

Phenomena in the near space. Meteorology between science and dissemination



Filippo Orlando, Martina De Maio, Chiara Simoncelli

Last November 19th, the third edition of the Rovereto's "Festival of Meteorology" was successfully completed. The theme of the relationship between science and meteorology played a leading role, establishing itself as a precious opportunity for comparison between experts and enthusiasts of the sector. The Rovereto Civic Museum Foundation has always been one of the organizers of the festival alongside the University of Trento, the Municipality of Rovereto and Trentino Sviluppo. In addition to welcoming and coordinating the educational activities linked to the festival, the museum has also contributed to the set-up of some exhibitions located throughout the city. Dedicated to the storm chasing activity of Valentina Abinanti and hosted by the Civic Library of Rovereto, the photo exhibition "A caccia di tornado" has commanded particular interest. At the same time, the *Palazzo dell'Istruzione* has hosted the exhibition of the graphic works created by two classes of the "Depero" High School of Rovereto, winners of the national contest "Images for the Earth". Furthermore, the *Trentino Sviluppo* headquarters was the setting for "Meteoclick", an exhibition of the most significant photographs of the amateur competition organized on the occasion of the 2017 "Festival of Meteorology". All the figurative material linked to these exhibitions offers much food for thought and an in-depth analysis, useful for dealing with the relationship between science and image in the context of the activities carried out at the RCM Foundation, where the meteorology and the astronomy staff operates together. The observation of atmospheric phenomena, in fact, is not limited exclusively to our planet, but it can also occur outside the Earth's atmosphere, from where an enormous quantity of photographic material comes which is equally suggestive and useful to deepen the theme of meteorology by broadening our horizons to arrive at the most remote places in space.

Keywords: Extraterrestrial meteorology, Festival of Meteorology, Rovereto Civic Museum Foundation.

Let us pause for a moment to reflect on the value of meteorology. We think of the enormous impact that this scientific field has in our everyday life starting from the convenience of having mobile apps at the touch of a smartphone. In front of which not only the traditional bulletins of the past, but even the weather forecast on television seem prehistoric. By now, face a day of work, a trip out of town, a business trip or a beach holiday without knowing the weather conditions that await us, it seems impossible, to such an extent that compare the reliability and accuracy of the various provisional services to our layout is one of the most common customs of contemporary society. For example, the national meteorological service of the Helvetic Confederation provides general meteorological data and forecasts not only for the cantonal intervention authorities to the approach of bad weather, heavy rainfall or storms, but also for all citizens thanks to a very convenient App. MeteoSwiss uses the prediction numeric model COSMO (Consortium for Small-Scale Modelling) – prediction systems calculate the future

state of the atmosphere – to generate forecasts on a regional and local scale, for the Alpine arc and for the whole of Switzerland, areas in which the complex orography plays a not negligible role.

All this would be impossible without monitoring networks, observatories, predictive calculation models, analysis. After all, without information regarding the weather conditions and climate, we could not build houses in safety neither in an economically sustainable way, roads, bridges and railways, nor could we conduct planes and ships. We would not have references to evaluate the intensity of the phenomena, the exceptionality or not of particular hot or cold periods. We could not evaluate how the climate is changing, or adapt our behavior to the effects of global warming. In other words, the knowledge related to weather and climate represent today a heritage of priceless value. All this and more is dealt with in the "Festival of Meteorology" of Rovereto, organized by the University of Trento with the Rovereto Civic Museum Foundation, the Municipality of Rov-

Fenomeni nello spazio vicino. La meteorologia tra scienza e divulgazione

Filippo Orlando, Martina De Maio, Chiara Simoncelli

Il 19 novembre 2017 si è conclusa con successo la terza edizione del "Festivalmeteorologia" di Rovereto, che ha visto protagonista il tema del rapporto tra scienza e meteorologia affermandosi come preziosa occasione di confronto tra esperti e appassionati del settore. La Fondazione Museo Civico di Rovereto rappresenta da sempre uno dei soggetti organizzatori del festival accanto all'Università di Trento, al Comune di Rovereto e a Trentino Sviluppo. Oltre ad accogliere e coordinare le attività didattiche legate al festival, il museo ha contribuito all'allestimento di alcune mostre dislocate in vari punti della città. Particolare interesse è stato riscosso dalla mostra fotografica "A caccia di tornado", dedicata all'attività di *storm chasing* di Valentina Abinanti e ospitata dalla Biblioteca Civica di Rovereto. Parallelamente, il Palazzo dell'Istruzione ha accolto l'esposizione degli elaborati grafici realizzati da due classi del Liceo "Depero" di Rovereto, vincitrici del concorso nazionale "Immagini per la Terra". Inoltre, la sede di Trentino Sviluppo ha fatto da cornice a "Meteoclick", esposizione delle fotografie più significative del concorso amatoriale organizzato in occasione del "Festivalmeteorologia" 2017. Tutto il materiale figurativo legato a queste esposizioni ci offre numerosi spunti di riflessione ed approfondimento, utili ad occuparci del rapporto tra scienza e immagine nell'ambito delle attività svolte presso la Fondazione Museo Civico di Rovereto, dove accanto all'area meteorologia opera anche quella dedicata all'astronomia. L'osservazione dei fenomeni atmosferici, infatti, non si limita esclusivamente al nostro pianeta, ma può avvenire anche al di fuori dell'atmosfera terrestre, da dove proviene un'enorme quantità di materiale fotografico altrettanto suggestivo ed utile ad approfondire il tema della meteorologia allargando i nostri orizzonti fino ad approdare ai luoghi più remoti dello spazio.

Parole chiave: Festivalmeteorologia, Fondazione Museo Civico di Rovereto, meteorologia extraterrestre.

Sofferamoci per un istante a riflettere sul valore della meteorologia. Pensiamo all'enorme impatto che questa disciplina scientifica riveste ormai nella nostra quotidianità, a partire dalla comodità di avere delle applicazioni mobili a portata di *smartphone* di fronte alle quali non solo i tradizionali bollettini di una volta, ma persino le previsioni meteo alla televisione sembrano preistoria. Ormai affrontare una giornata di lavoro, una gita fuori porta, un viaggio d'affari o una vacanza al mare senza conoscere le condizioni meteorologiche che ci attendono sembra impossibile, a tal punto che confrontare l'attendibilità nonché la precisione dei vari servizi previsionali a nostra disposizione rappresenta una tra le più diffuse consuetudini della società contemporanea. Ecco che, ad esempio, il servizio meteorologico nazionale della Confederazione Elvetica mette a disposizione dati e previsioni generali non solo per le autorità cantonali d'intervento in caso di intemperie, forti precipitazioni o tempeste, ma anche per tutti i cittadini grazie ad una comodissima App. MeteoSvizzera utilizza il modello

di previsione numerica COSMO (*Consortium for Small-Scale Modelling*) – i sistemi di previsione calcolano lo stato futuro dell'atmosfera – per generare previsioni su scala regionale e locale per l'arco alpino e per tutta la Svizzera, aree in cui la complessa orografia gioca un ruolo non trascurabile.

Tutto questo sarebbe impossibile senza reti di monitoraggio, osservatori, modelli di calcolo previsionale, analisi. Del resto, senza informazioni riguardanti il tempo atmosferico e il clima non potremmo costruire in sicurezza né in modo economicamente sostenibile case, strade, ponti e ferrovie, né potremmo condurre aerei e navi. Non avremmo riferimenti per valutare l'intensità dei fenomeni, la straordinarietà o meno di particolari periodi caldi o freddi. Non potremmo valutare come il clima stia cambiando, né adattare i nostri comportamenti agli effetti del riscaldamento globale. Insomma, le conoscenze legate al tempo atmosferico e al clima rappresentano al giorno d'oggi un patrimonio di inestimabile valore. Tutto questo e altro ancora viene trattato nel



ereto and Trentino Sviluppo. The festival was born in 2015 and now it has come to its third edition; it owes its birth and growing success to the desire to propose and deepen precisely this kind of considerations, referring not only to an audience of professionals but also to the general public, in order to be able to combine in a balanced way the language of scientific rigor with a spirit of dissemination that we could define as “ecumenical”. To quote the Scientific Coordinator, prof. Dino Zardi of the University of Trento, the purpose of such a review is to «propose a contribution to the dissemination and consolidation of a basic meteorological culture, currently lacking in Italy, but increasingly necessary to understand and interpret the amount of meteorological information daily provided by the various media outlets». The 2017 edition of the festival featured the theme of the relationship between science and meteorology, establishing itself as a precious opportunity for discussion between experts and enthusiasts of the sector. In fact, within the convention, there is always a wide space not only for the academic world or for the professionals, but also for the area of associations, which in recent times has a high number of experts on the subject. A perfect example is the “Meteonetwork” as-

sociation which boasts a national monitoring network that counts over 1,000 meteorological stations, the overwhelming majority of whom belongs to a weather-amateur. The data that converge into the various models come from meteorological stations installed according to the scientific reliability criteria imposed by the World Meteorological Organization. The Civic Museum Foundation, in addition to hosting all the educational activities linked to the festival at its headquarters in Parolari Palace, coordinates them logistically and, in addition to this specific role, regularly contributes to the preparation of some exhibitions that, commonly, are placed in various parts of the city. As regards the last edition of the festival, a particular interest was collected by the photo exhibition “A caccia di tornado”, dedicated to the storm chasing activity of Valentina Abinanti and hosted by the Civic Library. Abinanti is an extraordinary photographer, gifted with great aesthetic taste and courage out of the ordinary. She is passionate about immortalizing storm supercells and tornadoes, operating mainly in the United States of America; in order to do this, she dangerously approaches these fascinating as violent atmospheric phenomena. The supercells are very powerful

Figure 1
This spectacular storm supercell associated with a “shelf cloud” developed itself near Broadus, Colorado, on the afternoon of May 18, 2014.
© Valentina Abinanti.

“Festivalmeteorologia” di Rovereto, organizzato dall’Università di Trento con la Fondazione Museo Civico di Rovereto, il Comune di Rovereto e Trentino Sviluppo. Il festival, nato nel 2015 e ormai giunto alla sua terza edizione, deve la sua nascita e il suo crescente successo alla volontà di proporre ed approfondire proprio questo genere di considerazioni, facendo riferimento non solo ad una platea di addetti ai lavori ma anche al grande pubblico, al fine di poter coniugare in maniera equilibrata il linguaggio del rigore scientifico ad uno spirito di divulgazione che potremmo definire “ecumenico”. Per citare il suo responsabile scientifico, il prof. Dino Zardi dell’Università di Trento, lo scopo di una simile rassegna è quello di «proporre un contributo alla diffusione e al consolidamento di una cultura meteorologica di base, attualmente carente in Italia, ma sempre più necessaria per poter comprendere e interpretare la mole di informazioni meteorologiche quotidianamente diffusa dai vari mezzi di comunicazione». L’edizione 2017 del festival ha visto protagonista il tema del rapporto tra scienza e meteorologia, affermandosi come preziosa occasione di confronto tra esperti e appassionati del settore. All’interno della *convention*, infatti, trova da sempre ampio spazio non solo il mondo accademico o quello dei professionisti, ma anche l’ambito dell’associazionismo, che negli ultimi tempi conta un numero sempre più cospicuo di cultori della materia. Un esempio perfetto è l’associazione “Meteonetwork” che vanta una rete di monitoraggio nazionale che conta oltre 1.000 stazioni meteorologiche, la cui stragrande maggioranza fa capo ad un meteo-amatore. I dati che confluiscono nei vari modelli provengono da stazioni meteorologiche installate secondo i criteri di attendibilità scientifica imposti dall’Organizzazione Meteorologica Mondiale. La Fondazione Museo Civico, oltre ad accogliere presso la propria sede di Palazzo Parolari tutte le attività didattiche legate al festival, le coordina a livello logistico e, a margine di questo suo specifico ruolo, contribuisce regolarmente all’allestimento di alcune mostre che, tipicamente, vengono dislocate in vari punti della città. Per quanto riguarda l’ultima edizione del festival, particolare interesse è stato

Figura 1
Questa spettacolare supercella temporalesca associata ad una *shelf cloud* si è sviluppata nei pressi di Broadus, in Colorado, nel pomeriggio del 18 maggio 2014.
© Valentina Abinanti.

riscosso dalla mostra fotografica “A caccia di tornado”, dedicata all’attività di *storm chasing* di Valentina Abinanti e ospitata dalla Biblioteca Civica. Abinanti è una fotografa eccezionale, dotata di grande gusto estetico e di un coraggio fuori dal comune. Si occupa per passione di immortalare supercelle temporalesche e tornado, operando prevalentemente negli Stati Uniti d’America, e per farlo si avvicina pericolosamente a questi affascinanti quanto violenti fenomeni atmosferici. Le supercelle sono temporali molto potenti e nel caso preso in esame (fig. 1) inizialmente era presente una linea di temporali con una maestosa nube a mensola sul suo bordo avanzante. Con il passare del tempo il bordo meridionale della nube a mensola si è isolato dal resto della linea temporalesca ed ha assunto caratteristiche supercellulari, con formazioni e colorazioni incredibili anche grazie al tramonto. Spettacolari anche le immagini dei tornado e nel caso fotografato (fig. 2) siamo di fronte ad un evento particolare perché questo vortice ruotava in senso orario ed era presente in contemporanea a un secondo tornado, non visibile in foto perché più lontano. Normalmente i tornado generati da una supercella, come il temporale in questione, ruotano in senso antiorario. Questa polverosa tromba d’aria ruotava al contrario semplicemente perché generatasi sul bordo avanzante del mesociclone, posizione inconsueta ma non impossibile. Per via della convergenza al suolo tra i venti di RFD (*Rear Flank Downdraft*) e *inflow*, in questa area del temporale, viene favorita proprio una rotazione oraria. Il tornado contemporaneo, sviluppatosi nella “normale” posizione al di sotto del mesociclone, ruotava invece in senso antiorario. Parallelamente la sede di Trentino Sviluppo ha fatto da cornice a “Meteoclick”, esposizione delle fotografie più significative del concorso amatoriale organizzato in occasione del “Festivalmeteorologia” 2017. Fra i numerosi scatti, particolare interesse scientifico ha destato “Percorsi nel Bianco” di Silvia Di Stasio (fig. 3). L’immagine, proveniente da Taibon Agordino, nel cuore delle Dolomiti Bellunesi, ritrae un paesaggio invernale molto particolare, dove una stradina sterrata attraversa un bosco



thunderstorms and in the present case (fig. 1) initially there was a line of thunderstorms with a majestic shelf cloud on its advancing edge. With the passage of time the southern edge of the shelf cloud has isolated itself from the rest of the storm line and has gained supercellular characteristics, assuming incredible formations and colors thanks also to the sunset.

The images of the tornadoes are also astonishing. In this photographed case (fig. 2) we are faced with a particular event because this vortex rotated clockwise and it was present at the same time with a second tornado, not visible in the picture because farther away. Normally the tornadoes generated by a supercell, like the storm in question, rotate counterclockwise. This dusty whirlwind rotated on the contrary simply because it was generated on the advancing edge of the mesocyclone, an unusual position, but not impossible. Because of the convergence on the ground between the winds of RFD (Rear Flank Downdraft) and the inflow, in this area of the storm, a clockwise rotation is favored. The contemporary tornado, which developed in the “normal” position below the mesocyclone, instead rotated counterclockwise.

At the same time, the Trentino Sviluppo headquarters was the setting for “Meteoclick”, an

exhibition of the most significant photographs of the amateur competition organized on the occasion of the 2017 “Festival of Meteorology”. Among the numerous photo shots, “Percorsi nel Bianco” by Silvia Di Stasio aroused a particular scientific interest (fig. 3). The image coming from Taibon Agordino, in the heart of the Belluno Dolomites, portrays a very peculiar winter landscape, where a dirt road crosses a snow-free forest but completely whitewashed by soft rime because of the so-called thermal inversion phenomenon that only affects the valley bottom of this alpine basin. Under standard conditions, the air temperature in free atmosphere decreases as the altitude increases according to the so-called vertical thermal gradient, which provides for a drop of about 6.5°C every 1,000 meters of altitude. The phenomenon of thermal inversion is a counterintuitive exception to this rule: it can happen that, upon special atmospheric conditions – typically in the presence of a structured field of high pressure, especially in winter season – it’s colder on the ground than in altitude. This can happen both due to the so-called atmospheric subsidence – air compression from top to bottom – and as a consequence of the night terrestrial radiation

Figure 2
The tornado portrayed in the picture hit the uninhabited fields near Simla, a small village in Colorado, on June 4, 2015. © Valentina Abinanti.

Figure 3
“Percorsi nel Bianco”, Taibon Agordino, Belluno Dolomites. © Silvia Di Stasio.

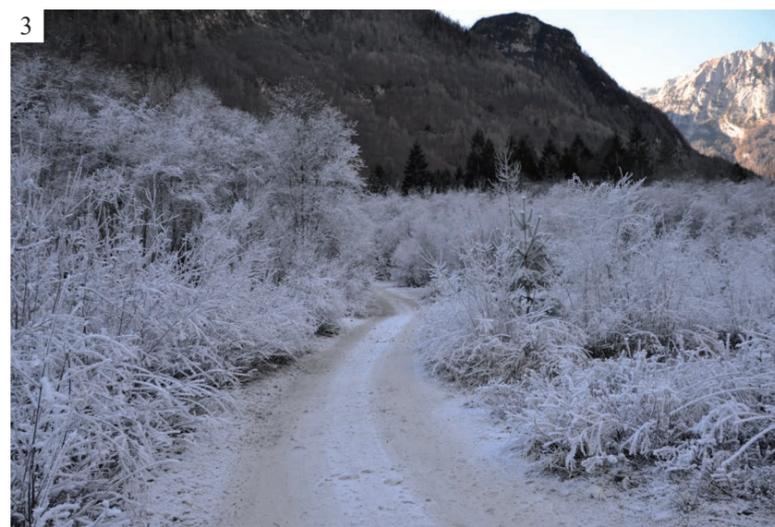
privo di neve ma completamente imbiancato di galaverna per effetto del cosiddetto fenomeno di inversione termica che interessa esclusivamente il fondovalle di questa conca alpina. In condizioni standard, la temperatura dell’aria in libera atmosfera diminuisce all’aumentare della quota altimetrica secondo il cosiddetto gradiente termico verticale, che prevede un calo di circa 6.5°C ogni 1.000 metri di quota. Il fenomeno dell’inversione termica rappresenta un’eccezione contro-intuitiva rispetto a questa regola: può capitare infatti che, a fronte di speciali condizioni atmosferiche – tipicamente in presenza di un campo strutturato di alta pressione, specie nella stagione invernale – faccia più freddo al suolo che in quota. Ciò può accadere sia per effetto della cosiddetta subsidenza atmosferica – compressione dell’aria dall’alto verso il basso – sia come conseguenza dell’irraggiamento terrestre notturno – raffreddamento dovuto alla dispersione del calore dalle superfici terrestri. In presenza di inversione termica è facile assistere ad aria fredda e umida nei bassi strati, che talvolta si accompagna a fenomeni suggestivi come la nebbia e la galaverna. Quest’ultima consiste in una sorta di rivestimento cristallino, opaco e bianco, intorno alle superfici solide. Esso si forma poiché le minuscole goccioline d’acqua in sospensione nell’atmosfera possono rimanere liquide anche sotto zero (stato di sopraffusione). La ga-

laverna, come la brina, si forma nel momento del passaggio da vapore acqueo a ghiaccio che avviene non appena queste goccioline d’acqua entrano a contatto con alberi, tetti, cartelli stradali, ecc. Lo strato di galaverna visibile in figura caratterizza solo gli alberi presenti nel fondovalle della conca, ma non quelli che ricoprono i pendii dei rilievi circostanti. Questo avviene proprio causa dell’inversione termica, in quanto salendo di quota la temperatura superiore allo zero non ha evidentemente consentito la formazione di ghiaccio.

Inoltre, il Palazzo dell’Istruzione ha accolto l’esposizione degli elaborati grafici realizzati da due classi del Liceo “Depero” di Rovereto, vincitrici del concorso nazionale “Immagini per la Terra”. Il concorso di educazione ambientale ideato e promosso da “Green Cross Italia”, in collaborazione con il Ministero dell’Istruzione, è aperto a studenti e insegnanti di tutte le scuole italiane di ogni ordine e grado presenti sul territorio nazionale e all’estero. La XXIV edizione del concorso dal titolo “Tutti pazzi per il clima”, dedicata al tema dei cambiamenti climatici in atto, è stata vinta nell’anno scolastico 2015–16 dalle classi 5A e 5B dell’indirizzo di Grafica del Liceo artistico “Depero”. Gli studenti, attraverso un percorso di approfondimento e ricerca coordinato dai professori Manuela Salvi e Lucio Tonina, si sono dedicati alla realizzazione di elaborati grafici di vario tipo – manifesti, cartoline e un libretto dal titolo *Viaggi nei luoghi che non ci saranno più* – che affrontano le questioni ambientali in maniera originale e creativa, allo scopo di raggiungere il maggior numero di persone e soprattutto i loro coetanei. Tutti i materiali prodotti intendono promuovere l’educazione ambientale, attraverso la diffusione di valori e stili di vita compatibili con la sostenibilità in tutti i suoi aspetti, aumentando il livello di consapevolezza e responsabilità di ognuno di noi. Al tempo stesso questo progetto conferma la sensibilità che da sempre il Liceo mostra verso i temi sociali come importante momento formativo per i suoi studenti. La cartolina disegnata dallo studente Davide Trevisan (fig. 4) lancia uno sguardo verso altre mete oltre il nostro pianeta usando come gancio proprio la meteorologia.

Figura 2
Il tornado ritratto in foto si è abbattuto sui campi disabitati nei pressi di Simla, un piccolo paesino in Colorado, il 4 giugno 2015. © Valentina Abinanti.

Figura 3
“Percorsi nel Bianco” a Taibon Agordino, Dolomiti Bellunesi. © Silvia Di Stasio.



– cooling due to the dispersion of heat from terrestrial surfaces. In the presence of thermal inversion it is easy to see cold and humid air in the lower layers, which is sometimes accompanied by evocative phenomena such as fog and soft rime. The latter consists of a sort of crystalline, opaque and white coating around the solid surfaces, formed due to the tiny droplets of water suspended in the atmosphere that can remain liquid even below zero (state of supercooling). The soft rime, like the frost, is formed at the moment of the passage from water vapor to ice that occurs as soon as these droplets of water come into contact with trees, roofs, road signs, etc. The layer of soft rime visible in the figure characterizes only the trees in the basin's valley floor, but not those that cover the slopes of the surrounding hills. This precisely happens due to the thermal inversion, while climbing up high altitude the above zero temperature has obviously not allowed the formation of ice.

In addition, the *Palazzo dell'Istruzione* has welcomed the exhibition of the graphic works made by two classes of the “Depero” High School of Rovereto, winners of the national contest “Images for the Earth”. The environmental education competition conceived and promoted by “Green Cross Italy”, in collaboration with the Ministry of Education, is open to students and teachers of all the Italian schools of all levels, in Italy and abroad. The XXIV edition of the competition entitled “*Tutti pazzi per il clima*” and dedicated to the theme of ongoing climate change, was won during the 2015–16 school year by the classes 5A and 5B of the “Depero” Arts High School's Graphic Course. The students, through a process of study and research coordinated by professors Manuela Salvi and Lucio Tonina, have dedicated themselves to the realization of various types of graphic works – posters, postcards and a booklet entitled *Travels in the places that will no longer exist* – that face environmental issues in an original and creative way with the aim to reach the greatest number of people and especially their peers. All the produced materials intend to promote environmental education, through the support of values and lifestyles compatible with sustainability in all its aspects,

increasing the level of awareness and responsibility of each of us. At the same time, this project confirms the sensibility that the “Depero” Arts High School has always shown towards social issues as an important educational moment for its students. A postcard is proposed, designed by the student Davide Trevisan (fig. 4) that glances at other destinations beyond our planet using meteorology as a hook.

In fact there is an extremely interesting field that combines meteorology and astronomy: the study of alien atmospheres, all those atmospheres surrounding bodies that are different from our planet like other planets, dwarf planets and satellites of the Solar System or extrasolar planets, i.e. planets orbiting around other stars. The study of these envelopes of gas enclosing the objects has relevance to better understand the universe in which we live and to give us clues about the functioning of the atmosphere of our planet, being able to better explain the violent phenomena, the electric ones, the greenhouse effect and its future evolution. There are many space missions that have been dedicated, over the years, to the study of atmospheres: what we will do in the next few lines will be a little journey, using the images produced by these missions, to bring us closer to their different targets, discoveries and technologies that have allowed us to obtain such interesting results. Starting from our base in the



Figure 4
Postcard of the national contest “Images for the Earth”. © Davide Trevisan.

Figure 5
Dust devil developed in 2012 in the Amazonis Planitia of Mars; the diameter of 140 meters reached 20 km in height from the surface. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap150303.html>.

Figure 6
Sandstorm on Mars photographed in 1999; you can see the front of the storm covering the plains of the northern hemisphere. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap990809.html>.



Figure 4
Cartolina del concorso nazionale “Immagini per la Terra”. © Davide Trevisan.

Figure 5
Diavolo di polvere sviluppatosi nel 2012 nella Amazonis Planitia di Marte; il diametro di 140 metri ha raggiunto i 20 km di altezza dalla superficie. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap150303.html>.

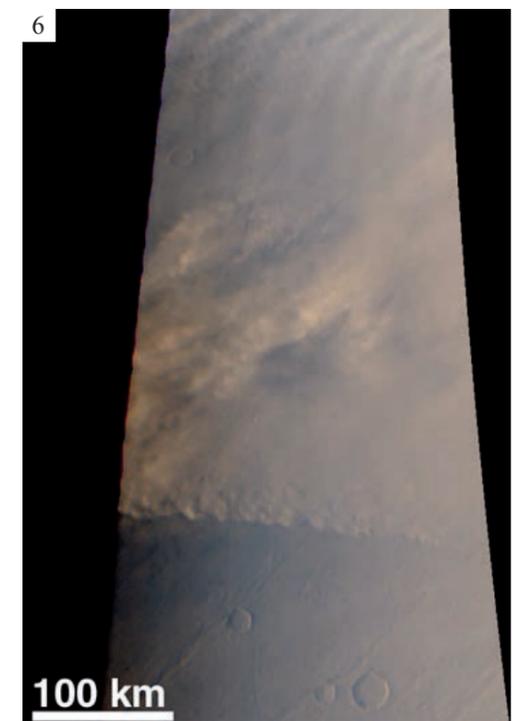
Figure 6
Tempesta di sabbia su Marte fotografata nel 1999; si può notare il fronte della tempesta che copre le pianure dell'emisfero nord. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap990809.html>.

Esiste un ambito estremamente interessante che vede sposarsi la meteorologia con una materia altrettanto affascinante, l'astronomia, ed è quello che riguarda lo studio delle atmosfere aliene, cioè tutte quelle atmosfere che circondano corpi diversi dal nostro pianeta, siano essi altri pianeti, pianeti nani o satelliti del Sistema Solare o pianeti extrasolari, ossia orbitanti intorno ad altre stelle. Lo studio di questi involucri di gas che racchiudono gli oggetti ha rilevanza sia per comprendere meglio l'universo in cui viviamo, sia per darci indizi sul funzionamento dell'atmosfera del nostro pianeta e riuscire a spiegarne meglio i fenomeni violenti, quelli elettrici, l'effetto serra e la sua evoluzione futura. Molte sono le missioni spaziali che si sono dedicate, nel corso degli anni, allo studio delle atmosfere: quello che faremo nelle prossime righe sarà un piccolo viaggio, usando le immagini prodotte da queste missioni, per avvicinarci ai loro diversi obiettivi, alle scoperte e alle tecnologie che hanno permesso di ottenere dei risultati così interessanti. Partendo dalla nostra base nel cosmo, che è la Terra – di cui ci siamo occupati nella prima parte dell'articolo – ci allontaneremo sempre più per scoprire queste meraviglie.

Sicuramente uno degli oggetti che ha, da sempre, catturato l'attenzione degli scienziati oltre che del grande pubblico è il nostro vicino di casa: Marte. Il famoso pianeta rosso è stato osservato in molteplici maniere ed è stato meta di numerose missioni spaziali. Lo studio di Marte è fondamentale per capire meglio lo stesso pianeta Terra e, importante in quest'ottica, è l'analisi della sua atmosfera nella quale si possono sviluppare dei fenomeni che potrebbero aiutarci a svelare i misteri di alcuni eventi simili che avvengono sulla Terra. Marte presenta un'atmosfera più rarefatta di quella terrestre, è densa circa l'1% di quella della Terra al livello del mare, e ospita dei venti molto forti, infatti uno dei fenomeni che si sviluppano sono i “diavoli di polvere” (fig. 5), vortici che assomigliano a piccoli tornado che spazzano le zone desertiche marziane. I venti che si generano nell'atmosfera sollevano le polveri presenti sulla superficie del pianeta creando anche delle vere e proprie tempeste di sabbia che spesso hanno dimensione locale ma, a volte, possono

unirsi fino a coprire interi emisferi del pianeta, anche per vari mesi, non rendendo la superficie di Marte osservabile dagli strumenti orbitanti o dai telescopi a terra (fig. 6). L'aria del pianeta quindi è ricolma di particelle di polvere in sospensione che rendono il cielo marziano arancione. Non vi è, inoltre, la presenza di agenti atmosferici come li conosciamo sulla Terra, vista la quasi totale assenza di acqua in superficie che non consente la formazione di nubi e di fenomeni a carattere di rovescio. Una delle missioni che stanno osservando il pianeta in questo momento è “Exomars” dell'Agenzia Spaziale Europea – a cui partecipa anche ASI (Agenzia Spaziale Italiana) – lanciata nel 2016 con l'obiettivo di monitorare il pianeta con un *orbiter* per studiarne le caratteristiche ambientali. Nel 2020 verrà lanciata la seconda parte della missione che prevede un *rover* che si muoverà sul suolo del pianeta; lo scopo della missione è capire se esso sia mai stato adatto ad ospitare la vita nel suo passato.

Lasciando il pianeta rosso alle nostre spalle possiamo continuare il viaggio oltre la fascia di asteroidi verso il gigante gassoso Giove che si presenta in tutta la sua grandezza circonda-



cosmos, the Earth – we have dealt with it in the first part of the article – we will move further and further away to discover these wonders.

Surely one of the objects that has always captured the attention of the scientists as well as the general public is our neighbour: Mars. The famous red planet has been observed in many ways and it has been the destination of many space missions. The study of Mars is fundamental to better understand the Earth and, in this regard, the analysis of its atmosphere is important because of the phenomena that can develop in it helping us to unveil the mysteries of some similar events that happen on our planet. Mars has a more rarefied atmosphere than the Earth one, it is about 1% thick compared to the Earth's atmosphere at the sea level, and it hosts very strong winds, in fact there is the presence of the “dust devils” (fig. 5), vortices that resemble small tornadoes that sweep the Martian desert areas. The winds that are generated in the atmosphere raise the dust present on the planet's surface creating big sandstorms which often have local dimensions but, at times, they can unite to cover entire hemispheres of the planet, even for several months, making the surface of Mars undetectable by the orbiting instruments or by ground telescopes (fig. 6). The planet's air is then filled with suspended dust particles that make the Martian sky orange. There are no atmospheric agents as we know them on Earth, this is due to the almost total absence of water on the surface that does not allow the formation of clouds and thunder showers phenomena. One of the missions that are watching the planet right now is “Exomars” by the European Space Agency – in which ASI (Italian Space Agency) also takes part – launched in 2016 with the goal of monitoring the planet with an orbiter to study the Martian environmental characteristics. In 2020 the second part of the mission will be launched, which foresees a rover that will move on the planet's soil; the purpose of the mission is to understand if it has ever been suitable to support life in its past. Leaving the red planet behind us we can continue the journey beyond the Asteroid Belt towards the gaseous giant Jupiter, which presents itself in all its grandeur surrounded by a system



of rings and sixty-seven natural satellites. Here a mission is underway, with an orbiter around the planet: the mission called “Juno” launched on August 5, 2011 and entered into a polar orbit around Jupiter on July 4, 2016, is scheduled to end on July 2018 with the module that will collide with the Jovian atmosphere after thirty-seven orbits around the planet, each lasting six weeks. The purpose of the mission is not only to unveil the mysteries of the Jovian atmosphere, but also to try to understand what there is under the clouds that envelop the gaseous giant. The images that “Juno” has given us up to now, show Jupiter from an absolutely new perspective, because the probe's orbit passes over the poles of the planet that, until now, had never been photographed with such precision (fig. 7). The observation of the atmosphere is also able to show the depth of the clouds, as well as their composition, and reveals the presence of storms that were previously unknown (fig. 8). Another interesting aspect is the study of the Jupiter's auroras. As also happens on the Earth, the solar wind invests the gaseous giant that conveys, with its magnetic field, the particles towards the polar zones. They react with the molecules of the planet's atmosphere, creating light games: the polar auroras, detectable on Jupiter in UV light.

Leaving these wonders we can head towards the sixth planet away from the Sun, famous for its marvellous ring system that surrounds it: Sat-

Figure 7
The southern hemisphere of Jupiter photographed by the “Juno” probe. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap170529.html>.

Figure 8
A Jupiter's storm, it has the dimensions of the planet Earth. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap171128.html>.

Figure 9
The satellite Titan with clearly visible its atmospheric layers. *NASA*. [visited December 28, 2017]. Available at: https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_490.html.



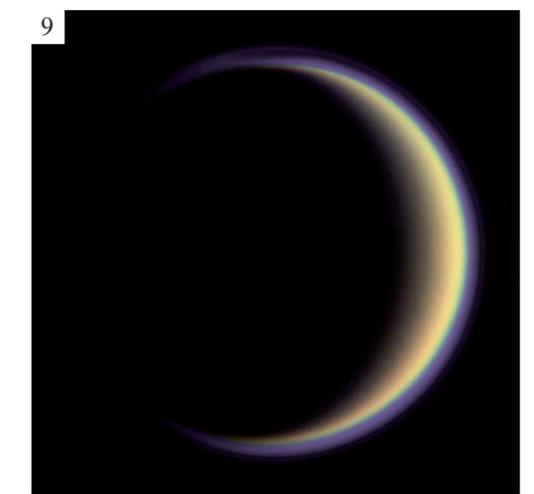
to da un sistema di anelli e da sessantasette satelliti naturali. Presso questo gigante è in corso una missione che vede un *orbiter* attorno al pianeta: la missione denominata “Juno”, lanciata il 5 agosto del 2011 ed entrata in orbita polare attorno a Giove il 4 luglio 2016, dovrebbe terminare nel luglio del 2018, a meno di prolungamenti, con il modulo che colliderà con l'atmosfera gioviana dopo aver effettuato trentasette orbite attorno al pianeta, ognuna della durata di sei settimane. Lo scopo della missione non è solo quello di svelare i misteri dell'atmosfera gioviana, ma anche di provare a capire cosa ci sia sotto le nubi che avvolgono il gigante gassoso. Le immagini che ci ha regalato fino ad ora ci mostrano Giove da un prospettiva assolutamente nuova, perché l'orbita della sonda la porta sopra i poli del pianeta che fino a questo momento non erano mai stati fotografati con una tale precisione (fig. 7). L'osservazione dell'atmosfera riesce inoltre a mostrare la profondità delle nubi, oltre che la loro composizione, e rivela la presenza di tempeste che precedentemente non erano note (fig. 8). Altro aspetto appassionante è lo studio delle aurore polari gioviane. Come avviene anche sulla Terra il vento solare investe il gigante gassoso che convoglia, con il suo campo magnetico, le particelle verso le zone polari. Esse fanno reagire le molecole dell'atmosfera del pianeta creando dei giochi luminosi: le aurore polari, appunto, che sono

Figura 7
Emisfero sud di Giove fotografato dalla sonda “Juno”. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap170529.html>.

Figura 8
Tempesta gioviana delle dimensioni del pianeta Terra. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap171128.html>.

osservabili nella luce ultravioletta su Giove. Lasciando queste meraviglie ci possiamo dirigere verso il sesto pianeta per distanza dal Sole, famoso per il suo meraviglioso sistema di anelli che lo circonda: Saturno. In questa zona del Sistema Solare è infatti appena giunta al termine la missione Cassini–Huygens che aveva come finalità lo studio di Saturno e di uno dei suoi satelliti: Titano. La missione, lanciata il 15 ottobre 1997, ha viaggiato nel Sistema Solare per sette anni prima di arrivare al suo obiettivo. Essa era composta da due parti: Huygens, un *lander* che è arrivato sul suolo del satellite Titano, e Cassini, una sonda che si è messa poi in orbita attorno al pianeta Saturno. La prima parte della missione è terminata nel 2005 dopo aver inviato immagini fondamentali dell'atmosfera del satellite Titano, parte del complesso sistema di satelliti di Saturno che conta ben sessantadue membri. La particolarità che ha convinto gli studiosi ad inviare uno strumento così lontano dalla Terra per studiarlo risiede proprio nella sua atmosfera (fig. 9).

Da analisi fatte da terra l'atmosfera di Titano ricordava, infatti, quella della Terra, per la grande presenza di azoto. Oltre ad analizzarne precisamente l'atmosfera, la missione è riuscita a svelare cosa si nasconde sotto le nubi che avvolgono il satellite: mari e laghi di metano liquido riempiti da piogge provenienti dalle nubi di idrocarburi. Gli scienziati, inoltre, ipotizzano che su Titano esista un oceano sotterraneo intrappolato, composto di acqua e

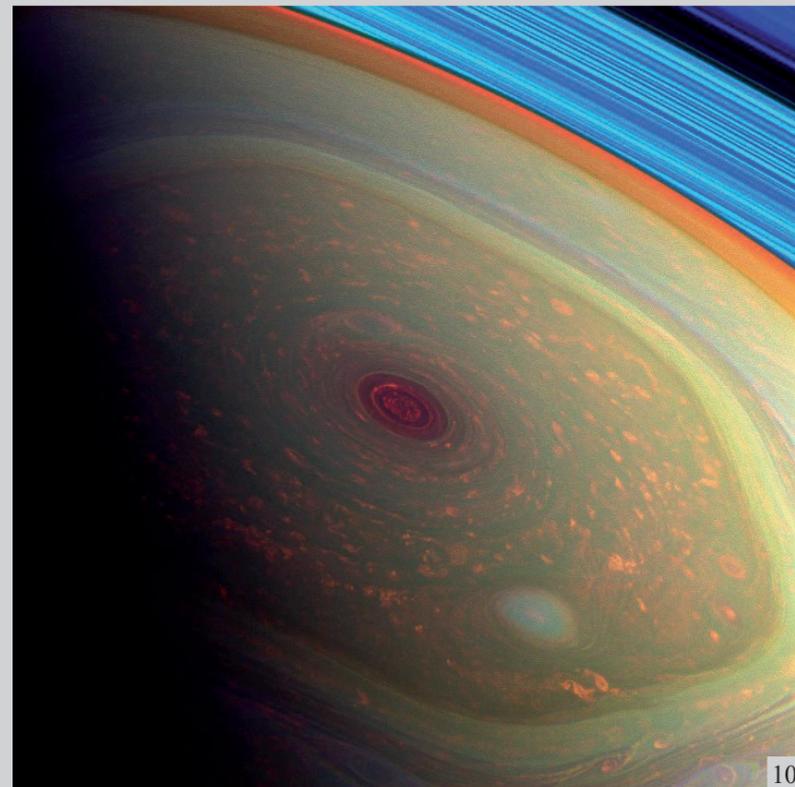


urn. In this area of the Solar System the Cassini–Huygens mission has just come to an end with the aim of studying Saturn and one of its satellites: Titan. The mission, launched on October 15, 1997, has travelled in the Solar System for seven years before reaching its goal. It consisted of two parts: Huygens, a lander which arrived on the ground of the satellite Titan and Cassini, a probe in orbit around Saturn. The first part of the mission ended in 2005. It sent fundamental images of the atmosphere of Titan, which is part of the complex system of Saturn's satellites that counts sixty-two members. The peculiarity that convinced scientists to send an instrument so far from the Earth to study it, lies precisely in its own atmosphere (fig. 9).

Indeed, the ground made tests indicate that the atmosphere of Titan reminds the Earth's one due to the great presence of nitrogen. The mission was able to reveal what is hidden under the clouds that surround the satellite: seas and lakes of liquid methane filled with rain coming from hydrocarbon clouds. Scientists also speculate that there is a buried underground ocean on Titan, composed of water and ammonia. Surely the images and data provided by Huygens, the first mission to land on a world in the distant Outer Solar System, have unveiled a world that up until that moment was not fully understood. The part of the mission that involved the Cassini probe was instead completed on September 15th, 2017 with the collision of the module in the upper atmosphere of Saturn. The images that arrived have shown the particularities of the high atmosphere of the planet and have brought to light other mysteries that need to be resolved, as for example the structure of clouds with hexagonal shape in the north pole of the



11



10

planet (fig. 10). Still many other secrets are hidden under the cloudy layers of Saturn and future missions can unveil them.

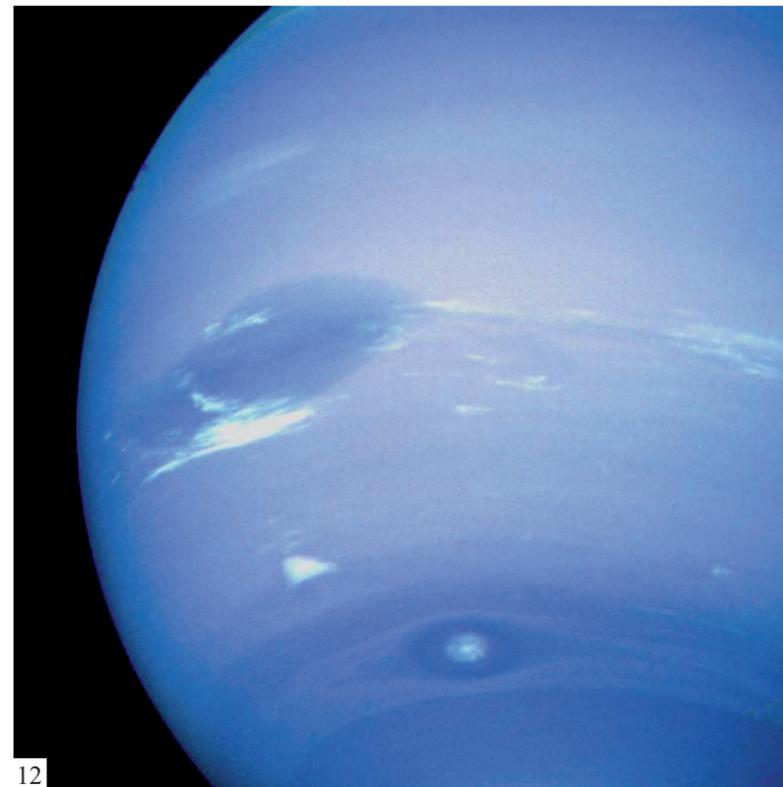
Continuing our journey we move to the last planet of the system: Neptune. This planet is one of those objects that surprised scientists. With its distance from the Sun of about four and a half billion kilometres it was thought to be a cold and dormant world, but the images sent by the Voyager 2 probe allow us to observe that the atmosphere of Neptune is full of activities, in fact, some of the strongest winds in the Solar System have been measured. The probe flew over the planet at an altitude of five thousand kilometres from the highest layer of clouds (fig. 11) and it was able to photograph a storm renamed the Great Dark Spot that, unlike the Great Red Spot of Jupiter, which is an anticyclone that has existed for hundreds of years, it was no longer visible in the observations made by the Hubble Space Telescope only five years later: here is the changeability of the Neptunium atmosphere (fig. 12).

Voyager 2 is a mission that began in 1977 and

Figure 10
An image in false colors of the north pole of Saturn; we can observe the curious hexagonal structure. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap140806.html>.

Figure 11
Clouds similar to cirrus clouds in the high atmosphere of the planet Neptune. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap150215.html>.

Figure 12
Three storms of Neptune: the northernmost is the Great Dark Spot, bright in the centre we find Scooter and further down the Dark Spot 2. *NASA Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology*. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01142>.



12

Figura 10
Immagine in falsi colori del polo nord di Saturno; si può osservare la curiosa struttura esagonale. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap140806.html>.

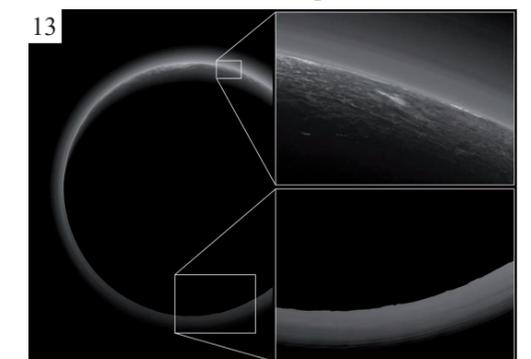
Figura 11
Nubi simili a cirri nell'alta atmosfera del pianeta Nettuno. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap150215.html>.

Figura 12
Tre tempeste nettuniane: la più a nord è la Grande Macchia Scura, brillante in centro troviamo Scooter e più in basso la Macchia Scura 2. *NASA Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology*. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01142>.

ammoniaca. Sicuramente le immagini e i dati forniti da Huygens, la prima missione con arrivo su un oggetto del Sistema Solare Esterno, hanno svelato un mondo che fino a quel momento non era così compreso. La parte della missione che vedeva coinvolta la sonda Cassini è invece terminata il 15 settembre 2017 con la collisione del modulo nell'alta atmosfera di Saturno. Le immagini che sono arrivate hanno mostrato le particolarità dell'alta atmosfera del pianeta e hanno portato alla luce anche dei misteri che sono da risolvere, come ad esempio la struttura di nubi dalla forma esagonale presente nel polo nord (fig. 10). Ancora altri molti segreti sono nascosti sotto gli strati nuvolosi di Saturno e future missioni li potranno svelare. Continuando il nostro viaggio ci spostiamo all'ultimo pianeta del sistema: Nettuno. Questo pianeta è uno di quegli oggetti che hanno sorpreso gli studiosi. Con la sua distanza dal Sole di circa quattro miliardi e mezzo di chilometri si pensava fosse un mondo freddo e privo di attività, ma dalle immagini inviate dalla sonda Voyager 2 si può osservare, invece, che

l'atmosfera di Nettuno è caratterizzata da venti tra i più forti del Sistema Solare. La sonda ha sorvolato il pianeta ad una quota di cinquemila chilometri dallo strato più alto di nubi (fig. 11) ed è riuscita a fotografare una tempesta ribattezzata la Grande Macchia Scura che, a differenza della Grande Macchia Rossa di Giove che è un anticiclone che esiste da centinaia di anni, non era più visibile nelle osservazioni fatte dall'Hubble Space Telescope solo cinque anni dopo: ecco la mutevolezza dell'atmosfera nettuniana (fig. 12).

Voyager 2 è una missione che ha avuto inizio nel 1977 ed ha viaggiato per miliardi di chilometri nel Sistema Solare scattando immagini suggestive degli oggetti che lo popolano. L'incontro con Nettuno, avvenuto nel 1989, è stato molto importante proprio perché fino a quel momento il pianeta non era stato visto così nel dettaglio; la missione ha infatti scoperto cinque lune del pianeta e quattro anelli del suo sistema. La sonda Voyager 2 sta continuando la sua strada insieme alla gemella Voyager 1 verso il confine del Sistema Solare. Seguendo la loro scia anche il nostro viaggio ci porta più lontano, con la missione *New Horizons* che ha avuto come *target* il pianeta nano Plutone; lanciata nel 2006, lo ha raggiunto nel 2015 ed ha effettuato una serie di orbite attorno all'oggetto. La missione è stata poi prolungata con un diverso obiettivo: MU69, un oggetto della Cintura di Kuiper. Le immagini riguardanti Plutone che la missione ha inviato a Terra sono sorprendenti. Si riesce a vedere l'atmosfera di Plutone, ipotizzata già nel 1985 e poi scoperta nel 1988 grazie alle osservazioni delle occultazioni da parte di Plutone di alcune stelle. L'atmosfera del pianeta nano è un



13

has travelled billions of kilometres in the Solar System, taking evocative images of the objects that populate it. The meeting with Neptune, which took place in 1989, was very important because until that moment the planet had not been seen in such detail; the mission has discovered five moons of the planet and four rings of its system. The Voyager 2 probe is continuing its path together with the twin Voyager 1 towards the border of the Solar System. Following their trail also our journey takes us further, with the New Horizons mission that targeted the dwarf planet Pluto; launched in 2006, it reached the planet in 2015 and made a series of orbits around the object. The mission was then extended with a different goal: MU69, an object of the Kuiper Belt. The images concerning Pluto that the mission sent to Earth are surprising. We can see the atmosphere of Pluto, already hypothesized in 1985 and then discovered in 1988 thanks to the observations of Pluto's occultations of some stars. The atmosphere of the dwarf planet is a complex system formed by layers of mists which make it far colder than it had been assumed (fig. 13). Surely we realize how the atmosphere is a system that can be covered in very different ways depending on the object that it surrounds, in

fact our journey has led us to discover the many forms of the atmospheres of the Solar System. Everything brings us back to the Earth, because the observations of other objects intersect with the observations of the “blue marble”. In this case, the privileged observation point is the International Space Station that orbits around the Earth at an altitude of about four hundred kilometres and makes fifteen passages every twenty-four hours (fig. 14). Aboard the Station there are six astronauts from all over the world, about every three months they exchange in groups of three crew members. From up there the Earth appears in all its beauty and its atmosphere reveals itself full of activities like storms, lightning of all kinds, clouds swept by the winds, polar auroras (fig. 15). In this journey we have understood how complex and delicate the “atmosphere” system is, how little we know about it, not only with regard to objects far from us, but also for the same planet we inhabit, and we have understood how we must be alert to protect its stability. Finally, with these images we are better able to place the Earth as a celestial object, which really resembles its most mysterious cousins that we have met on our journey and which has an equally spatial charm.

Figure 13
Particular highlights of the atmospheric layers of Pluto. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://www.nasa.gov/feature/secrets-revealed-from-pluto-s-twilight-zone>.

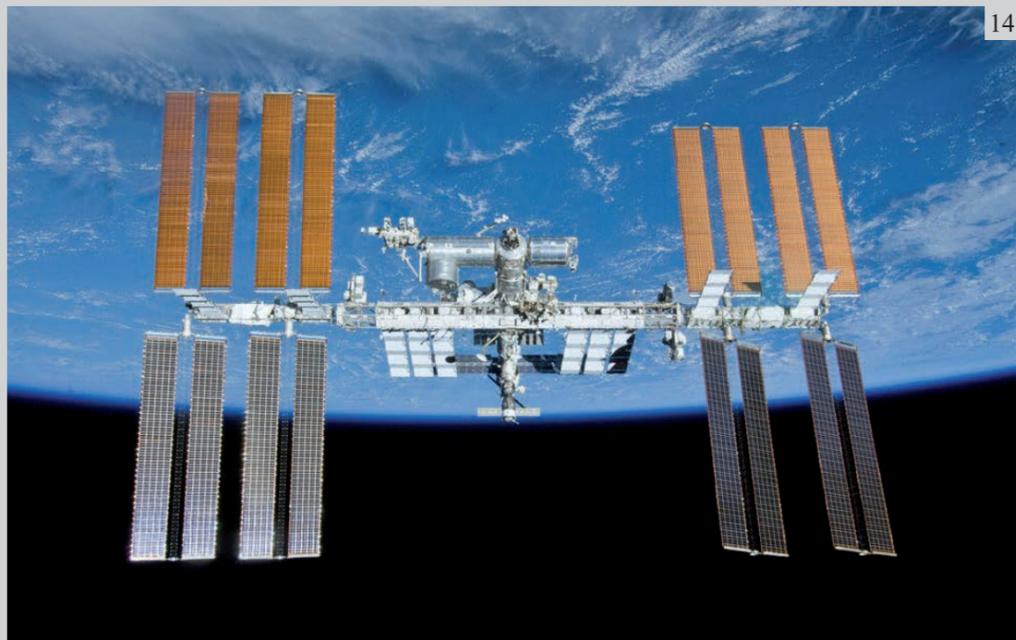


Figure 14
The ISS photographed by the Shuttle Atlantis in 2010. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap160418.html>.

Figure 15
The Earth from the ISS with the atmosphere, the clouds and a wonderful austral aurora going on. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visited December 28, 2017]. Available at: <https://apod.nasa.gov/apod/ap170729.html>.

Figura 13
Particolari in evidenza degli strati atmosferici di Plutone. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://www.nasa.gov/feature/secrets-revealed-from-pluto-s-twilight-zone>.

sistema complesso formato da strati di nebbie che la rendono più fredda di quanto si era ipotizzato (fig. 13). Sicuramente ci si accorge di come l'atmosfera sia un sistema che si può declinare in modi estremamente differenti a seconda dell'oggetto che circonda, infatti il nostro viaggio ci ha portati alla scoperta delle molte forme delle atmosfere del Sistema Solare. Tutto ci riporta comunque verso la Terra, perché le osservazioni degli altri oggetti si intersecano con quella della “biglia blu”. Postazione d'osservazione privilegiata in questo caso è la Stazione Spaziale Internazionale che orbita attorno alla Terra alla quota di circa quattrocento chilometri ed effettua quindici passaggi ogni ventiquattro ore (fig. 14). A bordo della Stazione ci sono sei astronauti

provenienti da tutto il mondo che si scambiano ogni tre mesi circa, a gruppi di tre membri di equipaggio. Da lassù la Terra appare in tutta la sua bellezza e la sua atmosfera si rivela piena di attività come tempeste, fulmini di tutti i tipi, nubi spazzate dai venti, aurore polari (fig. 15). In questo percorso abbiamo capito quanto sia complesso e delicato il sistema “atmosfera”, quanto ancora poco di esso conosciamo, non solo relativamente agli oggetti lontani da noi, ma per lo stesso pianeta che abitiamo, e di quanto dobbiamo stare allerta per comprenderlo e tutelarne la stabilità; infine da queste immagini riusciamo meglio a collocare la Terra come un oggetto celeste, che assomiglia davvero ai suoi cugini per noi più misteriosi incontrati nel nostro viaggio e che ha un suo fascino altrettanto spaziale.

Figura 14
La ISS fotografata dallo Shuttle Atlantis nel 2010. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap160418.html>.

Figura 15
La Terra dalla ISS con l'atmosfera, le nubi e una meravigliosa aurora australe in corso. *Astronomy Picture of the Day Archive*. NASA. [visitato 28 dicembre 2017]. Disponibile da: <https://apod.nasa.gov/apod/ap170729.html>.

