ) =5.43
Densità media (Terra=1) =0.98
Volume (Terra=1) =0.05592
Ellitticità =0.0
Accelerazione di gravità (m/sec <sup>2</sup> ) =2.78
Accelerazione di gravità (Terra=1) =0.284
Velocità di fuga (km/sec) =4.25
Periodo di rotazione =58gg 15h 36m
Inclinazione sul piano dell'orbita =0.0 °
Albedo =0.10
Magnitudine visuale =-1.9
Numero satelliti =0

## Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI

### Struttura interna di Mercurio



*Immagine presa dal libro : "Alla scoperta del Sistema Solare"*

### ● **Struttura interna di Mercurio**

Lo studio dei pianeti interni è importante perché può dare indicazioni sulle componenti primordiali della nube di gas e polveri che, condensandosi, hanno dato origine al Sole ed al Sistema Solare. A causa delle differenti temperature delle zone più interne rispetto a quelle più esterne i pianeti "terrestri" si sono condensati da zone ricche di silicati e materiali ferrosi mentre quelli più esterni invece avevano a disposizione zone più ricche di acqua, metano ed ammoniaca congelati.

Come si è già accennato, data la sua alta densità media (seconda solo a quella della Terra) si suppone, in Mercurio, l'esistenza di un nucleo di nichel e ferro che si estende per 7/10 del suo raggio (con un raggio quindi di circa 1800 km). È il pianeta più "denso" di tutto il Sistema Solare anche se possiede solo il 5 % della massa della terra. Lo strato esterno di silicati (analogo a quello terrestre) risulta invece di soli 500 km di spessore. Il raffreddamento del nucleo provocò la contrazione della sua superficie ed il formarsi di grandi creste superficiali, alcune alte più di 4000 metri e lunghe centinaia di km chiamate "scarpate lobate".

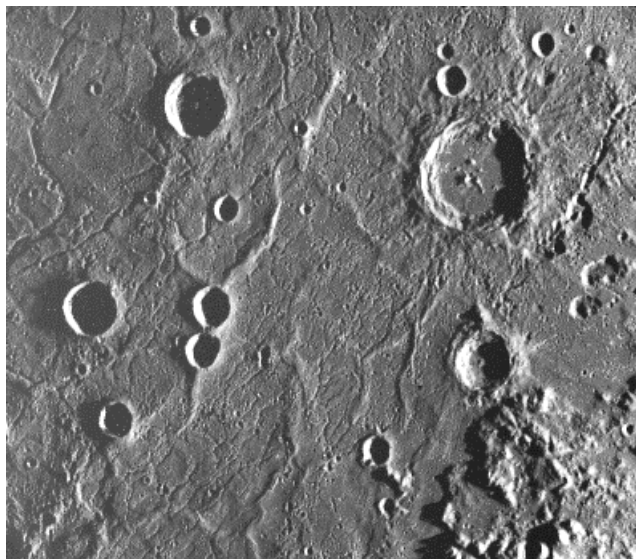
Oltre ad essere il pianeta più ricco di ferro è, insieme alla Terra, l'unico che possiede un campo magnetico dipolare, di intensità pari a circa 1/6 di quella terrestre che indicherebbe l'esistenza di un nucleo fluido elettricamente conduttore. Sembra paradossale che un pianeta così vecchio e tale da avere un nucleo quasi già "solidificato" e "freddo" possa dare luogo ad un campo magnetico. Infatti i campi magnetici dei pianeti sono generati dalla presenza di un nucleo "fuso" che ruota rapidamente. La spiegazione potrebbe consistere nel fatto che, nel nucleo rimangono ancora alcune "impurità" che lo mantengono parzialmente fuso ad una temperatura inferiore al punto di fusione del ferro.



## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

<b>Struttura interna</b>	Spessore
<b>Mercurio</b>	(km)
Crosta esterna	--
Mantello roccioso	600
Nucleo di Ferro e Nichel	1800
<b>Dati</b>	--
Albedo	0.10
Magnitudine	-1.9
Temperatura superficiale media	179 °C
Temperatura superficiale massima	479 °C
Temperatura superficiale minima	-173 °C
Accelerazione di gravità all'equatore (m/s <sup>2</sup> )	2.78
Velocità di fuga (km/s)	4.25

### ***Bacino Caloris***



### **•Superficie di Mercurio**

Le prime osservazioni della superficie di Mercurio furono effettuate da Schiaparelli nel 1881. I dettagli della superficie si rivelarono, causa la reale difficoltà delle osservazioni, però più che altro frutto dell'immaginazione dell'astronomo italiano.

Nel 1965 furono effettuate le prime osservazioni radar del pianeta utilizzando il radiotelescopio di Arecibo a Puerto Rico riuscendo a determinarne il giusto periodo di rotazione in 58 giorni circa. Dettagli della superficie non si evidenziarono nemmeno con [immagini](#) prese dai moderni telescopi.

Si dovette quindi attendere la prima e per ora unica missione spaziale verso Mercurio, quella del Mariner 10. In base alle immagini mandate a Terra dal [Mariner 10](#) risulta che la superficie di Mercurio presenta numerosi rilievi alcuni dei quali alti fino a diversi km. Le loro caratteristiche indicano come si siano formati per compressione in seguito ad impatto di meteoriti.

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

La sua intensa "craterizzazione" (moto simile a quella della Luna) suggerisce che, dopo un fase iniziale della sua vita (cessata circa 3 miliardi di anni fa), sia terminata l'attività vulcanica del pianeta. Le pianure di Mercurio sono probabilmente dovute a lava solidificata.

Una delle strutture più grandi è il [bacino Caloris](#) il cui nome deriva dal fatto che, trovandosi vicino al polo sud, è una delle zone più vicine al Sole, e quindi più calde, di tutto il pianeta. Ha un diametro di circa 1300 km ed è del tutto simile ai "mari" della Luna, si tratta quindi di un cratere da impatto causato da un grosso meteorite. Data la sua estensione si suppone che il meteorite che l'ha generata abbia causato onde di urto così forti da "scuotere" l'intero pianeta e da produrre agli antipodi un corrugamento molto significativo.

Un'altra struttura interessante si trova nella [regione Antoniadi](#). Si tratta di una "cresta" lunga 450 km che si prolunga nel bordo destro dell'immagine ed interseca un grande cratere, di 80 km di diametro, situato a circa metà strada nell'immagine stessa. È visibile pure un [cratere](#) a doppio anello di 200 km di diametro, in cui il bacino più interno è ad un'altezza minore rispetto a quello esterno.

In aggiunta a zone con una forte presenza di crateri ci sono regioni apparentemente piane forse dovute ad una antica attività vulcanica ora scomparsa.

Sorprendentemente osservazioni radar del polo nord di Mercurio (una regione non osservata dal Mariner 10) mettono in evidenza la presenza di particelle di ghiaccio nelle regioni in ombra di alcuni crateri. Le osservazioni delle regioni polari sono state effettuate con il radiotelescopio VLA (Very Large Array) del Nuovo Messico nel 1991. La regione ghiacciata, al Polo Nord, sembra estesa per qualche centinaio di km. Dal momento che sono necessarie temperature di -160 ° C per impedire una eccessiva evaporazione dell'acqua, si suppone che tali temperature si possano raggiungere all'interno di grandi crateri di impatto. L'acqua proverrebbe dagli strati più interni del pianeta, oppure che si sia accumulato durante gli impatti delle comete nelle prime fasi di vita del Sistema Solare.

### **•*Immagini di Mercurio***

1. [Immagine di Mercurio](#) presa dal telescopio svedese.
2. [Immagine di Mercurio](#) composta con 140 immagini del Mariner 10 prese durante il passaggio più interno, rispetto al pianeta, il 29 marzo del 1974. *Cortesia Mark S. Robinson, Northwestern University* .
3. [Un mosaico di foto del Mariner 10](#) (in alto il polo nord). *Cortesia della NASA/JPL*.
4. Un [mosaico di foto del Mariner 10](#) (in falsi colori). *Cortesia della NASA/JPL*.
5. La [zona sud-ovest](#) di Mercurio in un'immagine presa dal Mariner 10. *Cortesia Calvin J. Hamilton e NASA: FDS 27216*.
6. Un'[immagine del polo sud di Mercurio](#) (secondo passaggio del Mariner 10 settembre 1977). *Cortesia della NASA/JPL*.
7. Una [vista parziale del bacino Caloris](#). È la formazione, creata da crateri di impatto più

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***

grande di Mercurio. Ha un diametro di 1300 km e fu poi successivamente colmata dai crateri. *Cortesia Calvin J. Hamilton e NASA.*

8. Un'[immagine dettagliata del bacino Caloris](#) . *Cortesia Calvin J. Hamilton e NASA : FDS 188-189.*
9. La regione di Mercurio [agli antipodi](#) del *bacino Caloris* . *Cortesia NASA e Cambridge Atlas.*
10. Un [bacino a doppio anello](#) di 200 km di diametro. *Cortesia Calvin J. Hamilton e NASA : FDS 275.*
11. La [regione Antoniadi](#) *Cortesia Calvin J. Hamilton e NASA: FDS 27325.*
12. Alcuni [particolari della superficie di Mercurio](#) . Su Mercurio i materiali proiettati verso l'alto (in seguito all'impatto con i meteoriti) ricadono sul pianeta quasi subito, causa la sua bassa gravità che rende i crateri di Mercurio differenti da quelli lunari. *Cortesia della NASA/JPL.*
13. Un'[immagine di Mercurio ottenuta con il radiotelescopio](#) Very Large Array (VLA) del Nuovo Messico. Il rosso indica temperature più elevate il malva quelle più fredde. Le temperature più alte sono state registrate all'equatore dove la temperatura è maggiore. *Cortesia della NASA/JPL. Cortesia SPL/Michael J. Ledlow.*
14. [Zona rupestre](#) . *Cortesia della NASA/JPL.*

---

Note: H.S.T. = (Hubble Space Telescope: Telescopio Spaziale).

---

### **•*La velocità di fuga dei gas dalla atmosfera di un pianeta.***

La velocità di fuga dei gas dalla atmosfera di un pianeta è determinata da

$$v_f = (2 GM/R)^{1/2}$$

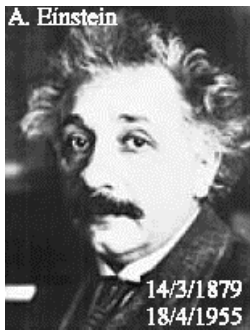
e non deve superare di molto la velocità termica dovuta al moto delle particelle

$$v_t = (3 kt/m)^{1/2},$$

in caso contrario il pianeta perderà la sua atmosfera.

Proprio in base all' "evaporazione" dell'idrogeno e dell'elio nello spazio interplanetario la Terra ha perso gli elementi leggeri e caldi mantenendo i gas più pesanti e freddi che sono andati a costituire la sua atmosfera.

## ***Iperastro- Il Sistema Solare-Mercurio-Parte VI***



Einstein

### ***•Teoria della Relatività Generale***

La Teoria della Relatività Generale fornisce gli strumenti (matematici) per costruire quello che oggi viene definito il Modello Standard di Universo.

La Teoria della Relatività Generale si basa su :

- il Principio di Equivalenza
- il Principio di Mach

e dà una interpretazione più ampia della Gravità di quella fornita dalla Teoria di Newton.