

Che cos'è l'Alta atmosfera?!

by Hayanon



supplemento gratuito al
numero 21 della rivista **ASTROFILO**

versione inglese a cura di K. Shikawa, Y. Noda, Y. Kamide
versione italiana a cura di M. Candidi, S. Masiero, M. Ferrara



Misteri dell'atmosfera

Perché l'aria è più rarefatta ad alta quota?

del Monte Fuji (3776 m), l'aria è solo due terzi di quella a livello del mare. Vediamo perché. Il motivo è legato alla gravità terrestre. L'aria, anche se pesa poco, viene comunque schiacciata dalla gravità verso il basso. Ma, allora, tutta l'aria cade al suolo? Non avviene proprio così, perché le molecole dell'aria si muovono veloci in direzioni casuali e collidono fra loro. La forza esercitata da queste molecole nell'unità d'area è detta pressione.

La pressione dell'aria è 1 kg/cm^2 al livello del mare. In altre parole, l'aria accumulata sulla punta del nostro pollice pesa circa 1 kg. Nonostante ciò, non veniamo schiacciati al suolo, perché un'eguale pressione dentro il nostro corpo spinge verso l'esterno.

Il nostro mondo si trova alla base di questa "massa" d'aria. L'aria al suolo viene compressa ed è densa, mentre è meno compressa e più leggera ad altitudini maggiori. Per questo motivo, l'aria diventa più rarefatta salendo in quota.

Si scopre così che l'aria rarefatta ad alta quota ha caratteristiche uniche, diverse da quelle dell'aria al suolo. L'aria è elettricamente carica, è provato che la sua composizione è diversa ed emette anche luce! L'alta atmosfera è un luogo ricco di misteri e, allo stesso tempo, è la zona di separazione tra lo spazio e la bassa atmosfera della Terra.

L'alta atmosfera emette della luce molto debole e appena visibile chiamata "bagliore luminoso". Le immagini in due dimensioni di questa luce a bassa intensità si possono ottenere usando camere CCD raffreddate e ad alta sensibilità. Recentemente è stato possibile, attraverso questi mezzi, registrare varie strutture originate dalle onde di gravità e dalle bolle di plasma nell'alta atmosfera. Sempre più numerosi sono i risultati in questo ambito di ricerca.

Strutture nell'alta atmosfera

① Esempio di striature di 20-30 km di scala in lunghezza d'onda che

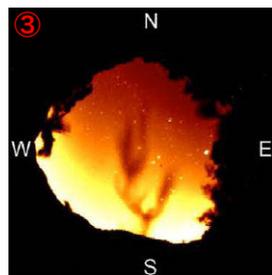
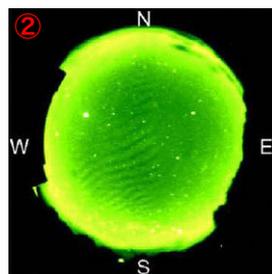
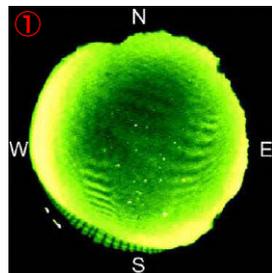
mostrano l'esistenza di onde di gravità nell'alta atmosfera.

Questa immagine di tutto il cielo a 557.7 nm (verde) è stata ottenuta all'Osservatorio MU dell'Università di Kyoto di Shigaraki, in Giappone con un tempo di esposizione di 105 secondi, come risultato degli atomi di ossigeno a 90-100 km di altitudine, ossia nell'alta mesosfera.

② Esempio di striatura di 20-30 km di scala in lunghezza d'onda che mostra l'esistenza delle onde di gravità nell'alta atmosfera.

Questa immagine a 557.7 nm (verde) di tutto il cielo è stata ottenuta al Kototabang dell'isola di Sumatra, in Indonesia, con un tempo di esposizione di 105 secondi, come risultato degli atomi di ossigeno a 90-100 km di altitudine, ossia nell'alta mesosfera.

③ Esempio di bolla di plasma (sembrano i rami di un albero) nell'alta atmosfera. Questa immagine a tutto cielo a 630.0 nm (rosso) è stata ottenuta alla Stazione Sata del Laboratorio sull'Ambiente Terrestre-Solare a Kagoshima, in Giappone con un tempo di esposizione di 165 secondi, come risultato degli atomi di ossigeno a 200-300 km di altitudine, ossia nella ionosfera.



UNNNGH, PERCHÉ È COSÌ PESANTE?

Questa volta Mol e Mirubo esploreranno l'alta atmosfera. Andiamo con loro!

È GIORNO DI
VACANZA! 😊

MOL, RAGAZZA APPASSIONATA
DI SCIENZA, E IL SUO CANE
ROBOTICO MIRUBO SI RILAS-
SANO GUARDANDO IL CIELO

CHE CIELO
MERAVIGLIOSO...

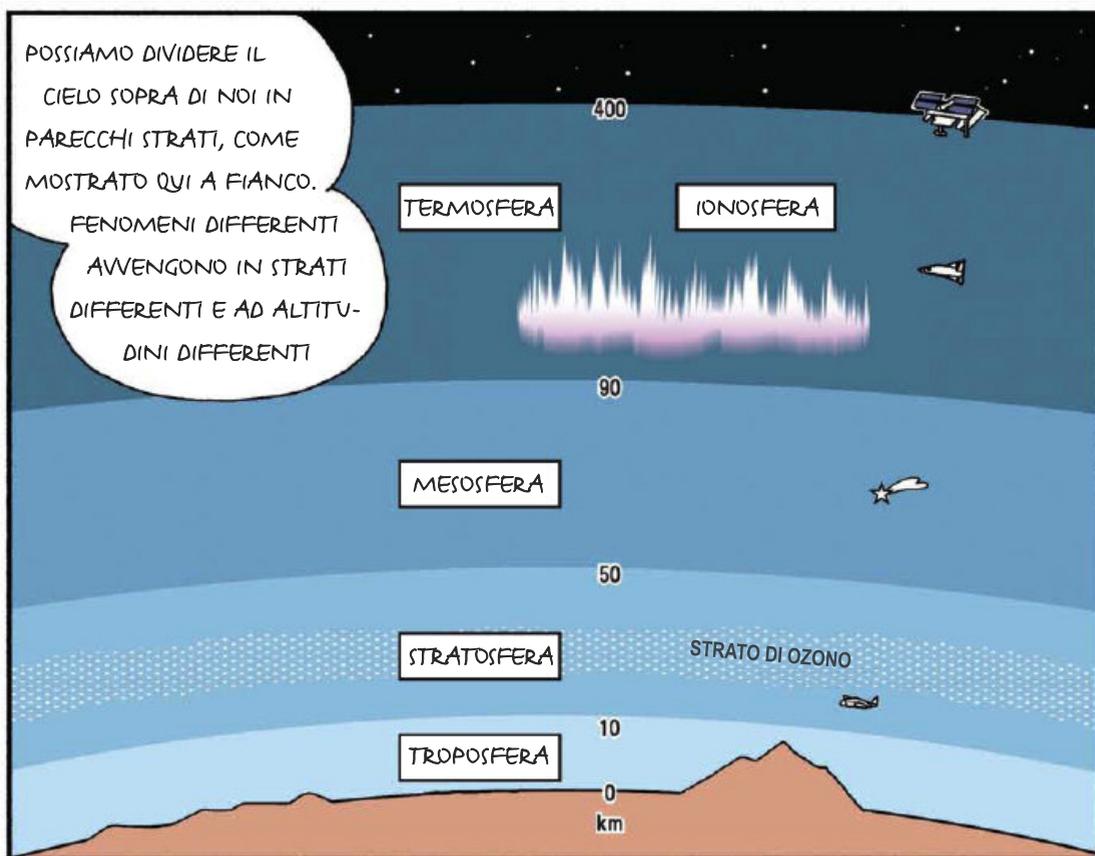
NON C'È NIENTE
DI MEGLIO DI UN
CIELO LIMPIDO

MIRUBO, A CHE
COSA ASSOMIGLIA LA
PARTE PIÙ ALTA
DEL CIELO ?

LA PARTE
ESTREMA DEL
CIELO ?

TRA LE NUVOLE E
LO SPAZIO VUOTO...

... HMMM...
VICINO AL
CONFINE ?



BRRR, QUI
FA PIÙ
FREDDO

SÌ, FA PIÙ FREDDO
QUANDO SCALIAMO LE
CIME DELLE MONTA-
GNE. FINO A 10 KM,
ENTRO LA TROPO-
SFERA, LA TEMPERA-
TURA DIMINUISCE MAN
MANO CHE SALIAMO
DI ALTTUDINE

ESATTAMENTE, MOL
NELLA MESOSFERA SOPRA I
50 KM, L'EFFETTO DEL-
L'OZONO DIVENTA MINORE
E FA CALARE NUOVA-
MENTE LA TEMPERA-
TURA DELL'ARIA

SORPRENDETE-
MENTE ARRIVA
FINO A -90°C ALLA
SOMMITÀ DELLA
MESOSFERA.

QUESTO È
IL POSTO PIÙ
FREDDO DELLA
TERRA !

ATTRAVERSANDO LA
STRATOSFERA, SOPRA
I 10 KM, LA QUAN-
TITÀ DI OZONO AV-
UMENTA NELL'ARIA

ORA, FA
PIUTTOSTO
CALDO

LO STRATO DI
OZONO RISCALDA
L'ARIA, VERO?

NELLA TERMOSFERA,
ALTRE SOSTANZE DIVERSE
DALL'OZONO RISCALDANO
L'ARIA ASSORBENDO I
RAGGI ULTRAVIOLETTI
(UV) DEL SOLE. LA
TEMPERATURA RAG-
GIUNGE I 1000°C !

1000°C ?! NON
ANDREMO MICA LÌ...

NON VOGLIO
ESSERE AB-
BRUSTOLITO !

NON PREOCCUPARTI !
 1000°C SEMBRANO
TANTI, MA NON SI
AVVERTONO A CAUSA
DELLA BASSA DENSI-
TÀ DELL'ARIA

ANCHE SE UNA
MOLECOLA AVESSE
UNA TEMPERATURA
DI 1000°C , L'AM-
BIENTE NON SAREBBE
COSÌ CALDO

LA TEMPERATURA DELLA
MOLECOLA È DI 1000°C

L'ATTIVITÀ SOLARE E
LA DIFFERENZA TRA
GIORNO E NOTTE SONO
RESPONSABILI DEI...

...CAMBIAMENTI
DI TEMPERATURA
DA 500°C A 2000°C

LA VELOCITÀ DEL VENTO AUMENTA QUANDO SI SALE. È DI POCHE DECINE DI METRI AL SECONDO NELLA MESOSFERA, ARRIVANDO A...

NON AVVERTO QUEST'ALTA VELOCITÀ. PERCHÉ?

VALE LA STESSA COSA CHE ABBIAMO VISTO PER LA TEMPERATURA: A CAUSA DELLA BASSA DENSITÀ DELL'ARIA, QUASSÙ NON PERCEPIAMO L'ALTA VELOCITÀ DEL VENTO, COME SI AVREBBE AL SUOLO



...PIÙ DI 100 m/s NELLA TERMOSFERA

CI SONO DIFFERENTI TIPI DI VENTO A DIFFERENTI ALTITUDINI

UNO DI QUESTI È LA MAREA ATMOSFERICA

COME AVVIENE NELL'OCEANO, QUESTE MAREE CRESCONO E CALANO NELL'ALTA ATMOSFERA



IL VENTO CHE VIENE GUIDATO DALLA MAREA NELLA TERMOSFERA SOFFIA DALLA PARTE GIORNO ALLA PARTE NOTTE. CIÒ È PRODOTTO DALL'ESPANSIONE DELL'ARIA DURANTE LE ORE DI LUCE, CHE È STATA RISCALDATA DALLA RADIAZIONE SOLARE

PERCIÒ, L'ARIA SOFFIA DA EST A OVEST AL MATTINO...



...MENTRE ALLA SERA, SOFFIA DA OVEST A EST



CI SONO ANCHE LE ONDE PLANETARIE. I FLUTTI DI QUESTE ONDE AVVOLGONO TUTTA LA TERRA. I LORO PERIODI VANNO DA QUALCHE GIORNO FINO A DECINE DI GIORNI E SONO MOLTO LUNGHE



IN ALCUNE REGIONI SULLA TERRA LE ONDE PLANETARIE POSSONO PORTARE ALTERNATIVAMENTE GIORNI CALDI E FREDDI PER UN BREVE PERIODO



VI SONO INOLTRE OSCILLAZIONI DELL'ARIA SU UN PERIODO CHE VA DAI 10 MINUTI FINO AL GIORNO. SONO CHIAMATE ONDE DI GRAVITÀ ATMOSFERICA

QUANDO LE NUBI NEMBOCUMULI SI MUOVONO VERSO L'ALTO O I VENTI SPIRANO CONTRO LE MONTAGNE, L'ARIA SI ALZA

LE MASSE D'ARIA SI ESPANDONO MAN MANO CHE SALGONO E RISENTONO DI PRESSIONI PIÙ BASSE

UNA VOLTA ESPANSE, LE MASSE D'ARIA SCENDONO, PERCHÉ L'ESPANSIONE DIMINUISCE LA TEMPERATURA E FA AUMENTARE LA DENSITÀ

A QUESTO PUNTO, SALGONO ANCORA PERCHÉ SONO PIÙ LEGGERE A CAUSA DELL'ALTA PRESSIONE E DELL'AUMENTO DELLA TEMPERATURA

POICHÉ IL PROCESSO SI RIPETE, L'ARIA SI MUOVE CONTINUAMENTE SU E GIÙ

QUESTE ONDE DI GRAVITÀ VIAGGIANO FINO ALLA SOMMITÀ DELLA MESOSFERA, DOVE VENGONO DISTRUTTE, LIBERANDO CALORE E FORZA

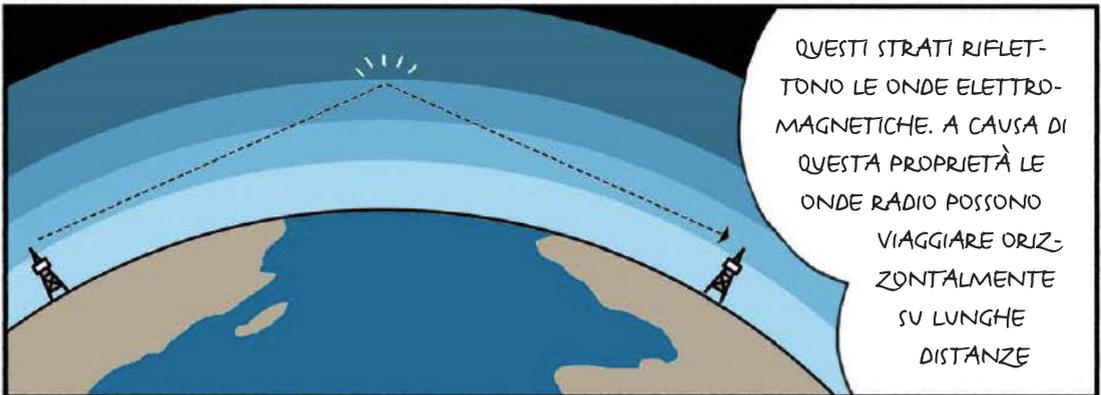
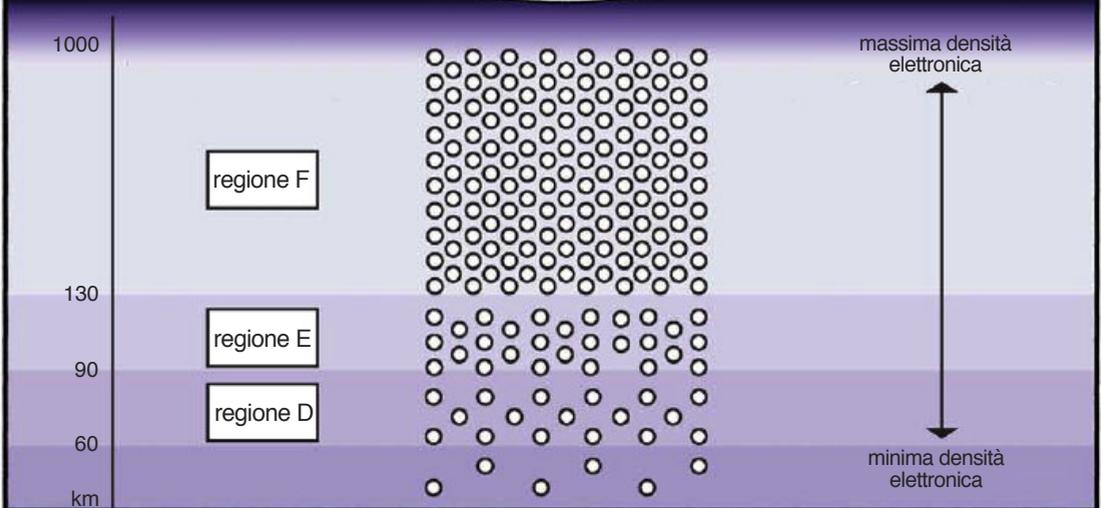
IL POTERE DELL'ONDA DI GRAVITÀ È COSÌ GRANDE DA CAMBIARE IL SISTEMA DI VENTI SU LARGA SCALA NELLA MESOSFERA



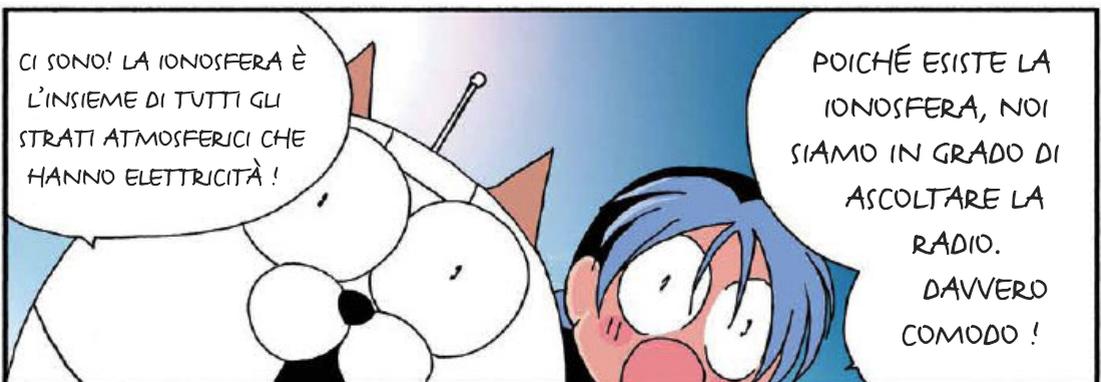
LA IONOSFERA È
COMPOSTA DA VARI
STRATI...

... A SECONDA DELLE DIVERSE
DENSITÀ DEGLI ELETTRONI,
COME AD ESEMPIO GLI STRATI
O REGIONI "E" ED "F"

LA DENSITÀ DEGLI ELETTRONI
È PIÙ ALTA NELLE PARTE
SUPERIORE E LE CORRENTI
ELETTRICHE FLUISCONO
IN QUEGLI STRATI



QUESTI STRATI RIFLET-
TONO LE ONDE ELETTRIO-
MAGNETICHE. A CAUSA DI
QUESTA PROPRIETÀ LE
ONDE RADIO POSSONO
VIAGGIARE ORIZ-
ZONTALMENTE
SU LUNGHE
DISTANZE



CI SONO! LA IONOSFERA È
L'INSIEME DI TUTTI GLI
STRATI ATMOSFERICI CHE
HANNO ELETTRICITÀ !

POICHÉ ESISTE LA
IONOSFERA, NOI
SIAMO IN GRADO DI
ASCOLTARE LA
RADIO.
DAVERO
COMODO !

DI NOTTE QUANDO NON C'È RADIAZIONE UV, LA RICOMBINAZIONE È PIÙ EFFICIENTE DELLA IONIZZAZIONE, PER CUI LA DENSITÀ DEGLI ELETTRONI NELL'ARIA DIVENTA PIÙ PICCOLA DI QUELLA DIURNA

LA IONOSFERA VARIA A CAUSA DEI CAMBIAMENTI DI TEMPERATURA E DEL VENTO. VEDIAMO DEGLI ESEMPI

QUALCHE VOLTA UNA STRUTTURA A BOLLA APPARE NELLA REGIONE "F" DELLA IONOSFERA VICINO ALL'EQUATORE

DENTRO QUESTA STRUTTURA LA DENSITÀ DEGLI ELETTRONI È BASSA, PER QUESTO LE STRUTTURE VENGONO CHIAMATE BOLLE DI PLASMA

DEL PLASMA AD ALTA DENSITÀ PUÒ ESISTERE VICINO AI POLI NORD E SUD ANCHE QUANDO NON C'È LUCE. QUESTA STRUTTURA, CHE È CHIAMATA "CAPPA DI PLASMA POLARE" VIENE TRASPORTATA SOPRA LA CALOTTA POLARE DALL'EMISFERO ILLUMINATO DOVE SI ERA FORMATA

INOLTRE, FLUSSI DI ELETTRONI A DENSITÀ VARIABILE VIAGGIANO SUL GIAPPONE, SULL'ITALIA E SUGLI ALTRI PAESI

Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbance (MSTID)

QUESTI FLUSSI POSSONO ESSERE ONDE ATMOSFERICHE SIMILI A UNO TSUNAMI, CHE SI ORIGINANO NELLE REGIONI POLARI VIAGGIANDO A MEDIE E BASSE LATITUDINI

Large-Scale Traveling Ionospheric Disturbance (LSTID)

LA IONOSFERA È IMPORTANTE NELLA
NOSTRA VITA DI TUTTI I GIORNI, MA
A CAUSA DELLA SUA NATURA
INSTABILE, I SEGNALI RADIO SATELLITARI
SONO QUALCHE VOLTA DISTURBATI...

... TANTO CHE SI PERDONO LE
COMUNICAZIONI E IL SEGNALE GPS.
LE RICERCHE VENGONO FATTE
PER STUDIARE LA IONOSFERA...

... PER AUMENTARE I
SISTEMI DI COMUNICAZIONE
E DI NAVIGAZIONE
COL MINIMO DI PROBLEMI

MA È DIFFICILE
ESAMINARE IN
MODO DIRETTO
L'ALTA ATMOSFERA

PERCHÉ ?

I SATELLITI NON
POSSONO VOLARE AL DI
SOTTO DEI 300 KM DI
ALTEZZA PERCHÉ LA
RESISTENZA DELL'ARIA
DIVENTA TROPPO
INTENSA

MA I PALLONI E GLI
AEREI NON POSSONO
ARRIVARE COSÌ
IN ALTO

NON È FACILE
MONITORARE L'ATMOSFERA
A QUELLE
ALTEZZE



LA COSA MIGLIORE SAREBBE
QUELLA DI PORTARE DA
SOLI GLI STRUMENTI
DI OSSERVAZIONE A
QUESTA ALTITUDINE.

PER TE, SAREBBE
UN LAVORO SEMPLICE,
MIRUBO. MA PER
NOI...

DAVERO ?
CHE COSA
SI FA ?

OGGIGIORNO L'ALTA
ATMOSFERA VIENE MO-
NITORATA SIA DA TERRA
CHE DALLO SPAZIO

I SATELLITI POSSONO COPRIRE UNA
VASTA AREA, MA SI SPOSTANO TROPPO
RAPIDAMENTE PER POTER OSSERVARE I
CAMBIAMENTI NEL BREVE PERIODO

MISSILI SONORI MISURANO DIRET-
TAMENTE LE PROPRIETÀ NEL-
L'ALTA ATMOSFERA

POSSIAMO DEDURRE LA POSIZIONE
DELLE AURORA PERCHÉ ESSE ASSOR-
BONO ONDE ELETTROMAGNETICHE

TERMOSFERA

IONOSFERA

VENTI E TEMPERATURE
POSSONO ESSERE STIMATI
DALL'OSSERVAZIONE DI ECHI
RADIO DALLE METEORE

CAMERE CCD AD ALTA SENSIBILITÀ
POSSONO MISURARE LA LUCE DEBOLE
PROVENIENTE DALL'ATMOSFERA

MESOSFERA

I RADAR POSSONO PERCEPIRE
LA STRUTTURA DELL'ATMO-
SFERA E DELLA IONOSFERA

LA DENSITÀ DELL'ARIA, LA TEM-
PERATURA E I VENTI SI POSSONO
DETERMINARE CON RAGGI LASER

MA PERCHÉ I
RICERCATORI
CONTINUANO A
STUDIARE...

...QUELLA PARTE DELL'AT-
MOSFERA, SE POI LE
MISURE DIRETTE DELL'ALTA
ATMOSFERA SONO
DIFFICILI ?

RICORDI QUELLO CHE
TI HO DETTO SULLA
IONOSFERA ?
ANCORA UNA VOLTA,
L'ALTA ATMOSFERA È
INDISPENSABILE ALLA
NOSTRA VITA



SI È TROVATO CHE, MENTRE IL RISCALDAMENTO GLOBALE CRESCE NELLA BASSA ATMOSFERA-TROPOSFERA, LA TEMPERATURA NELL'ALTA ATMOSFERA DECESCE

LE SIMULAZIONI AL COMPUTER MOSTRANO CHE, MENTRE L'EFFETTO SERRA RADDOPPIA, LA TEMPERATURA DELL'ALTA ATMOSFERA DIMINUISCE DRASTICAMENTE, PIÙ DI 10°C NELLA MESOSFERA E CIRCA 50°C NELLA TERMOSFERA. DOVREMMO ESSERE IN GRADO DI CAPIRE IL RISCALDAMENTO GLOBALE PRIMA COL MONITORAGGIO DELL'ALTA ATMOSFERA CHE NON STUDIANDO I DATI DA TERRA



NON DIMENTICARE CHE LA TERMOSFERA È LA REGIONE DOVE SI TROVANO GLI SPACE SHUTTLE E LA STAZIONE SPAZIALE INTERNAZIONALE

QUANDO IN FUTURO L'UMANITÀ VIVRÀ NELLO SPAZIO...

... VEDREMO IL DISTURBO DEL PLASMA PROPRIO FUORI DELLA FINESTRA...

... E SAREMO IN GRADO DI SCORGERE DELLE AUREE SPETTACOLARI



MA È MERAVIGLIOSO !
L'ALTA ATMOSFERA DIVENTERÀ SEMPRE PIÙ FAMILIARE !

NON CE LA FACCIAMO AD ASPETTARE I PROGRESSI DELLA RICERCA...

Che cos'è l'alta atmosfera?!



Ciao Maestro. Vorrei sapere com'è la parte superiore dell'atmosfera terrestre.



Anch'io. Si vede un limite netto nell'atmosfera?



Naturalmente no. È una vasta regione oltre l'alta atmosfera. Siccome non c'è aria nello spazio, l'alta atmosfera è una sorta di confine tra la Terra e lo spazio.



Così come è possibile dividere l'atmosfera in vari strati possiamo farlo anche con "l'alta" atmosfera?



Buona domanda Mol. Lo spessore dell'atmosfera terrestre è di qualche centinaio di chilometri, ed è molto sottile se confrontata col raggio terrestre. In pratica, è una membrana che circonda il nostro pianeta. Nonostante sia molto sottile, differenti caratteristiche si trovano a differenti altitudini quando si va ad osservare da vicino.



Ho capito. Ma allora, che caratteristiche ha l'alta atmosfera?



Prima di tutto, l'alta atmosfera comprende lo strato chiamato ionosfera, dove l'aria è parzialmente carica. La ionosfera riflette le onde elettromagnetiche inviate dal suolo. Usiamo questa proprietà per studiare l'alta atmosfera attraverso gli echi radar.



Perché c'è dell'elettricità nell'atmosfera?



La radiazione UV originata dal Sole e dal plasma dello spazio allontanano gli elettroni che si muovono tra atomi e molecole, rendendo l'aria elettricamente carica. Poiché la densità dell'aria è abbastanza bassa nella ionosfera, gli elettroni liberi hanno bisogno di tempo per ricombinarsi, il che comporta che l'aria trattiene la loro elettricità a lungo.



Ehi, Maestro, questa elettricità può essere usata per far funzionare la griglia elettrica del barbecue?



Se si raccogliesse tutta l'elettricità dell'alta atmosfera terrestre, si potrebbe grigliare la carne molto più a lungo di quanto tu non immagini.



Perché studi la ionosfera? Può avere qualche impatto su di noi?



La variabilità nella ionosfera potrebbe produrre delle interruzioni nelle comunicazioni dei satelliti, dei navigatori GPS e delle trasmissioni radio-tv. Per utilizzare più efficacemente la ionosfera, dobbiamo capirla meglio.



Oh, Mirubo, ti vedo preoccupato. Senza GPS non hai il senso dell'orientamento e non puoi fare nulla.



Ci mancherebbe! Il mio computer di alta precisione è molto delicato, ma delle volte diventa troppo difficile orientarsi.



Ora, ragazzi, l'alta atmosfera, come lo strato di ozono, assorbe la radiazione solare UV dannosa. Dovreste sapere che le aurore si formano alla quota dell'alta atmosfera.



Le aurore si possono vedere solo nelle regioni polari, vero?



Fondamentalmente sì. Quando si ha una tempesta magnetica, però, le aurore possono avvenire anche a basse latitudini.



C'è qualche possibilità di osservare delle aurore in Italia?



Le aurore sono state osservate con strumenti di alta sensibilità per molte volte in Italia negli ultimi 10 anni. Tuttavia, quelle abbastanza luminose da vedersi a occhio nudo sono state molto poche.



La voglio vedere a tutti i costi in Italia, farò la guardia finché non ne vedrò una. Tu non potrai esserci, Mol, devi dormire.



Non è giusto!



L'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) è l'Ente di Ricerca italiano per l'astronomia e l'astrofisica. Vi lavorano oltre mille persone in 19 strutture distribuite su tutto il territorio nazionale.

I ricercatori e i tecnici sono astronomi, fisici ed esperti in settori come l'ingegneria, la geofisica e l'informatica.

Attività principale dell'INAF è lo studio dell'universo, della sua formazione, delle leggi fisiche che lo regolano e delle strutture che lo compongono: pianeti, stelle e galassie, ma anche soggetti più esotici, come i buchi neri, le onde gravitazionali o l'energia oscura.

L'universo viene "utilizzato" come il più grande laboratorio di Fisica esistente!

I ricercatori dell'INAF si avvalgono dei dati raccolti dai migliori telescopi spaziali e terrestri, alcuni dei quali sono gestiti direttamente dall'INAF.

www.inaf.it



Il Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL) della Nagoya University è gestito grazie ad una cooperazione inter-universitaria in Giappone.

Il suo scopo è quello di promuovere "la ricerca sulla struttura e la dinamica del sistema Sole-Terra", in collaborazione con numerose Università e Istituti sia in Giappone sia all'estero.

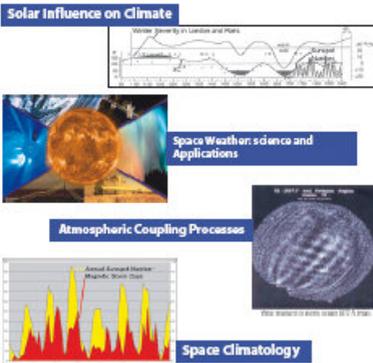
Questo Istituto è costituito da quattro Divisioni di ricerca: Ambiente Atmosferico, Ambiente Ionosferico e Magnetosferico, Ambiente Eliosferico, Studi Integrati.

Anche il "Center for Joint Observations and Data Processing" è affiliato allo STEL per coordinare progetti di ricerca congiunti e costruire data bases.

Nei suoi sette Osservatori/Stazioni distribuiti su tutta la nazione, sono condotte osservazioni di vari componenti fisici e chimici.

www.stelab.nagoya-u.ac.jp

CAWSES: A SCOSTEP Program 2004-2008



CAWSES è un programma internazionale sponsorizzato da SCOSTEP (Commissione Scientifica per la fisica delle relazioni Sole-Terra) ed è stato istituito con lo scopo di accrescere significativamente la conoscenza dell'ambiente spaziale e il suo impatto sulla vita e sulla società.

Le funzioni principali di CAWSES sono sostenere e coordinare le attività internazionali di osservazione e di sviluppo di teorie e modelli cruciali per il raggiungimento di questa conoscenza, di coinvolgere ricercatori dei Paesi sviluppati e in via di sviluppo, e di favorire opportunità per l'educazione degli studenti di ogni livello.

CAWSES ha sede presso l'Università di Boston, MA, USA. I quattro temi scientifici di CAWSES sono mostrati nella figura accanto.

www.bu.edu/cawses
www.scostep.ucar.edu

Hayanon

Laureata in Fisica all'Università di Ryukyu, Hayanon, scrittrice e cartoonist, ha contribuito a numerose collane in note riviste, grazie alla sua ampia cultura scientifica e alla conoscenza dei giochi elettronici. Il suo stile coerente e il suo amore per la scienza sono molto apprezzati.

www.hayanon.jp

Kodomo no Kagaku (Science for Children)

Kodomo no Kagaku, pubblicato da Seibundo Shinkosha Publishing Co. Ltd., è una rivista mensile per ragazzi. Sin dal numero iniziale, nel 1924, questa rivista ha sempre promosso l'educazione scientifica evidenziando i fenomeni scientifici sotto vari punti di vista.

www.seibundo-shinkosha.net

- **Che cos'è l'alta atmosfera?!** è la versione italiana di **What is the Upper Atmosphere?!** pubblicato in cooperazione con Kodomo no Kagaku.
- Progetto grafico per i contenuti extra a cura del Laboratorio Grafica e Immagini INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Diffusione telematica per l'Italia a cura di Astro Publishing di Pirlo L. - Via Bonomelli, 106 - 25049 Iseo (BS) www.astropublishing.com - info@astropublishing.com
- La rivista l'Astrofilo è proprietà di Astro Publishing ed è registrata presso il Tribunale di Brescia al n. 51 del 19/11/2008 - Direttore responsabile: Michele Ferrara - Direttore scientifico: Enrico Maria Corsini.