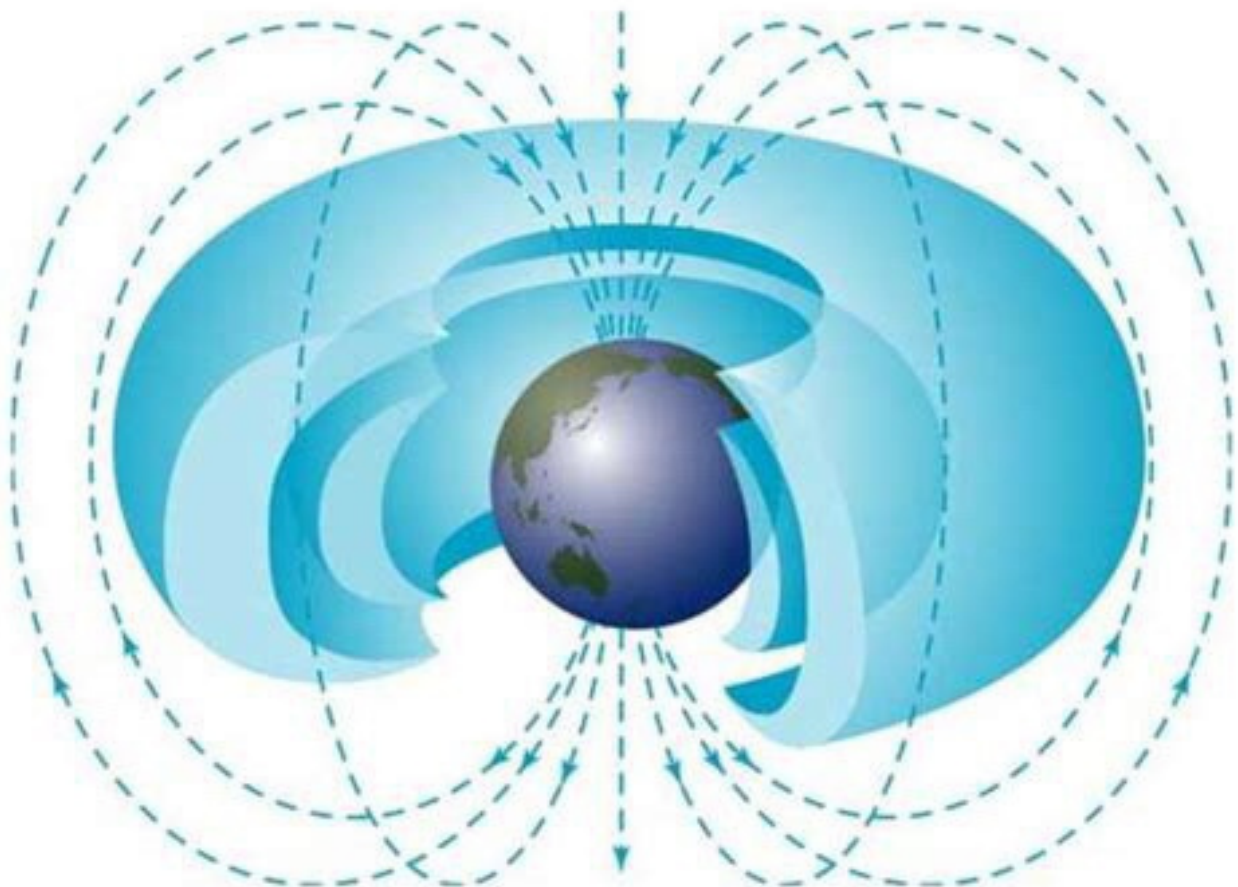


# Le Fasce di Van Allen

Mattia Zen  
Liceo Scientifico M. Grigoletti  
classe 5C scientifico  
a.s. 2020-2021

31 maggio 2021



# Abstract

## Indice

1. Guerra Fredda Spaziale.....	1
a. Guerra Fredda	
b. missioni Russe e la rincorsa americana.	
c. US President, J. F. Kennedy (English Program)	
2. Il campo magnetico terrestre.....	2
a. la dinamo ad autoeccitazione	
3. Le fasce di Van Allen.....	3
a. forza di Lorentz	
b. cosa sono le Fasce di Van Allen	
c. comportamento	
d. la terza fascia	
4. sono veramente dannose e insuperabili?.....	5

# Contenuti

## Guerra fredda spaziale

### ■ Introduzione

La guerra fredda è un conflitto tra USA e URSS che dura dal 1948 al 1991. Possiamo trovare diverse date per l'inizio o per la fine della guerra. Ritengo particolarmente significativo individuare come evento iniziale il blocco di Berlino, adottato dall'Unione Sovietica per bloccare le esportazioni e le importazioni verso Berlino Ovest, controllata dal blocco liberale formato da USA, Inghilterra e Francia. Come data conclusiva viene spesso indicato il 9 novembre 1989 con la caduta del muro di Berlino, ma è necessario aspettare altri due anni, il 1991, per vedere la caduta dell'URSS.

Tra le due potenze non ci sono mai stati scontri diretti, ed è questo il motivo del nome "fredda" dato alla guerra, ma le due potenze globali si sono scontrate quasi sempre in quelle che vengono definite le "periferie del mondo". Tra i conflitti più significativi troviamo la Guerra in Corea, durata tre anni e conclusa nel 1953 con la reintroduzione dei confini originari, la Crisi cubana, avvenuta dopo la rivoluzione filocomunista attuata da Fidel Casto e l'avvicinamento di Cuba agli ideali sovietici, e la guerra in Vietnam, molto conosciuta anche oggi per le numerose perdite subite dagli Stati Uniti.

### ■ Le missioni russe e la ripresa americana

Uno degli scenari in cui si è svolta la guerra fredda è la conquista dello spazio. Questo conflitto è cominciato nel 1957, con il lancio da parte dell'URSS del satellite Sputnik 1, primo satellite a lasciare l'orbita terrestre il 4 ottobre del 1957, e concluso nel luglio del 1975, con la prima missione spaziale congiunta USA-URSS. I primi viaggi vedevano la potenza sovietica più attrezzata degli avversari statunitensi, meno di un mese dopo il lancio dello Sputnik 1, il 3 novembre 1957 viene lanciato lo Sputnik 2, con il quale l'URSS conquista un altro traguardo importante: il primo essere vivente nello spazio. A bordo della navicella troviamo, infatti, la cagnetta Laika.

La risposta degli Stati Uniti arriva il 6 dicembre 1957, con il razzo Vanguard che esplode sulla rampa di lancio, un fallimento per gli USA, sempre più indietro nella corsa allo spazio. Il 1958 è l'anno del riscatto americano, il 31 gennaio viene lanciato l'Explorer 1, prima navicella americana a raggiungere correttamente l'orbita, diretta dal fisico James Van Allen permette la scoperta delle Fasce di Van Allen, e il 29 luglio nasce la NASA, National Aeronautics and Space Administration, la quale avrà un ruolo determinante per la più grande conquista americana, l'allunaggio.

I primi anni del nuovo decennio sono caratterizzate da altre conquiste della potenza



*Sonda Explorer 1. Progettata da James Van Allen e permette la scoperta delle omonime fasce*

sovietica (il 12 aprile 1961 Yuri Gagarin diventa il primo uomo nello spazio a bordo della navetta Vostok) e da altri fallimenti americani (il 27 gennaio 1967 l'Apollo 1 esplode sulla rampa di lancio). Nel 1968 gli americani raggiungono un traguardo importantissimo, nel natale di questo anno infatti l'Apollo 8 è il primo satellite ad entrare nell'orbita lunare e aprirà la strada all'Apollo 11 che, il 20 luglio 1969, permetterà a Neil Armstrong di diventare il primo uomo a mettere piede sulla luna. Questo avvenimento è il momento più caratteristico della corsa allo spazio.

## ■ US President, J. F. Kennedy (English Program)

The Space Cold War became a priority for the US government since 1960 when President Eisenhower presented the Apollo program, but the most important President in this fight was J.F. Kennedy. He became President in 1961 and he was the first catholic and the youngest American President. During the two years of mandate, he had to face lots of social issues, like discrimination against blacks with the born of some social movement; some of them followed a non-violence philosophy (like Martin Luter King), and some others used violence against whites (like Black Muslims).

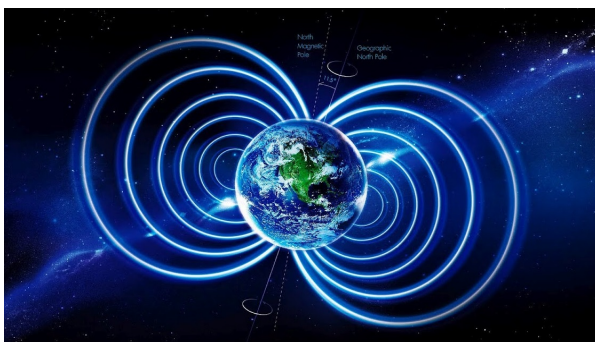
In 1960, during a democratic convention, he said that "We stand today on the edge of a New Frontier, the frontier of the 1960s". The New Frontier became one of the most important slogans in the '60s. With this expression, the president wanted to focus on two of the issues that the US had to face, racism and the space war.

Kennedy always thought that a peaceful mobilization to meet the lunar landing was possible; indeed, on the 3rd of June 1961 in Vienna, he asked Khrushchev to work together, still the Russian dictator declined, but the US president hoped that that way was possible. On the 20th of September 1963, he asked again "why should man's first flight to the moon be a matter of national competition?".

Despite his point of view, he made the space program a priority to the US government, in fact on the 25th of May he had a speech where he announced that the US will bring an American to the moon "before this decade is out". This statement arrived after a letter written by Wernher Von Braun, the director of the Apollo Application Program, where he declared that "we have a sporting chance [...] to accomplish this objective in 1967-1968"

Kennedy was killed on the 22nd of November 1963, during a convention in Dallas.

## Campo magnetico terrestre



*Raffigurazione del campo magnetico terrestre*

La terra è circondata da un campo magnetico, generato da un dipolo magnetico, la cui intensità varia in relazione alla longitudine, con le intensità minori presenti all'equatore. La teoria del campo magnetico generato da un dipolo magnetico è, però, solamente un'approssimazione in quanto le temperature presenti al centro della terra fanno perdere le proprietà ferromagnetiche ai minerali, in quanto superiori alla temperatura di Curie.

## ■ Dinamo ad autoeccitazione

La teoria sviluppata per spiegare il funzionamento del campo magnetico intorno alla terra è assimilabile alla dinamo ad autoeccitazione usata nelle centrali elettriche. Questo sistema richiede un conduttore in movimento (che nel caso della terra è il nucleo esterno liquido formato da un lega metallica che esegue movimenti convettivi) per generare un campo magnetico indotto che, nel caso delle centrali elettriche, è necessario per produrre lavoro e tenere in movimento la bobina. Finché sarà presente energia sufficiente per mantenere in movimento il nucleo, esso continuerà a generare un campo magnetico.

## Fasce di Van Allen

### ■ Forza di Lorentz

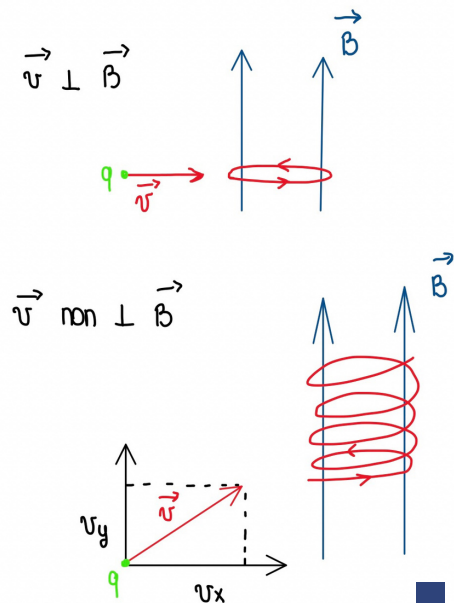
La forza di Lorentz è la forza che esercita una particella carica nel momento in cui è immersa in un campo magnetico.

La legge descrive come la forza sia direttamente proporzionale alla velocità, all'intensità del campo magnetico e alla carica della particella.

Nel caso in cui la velocità sia perpendicolare alle linee del campo magnetico la particella si muoverà di moto circolare uniforme all'interno del campo magnetico, nel caso in cui la velocità non sia perpendicolare al campo magnetico, devo scomporre il vettore attraverso la sua componente orizzontale e quella verticale: la presenza della componente verticale produrrà un moto elicoidale.

$$\vec{F}_l = q\vec{v} \times \vec{B}$$

*Formula della forza. Qualora la forza non sia perpendicolare al campo magnetico è necessario moltiplicare anche per il seno dell'angolo compreso tra i due vettori*



*Comportamento di una particella in un campo magnetico. Possiamo notare come qualora la velocità e il campo magnetico non fossero perpendicolari la particella si muoverà di moto elicoidale*

### ■ Cosa sono

La regione che toroidale che circonda la terra, tra i 1000 e i 60000 km, è chiamata fasce di Van allen. I confini di questa regione non sono definiti ma , per ogni fascia, la zona più centrale è più densa della parte periferica, nella quale le linee di campo magnetico sono meno dense.

Queste fasce si generano dall'interazione con il campo magnetico terrestre, il quale devia delle particelle cariche provenienti dal sole, che vengono trattenute per effetto della forza di Lorentz concentrandosi sulle fasce.

Vi sono due fasce, una più interna e una più esterna, divise da una zona neutra (anche nota come "safe zone").

Nella fascia interna avrò l'accumulo di particelle derivanti da reazioni di decadimento con le radiazioni cosmiche che riempiono lo spazio di protoni ad alta velocità con energie anche superiori a 100 MeV (108 eV), i quali collidono gli atomi dell'atmosfera, e di elettroni carichi (energia dell'ordine di 105 eV).

La fascia esterna (anche nota come "ring current") è una regione ad intensità più bassa formata da elettroni e ioni (principalmente ioni O+) con energie minori di 1 MeV (106 eV).

Essendo a conoscenza di questi dati, e sapendo il valore del campo magnetico terrestre all'equatore ( $0,31 \times 10^{-4}$  T) e la massa e la carica del protone, possiamo calcolare la forza che trattiene le particelle (nell'esercizio svolto qui sotto ho utilizzato i protoni ma possiamo analogamente calcolare la forza che trattiene gli elettroni) all'interno del campo magnetico terrestre nelle due fasce.

$$\begin{cases} E = \frac{1}{2}mv^2 \\ F = qvB \end{cases} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2E}{m}} \rightarrow F = q \sqrt{\frac{2E}{m}} \cdot B$$

$$F_{\text{interna}} = 1,602 \cdot 10^{-19} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-14}}{1,672 \cdot 10^{-27}}} \cdot 0,31 \cdot 10^{-4} \approx 6,875 \cdot 10^{-16} \text{ N}$$

$$F_{\text{esterna}} = 1,602 \cdot 10^{-19} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13}}{1,672 \cdot 10^{-27}}} \cdot 0,31 \cdot 10^{-4} \approx 6,875 \cdot 10^{-17} \text{ N}$$

*Calcolo della Forza di Lorentz sulle due fasce. Possiamo notare come la forza che agisce sulla fascia interna è maggiore di quella che agisce su quella esterna in quanto l'energia delle particelle è maggiore*

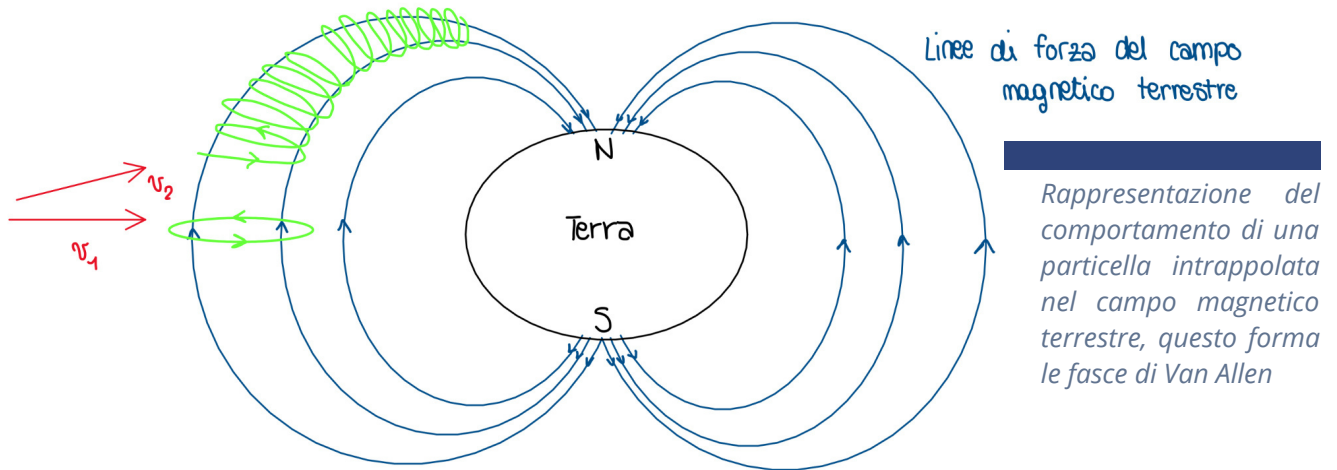
## ■ Comportamento

Come descritto precedentemente, le fasce di Van Allen si muovono secondo un moto elicoidale dovuto alla Forza di Lorentz che intrappola le particelle all'interno del campo magnetico terrestre.

Le particelle cariche provenienti dal sole entrano in contatto con il campo geomagnetico e la componente verticale della velocità, presente in tutte le latitudini eccetto che all'equatore, permette alla particella di svolgere un moto elicoidale attorno alle linee di forza del campo. Il moto non raggiunge mai i poli in quanto le linee di campo non circondano la totalità del nostro pianeta e, alcune particelle del vento solare estremamente cariche riescono a superare il campo magnetico in corrispondenza dei poli ed, entrando in contatto con l'atmosfera terrestre creano le spettacolari aurore polari.

Nelle zone in cui il campo magnetico è più intenso, ovvero avvicinandomi ai poli magnetici il raggio del moto elicoidale diventa più stretto in quanto le linee di campo sono più strette e la componente assiale della velocità della particella tende a diventare nulla per poi cambiare verso. Questo processo intrappola la particella all'interno del campo geomagnetico. Gli urti tra le particelle intrappolate in queste fasce emanano radiazioni dannose.

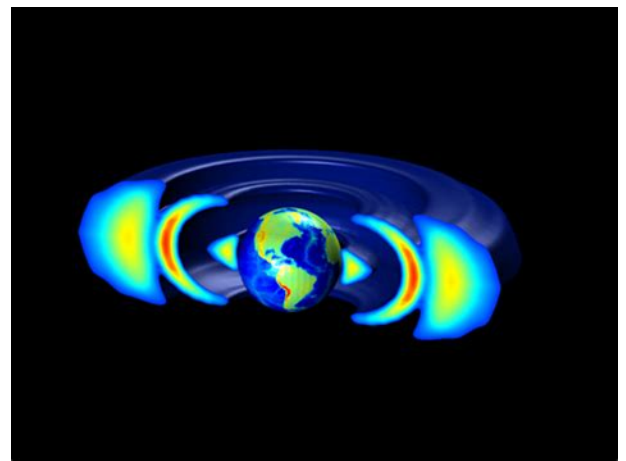




## ■ La terza fascia

Nell'agosto del 2012 è stata individuata una terza fascia presente nella regione intermedia tra le altre due. Essa è durata per qualche settimana prima di scomparire a causa del vento solare, riportando la struttura alle consuete due fasce. Questo fenomeno è stato analizzato dall'Università della California e dall'Istituto di Scienze e Tecnologia di Skolkovo (Russia), i quali sono arrivati a spiegarne la ragione; sembrerebbe che a causare la formazione della nuova fascia sia stata una tempesta elettromagnetica nel plasma della fascia più vicina alla terra, che ha portato allo spostamento di elettroni ultra-relativistici, ovvero con velocità prossime alla luce, presenti normalmente nelle altre due fasce.

Alcuni esperti sostengono che non sia la prima volta che avviene questo fenomeno, ma che non siamo mai riusciti ad osservarlo in quanto non di disponeva dei mezzi necessari.



## Sono veramente dannose e insuperabili?

Le fasce di Van Allen emettono energia nell'ordine di grandezza di 10 KeV con protoni energetici carichi anche nell'ordine di 100 MeV [magari chiedi a qualcuno conferma di questo e aggiungi le radiazioni]

La presenza di radiazioni così elevate fa pensare che le fasce non siano superabili e, qualora venissero superate, i rischi per gli astronauti sarebbero immensi. Questa supposizione viene spesso usata per avvalorare la tesi che uno sbarco sulla luna non è stato possibile, proprio a causa dell'impossibilità di superare le fasce.

Gli effetti di queste fasce sono state studiate da diversi fisici dell'AIAA (American Institute of Aeronautic and Astronautic) nel "Radiaton Plan for the Apollo Lunar mission" pubblicato nel 1968, nel quale viene previsto un particolare rivestimento delle navicelle per evitare danni agli astronauti e alla navicella.

Ci furono diverse missioni spaziali, soprattutto nel 1968, volte a valutare la superabilità delle fasce e l'efficacia delle contromisure adottate dagli esperti. La missione americana Apollo 6 aveva proprio questo come obiettivo ultimo, mentre la navicella russa Zond 5 è stata la prima e riuscire a superarle e la navicella Apollo 8 è stata la prima a portare tre astronauti oltre le fasce di radiazioni.

Inoltre queste fasce provocano effetti gravi qualora si transitasse al proprio interno per un tempo più elevato di quello impiegato dagli astronauti (all'incirca 40 minuti).

Di conseguenza le fasce, emanando radiazioni, sono sicuramente pericolose, ma non insuperabili in quanto le contromisure adottate si sono rivelate efficaci.

#### RADIATION PLAN FOR THE APOLLO LUNAR MISSION

Jerry L. Modisette, Manuel D. Lopez, and Joseph W. Snyder  
Space Physics Division  
NASA Manned Spacecraft Center

##### Abstract

The radiation protection plan for the Apollo Program is based on real-time monitoring of solar activity and radiation in the spacecraft to provide data on which to base estimates of the radiation to be expected. The major radiation hazard is from solar flare particle events, which are unlikely to occur during any given mission. The monitoring system, consisting of onboard dosimeters and the Solar Particle Alert Network, provides early warning through observation of solar flares and the associated radio bursts and a continual updating of the radiation picture as particles arrive at the spacecraft. Prediction criteria have been developed which are progressively revised as more data are received, with a corresponding reduction in the error limits on the prediction of radiation dose.

The criteria are initially based on the energy in the radio burst, with flare classification, location on the sun, delay time between the flare and particle arrival at the spacecraft, and particle flux measurements factored in as data become available.

##### Introduction

Space radiation was brought to public attention as one of the unique problems of manned space flight when the Van Allen belts were discovered in 1958. At approximately the same time, researchers began to recognize that various ionospheric and solar disturbances which had been observed for many years were aspects of a greater phenomenon, the solar flare particle event. Although early conservative estimates indicated that radiation would be a major problem, observations from the ground and from spacecraft have demonstrated that the space radiation hazard is one of the lesser engineering problems to be overcome in spacecraft design and mission planning. Flux maps of the Van Allen belts have become available, solar flare particle events have been subjected to intensive statistical analyses, and techniques have been developed to calculate radiation doses behind complex spacecraft structures. Van Allen belt radiation doses can be kept small by use of low-altitude orbits or by rapid movement through the belts. Only the very large (and consequently very rare) solar flare particle events constitute a hazard for moderately shielded spacecraft. Also, secondary radiation is not significant for such spacecraft.

The radiation plan for the Apollo lunar mission calls for low-altitude earth orbits and rapid transit to the moon to keep the Van Allen belt radiation dose below 1 rad. Most of the radiation protection activity is directed towards providing protection against major solar flare particle events which might occur while astronauts are in the lunar module or on the lunar surface. The events, which start at the sun, are detected by ground-based instrumentation and are measured at the spacecraft by dosimeters and particle spectrometers. A prognosis of the radiation dose is prepared and continually updated by radiation environment specialists manning

a console in the Mission Control Center. Dose estimates are then provided for the use of the medical officer, who advises the Flight Director of the radiation effects to be expected.

##### Real-Time Data Systems

###### Onboard Radiation Monitors

The onboard radiation monitors measure both dose and particle flux and spectra. Each astronaut carries a personal dosimeter which measures the accumulated skin dose by integrating the current from a thinly shielded 10-cubic-centimeter ion chamber. The read-out is made by the astronaut from a digital register on the dosimeter (Fig. 1). Two additional ion chambers in the Apollo command module provide readings which are telemetered to the ground and fed into the data system at the Mission Control Center where the data are available for video display. One ion chamber measures skin dose; the other is shielded so that it measures the dose that would be received at a body depth of 2 centimeters. The depth dose is significant only for the relatively hard spectrum of Van Allen belt particles; therefore, this dosimeter is called the Van Allen belt dosimeter (VABD) (Fig. 2). A portable dose rate meter (Fig. 3) is to be carried into the lunar module and onto the lunar surface.

Comparison of the dose behind the two different shield thicknesses of the VABD gives an indication of the particle spectrum. More detailed spectral information and discrimination between protons and alpha particles are provided by a solid-state spectrometer mounted on the Apollo service module. Data from the particle spectrometer (Fig. 4) are also telemetered to the Mission Control Center where the data are used for the calculation of doses in the command module, lunar module, and space suits. The dose calculations are made automatically and are read out on the video data display (Table 1). The relative biological effectiveness (RBE) of the protons and alpha particles as functions of energy is introduced into the dose calculations so that the doses are given in rem.

###### Solar Particle Alert Network

The Solar Particle Alert Network (SPAN) (Fig. 5) monitors solar flares and associated radio emissions on a 24-hour basis. The solar flares are observed with optical telescopes equipped with filters that transmit a 1/2-angstrom band about the H $\alpha$  line. Time of occurrence, area, and location of the flare are determined by SPAN observers and are teletyped to the Mission Control Center where the data are incorporated into the estimate of the particle event size. Radio emissions associated with the flares are observed at 1420, 2695, and 4995 megahertz. The radio burst profile for each frequency is also teletyped to the Mission Control Center. In approximately 2 years of operation, SPAN has observed several hundred flares and radio bursts. Data from SPAN are augmented by data from the solar and ionospheric monitoring systems operated by the Environmental Science Services Administration and the Air Weather Service.

*Prima pagina del Radiation Plan For The Apollo Lunar Mission, scritto da Jerry L. Modisette, Manuel D. Lopez and Joseph W. Snyder. La ricerca è stata prodotta dal NASA Manned Spacecraft Center*



# Bibliografia

- A. Giardina, G. Sabbatucci, V. Vidotto, *Lo spazio nel tempo 3*, Edizioni Laterza, Bari
- La Repubblica* (2012), "La guerra Usa-Urss per la conquista dello spazio", *La Repubblica - Scienze*, [https://www.repubblica.it/scienze/2012/08/25/news/la\\_guerra\\_usa-urss\\_per\\_la\\_conquista\\_dello\\_spazio-41484092/](https://www.repubblica.it/scienze/2012/08/25/news/la_guerra_usa-urss_per_la_conquista_dello_spazio-41484092/)
- JPL NASA, "Explorer 1", JPL - Missions, <https://www.jpl.nasa.gov/missions/explorer-1>
- NASA, "James Van Allen", NASA, <https://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/sputnik/vanallen.html>
- M. Spiazzi, M. Tavella, M. Layton, *Compact Performer, Culture & Literature*, Zanichelli, Bologna
- R. L. McPherron, "Geomagnetic field", *Britannica - Earth Science*, <https://www.britannica.com/science/geomagnetic-field>
- USGS, "Introduction to Geomagnetism", [https://www.usgs.gov/natural-hazards/geomagnetism/science/introduction-geomagnetism?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/natural-hazards/geomagnetism/science/introduction-geomagnetism?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)
- E. Trovato, "Il campo magnetico terrestre", <https://core.ac.uk/download/pdf/31156986.pdf> (PDF)
- L. Palmieri, M. Parotto, *Il Globo Terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, Bologna
- M. Cappelli (2008), "Fasce di Van Allen", *Treccani - Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, [https://treccani.it/enciclopedia/fasce-di-van-allen\\_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)/](https://treccani.it/enciclopedia/fasce-di-van-allen_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)/)
- E-Nsight (2020), "Fasce di Van Allen", <https://www.e-nsight.com/2020/04/03/fasce-di-van-allen/>
- Le Scienze* (2013) "Linasspettata struttura variabile delle fasce di Van Allen", [https://www.lescienze.it/news/2013/03/01/news/struttura\\_variabile\\_fasce\\_van\\_allen-1534536/](https://www.lescienze.it/news/2013/03/01/news/struttura_variabile_fasce_van_allen-1534536/)
- Le Scienze* (2013), "La fisica della terza fascia di Van Allen", [https://www.lescienze.it/news/2013/09/24/news/terza\\_fascia\\_van\\_allen\\_fisica-1818811/](https://www.lescienze.it/news/2013/09/24/news/terza_fascia_van_allen_fisica-1818811/)
- EniScuola, "Le fasce di Van Allen e le aurore polari", [http://www.eniscuola.net/wp-content/uploads/2013/07/pdf\\_Fasce\\_VanAllen.pdf](http://www.eniscuola.net/wp-content/uploads/2013/07/pdf_Fasce_VanAllen.pdf) (PDF)
- American Institute of Aeronautics and Astronautics, "Radiation Plan For The Apollo Lunar Mission", <http://www.braeunig.us/space/69-19.htm>