

Alessandro Mortarino

ATLANTE delle ESPLORAZIONI SPAZIALI

• Uomini • Mezzi • Tecnologia

in collaborazione con:

◆ **INAF**
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA
NATIONAL INSTITUTE
FOR ASTROPHYSICS

Prefazione a cura di:

ASI, Agenzia Spaziale Italiana

Alessandro Mortarino

ATLANTE delle ESPLORAZIONI SPAZIALI

Uomini • Mezzi • Tecnologia

LIBRERIA
GEOGRAFICA 

LIBRERIA
GEOGRAFICA 
Scoprire il mondo ogni giorno

ATLANTE DELLE ESPLORAZIONI SPAZIALI

in collaborazione con:

ASI, Agenzia Spaziale Italiana
INAF, Istituto Nazionale di Astrofisica

LIBRERIA GEOGRAFICA

© Geo4Map s.r.l. - Novara 2018

Progetto editoriale e testo: Alessandro Mortarino
Progetto grafico: Paolo Craviolini

Gli avvenimenti sono aggiornati al 30/9/2017

Per informazioni e segnalazioni:

www.libreriegeografica.com

e-mail: libreriegeografica@geo4map.it, info@geografia@geo4map.it

Geo4Map s.r.l., Via Leonardo da Vinci 18 - 28100 Novara

Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta, memorizzata o trasmessa in alcuna forma e con alcun mezzo, elettronico, meccanico, in fotocopia, in disco o in altro modo, compresi cinema, radio, televisione, internet, senza autorizzazione scritta dell'Editore.

Il volume è stato redatto con la massima cura, esaminando fonti originali e derivate, sia cartacee che online. Saremo tuttavia grati a chiunque voglia segnalare inesattezze o imprecisioni cui potremmo essere incorsi a causa dell'immensa mole di informazioni trattata e della complessità dell'argomento.

I dati e le notizie pubblicate sono di dominio pubblico. Nulla di quanto pubblicato implica prese di posizione di qualsiasi natura da parte dell'autore e dell'Editore.

Stampato in UE - 2017

CREDITI FOTOGRAFICI

8: ESO/B. Tafreshi; **10.apertura:** Roy Carvalho, CC BY SA 3.0; **10.1:** Ridwan Arifandi, CC BY-NC 2.0;
10.2: Thilo Parg, CC BY SA 3.0; **11.3:** Grand Parc - Bordeaux, France from France, CC BY SA 2.0;
11.4: Dbachmann; CC BY SA 3.0; **12.apertura:** Fcb981, CC BY SA 3.0; **12.1:** Fæ (Own work), CC BY SA 3.0;
12.2: Jastrow (2005), Public Domain; **13.3:** Vania Teofilu, CC BY SA 3.0;
13.4: Marsyas (assumed), CC BY SA 2.5, 3.0; **14.1:** Public Domain; **14.2:** Public Domain;
14.3: Andrew Dunn, CC BY SA 2.0; **14.4:** ATSZ56, Public Domain; **16.1:** by Bernat; CC BY-NC 2.0;
16.2: www.sciencemuseum.org.uk; **17.3:** Heinz-Josef Lücking, CC BY SA 3.0 Germany;
17.4: I. Mogi, CC BY SA 2.5, 3.0; **17.5:** Davide Zerbetto, CC BY SA 4.0 Internazionale; **18.1:** Poulpy, CC BY SA 3.0;
18.2: Saitko, CC BY SA 3.0; **18-19:** Schemi Telescopi, Museo Galileo; **24:** ESO/Y. Beletsky, CC BY SA 4.0;
20.apertura: NASA.gov; **20.1:** Public Domain; **21.2:** Numlx, Public Domain;
21.3: H. J. Detouche, Public Domain; **21.4:** Galileo, Public Domain; **22.1:** Public Domain;
22.2: Johannes Hevelius, Public Domain; **23.3:** User:Solpist (Andrew Dunn), CC BY SA 2.0;
23.4: Andrew Bell and Colin Macfarquhar, Public Domain; **24.apertura:** ESO/E. Jehin;
24.1: by Junho Jung at Flickr from South Korea, CC BY SA 3.0; **24.2:** Tycho Brahe, Public Domain;
25.3: W.L. Morgan & Co., Public Domain; **25.4:** Heven729, CC BY SA 4.0; **25.5:** User:Tylerfivold, Public Domain;
26.1a: Henry Drager, Public Domain; **26.1b:** Andrew Ainslie Common (1841-1903), Public Domain;
26.3: H. Raab (User:Vesta), CC BY SA 3.0; **26.4:** NASA (Transferred by Quantanew/Original uploaded by Mohamed Osama Alnagdy), Public Domain; **26.5:** ESO/L. Calçada;
28.1: Giant Magellan Telescope - GMTD Corporation, CC BY SA 3.0; **28.2:** ESO, CC BY SA 4.0;
29.3: Omgjee, CC BY SA 3.0; **30.apertura:** Володимир Бланченко, CC BY SA 4.0;
31.1: ITU Pictures-Ricky, (Source: NRAD/AUI), CC BY SA 2.0; **31.2:** Grote Reber, Public Domain;
31.3: Grote Reber, edited by Zukaz, Public Domain; **31.4:** NASA; **32.1:** Enciclopedia Britannica 2010;
32.2: NRAD/AUI, CC BY SA 3.0; **32.3:** NASA; **33.4:** Geremia at English Wikipedia, Public Domain;
33.5: CGP Grey, CC BY SA 2.0; **33.6:** H. Schweiker/WJN and NDA0/AUR/ANSP, Public Domain;
34.1: ESO/Clem & Adin Brauer-Normier, CC BY SA 4.0; **34.2:** http://fast.bao.ac.cn/en/;
35.3: SKA Organisation; **36.1:** Sir Isaac Newton's Prism Experiment; Collected by Warehouse 13; Section Scientia-737; **36.2:** www.scientifico.asi.it/fisica-2.0; **37.3:** Inductiveload, NASA, CC BY SA 3.0;
37.4: Sisk, Public Domain; **38.1:** Richard Wimmer, Public Domain; **38.2:** NASA, ESA, E. Sabbi (STScI), Public Domain;
39.3: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio; **39.4:** NASA/SDO/AIA;
39.5: International Fermi Large Area Telescope Collaboration, NASA, DOE; **40.apertura:** NASA;
40.1: US Army, Public Domain; **41.2:** NASA/GRC/Martin Brown, Paul Rieder, William Bowles, Public Domain;
41.3: NASA; **41.4:** NASA/CXONIST; **42.1:** ESA/D. Ducros; **42.2:** ESA; **43.3:** NASA/Jim Grossmann, Public Domain;
43.4: NASA/Ken Cameron, Public Domain; **44.1:** ESA; **44.2:** www.jpl.nasa.gov; **45.3:** NASA/JPL-Caltech;
45.4: NASA/JPL-Caltech/ESA; **46.1:** ESA/NASA/JPL-Caltech; **46.2:** ESA and the Planck Collaboration;
47.3: NASA/IMAX; **47.4:** NASA; **48.1:** NASA; **48.2:** NASA; **48.3:** Nova13, CC BY SA 3.0; **49.4:** NASA;
49.5: NASA; **52:** NASA/Paolo Nespoli; **54.apertura:** Photo courtesy Mrs Robert H. Goddard;
54.1: NASA, public domain; **54.2:** NASA, public domain; **55.3:** Public domain; **55.4:** Public domain;
56.1: https://airandspacex.com; **56.2:** NASA; **57.3:** Public domain; **57.4:** Sergei Arseniev, CC BY SA 3.0;
58.1: Public domain; **58.2:** public domain; **59.3:** NASA, public domain; **59.4:** user:Brian Brendel59, CC BY SA 3.0;
59.5: Public domain; **60.1:** Arianespace - ESA - NASA; **61.2:** www.tested.com; **61.3:** Starsem - ESA;
62.1: NASA, public domain; **62.2:** Public domain; **62.3:** Public domain; **63.4:** Pine, CC BY SA 3.0;
63.5: NASA/Bill Ingalls, public domain; **63.6:** NASA, public domain; **64.apertura:** https://culturascientifica.com;
64.1: http://jalognik.com; **64.2:** Jean-Patrick Donzely, CC BY SA 3.0; **64.3:** USGo-Military-Army, Public domain;
65.4: NASA; **66.1:** Public domain; **66.2:** NASA/Bill Ingalls, public domain; **67.3:** http://www.history.com;
67.4: https://history.nasa.gov; **67.5:** http://www.matixgames.com;
68.1: © Polytechnic Museum, image by Thngs; **68.2:** Hungarian post office, Public domain;
68.3: Laika ac, CC BY SA 3.0; **69.4:** U.S. Navy, Public domain; **70.1:** NASA, public domain;
70.2: NASA/JPL-Caltech; **70.3:** NASA/T. Benesch, J. Carns; **71.4:** Photo/Image provided courtesy of the Naval Research Laboratory, Public domain; **71.5:** Ewin Aposow, CC BY SA 3.0; **72.1:** NASA;
72.2: http://imgur.com; **73.3:** Public domain; **73.4:** NASA; **74.1:** NASA; **74.2:** NASA;
75.3: GFDL, CC BY SA 3.0; **75.4:** NASA/Carla Giuffrè, Public domain; **75.5:** www.travelsinorbit.com;
76.1: NASA; **76.2:** NASA/Cory Huston, Public domain; **76.3:** Mark Wade 2003 (text), NASA/GSFC/METIERS/DAC/JAROS, and U.S./Japan ASTER Science Team 2006-09-01 (photo), Borrow-108 (compilation), Public Domain;
77.4: ESA-Stéphane Corvaja; **77.5:** DLR, CC BY SA 3.0; **77.6:** SpaceX, Creative Commons CC0 1.0 Universal;
78.apertura: NASA Marshall Space Flight Center (NASA-MSFC); **78.1:** NASA;
78.2: http://forum.kerbal-space-program.com; **79.3:** NASA Headquarters - Greatest Images of NASA (NASA-HQ-GRIN), Public domain; **79.4:** NASA Marshall Space Flight Center (NASA-MSFC), Public domain;
79.5: RIA Novosti archive, image #510948 / Alexander Mokletsov / CC-BY-SA 3.0;
80.1: NASA Marshall Space Flight Center; **80.2:** NASA; **80.3:** NASA; **81.4:** Patrick Pelletier, CC BY SA 3.0;
81.5: Libreria Geografica; **81.6:** Armael, Creative Commons CC0 1.0 Universal; Public Domain Dedication;;
81.7: Fernando de Gorricia, CC BY SA 4.0; **82.apertura:** http://resizing.info; **82.1:** Pretenders, CC BY SA 3.0;
83.2: www.youtube.com; **83.3:** Пётр COCCP, Public domain; **84.1:** allday.com - ESA;
84.2: Ivrtorov, CC BY SA 4.0; **84.3:** Richard Terry, Public domain; **85.4:** RIA Novosti archive, image #409362 / RIA Novosti / CC-BY-SA 3.0; **85.5:** NieznanýUnkown, Public domain; **86.1:** allday.com;
86.2: spacefacts.de; **86.3:** ESA; **87.1:** Pine, CC-BY-SA 3.0; **87.2:** Libreria Geografica;
88.1: Tempe, Public domain; **88.2:** NASA/Asif Siddiqi, Public Domain; **89.3:** RIA Novosti archive, image #612748 / Alexander Mokletsov / CC-BY-SA 3.0; **89.4:** Concierge2C, CC-BY-SA 3.0; **90.1:** Public domain;
90.2: RIA Novosti archive, image #888102 / Alexander Mokletsov / CC-BY-SA 3.0;
91.1: SAS Scandinavian Airlines, Public domain; **91.3:** Peters, Hans / Anel, CC-BY-SA 3.0 Netherlands;
91.4: NASA; **91.5:** RIA Novosti archive, image #61590 / Valeriy Shustov / CC-BY-SA 3.0;
91.6: RIA Novosti archive, image #581339 / Lev Ivanov / CC-BY-SA 3.0; **92.1:** NASA / James Blair, Public domain;
92.2: NASA; **93.apertura:** NASA; **94.1:** NASA; **94.2:** NASA;
95.4: disegno di base: NASA; **95.5:** NASA; **95.6:** NASA; **96.1:** NASA; **96.2:** NASA; **96.3:** NASA;
97.4: NASA; **98.1:** NASA; **98.2:** Cecil William Staughton, Public domain; **98.3:** NASA; **99.4:** NASA;
99.5: NASA; **99.6:** NASA; **100.1:** NASA; **100.2:** NASA; **101.1:** NASA; **102.1:** NASA; **102.2:** NASA;
103.3: EChristou at English Wikipedia, CC-BY-SA 2.5; **103.4:** NASA; **104.1:** NASA; **104.2:** NASA;
105.3: NASA; **105.4:** NASA; **106.1:** NASA; **106.2:** NASA; **107.1:** NASA; **107.2:** NASA; **107.3:** NASA;

107.4: NASA; **107.5:** NASA; **107.6:** NASA; **107.7:** NASA; **107.8:** NASA; **107.9:** NASA; **107.10:** NASA;
107.11: NASA; **107.12:** NASA; **108.apertura:** NASA; **108.1:** Reubenbarton at en.wikipedia, Public domain;
108.2: Andrew Gray, CC-BY-SA 3.0; **109.3:** www.link2universe.net; **109.4:** Public domain;
110.1: RIA Novosti archive, image #734809 / Vladimir Akimov / CC-BY-SA 3.0;
110.2: Reubenbarton at en.wikipedia, Public domain; **111.3:** NASA; **111.4:** Armael, Creative Commons CC0 1.0 Universal; Public Domain Dedication; **111.5:** gygoebel, CC-BY-SA 2.0;
112.1: www.steamcardexchange.net; **112.2:** Public domain; **113.3:** NASA; **113.4:** NASA; **114.1:** NASA;
114.2: NASA; **115.1:** NASA; **115.2:** NASA; **115.3:** NASA; **116.1:** NASA; **117.2:** NASA; **117.3:** NASA;
118.1: NASA; **118.2:** NASA; **118.3:** Jam123, Public domain; **119.1:** Jam123, Public domain;
119.2: http://www.astronautica.us; **119.3:** Mikhail Ryazanov, Public domain;
119.4: http://www.spacefacts.de; **120.1:** NASA; **120.2:** NASA; **120.3:** NASA; **120.4:** NASA; **120.5:** NASA;
120.6: NASA; **120.7:** NASA; **120.8:** NASA; **120.9:** NASA; **120.10:** NASA; **120.11:** NASA; **120.12:** NASA;
121.1: NASA; **121.2:** NASA; **121.3:** NASA; **121.4:** NASA; **121.5:** NASA; **121.6:** NASA; **121.7:** NASA;
121.8: NASA; **122.1:** NASA/Victor Zelentsov, Public domain; **122.2:** Mikhail (Nokabre) Shcherbakov, CC-BY-SA 2.0; **122.3:** Lobanov Andrey, CC-BY-SA 3.0; **123.4:** NASA; **123.5:** NASA; **123.6:** NASA;
124.1: NASA; **124.2:** NASA/Harrison H. Schmidt; **124.3:** NASA; **125.4:** NASA;
125.5: NASA/Kim Shifflett, Public domain; **125.6:** NASA; **125.7:** NASA; **126.apertura:** NASA; **126.1:** NASA;
127.2: NASA/Bill Ingalls, Public domain; **127.3:** Timirius, CC-BY-SA 2.0; **128.1:** Анавард Тамаев 1, CC-BY-SA 4.0;
128.2: Steve Jurvetson, CC-BY-SA 2.0; **129.3:** Lunokhod 2, CC-BY-SA 3.0; **129.4:** Lunokhod 2, CC-BY-SA 3.0;
130.1: Public domain; **130.2:** NASA; **131.3:** Toybay at English Wikipedia, CC-BY-SA 3.0; **131.4:** NASA;
131.5: NASA; **131.6:** S11, Don S. Montgomery, USN (Ret.), Public domain; **132.2:** NASA; **132.3:** Public domain;
133.4: Thegreen at English Wikipedia, Public domain; **133.5:** NASA/Bill Ingalls, Public domain;
134.1: NASA; **134.2:** NASA; **134.3:** NASA; **134.4:** Crew of Expedition 11, Public domain; **135.5:** NASA;
136.apertura: NASA; **136.1:** NASA; **137.2:** NASA; **137.3:** ESA/88, CC-BY-SA 3.0; **138.1:** NASA;
138.2: NASA; **139.3:** NASA/Jim Grossmann; **139.4:** NASA; **139.5:** NASA; **140.1:** NASA/Glenn Benson;
140.2: NASA; **141.3:** NASA; **141.4:** NASA/Ben Cooper; **141.5:** NASA/Kim Shifflett; **141.6:** NASA;
142.1: NASA; **142.2:** NASA; **142.3:** NASA/Tony Gray and Tom Farrar; **143.4:** Public domain; **143.5:** NASA;
144.1: NASA; **144.2:** NASA, William H. Bowers; **145.3:** NASA; **145.4:** NASA; **146.1:** public domain;
146.2: NASA; **146.3:** ESA; **146.4:** NASA/Smithsonian Institution; **147.5:** NASA;
147.6: http://grin.hq.nasa.gov/ABSTRACTS/GPN-2004-00012.html; **147.7:** NASA;
148.2: NASA; **149.3:** www.hi.works; **149.4:** NASA; **150.1:** NASA; **150.2:** ESA;
151.3: Russian Federal Space Agency, Public Domain; **151.4:** JAXA, Public Domain;
151.5: ASI, Public Domain; **152.apertura:** NASA/Paolo Nespoli; **152.1:** Public Domain;
152.2: Hermann Noordung (1892-1929), in The Problem of Space Travel (1929), Public domain;
153.3: NASA on The Commons; **153.4:** Donald Dwyer, NASA; **153.5:** Smerus, CC-BY-SA 3.0; **154.1:** NASA;
154.2: Godai, CC-BY-SA 3.0; **155.3:** Dietrich Haeseler, NASA; **155.4:** Godai, CC-BY-SA 4.0;
156.1: NASA, public domain; **156.2:** Godai, CC-BY-SA 4.0; **157.3:** NASA; **158.1:** U.S. Air Force;
159.1: NASA MSFC; **159.2:** NASA/Marshall Space Flight Center; **160.1:** NASA Marshall Space Flight Center;
160.2: NASA; **160.3:** NASA; **161.4:** NASA; **161.5:** NASA; **162.1:** Orionist, CC-BY-SA 3.0; **162.2:** NASA;
163.3: NASA; **163.4:** de:Benutzer:HPH, CC-BY-SA 3.0; **164.1:** NASA; **164.2:** NASA; **164.3:** NASA;
165.4: NASA; **165.5:** NASA; **166.1:** NASA/Crew of STS-86; **166.2:** NASA/Crew of STS-91;
167.3: PD-USGov/NASA; **167.4:** NASA/Tom Zubov; **168.1:** NASA; **169.2:** NASA; **170.1:** NASA;
170.2: NASA; **171.3:** NASA; **171.4:** NASA; **171.5:** NASA; **172.1:** ESA; **172.2:** NASA; **173.3:** NASA;
173.4: NASA; **173.5:** ESA; **174.1:** ESA-D. Ducros, 2014; **174.2:** NASA; **174.3:** NASA; **174.4:** NASA;
175.1: Godai, CC-BY-SA 4.0; **175.2:** Public domain; **175.3:** Godai, CC-BY-SA 3.0;
175.4: Steven S. Pietrobon, CC-BY-SA 3.0; **176.1:** NASA; **177.2:** NASA; **177.3:** NASA; **178.1:** NASA;
178.2: NASA; **179.3:** NASA; **179.4:** NASA; **180:** NASA; **182.apertura:** NASA Ames/Dana Berry;
182.1: NASA Ames/Dana Berry; **182.2:** NASA; **182.3:** NASA Headquarters - Greatest Images of NASA (NASA-HQ-GRIN); **183.3:** NASA; **183.4:** NASA; **183.5:** NASA; **184.1:** NASA Apollo 12 astronauts;
184.2: NASA; **184.3:** NASA; **185.4:** Pine, CC-BY-SA 3.0; **185.5:** NASA; **185.6:** NASA;
186.1: RKK Energia, Public Domain; **186.2:** Goodvint, CC-BY-SA 3.0; **187.3:** Vitaliy V. Kuzmin, CC-BY-SA 4.0;
187.4: NASA; **188.1:** NASA Ames Research Center; **188.2:** ESA, CC-BY-SA 3.0;
188.3: http://www.isas.jaxa.jp; **189.4:** NASA; **189.5:** NASA/GSFC; **189.6:** CNSA; **190.apertura:** NASA;
190.1: NASA on The Commons; **191.2:** NASA; **192.1:** NASA/LARC/Bob Nye; **192.2:** NASA; **192.3:** NASA;
193.4: D. Meltzer (signature on image), Public domain; **193.5:** NASA/MSFC; **194.1:** NASA; **194.2:** NASA;
196.6: NASA; **197.4:** NASA; **196.1:** NASA; **196.2:** NASA; **196.3:** NASA; **196.4:** NASA; **196.5:** NASA;
196.6: NASA; **197.7a:** 197.7b: composizione da "Rockets of the World"; **197.8:** NASA;
198.1: NASA; **199.2:** NASA; **199.1:** NASA; **200.2:** NASA; **201.3:** NASA; **201.4:** NASA; **201.5:** NASA;
202.1: NASA; **202.2:** NASA; **202.3:** NASA; **203.4:** NASA; **203.5:** NASA; **196.1:** Pine, CC-BY-SA 3.0
196.2: Vitaliy V. Kuzmin, CC-BY-SA 4.0; **204.1:** NASA; **204.2:** NASA; **204.3:** NASA; **204.4:** NASA;
204.5: NASA; **204.6:** NASA; **204.7:** NASA; **204.8:** NASA; **205.1-2:** NASA, Arizona State University and Adler Planetarium; **206.apertura:** NASA; **206.1:** NASA; **206.2:** NASA; **207.3:** NASA;
207.4: NASA/APOLLO 11; **207.5:** NASA; **208.1:** NASA; **208.2:** NASA/Buzz Aldrin;
208.3: Neil A. Armstrong-NASA; **208.4:** Neil A. Armstrong-NASA; **209.5:** NASA;
209.7: NASA; **210.1:** NASA; **210.2:** NASA; **211.3:** NASA; **211.4:** NASA; **211.5:** NASA;
212.1: NASA/Edgar Mitchell; **212.2:** NASA; **212.3:** NASA; **213.4:** NASA; **213.5:** NASA; **213.6:** NASA;
214.1: NASA; **214.2:** NASA; **214.3:** NASA; **215.4:** NASA; **215.5:** NASA; **215.6:** NASA; **215.7:** NASA;
215.8: NASA; **215.9:** NASA; **215.10:** NASA; **215.11:** NASA; **215.12:** NASA; **215.13:** NASA;
215.14: NASA; **215.15:** NASA; **215.16:** NASA; **215.17:** NASA; **218.1:** NASA; **218.2:** NASA;
218.3: NASA/Higinbotham; **219.4:** Johan, CC-BY-SA 3.0; **219.5:** NASA;
219.6: NASA; **219.7:** NASA; **219.8:** NASA; **219.9:** NASA; **219.10:** NASA; **219.11:** NASA; **219.12:** NASA; **219.13:** NASA;
220.3: NASA; **220.4:** John Deere; **220.5:** 1201.0 megawatches.com; **221.6:** NASA; **222:** NASA/JPL;
224.apertura: NASA/JPL; **224.1:** NASA; **225.2:** Armael, CC0 1.0 Universal; Public Domain Dedication;
225.3: NASA; **226.1:** NASA on The Commons; **226.2:** NASA; **227.3:** NASA/JPL; **227.4:** NASA/JPL;
227.5: NASA; **227.6:** NASA; **230.1:** Dougsmc; **230.2:** NASA; **230.3:** NASA; **230.4:** NASA; **230.5:** NASA;
231.4: NASA/JPL-Caltech; **231.5:** NASA; **231.6:** Sabarwiji, Public Domain; **232.apertura:** NASA/JPL;
232.1: Rave, CC-BY-SA 3.0; **232.2:** NASA; **233.3:** Bekhruzbeq Oshlov, CC-BY-SA 4.0; **233.4:** Public Domain;

233.5: NASA; **234.1:** Daderot, Public Domain; **234.2:** Geoffreylandis, CC-BY-SA 4.0; **234.3:** NASA;
234.4: NASA; **235.5:** NASA Ames Research Center; **235.6:** ESA-D. Ducros; **235.7:** NASA/JPL; **236.1:** NASA/JPL;
236.2: ESA; **237.1:** NASA; **237.2:** NASA; **238.apertura:** NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; **238.1:** ESA; **238.2:** NASA/JPL; **239.3:** NASA;
239.4: NASA Kennedy Space Center (NASA-KSC); **239.5:** NASA/JPL; **240.1:** NASA;
240.2: NASA; Vectors by Mysid; **240.3:** NASA / JHU/APL; **241a, 241b:** NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington; **242.apertura:** NASA/JPL/Cornell;
242.1: J.V. Schiaparelli-Public Domain; **242.2:** NASA; **242.3:** NASA on The Commons @ Flickr Commons;
242.4: NASA; **244.1:** Roscosmos; **244.2:** JPL; **245.3:** NASA; **245.4:** NASA;
246.1: NASA, Sky & Telescope; **246.2:** PD-USGov-NASA; **247.3:** NASA; **247.4:** NASA;
247.5: NASA; **247.6:** NASA/JPL/USGS; **248.1:** NASA/JPL-Caltech/Corby Waste;
248.2: Malin Space Science Systems, MGS, JPL, NASA; **248.3:** NASA / JPL / USGS; **249.4:** NASA/JPL/Corby Waste;
249.5: NASA/JPL-Caltech/ASU; **250.1:** ESA; **250.2:** ESA/D. Ducros; **250.3:** ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), CC-BY-SA 3.0 IGO; **251.4:** NASA; **251.5:** NASA/JPL; **251.6:** Morelpund, CC-BY-SA 3.0; **252.1:** NASA;
252.2: PD-USGov-NASA; **252.3:** NASA/ASU/Cornell; **253.4:** NASA; **253.5:** NASA/JPL-Caltech/Univ. of Arizona;
253.6: NASA/JPL/Corby Waste; **254.1:** NASA/JPL/Caltech/Lockheed Martin, Corby Waste;
254.2: NASA/JPL-Caltech; **255.3:** NASA; **255.4a:** NASA/JPL-CALTECH/MSSS;
255.4b: NASA/JPL-Caltech/Malin Space Science Systems; **255.4c:** NASA/JPL-Caltech/MSSS;
255.5: NASA; **256.1:** NASA/JPL-Caltech; **256.2:** ESA-D. Ducros; **257:** USGS Astrogeology Science Center, http://astrogeology.usgs.gov; Mission NASA Viking Orbiter, Mars Digital Image Model (MDIM) 2.1 (Marte); NASA/JPL-Caltech/University of Arizona (Phoenix); NASA/JPL/University of Arizona (Deimos);
260.apertura: NASA; **260.1:** USGS/NASA/JPL; **260.2:** NASA/JPL; **261.3:** NASA; **261.4:** NASA;
261.5: http://mix.mstc.nasa.gov/copyright.html, Public domain; **261.6:** NASA; **262.1:** NASA/JHU/APL;
262.2: JGarry at English Wikipedia, Public Domain; **263.3:** JAXA; **263.4:** NASA/McREL;
264.1: NASA / JPL / courtesy Marc Rayman; **264.2:** NASA; **264.3:** NASA, UCLA, MPS, DLR, IDA;
264.4: NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA; **264.5:** NASA; **265.5:** Marco Colombo, DesignIdentity Research Lab, CC-BY-SA 4.0; **265.6:** NASA/JPL-Caltech/JAXA/ESA; **266.1:** https://nssdc.gsfc.nasa.gov;
266.2: http://www.isas.jaxa.jp; **266.3:** NASA; **266.4:** NASA; **267.5:** ESA;
267.6: http://www.drewexmachina.com/; **268.1:** NASA; **268.2:** NASA/JPL; **268.3:** NASA/JPL;
269.4: NASA/JPL-Caltech/UMed; **269.5:** ESA/ATG medialab; **270.1:** ESA;
270.2: ESA/ATG medialab; Comet image: ESA/Rosetta/NavCam; **270.3:** Main image and lander inset: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS

PREFAZIONE

L'Universo, il cosmo, lo spazio, come viene comunemente definito ciò che è oltre l'atmosfera terrestre, ha da sempre esercitato un grande fascino sull'umanità. E l'astronomia, una delle scienze più antiche, nasce con l'uomo stesso, che le stelle servissero da bussola o i pianeti rappresentassero le divinità.

Ma lo spazio, come concetto di "altro" oltre la Terra, ha avuto una sua evoluzione, andando oltre la semplice osservazione. Questa evoluzione può correttamente chiamarsi "esplorazione", l'era dell'esplorazione spaziale.

Il libro che state per leggere ha il pregio di mettere l'accento su questo particolare approccio allo spazio. Certo l'astronomia non è passata in secondo piano, al contrario, i telescopi orbitali sono una realtà importante dell'esplorazione, ma all'astronomia si è affiancata l'astrofisica, e gli occhi che guardano l'Universo si sono fatti più sensibili, altri sensi si sono sviluppati, come ha dimostrato la prova dell'esistenza delle onde gravitazionali postulate da Einstein.

Lo spazio ha inoltre cominciato a essere un luogo abitato dall'uomo, attraverso i satelliti, che guardino lontano verso l'ignoto o osservino la Terra, che ci aiutano a conoscerla meglio e forse a tutelarla di più. E ancora le sonde robotiche, che hanno portato l'umanità a perlustrare i più remoti angoli del Sistema Solare e oltre, con le ormai leggendarie *Voyager 1 e 2*.

Parte importante di questa esplorazione è l'uomo stesso che è riuscito ad abitare permanentemente lo spazio grazie alle stazioni orbitali intorno alla Terra, in attesa di tornare sulla Luna e costruire, come previsto nei prossimi trent'anni, il primo avamposto umano su un altro corpo celeste. Sarà un passo intermedio in vista di quel traguardo da sempre nell'immaginario collettivo del genere umano: Marte.

In questo lungo e affascinante viaggio che racconta l'Atlante delle Esplorazioni Spaziali, l'Italia ha un ruolo significativo cui viene dedicato un approfondimento e decine di citazioni ogniqualvolta la scienza e la tecnologia italiane hanno fornito un contributo importante alla riuscita di una missione.

Ci auguriamo quindi che la lettura di questo libro sia per voi gradevole come lo è stata per noi.

Roma, ottobre 2017



BIBLIOGRAFIA

ASTROFISICA PER TUTTI, Daniele Gasparri, 2012
ASTRONOMIA IERI E OGGI, a cura di Giuseppe Marucci; EDICIT, Editrice Centro Italia, 2009
ASTRONOMIA IN RETE, a cura di Lucia Corbo e Nicola Scarpei; Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, 2009
ATLANTE DELL'UNIVERSO, aa. vv.; Libreria Geografica-Geo4Map-Novara, 2017
BEYOND EARTH. MAPPING THE UNIVERSE, edited by David DeVorkin; National Geographic Society
in association with Smithsonian National Air and Space Museum
DALLO SPUTNIK AI GIORNI NOSTRI, Carlo Di Leo; IBN EDITORE, 2011
FONDAMENTI DI MECCANICA DEL VOLO SPAZIALE, Giovanni Mengali - Alessandro A. Quarta; PISA University Press, 2013
GLI ANNI DELLA LUNA, Paolo Magionami; Springer, 2009
GRANDE ATLANTE DELLO SPAZIO, aa. vv.; Libreria Geografica-Geo4Map-Novara, 2017
IL FUTURO NELLO SPAZIO, Chris Impey; Codice EDIZIONI, 2015
IL PREZZO DELLA LUNA, Hugo Young - Bryan Silcock - Peter Dunn; Aldo Garzanti Editore, 1970
I PIU' GRANDI TELESCOPI DEL MONDO, Walter Ferreri; GRUPPO B EDITORE, 2016
LA CONQUISTA DELLO SPAZIO, Carole Stott; Istituto Geografico De Agostini-Dorling Kindersley, 1998
LA STORIA DEL VOLO, Riccardo Niccoli; EDIZIONI WHITE STAR, 2002
L'ITALIA E LO SPAZIO, Massimo Civoli; LoGisma, 2015
MARS. UNCOVERING THE SECRETS OF THE RED PLANET, Paul Raeburn-Matt Golombek; National Geographic Society, 1998
ORIGINE E FINE DELL'UNIVERSO, Margherita Hack-Pippo Battaglia-Walter Ferreri; UTET, 2002
PIANETI PER CASO, Alessandra Celletti-Ettore Perozzi; UTET, 2012
ROBOT NELL'INFINITO COSMICO, Carlo Di Leo; IBN EDITORE, 2014
ROSSO MARTE, Giovanni Caprara; UTET, 2016
SECONDA STELLA A DESTRA, Amedeo Balbi; DeAgostini, 2010
SPACE ATLAS, James Trefil; National Geographic Society, 2012
SPAZIO, L'IMMENZA FRONTIERA, aa. vv.; National Geographic Society, 2008
STORIA SENTIMENTALE DELL'ASTRONOMIA, Piero Bianucci; TEA, 2012
SPACE SHUTTLE, Carlo Di Leo; IBN EDITORE, 2008
UNA DIMORA TRA LE STELLE, Carlo Di Leo; IBN EDITORE, 2016
VIAGGIANDO OLTRE IL CIELO, Umberto Guidoni; BUR varia, 2014

SITI CONSULTATI

<http://www.asi.it>
<http://www.astronautica.us>
<http://www.cnsa.gov.cn>
<https://earthobservatory.nasa.gov>
<http://en.roskosmos.ru>
<http://www.esa.int>
<https://images.nasa.gov>
<http://www.inaf.it>
<http://www.isas.jaxa.jp>
<http://global.jaxa.jp>
<https://www.jpl.nasa.gov>
<https://www.nasa.gov>
<https://photojournal.jpl.nasa.gov>
<https://solarsystem.nasa.gov/planets>
<http://www.spitzer.caltech.edu/images>
<http://hubblesite.org>

FILM CONSIGLIATI

2001, ODISSEA NELLO SPAZIO (2001: A SPACE ODYSSEY) diretto da Stanley Kubrick; Metro-Goldwyn-Mayer, USA-UK 1968
SOLARIS diretto da Andrei Tarkovsky; URSS 1972
UOMINI VERI (THE RIGHT STUFF) diretto da Philip Kaufman; Warner Bros., USA 1983
APOLLO 13 diretto da Ron Howard; Universal Pictures, USA 1995
GRAVITY diretto da Alfonso Cuarón; Warner Bros., USA 2013
GAGARIN. PRIMO NELLO SPAZIO (GAGARIN. PJERVYI V KOSMOSJE) diretto da Pavel Parkhomenko; Kremlin Films, Russia 2013
INTERSTELLAR diretto da Christopher Nolan; Paramount Pictures e Warner Bros., USA 2014
SOPRAVVISSUTO (THE MARTIAN) diretto da Ridley Scott; 20th Century Fox, USA 2015
IL DIRITTO DI CONTARE (HIDDEN FIGURES) diretto da Theodore Melfi; 20th Century Fox, USA 2016

RINGRAZIAMENTI

La realizzazione di questo libro non sarebbe stata possibile senza la preziosa collaborazione degli esperti dell'Agenzia Spaziale Italiana e dell'Istituto Nazionale di Astrofisica.
Un grazie va anche a Geo4Map-Libreria Geografica, la Casa editrice per cui lavoro, che ha creduto nel progetto, e ai miei colleghi di redazione che hanno assorbito carichi di lavoro imprevisti, permettendomi di dedicare tempo ed energie a questo volume.
Infine un grazie particolare ai miei familiari, che hanno sopportato per quasi un anno il mio incessante lavoro al computer, su libri e infiniti appunti, stampe e fotocopie, a qualsiasi ora del giorno e fino a tarda notte.

l'autore

SOMMARIO

Uno sguardo verso le stelle

- 10 L'uomo e il cielo
- 12 L'astronomia degli antichi
- 16 *Strumenti astronomici del passato*
- 20 Nuove idee e primi telescopi
- 24 Gli osservatori ottici terrestri
- 30 I radiotelescopi terrestri
- 36 *Lo spettro elettromagnetico*
- 40 I telescopi spaziali
- 50 *I telescopi spaziali dalla A alla Z*

La conquista dell'orbita terrestre

- 54 I pionieri del volo spaziale
- 59 *L'esperimento di Newton*
- 60 *Razzi e missili multistadio*
- 62 *La propulsione a razzo*
- 64 Sputnik, Explorer & Co.
- 73 *Animali nello spazio*
- 74 *Spazioporti e cosmodromi*
- 78 1959: la prima corsa alla Luna
- 82 Finalmente in orbita
- 86 *L'avventura di Gagarin minuto per minuto*
- 90 *I "cosmonauti perduti"*
- 91 *Numeri e volti del Programma Vostok con equipaggio umano*
- 92 *Il centro controllo missione*
- 94 La risposta americana
- 106 *L'addestramento degli astronauti*
- 107 *Numeri e volti del Programma Mercury con equipaggio umano*
- 108 Lo spazio cambia padrone
- 119 *Numeri e volti del Programma Voshkod con equipaggio umano*
- 120 *Numeri e volti del Programma Gemini con equipaggio umano*
- 122 *Abbigliamento nello spazio*
- 126 Soyuz, taxi spaziale
- 134 *Il cargo Progress*
- 135 *Soyuz: cifre e procedure*
- 136 Space Shuttle
- 137 *Buran, la risposta mancata dello "Shuttle sovietico"*
- 149 *Space Shuttle in cifre*
- 150 *Le Agenzie spaziali*
- 152 *Stazioni spaziali*
- 174 *I trasporti verso la Stazione Spaziale Internazionale*
- 176 *Vivere nello spazio*

La conquista della Luna

- 182 Le sonde automatiche
- 190 Apollo: le prime missioni
- 197 *Il Saturn V*
- 204 *Programma Apollo: le missioni preparatorie*
- 205 *Luna: carta d'identità*
- 206 Apollo: l'uomo sulla Luna
- 215 *Programma Apollo: gli sbarchi lunari*
- 216 *Le missioni lunari dalla A alla Z*
- 218 *Le ricadute tecnologiche*

Sonde nel Sistema Solare

- 224 I primi voli planetari
- 228 *Sonde e rotte*
- 230 *La strumentazione delle sonde*
- 232 L'esplorazione di Venere
- 237 *Venere: carta d'identità*
- 238 L'esplorazione di Mercurio
- 241 *Mercurio: carta d'identità*
- 242 L'esplorazione di Marte
- 257 *Marte: carta d'identità*
- 258 *L'uomo su Marte*
- 260 Asteroidi e comete
- 265 *Asteroidi: carta d'identità*
- 271 *Comete: carta d'identità*
- 272 Pioneer e Voyager
- 276 *Urano e Nettuno: carta d'identità*
- 278 Sonde su Giove e Saturno
- 286 *Giove e Saturno: carta d'identità*
- 288 New Horizons e Plutone
- 290 *Plutone: carta d'identità*
- 291 *Deep Space Network*
- 292 Lo studio del Sole
- 296 *L'Italia nello spazio*

- 298 Il sistema Orion-SLS
- 300 *I privati nello spazio*
- 302 BepiColombo e Juice
- 304 Marte: un futuro affollato
- 308 La riconquista della Luna

Appendici

- 312 Grandi eventi e timeline dell'esplorazione spaziale
- 314 I record dello spazio
- 315 Glossario
- 318 Indice analitico

Apollo: l'uomo sulla Luna



Neil Armstrong

Un "problema tecnico"

Luglio 1969. È il mese cruciale della corsa alla Luna. I Russi sono fuori, lo hanno affermato loro. Adesso gli Americani fanno la corsa su stessi e questo, a volte, può diventare un problema. Ma negli ultimi mesi, la NASA ha verificato tutto, ha provato tutto. Le migliaia di persone coinvolte nella più incredibile delle avventure dell'uomo hanno ciascuna un ruolo preciso e sanno quello che devono fare nel preciso momento in cui lo devono fare. Nulla è stato lasciato al caso; si è cercato di prevedere l'imprevedibile, eppure la tensione è altissima. L'equipaggio designato, Neil Armstrong, Edwin "Buzz" Aldrin e Michael Collins – il "trio silenzioso" a causa della loro scarsa loquacità verso i mass-media – sono determinati. Armstrong precisa: *"Non è un'avventura. Quello che stiamo per fare è un problema tecnico da risolvere nel modo migliore"*.

Un problema tecnico... Il primo passo dell'uomo su un corpo celeste diverso dalla Terra è un "problema tecnico". E come tutti i problemi tecnici ha una soluzione tecnologica che la NASA è convinta di aver trovato.

Dopo quasi cinquant'anni, possiamo dirlo, il "problema tecnico" è stato risolto alla grande; forse in qualche momento la fortuna ha arriso agli audaci, ma certo l'impresa è stata epica. Un razzo pieno di propellente, alto come un grattacielo, li ha scagliati in cielo; un tronco di cono metallico li ha mantenuti in vita; una specie di ragno cangiante a quattro zampe li ha depositati sulla Luna e poi li ha risollepati fino a ritrovare la navicella madre che li ha riportati a casa nel bel mezzo dell'oceano, il tutto gestito da un computer di bordo dalla memoria simile a una delle nostre vecchie calcolatrici ormai diventate *vintage* pure loro. Insomma, quasi un piccolo miracolo.

Nel mondo la missione dell'*Apollo 11* monopolizza l'interesse. Sonde russe su Venere? Ah, davvero? Sonde americane su Marte? E allora?

Piuttosto, cosa hanno mangiato a colazione Armstrong e Aldrin?

L'Apollomania non risparmia nessuno e la NASA, che è diventata un'esperta di comunicazione, apre la base a giornalisti e curiosi. Anche l'Italia ha un ruolo nel più grande spettacolo del mondo: uno dei direttori di volo al KSC è Rocco Petrone, figlio di un immigrato potentino degli anni '20.

Fiumi di parole scritte e parlate scorrono nei giorni precedenti il lancio: i tempi precisi dell'impresa, i particolari più privati della vita a bordo dell'*Apollo*, i piani di salvataggio in caso di problemi. Ecco, questi ultimi non ci sono. La fiducia nei mezzi messi in campo è tale che non esiste la possibilità di recuperare gli astronauti se, per esempio, lo stadio di ascesa del LM non funzionasse. Un po' inquietante...

Solo qualcuno ha la freddezza razionale di chi conosce tutto il profilo di missione nei particolari. Von Braun rivela: *"Abbiamo fatto il massimo. Ma a parte tutto, ho bisogno di molta fortuna. Tutti ne abbiamo bisogno, ma io in modo particolare"*.





Cosa volesse intendere non si sa con precisione.

Intanto il circo che si organizza intorno al *Kennedy Space Center* è sempre più un caos. Il 16 luglio è la data prescelta per il decollo. Nei giorni precedenti almeno un milione di persone raggiunge la Florida. Bivaccano ovunque dato che gli alberghi sono *sold out* da giorni; comprano souvenirs improvvisati in centinaia di bancarelle, vivono l'emozione come una finale di football, come una corsa a Indianapolis; non sono preoccupati della sorte degli astronauti, hanno fiducia sconfinata nella tecnologia che ha già portato due uomini a 15 km dal suolo lunare; vogliono solo assistere all'evento e poter dire: "Io c'ero".

La rotta translunare

Arrivano così le 09:32 locali, le 13:32 UTC. Il *Saturn V* romba come un tuono, gli dei degli inferi spargono fiamme intorno al *Pad 39* e la missione ha inizio. Il Modulo di Comando è stato battezzato *Columbia*, in onore del *Columbiad*, il cannone di "Dalla Terra alla Luna" di Verne, mentre il *LM* è chiamato *Eagle*, aquila, l'uccello simbolo degli USA. Il volo è seguito da una diretta TV ininterrotta. Gli spot pubblicitari sono costosissimi e riempiono le casse della *CBS* che si è assicurata l'esclusiva.

Durante la rotta translunare non succede nulla. La routine perfetta degli ultimi voli sembra replicarsi anche questa volta. La Luna è raggiunta. Il 19 luglio, alle 21:17:50 UTC, mentre sorvola la faccia nascosta, il *CSM* accende i motori e immette l'*Apollo* in orbita lunare. Sono previste 30 orbite prima dello sganciamento del *LM*. Nel frattempo si osserva con attenzione la superficie e in particolare il Mare della Tranquillità, obiettivo dell'allunaggio.

Armstrong e Aldrin si trasferiscono sul Modulo Lunare. Dopo i controlli incrociati con Houston, arriva l'ok alla discesa. Il *LM* si stacca e comincia la procedura di avvicinamento alla superficie. A 10 km dal suolo, il computer di bordo denuncia un errore di programma. L'*AGC*, *Apollo Guidance Computer* è in tilt? A Houston si fanno verifiche immediate. Il direttore di volo Eugene Kranz ras-

sicura presto tutti: si tratta di un sovraccarico di dati dovuto all'erronea attivazione del radar di *rendez-vous* che ha mandato in *overflow* il software. D'altra parte un computer con ben 4 KB di RAM ha tutte le ragioni di lamentarsi! Si può procedere, non c'è pericolo.

La discesa prosegue, ma Armstrong deve correggere la traiettoria perché, vista da vicino, la zona scelta per l'allunaggio è troppo sassosa. Una deviazione col controllo semi-automatico del motore ed ecco un sito migliore, ondulato e sabbioso. Alle 20:17:39 UTC il *LM* tocca il suolo lunare.

Il profilo di missione prevede una lunga preparazione alla prima *EVA* lunare compresa di sonnellino di almeno quattro ore. Armstrong non solo non chiude occhio, ma anticipa tutte le operazioni e dopo meno di sei ore si dichiara pronto a uscire. Il medico da Houston non può che dare l'ok.



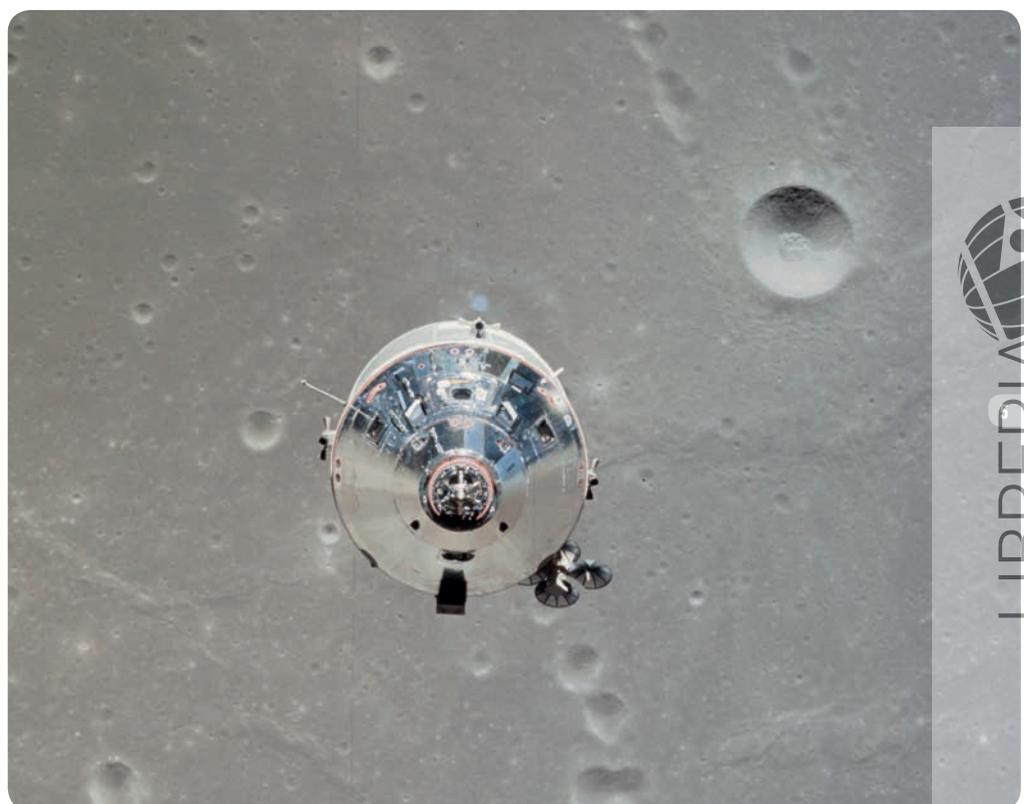
1. pagina a lato Foto ufficiale dell'equipaggio dell'*Apollo 11*. Da sinistra: Neil A. Armstrong, comandante; Michael Collins, pilota del Modulo di Comando; Edwin E. "Buzz" Aldrin Jr., pilota del Modulo Lunare. Maggio 1969.

2. pagina a lato Il 16 luglio 1969, Armstrong, Collins e Aldrin si avviano verso il furgone che li porterà al *Launch Pad 39A*.

3. Veduta aerea di una strada adiacente al *KSC*, poco dopo l'alba. Gli spettatori provenienti da molte parti degli Stati Uniti attendono il decollo dell'*Apollo 11*. 16 luglio 1969.

4. Il *Saturn V* è decollato e sale velocissimo verso la quota orbitale. Questa foto è stata scattata da un caccia EC-135N della USAF. 16 luglio 1969.

5. Il Modulo di Comando/Servizio fotografato dal Modulo Lunare dell'*Apollo 11* dopo lo sganciamento e prima di iniziare la procedura di allunaggio. Le coordinate approssimative del centro dell'immagine sono 51° Est e 1° Nord. 20 luglio 1969.



Due ore e mezza sulla Luna

Tre ore prima del previsto, alle 20:17 UTC del 20 luglio 1969, Armstrong apre il portellone e comincia a scendere la scaletta.

In pochi secondi raggiunge l'ultimo gradino. Qui sosta brevemente, pronuncia una delle più celebri frasi della storia: *"That's one small step for [a] man, one giant leap for Mankind"* (questo è un piccolo passo per l'uomo, ma un grande balzo per l'Umanità) pensata nei giorni prima del decollo, e poggia il piede sul suolo lunare. Circa 450 milioni di persone, con una leggera differita, possono intravedere, non di più, grazie alla telecamera piazzata sulla superficie esterna del LM, il primo passo di Armstrong sulla Luna.

L'astronauta definisce la superficie coperta da una sabbia molto fine e poi descrive come piuttosto semplice muoversi in quella condizione di gravità: *"È più comodo saltare o fare passi molto lunghi, quasi balzi, piuttosto che camminare normalmente"*.

Poco meno di venti minuti dopo, anche Aldrin esce la modulo lunare. Cominciano due ore e mezza di EVA; si pianta la bandiera, si riprendono i dintorni, si simulano nuove discese dalla scaletta per riprendere fotografie più spettacolari, si raccolgono più di 20 kg di campioni di roccia, si scattano foto delle condizioni del LM, utili alle missioni successive, e infine si piazza sulla superficie un sismografo e un ripetitore a specchio che servirà a riflettere un puntatore laser.

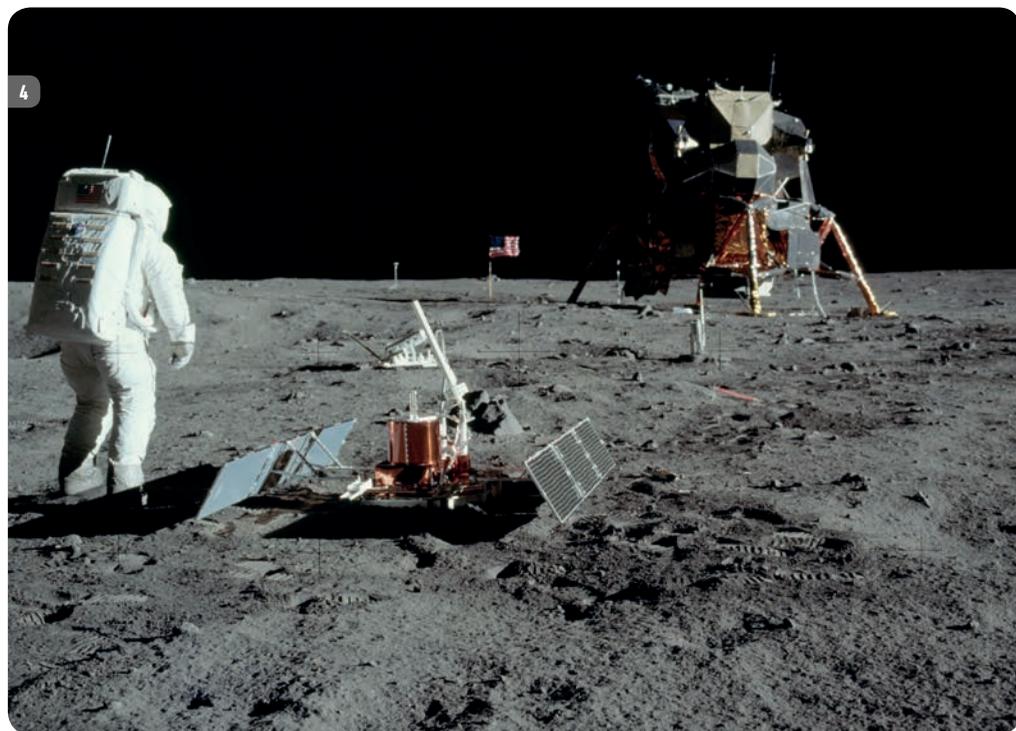
Poi la NASA collega il Presidente Nixon via telefono alla linea voce dei due astronauti: *"Neil, Buzz, vi parlo dalla Stanza Ovale della Casa Bianca e questa è la telefonata più "storica" che io abbia mai fatto [...]"*.

Sulla Terra l'entusiasmo è incontenibile. Applausi, strette di mano, urla e abbracci. Un risultato storico conseguito nei tempi previsti. Kennedy da lassù sarà orgoglioso di noi, pensano in molti alla NASA.



Altri invece sono già di nuovo al lavoro. Gli astronauti sono rientrati; li aspetta un periodo durante il quale rifo-cillarsi e riposare per almeno otto ore. Lo stesso farà Collins in orbita. A terra invece si controlla e ricontrolla ogni parametro. Il momento del decollo dello stadio di ascesa è per quasi tutti il più temuto in quanto il meno collaudato dell'intera missione.

Alle 17:54 UTC del 21 luglio è previsto l'inizio del rientro. E questo consiste nell'accensione del motore del modulo di ascesa del LM. Il computer è stato ripristinato, i comandi sembrano funzionare a dovere. Non resta che provare. L'ennesima tessera di questo incredibile mosaico che è la



missione *Apollo 11* va a posto da sola. Il LM si solleva con facilità e dopo un volo di oltre 10 ore in orbita lunare avviene il sospirato *rendez-vous* con il Modulo di Comando/Servizio. Armstrong e Aldrin si trasferiscono su quest'ultimo e, prima di abbandonare l'orbita lunare per far rotta verso la Terra, sganciano il LM che ha egregiamente svolto il suo compito.

Il viaggio di ritorno è una volta di più perfetto, fino all'ammarraggio a sud-ovest delle Hawaii il 24 luglio alle 16:50:35 UTC, dopo 195 ore, 18 minuti e 35 secondi di volo.

Sulla superficie, con buona pace dei complottisti che sostengono che sulla Luna non ci siamo mai stati, restano una bandiera, una scatola coi nomi degli astronauti che non ci sono più, un disco con incisi i messaggi di pace di 73 capi di Stato.

Adesso la festa può cominciare, ma non per i tre della Luna: loro rimarranno per 21 giorni in un locale di quarantena a scontare chissà quale potenziale infezione contratta tra le regolite lunare.



Il "dopo Apollo 11"

Passate le tre settimane di isolamento, i tre dell'*Apollo 11* cominciano un tour che li porterà prima in giro per gli Stati Uniti, poi per il mondo. L'americano medio, deluso dal Vietnam, preoccupato dalle rivolte giovanili della contestazione (siamo nell'estate del concerto di Woodstock), turbato in un senso o nell'altro dalle battaglie razziali, scopre finalmente un nuovo motivo per sentirsi fiero. E i bagni di folla che accolgono Armstrong e compagni un po' dovunque lo dimostrano. Anche in URSS, dove in un primo tempo gli organi d'informazione avevano trascurato o quasi la notizia dello sbarco, dopo un paio di giorni scoppia l'Apollomania, incoraggiata da un improvviso nuovo corso dato dai politici russi che si rendono conto dell'inutilità di negare un evento storico di quella portata. C'è poi da sottolineare la presenza della sonda russa *Luna 15* che ha volteggiato sulla testa del Modulo Lunare proprio nelle ore dell'allunaggio e che ha fornito "nuovi importanti dati scientifici". Peccato che, oltre a preoccupare gli Americani per un eventuale interferenza con la discesa del LM, *Luna 15* si sia schiantata al suolo fallendo l'obiettivo di prelevare campioni e riportarli a terra. Sempre meglio di Cina, Corea del Nord e Albania, che hanno messo il silenziatore alla notizia.

Un analista russo intervistato in Occidente, prova a dare una risposta alla domanda riguardante i motivi che hanno portato l'URSS a fallire l'obiettivo Luna. "Innanzitutto è una questione di soldi. La nostra economia vale la metà di quella americana. Poi la nostra industria, che lavora in modo settoriale senza fare sistema. In America, il programma spaziale ha creato un indotto industriale gigantesco. Da noi non è successo. Inoltre in America quando viene fatta una scoperta, la sua applicazione industriale è molto più veloce che da noi. Infine i computer; in America si usano quelli miniaturizzati di quarta generazione. Noi siamo fermi agli elaboratori a transistor di seconda generazione".

Un'analisi dura e lucida. Manca un accenno alla burocrazia e alla corruzione, ma d'altra parte, con le prigioni siberiane ancora attive, è comprensibile che il nostro esperto su questo abbia sorvolato.

Mentre l'abbuffata di popolarità comincia a diminuire, i dati raccolti da *Apollo 11* e l'esperienza accumulata dai tre astronauti vengono analizzati e valorizzati dalla NASA. I finanziamenti sono ancora attivi e sufficienti per diversi lanci lunari, ma una parte dell'opinione pubblica ha cominciato a contestare le cifre già investite nel Programma *Apollo* (alla fine saranno spesi 20,4 miliardi di dollari al 1973, 109 miliardi se riportati al 2010). Oltre alle contestazioni dall'esterno, anche all'interno della stessa NASA c'è un po' di malumore, e arriva dai team di ricerca i quali affermano che durante i voli l'aspetto scientifico andrebbe maggiormente curato, magari con l'inclusione di scienziati negli equipaggi. In effetti la NASA aveva selezionato un gruppo di astronauti scienziati, ma fino ad allora nessuno aveva volato (e l'unico lo farà solo con l'ultima missione, la 17).

Intanto si riparte. Il 14 novembre tocca all'*Apollo 12* tornare lassù. Il pilota del CSM "*Yankee Clipper*" Richard F. Gordon, il comandante Charles "Pete" Conrad Jr. e il pilota del LM "*Intrepid*" Alan L. Bean decollano alle 16:22 UTC dal *Pad 39* del KSC. C'è un forte temporale, ma si parte ugualmente, pare per il timore di esporre il *Saturn* pieno di propellente a un non ben identificato attentato esplosivo minacciato per telefono (come riportato da Antonio Lo Campo, *Storia dell'Astronautica*, 2000).



1. pagina a lato Neil Armstrong scende la scala del Modulo Lunare *Eagle*, ripreso dalla telecamera esterna. Sta per diventare il primo uomo a mettere piede sulla Luna. 20 luglio 1969.

2. pagina a lato "Buzz" Aldrin ha fotografato quest'impronta circa un'ora dopo l'allunaggio. Passerà alla storia come simbolo della più grande impresa spaziale dell'umanità, ma non è la prima impronta di Armstrong lasciata sul suolo lunare. 20 luglio 1969.

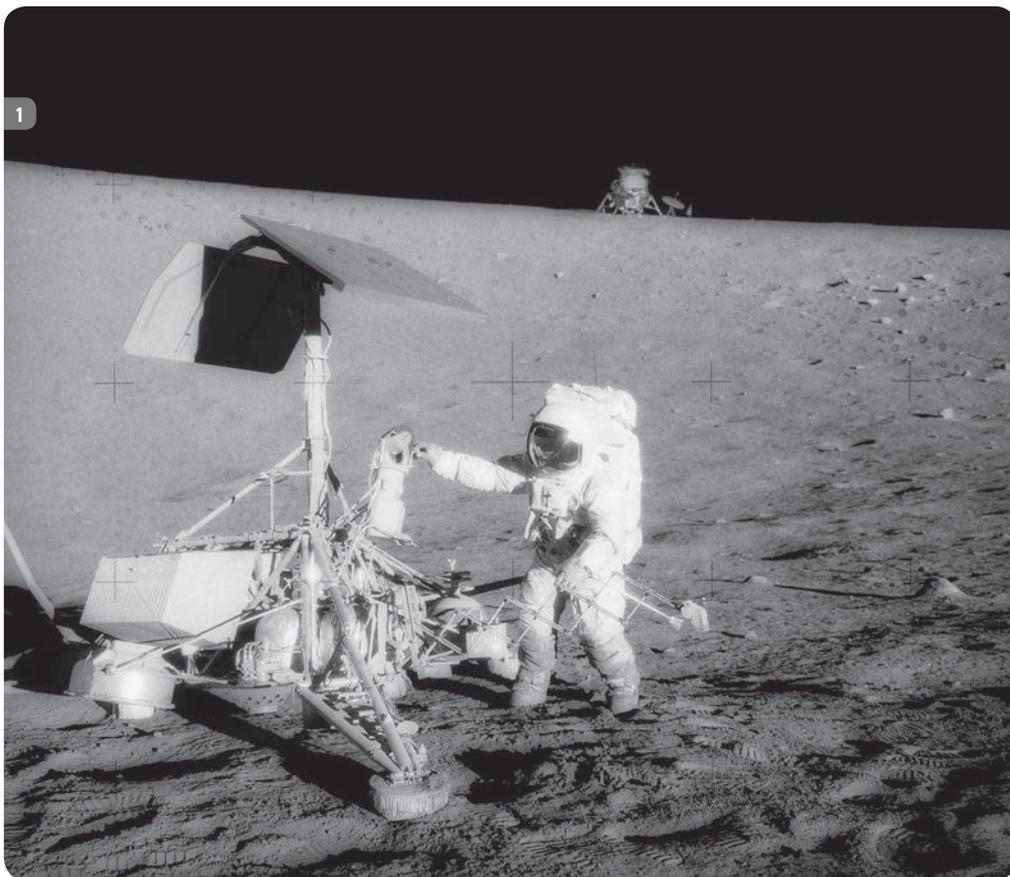
3. pagina a lato La discesa di Aldrin dalla scaletta del Modulo Lunare fotografata da Armstrong, il primo uomo a mettere piede sulla Luna. 20 luglio 1969.

4. pagina a lato "Buzz" Aldrin fotografato durante l'attività extraveicolare. Ha appena posizionato l'*Early Apollo Scientific Experiments (EASEP)*. In primo piano si trova l'esperimento sismologico (*PSEP*); dietro si intravede il retro-riflettore a raggi laser (*LR-3*); sullo sfondo è visibile la bandiera degli Stati Uniti al centro e la telecamera televisiva montata su un monopiede; a destra il Modulo Lunare. 20 luglio 1969.

5. L'equipaggio dell'*Apollo 11* attende sul canotto il recupero da parte di un elicottero decollato dalla *USS Hornet*. Il quarto uomo presente sul canotto è un sommozzatore della Marina. Tutti e quattro indossano speciali indumenti bio-isolanti. 24 luglio 1969.

6. New York accoglie i tre dell'*Apollo 11* con un bagno di folla lungo Broadway e Park Avenue, in una parata rimasta nella storia come la più imponente svoltasi in città. 13 agosto 1969.

7. L'equipaggio dell'*Apollo 12*. Da sinistra, Charles Conrad, comandante; Richard F. Gordon, pilota del Modulo di Comando/Servizio "*Yankee Clipper*"; Alan L. Bean, pilota del Modulo Lunare "*Intrepid*" ritratti davanti al simulatore del LM usato per le esercitazioni. Settembre 1969.



1. Il 17 aprile 1967, la sonda lunare della NASA *Surveyor 3* era stata lanciata verso la Luna. Poco più di due anni dopo, il comandante dell'*Apollo 12* Charles Conrad Jr. e l'astronauta Alan L. Bean, che ha scattato questa foto, l'hanno visitata. Sono stati asportati la telecamera e diversi altri componenti per essere esaminati una volta a terra. Qui, Conrad esamina la telecamera della *Surveyor* prima di staccarla. Sullo sfondo il Modulo Lunare con la grande antenna a ombrello per le comunicazioni. 20 novembre 1969.

Scoppia il panico quando un fulmine colpisce il razzo e i computer vanno in tilt. Fortunatamente la situazione si ripristina rapidamente. Tutto procede bene secondo il piano di missione che ricalca quello di *Apollo 11*. Alle 06:54:35 UTC il Modulo Lunare chiamato *Intrepid*, alluna. Siamo molto distanti dal primo sito, quasi 1500 km.

Si respira però un'altra atmosfera, meno solenne e più rilassata. L'equipaggio è di per sé molto diverso caratterialmente da quello di *Apollo 11*. A Houston giungono risate e canzoncine come quella dei Sette Nani di Biancaneve mentre Conrad e Bean raccolgono campioni lunari. Qualcuno a terra arriva a ipotizzare una sindrome da euforia spaziale, ma si tratta solo di gente molto ben preparata e sinceramente felice di essere lì. Altro che "problema tecnico"...

Il sito d'atterraggio coincide con quello della sonda *Surveyor 3* inviata dalla NASA nel 1967 nell'ambito del Programma omonimo concepito per conoscere in anticipo le condizioni ambientali in vista delle spedizioni *Apollo*. Durante la discesa, il corpo della sonda viene utilizzato come target dal LM e una delle operazioni richieste è asportarne la telecamera e riportarla a terra.

Grande sarà la sorpresa quando le analisi sul metallo riveleranno la presenza di un batterio *Streptococcus* sopravvissuto a oltre due anni di "vita lunare".

Dopo sette ore e tre quarti complessive di EVA divise in due sessioni e quasi 32 ore trascorse sulla Luna, lo stadio di ascesa dell'*Intrepid* decolla e raggiunge il CSM il 20 novembre alle 17:58:20 UTC. Dopo 244 ore, 36 minuti e 25 secondi, l'*Apollo 12* ammara nel Pacifico e conclude un 1969 irripetibile.

Apollo 13: "Il fallimento non è un'opzione!"

Il nuovo decennio esordisce col mondo in preda alle tensioni. I postumi delle contestazioni studentesche, la polveriera mediorientale, la guerra in Vietnam che non sta andando bene per gli USA. A marzo, un altro Presidente pronuncia un discorso sullo spazio, ma il tenore è molto diverso da quello di Kennedy di otto anni prima. Richard Nixon ha intuito che la Luna è ormai percepita dall'opinione pubblica come un traguardo raggiunto. Bisogna consolidare la supremazia nello spazio ma volgersi anche altrove, con uno sguardo alle finanze, visto che sulla Terra: "...hanno maggior priorità molte questioni critiche, sia per quanto riguarda la nostra attenzione, sia per ciò che attiene alle risorse disponibili". Quindi attenzione agli obiettivi e investimenti oculati. Alla NASA poi

si è dimesso il direttore dello sbarco sulla Luna, Thomas Paine e gli è succeduto James Webb, uno molto più pragmatico del predecessore e deciso a voltar pagina su parecchi argomenti.

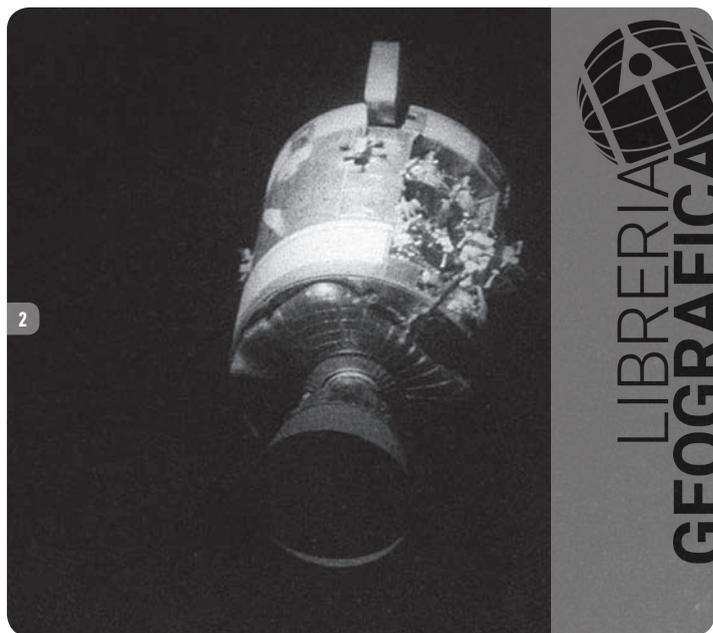
In questo clima, tra l'appagamento e il minor interesse, in primavera è prevista la terza missione lunare. Fin dalla partenza, l'11 aprile 1970 alle 19:13 UTC, al *Kennedy Space Center* si respira un'atmosfera diversa: per esempio sono accreditati molti meno giornalisti dei due voli precedenti.

Gli astronauti a bordo dell'*Apollo 13* sono il comandante James A. Lovell, Fred W. Haise, pilota del LM "*Aquarius*" e John "Jack" Swigert. Quest'ultimo, pilota di back-up del CM "*Odyssey*", subentra al titolare scelto in un primo momento, Thomas Ken Mattingly, entrato in contatto con un collega infetto da rosolia. Non essendo immune alla malattia, la NASA preferisce sostituirlo per evitare guai in volo. In realtà Mattingly non si ammalerà, e da terra sarà decisivo nell'aiutare i colleghi improvvisando le manovre al simulatore che contribuiranno a salvare la vita all'equipaggio dell'*Apollo 13*.

Tutto fila liscio fino alla sera americana del 13 aprile. Verso le 21, le trasmissioni nazionali vengono interrotte da un enigmatico annuncio: "*La missione Apollo 13 è stata annullata. Attualmente i tecnici sono impegnati a far rientrare l'equipaggio*". Improvvisamente la missione ignorata dal grande pubblico, riconquista la prima pagina anche se sfortunatamente per il motivo sbagliato. Cosa è successo?

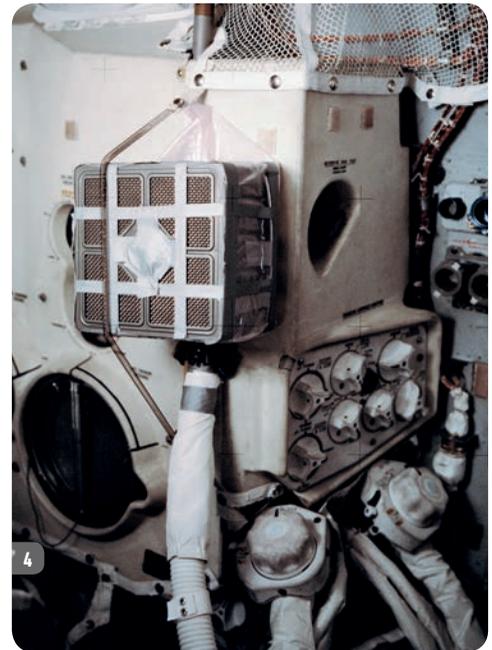
Le prime avvisaglie di problemi a bordo giungono a terra dopo circa 55 minuti dal lancio: è Swigert a parlare per primo: "*Okay, Houston, I believe we've had a problem here*" (*Okay, Houston, credo che abbiamo avuto un problema qui*).

2. Il Modulo di Servizio gravemente danneggiato fotografato dall'equipaggio dell'*Apollo 13* subito dopo il distacco. Come si vede chiaramente in quest'immagine, un intero pannello del SM è stato spazzato via dall'esplosione del serbatoio di ossigeno numero 2 situato nel settore 4. Il danno ha costretto l'equipaggio dell'*Apollo 13* a rinunciare alla Luna e tornare indietro utilizzando il Modulo Lunare come scialuppa di salvataggio. 17 aprile 1970.



LIBRERIA
GEOGRAFICA

Scoprire il mondo ogni giorno



Houston chiede di ripetere. Gli astronauti a bordo spiegano che hanno percepito una forte vibrazione seguita da una perdita di assetto e rumore di urti; insomma una serie di eventi assolutamente preoccupante. Il tutto è avvenuto poco dopo l'operazione di miscelamento dell'ossigeno in uno dei serbatoi del Modulo di Servizio per impedirne la stratificazione e l'irregolarità di afflusso. In questa direzione si orientano le ricerche del problema. Mentre all'inizio si pensa a un micrometeorite, le misurazioni della pressione dell'ossigeno che scende, fanno capire che il danno riguarda almeno due serbatoi. Al ritorno, analizzando le foto scattate al SM, diverrà chiaro che qualcosa ha provocato un incendio e quindi un'esplosione che ha danneggiato due serbatoi d'ossigeno e squarciato una parte delle pareti del SM.

Inutile sottolineare che la disponibilità d'ossigeno è fondamentale per la sopravvivenza dell'equipaggio. Quando a Houston è l'una del mattino del 14 aprile, la Sala di controllo è affollata. Intorno al tavolo del direttore di volo Glenn Luney, i responsabili della missione, tirate le somme, cercano di capire che fare. Una cosa è certa: la Luna è persa. L'Apollo ha però già intrapreso la rotta translunare,

quindi bisogna mantenere la traiettoria, ricalcolare i parametri, sfruttare la fionda gravitazionale della Luna e tornare il prima possibile verso la Terra evitando di utilizzare il propulsore principale del SM visto che non si conosce esattamente l'entità dei danni. Ma non basta. Il Modulo di Comando danneggiato non può ospitare per tutto il tempo l'equipaggio. Si decide quindi di trasferire gli astronauti sul LM fino al momento del rientro quando sarà necessario tornare sul CM, l'unico elemento dotato di scudo termico. Ma il LM è progettato per mantenere due astronauti per due giorni, non tre per il doppio del tempo. La riserva d'ossigeno è valutata sufficiente ma i filtri di depurazione dell'anidride carbonica assolutamente no. Eugene Kranz, direttore dell'intero Programma Apollo è categorico: "Gli Stati Uniti non hanno mai perso astronauti nello spazio e questa non sarà la prima volta. Il fallimento non è un'opzione!"

Si valuta la possibilità di costruire un filtro artigianale per potenziare la depurazione della CO₂ ospitando a turno due astronauti sul LM mentre uno rimane sul CM. Vengono anche spenti tutti i sistemi non vitali compresi luce e riscaldamento. Ma le incognite non sono finite.

3. "Deke" Slayton, responsabile degli equipaggi NASA, mostra il filtro artigianale ideato per rimuovere l'eccesso di CO₂ ideato utilizzando esclusivamente materiale presente sull'Apollo 13. L'adattatore è stato concepito da Ed Smylie, responsabile degli apparati di supporto vitale della missione. Da sinistra: Milton L. Windler, Deke Slayton, Howard W. Tindall, Sigurd A. Sjoberg, Christopher C. Kraft e Robert R. Gilruth. 15 aprile 1970.

4. Il filtro anti CO₂ ricostruito dagli astronauti dell'Apollo 13 seguendo le direttive da terra utilizzando contenitori di idrossido di litio. 16 aprile 1970.

5. I membri dell'equipaggio della missione Apollo 13 a bordo della USS Iwo Jima, dopo il recupero nell'Oceano Pacifico. Da sinistra: Fred W. Haise Jr., pilota del Modulo Lunare; James A. Lovell Jr., comandante; John L. Swigert Jr., pilota del Modulo di Comando. 17 aprile 1970.

Le sollecitazioni della fionda gravitazionale intorno alla Luna non sono fortissime ma il sistema di docking che collega CSM e LM non è stato progettato per affrontarle e, infine, il LM stesso non possiede specifiche tecniche che garantiscano la resistenza strutturale per un percorso doppio del previsto. Sono davvero tante le cose che possono andare storte, eppure il 17 aprile, l'Apollo 13, manovrando con il solo motore di discesa del LM, è in prossimità dell'atmosfera terrestre. Poco prima era stato sganciato il SM; ora, dopo il trasbordo dell'equipaggio nel malconco CM, viene abbandonato anche il LM, vero salvatore dell'equipaggio. Il rientro è angoscioso per tutto il paese. Il Modulo di Comando resisterà alle sollecitazioni? Gli strumenti danneggiati avranno permesso a Lovell di dare il giusto angolo d'ingresso in atmosfera? Il silenzio radio, come in un thriller, dura molto più del previsto. Poi finalmente la voce di Lovell: "Ok, è fatta!". L'incubo è finito.

I festeggiamenti sono paragonabili a quelli per Apollo 11. C'è la sensazione di averla scampata davvero per il rotto della cuffia.

Ma un programma glorioso come l'Apollo non può finire con una tragedia sfiorata. La NASA conferma che all'appello mancano almeno quattro missioni. Quindi, sotto a chi tocca!



LIBRERIA
GEOGRAFICA
Scoprire il mondo ogni giorno

Le ultime missioni

Rispetto alla programmazione originale, *Apollo 14* parte con qualche mese di ritardo e ha il compito di portare a compimento il lavoro interrotto da *Apollo 13*. Il 31 gennaio 1971 alle 21:03:02 UTC, il “vecchietto” Alan B. Shepard Jr., Edgard D. Mitchell e Stuart A. Roosa decollano alla volta della Luna. Stavolta il viaggio si svolge senza intoppi, tranne un problema col computer di bordo che viene risolto col proverbiale “riavvia”.

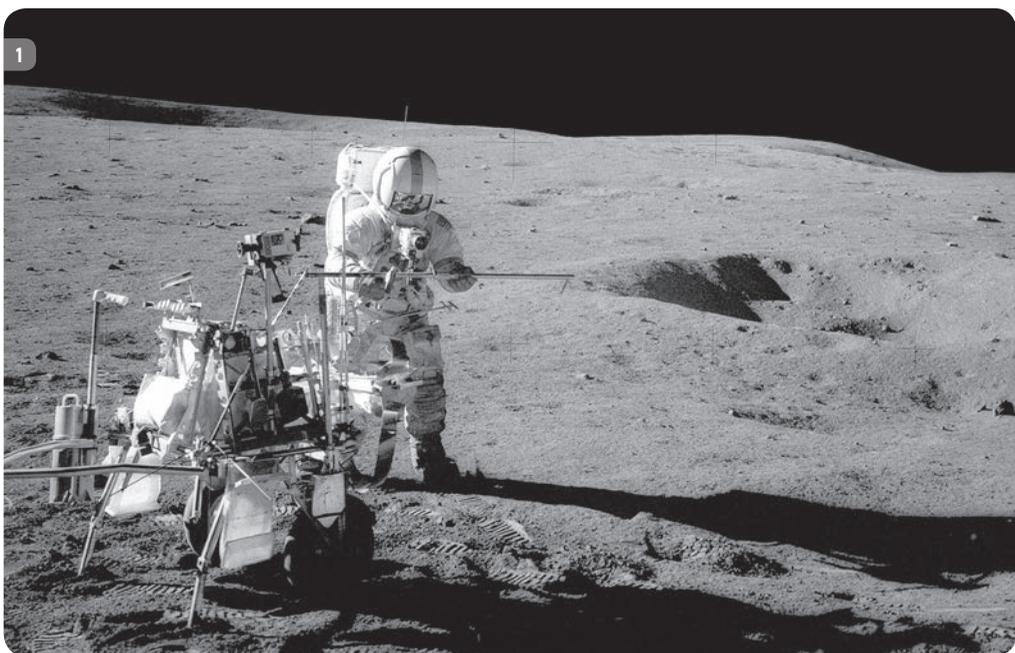
Shepard, quando tocca il suolo lunare è quasi commosso. Non gli sembra vero, lui, primo uomo a uscire dall’atmosfera, dopo dieci anni d’attesa e un problema all’udito che stava per metterlo fuori dal programma, si prende la soddisfazione di tirare due colpi di golf sulla Luna con pallina e mazza portati da casa.

L’attività in superficie è caratterizzata dalla presenza del cosiddetto *MET*, *Modular Equipment Transporter*, un veicolo a due ruote, trainato a mano, utilizzato per trasportare le attrezzature e gli esperimenti (*ALSEP*, *Apollo Lunar Surface Experiments Package*). Il *MET* ha funzioni anche di banco di lavoro portatile con un alloggio per gli attrezzi manuali, le fotocamere, i contenitori per campioni ecc. In verità gli astronauti si lamenteranno del *MET* in quanto piuttosto faticoso da trascinare sul terreno incoerente. Non verrà più utilizzato anche perché a partire da *Apollo 15* subentrerà la jeep lunare.

1. Il comandante dell’*Apollo 14* Alan Shepard si trova vicino al *Modular Equipment Transporter (MET)*. Soprannominato dagli astronauti il “risciò”, è un carrello per trasportare attrezzi, telecamere e campioni della superficie lunare. Shepard è identificabile dal collega Edgard Mitchell dalla striscia verticale sul casco. 5 febbraio 1971.

2. Spedizione *Apollo 15*. Jim Irwin fotografato con il nuovo veicolo lunare *LRV*. Sulla parte posteriore del rover sono visibili due *Sample Collection Bag (SCB)* contenitori per campioni di roccia, insieme agli attrezzi per lo scavo. 31 luglio 1971.

3. Strumentazione del *LRV*, *Lunar Roving Vehicle*.



Compiuti gli esperimenti scientifici programmati e prelevati altri campioni di roccia, dopo circa 33 ore e mezza di permanenza sulla Luna, Shepard e Mitchell raggiungono Roosa sul Modulo di Comando/Servizio e fanno rotta verso casa. L’*Apollo 14* ammara felicemente nel Pacifico dopo 216 ore di missione.

Il programma si trascina un po’. Bisogna inventarsi qualcosa per rendere più interessante quella che sta diventando una specie di gita nello spazio.

La NASA ribadisce l’importanza di completare il programma anche perché si sta valutando l’ipotesi di stabilire una base permanente sulla Luna.

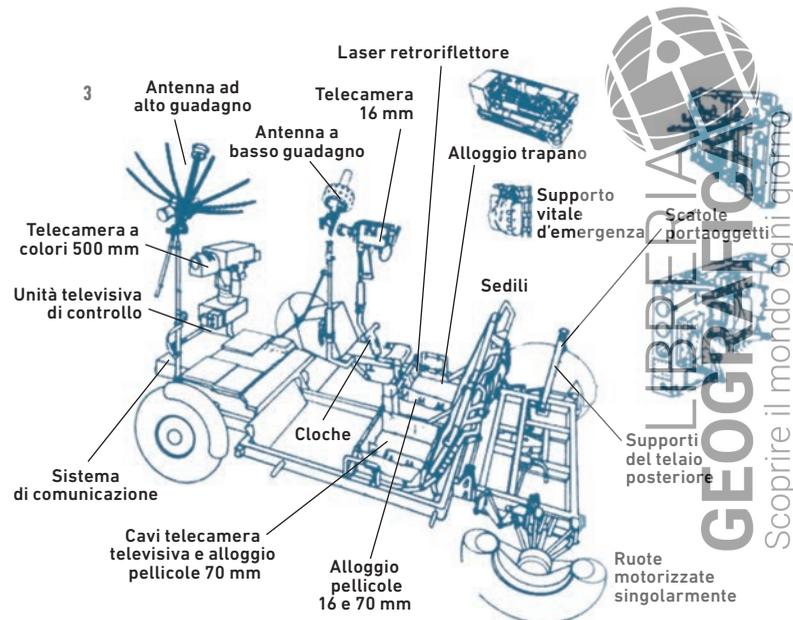
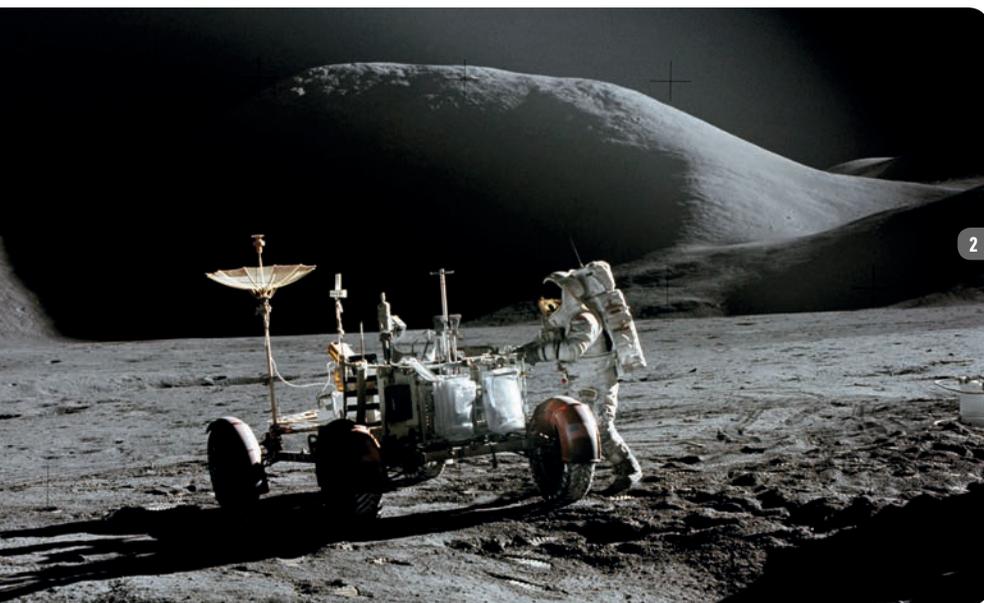
Nel frattempo, dall’altra parte del mondo si consuma la tragedia della *Soyuz 11*. Tre nuove vittime si aggiungono alla lista dei caduti dello spazio e il mondo intero piange l’equipaggio perito per un banale guasto tecnico.

Mentre sulla Piazza Rossa si celebra un partecipatissimo funerale, al *Kennedy Space Center* si appronta l’*Apollo 15* con un carico scientifico molto maggiore delle missioni precedenti e soprattutto la novità dello scenografico *LRV*, *Lunar Roving Vehicle*, un’automobile senza car-

rozzeria studiata per allontanare gli astronauti di qualche chilometro dal luogo dell’allunaggio. Sviluppato a partire dal 1969 dalla *General Motors* di Santa Barbara, California per conto della *Boeing Aerospace Corporation*, il *LRV* viene realizzato in soli 17 mesi. Lungo 3,1 m, è realizzato quasi interamente in alluminio; sulla Terra pesa solo 210 kg che si riducono a un sesto sulla Luna. Il telaio pieghevole è stato progettato in modo da poter essere compattato in un ingombro di 0,90x1,50x1,70 m all’interno del modulo di discesa del *LM “Falcon”*. Una volta estratto dal suo alloggiamento, necessitano circa 20 minuti per il montaggio.

Il *LRV* è azionato da un motore elettrico che eroga una potenza di 180 W per ruota. Lo sterzo servoelettrico è controllato tramite joystick posizionato centralmente e quindi accessibile da entrambi i sedili. L’alimentazione è fornita da batterie all’ossido di zinco non ricaricabili da 36 Volt. La velocità massima collaudata è di 13 km/ora con un’autonomia di 92 km, ma tale velocità non è mai stata raggiunta.

Le comunicazioni sono assicurate da un’antenna direzionale a ombrello in grado di trasmettere immagini TV, dati e voce.



Anteriormente sono montate due telecamere, di cui una telecomandata.

Le escursioni con il LRV sono soggette a vincoli di sicurezza molto rigidi per evitare che eventuali guasti diventino irrimediabili. Per esempio, l'allontanamento dal LM deve essere sempre entro i limiti stabiliti dal piano di missione che sono considerati la massima distanza percorribile a piedi compatibilmente con le riserve di ossigeno a disposizione degli astronauti.

Terminata la fase operativa il LRV viene abbandonato sulla superficie lunare.

Apollo 15 decolla il 16 luglio 1971; è comandata da David R. Scott, veterano di *Gemini 8* e *Apollo 9*; James B. Irwin pilota il LM e Alfred M. Worden il CSM "Endeavour". Il Modulo Lunare "Falcon" viene potenziato per sostenere quasi tre giorni di permanenza sulla superficie. L'intero programma di missione viene rispettato e il 7 agosto 1971 si torna a casa. Il brivido arriva all'ultimo momento, quando uno dei tre paracadute dell'*Apollo* non si apre e lo splashdown nell'oceano è più violento del previsto. Per alcuni minuti il rientro tragico della *Soyuz 11* aleggia funesto. Poi i portelloni si aprono e gli astronauti escono dalla capsula illesi.



4. Il rientro dell'*Apollo 15* complicato dalla incompleta apertura di uno dei tre paracadute. L'ammarraggio è stato più violento del previsto ma senza conseguenze per l'equipaggio. 7 agosto 1971.

5. John W. Young, comandante della missione *Apollo 16*, saluta la bandiera degli Stati Uniti infissa nel suolo lunare prima di iniziare le attività extra-veicolari. Dal Modulo Lunare "Orion" è già stato scaricato e montato il LRV, Lunar Roving Vehicle. A sinistra di Young si nota il telescopio spettrometrico ultravioletto. 21 aprile 1972.

6. Soggettiva del telescopio spettrometrico a ultravioletti da 3 pollici portato sulla Luna da *Apollo 16*. Il telescopio è stato periodicamente riorientato dagli astronauti per osservare varie parti del cielo. Tra gli oggetti studiati l'atmosfera superiore e l'aurora della Terra, varie nebulose, stelle e la Grande Nube di Magellano. 21 aprile 1972.

In un clima di dismissione del programma vengono allestiti gli ultimi due voli. Le priorità sia in campo spaziale che in altri settori stanno cambiando. La guerra in Vietnam ha prosciugato le casse statali e sono innumerevoli le aree nel mondo in cui l'egemonia statunitense rischia di perdere posizioni.

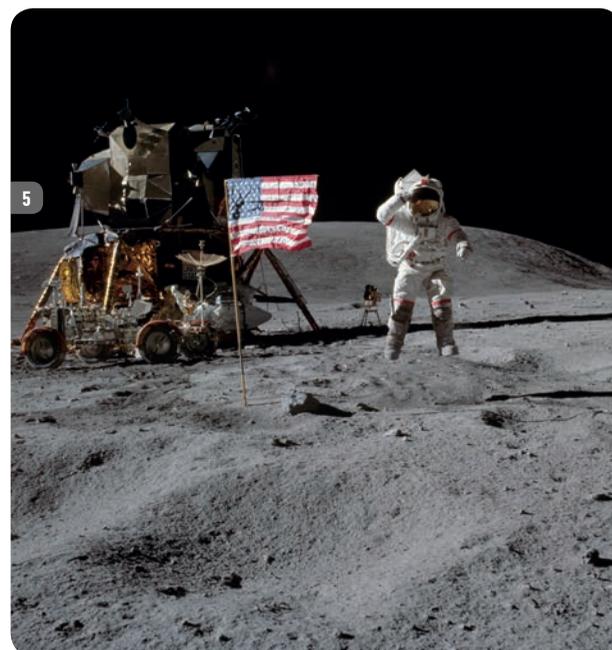
La NASA sta guardando con interesse alle missioni robotiche verso i pianeti del Sistema Solare e nel contempo preoccupano i nuovi progressi messi in campo dall'URSS che ha in orbita una stazione spaziale. Il progetto che sfocerà nello *Space Shuttle* prende forma e i finanziamenti cominciano a fluire verso quella direzione.

Al progetto *Apollo* restano gli stanziamenti per due voli, forse tre. Gli altri due, inizialmente ipotizzati, sono già stati annullati.

L'*Apollo 16* parte il 16 aprile 1972 con a bordo John W. Young, al suo quarto viaggio spaziale, Charles M. Duke Jr. e Thomas Ken Mattingly, l'astronauta "scampato" all'avventura dell'*Apollo 13*.

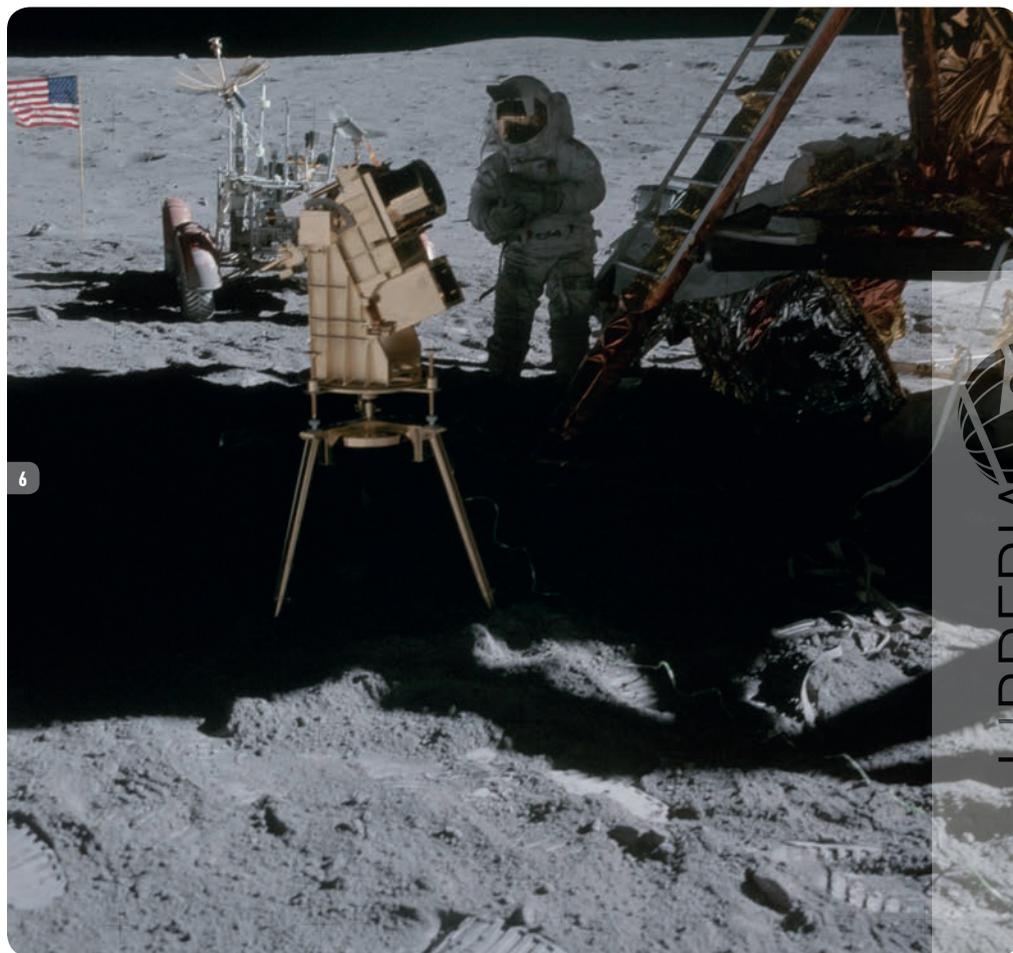
Sulla capsula, per la prima volta, sono presenti contenitori colmi di microorganismi la cui esposizione al Sole senza filtri atmosferici, dovrebbe dare indicazioni sul grado di mutazioni indotte.

Ancora una volta la tratta translunare si svolge senza problemi. Un guasto al motore di discesa del LM "Orion" fa invece ritardare di circa sei ore l'allunaggio. A Houston si valutano le eventuali



conseguenze sulle scorte del sistema di sostentamento vitale e alla fine si dà l'ok alla discesa che ha luogo il 21 aprile. Nonostante l'inconveniente, la permanenza sulla Luna batte i record precedenti: 71 ore e 2 minuti con tre EVA distinte durante le quali viene utilizzata la jeep lunare per ben 30 km. Vengono effettuati parecchi esperimenti tra cui l'impiego di un telescopio ultravioletto. Contemporaneamente Mattingly batte il record di permanenza in orbita lunare in solitaria ed effettua anche una EVA di oltre un'ora.

Il 27 aprile si rientra con ammaraggio nel Pacifico. Alle ultime due missioni annullate se ne aggiunge una terza. *Apollo 17* sarà quindi l'ultimo lancio del programma verso la Luna.



Il 7 dicembre 1972 prende il via la missione conclusiva. A bordo dell'*Apollo 17* trovano posto Eugene A. Cernan, Ronald E. Evans e Harrison H. Schmitt, l'unico scienziato tra quelli selezionati dalla NASA nel gruppo 4 a raggiungere *in extremis* la Luna.

Il lancio avviene per la prima volta di notte e lo spettacolo si rivela maestoso, con l'intera base illuminata a giorno. Una specie di gioco pirotecnico al termine di una festa.

Il volo è tranquillo mentre l'attività sulla superficie sarà frenetica. Come quelli che accumulano un sacco di cose da fare all'ultimo momento, così Cernan e Schmitt devono trivellare, installare misuratori termici e gravimetrici, scattare foto e raccogliere minerali in una corsa contro il tempo. Anche sul Modulo di Comando, Evans viene subissato di esperimenti e rilievi fotografici da effettuare.

1. L'ultimo *Saturn V* del Programma *Apollo* parte in notturna dal *KSC* nell'ambito della missione *Apollo 17*, l'ultima destinata al suolo lunare.
7 dicembre 1972.

2. Lo scienziato-astronauta Harrison Schmitt, pilota del Modulo Lunare dell'*Apollo 17*, utilizza una sonda regolabile per recuperare i campioni lunari durante la seconda *EVA* della missione. Lo gnomone in primo piano serve a determinare con precisione il luogo della foto mentre la banda a colori a correggere le aberrazioni cromatiche della fotografia.
12 dicembre 1972.



Il 14 dicembre, Cernan si volge indietro a dare un'ultimo sguardo alla superficie lunare. Poi sale sulla scaletta e chiude il portellone. Passerà alla storia come l'ultimo uomo ad aver calpestato il suolo lunare. *Apollo 17* ammara il 19 dicembre, dopo un volo di 13 giorni, di cui tre di permanenza sulla Luna con 110 kg di rocce raccolte e oltre 35 km percorsi con la jeep.

Viene anche lasciata una targa: "Qui, nel dicembre 1972 d.C., l'uomo ha completato l'esplorazione della Luna. Che lo spirito di pace, nel nome del quale siamo qui giunti, possa riflettersi nella vita di tutti gli uomini".

Magari lo spirito di pace non ha avuto tutti gli effetti sperati sul nostro pianeta, ma certamente il "decennio della Luna" ha lasciato all'umanità un patrimonio di conoscenze immenso.

Un nuovo sapere nel campo della geologia,

dell'astronomia, della biologia e della fisiologia umana è stato acquisito, nonché un numero imprecisato di innovazioni tecniche e procedimenti tecnologici e industriali mai sperimentati prima. Quasi 200 000 brevetti legati a prodotti o lavorazioni attinenti al Programma *Apollo* saranno depositati dalle aziende che hanno collaborato con la NASA. Per scelta politica, la NASA stessa ha progressivamente liberalizzato le sue scoperte in campo scientifico e tecnologico a partire dagli anni '80, pubblicando un documento nel quale si citano oltre 2500 oggetti "utili" nati durante le ricerche per la conquista dello spazio e in particolare della Luna.

Solo per citarne alcuni: l'elettronica miniaturizzata, i rivestimenti antiaderenti dei tegami, gli elettrodomestici senza filo, le scarpe

da ginnastica con le soles "air", il termometro a infrarossi, gli autopiloti per aeronautica, la scialuppa di salvataggio inaffondabile, adesivi sigillanti, le lenti fotocromatiche, tessuti ignifughi privi di amianto e molto altro ancora.

In definitiva una corsa contro i Sovietici per vincere una battaglia della guerra fredda si è rivelata davvero un "grande passo per l'umanità" grazie anche ai molti miliardi di dollari investiti.

Oggi la Luna è lassù, ricca di testimonianze, anche recenti, della presenza umana: sonde allunate, precipitate, sfraccellate, abbandonate; strumenti scientifici attivi, passivi e inoperanti; zampe di moduli lunari e spazzatura di vario tipo. Dalla Terra tutto questo non si vede ed è meglio così, in modo che le parole di Dino Buzzati possano in qualche modo essere ancora attuali: "Fuggi dalla tua orbita. Salvati dalla colonizzazione di noi uomini. Rimani l'astro che abbiamo sempre sognato".

3. La placca lasciata nell'ultimo sito di allunaggio dagli astronauti di *Apollo 17*. La targa commemorativa in acciaio inossidabile è stata fissata alla scaletta dello stadio di discesa del Modulo Lunare "Challenger".
14 dicembre 1972.



LIBRERIA
GEOGRAFICA
Scoprire il mondo ogni giorno

Programma Apollo: gli sbarchi lunari

IL PROGRAMMA APOLLO

Terzo programma USA di volo umano nello spazio, si è sviluppato dal 1961 al 1972, con il volo d'esordio con equipaggio nel 1968. Dopo il primo atterraggio, ne erano previsti altri nove, ma i tagli di bilancio hanno costretto la NASA a cancellare gli ultimi tre. Le missioni lunari hanno comportato l'uso del razzo *Saturn V* che ha volato un'altra volta dopo la fine del programma per satellizzare il laboratorio spaziale *Skylab*. Il Programma *Apollo* ha stabilito diversi record in campo spaziale, tra i quali essere l'unico ad aver inviato missioni umane oltre l'orbita bassa terrestre. Ha inoltre posto le basi per lo sviluppo di nuovi veicoli spaziali sia robotici che abitati come la capsula *Orion* in fase di finalizzazione presso la NASA. Le esigenze del programma hanno indotto progressi in molti settori tecnologici inerenti al volo spaziale e all'aeronautica, ma hanno avuto anche notevolissime ricadute in prodotti che sono diventati di uso quotidiano sulla Terra.

I RECORD

Costo totale: 25,4 miliardi di dollari (1973)
 Personale impegnato: circa 500 000 persone
 Durata del Programma: dal 25 maggio 1961 al 19 dicembre 1972
 Primo volo: AS-201, 26 febbraio 1966
 Primo volo con equipaggio: Apollo 7, ottobre 1968
 Ultimo volo: Apollo 17, dicembre 1972
 Missioni: 16
 Fallimenti: 2 (Apollo 1, Apollo 13)
 Fallimenti parziali: 1 (Apollo 6)
 Sito di lancio: *Kennedy Space Center*
 Veicolo di lancio: *Saturn IB, Saturn V*
 Materiale lunare raccolto: 381,7 kg
 Gli uomini più lontani dalla Terra: equipaggio dell'*Apollo 13*, 400 171 km
 Il più veloce veicolo spaziale con equipaggio: *Apollo 10*, 39 897 km/ora

LE MISSIONI

Apollo 11

Partenza: 16 luglio 1969, ore 13:32 UTC
 Astronauti: Neil A. Armstrong, Michael Collins, Edwin E. "Buzz" Aldrin Jr.
 Orbita selenocentrica: 100,9 x 122,4 km
 Inclinazione: 1,25° Periodo: 119 minuti
 Orbite completate dal CSM: 30
 Allunaggio: 20 luglio, ore 20:18:04 UTC
 Luogo di allunaggio: Mare della Tranquillità 0,67°N 23,47°E
 Permanenza sulla superficie: 21,6 ore
 Durata missione: 195,31 ore
 Atterraggio: 24 luglio, ore 16:50:35 UTC;
 Oceano Pacifico, 13,32°N 169,15°W



Apollo 12

Partenza: 14 novembre 1969, ore 16:22 UTC
 Astronauti: Charles "Pete" Conrad Jr., Richard F. Gordon Jr., Alan L. Bean
 Orbita selenocentrica: 101,1 x 122,4 km
 Inclinazione: 32,54° Periodo: 118,6 minuti
 Orbite completate dal CSM: 45
 Allunaggio: 19 novembre, ore 06:54:35 UTC
 Luogo di allunaggio: Oceano delle Tempeste 3,01°S 23,42°W
 Durata missione: 244,61 ore
 Permanenza sulla superficie: 31,5 ore
 Atterraggio: 24 novembre, ore 20:58:24 UTC;
 Oceano Pacifico, 15,78°S 165,15°W



Apollo 15

Partenza: 26 luglio 1971, ore 13:34 UTC
 Astronauti: David R. Scott, Alfred M. Worden, James B. Irwin
 Orbita selenocentrica: 101,5 x 120,8 km
 Inclinazione: 25° Periodo: 117,7 minuti
 Orbite completate dal CSM: 74
 Allunaggio: 30 luglio, ore 22:16:29 UTC
 Luogo di allunaggio: Hadley-Apennine 26,13°N 6,63°E
 Durata missione: 295,2 ore
 Permanenza sulla superficie: 66,91 ore
 Atterraggio: 7 agosto, ore 20:45:53 UTC;
 Oceano Pacifico, 26,12°N 158,13°W



Apollo 13

Partenza: 11 aprile 1970, ore 19:13 UTC
 Astronauti: James A. Lovell Jr., John L. Swigert Jr., Fred W. Haise Jr.
 Orbita selenocentrica: -
 Inclinazione: -
 Periodo: -
 Orbite completate CSM: -
 Allunaggio: missione abortita
 Luogo di allunaggio: -
 Durata missione: 142,91 ore
 Permanenza sulla superficie: -
 Atterraggio: 17 aprile, ore 18:07:41 UTC;
 Oceano Pacifico, 21,64 °S 165,36 °W



Apollo 16

Partenza: 16 aprile 1972, ore 17:54 UTC
 Astronauti: John W. Young, Thomas K. Mattingly II, Charles M. Duke, Jr.
 Orbita selenocentrica: 107 x 315 km
 Inclinazione: 32,54° Periodo: 117,9 minuti
 Orbite completate dal CSM: 64
 Allunaggio: 21 aprile, ore 02:23:35 UTC
 Luogo di allunaggio: Descartes Highlands 8,97°S 15,5°E
 Durata missione: 265,85 ore
 Permanenza sulla superficie: 71,04 ore
 Atterraggio: 27 aprile, ore 19:45:05 UTC;
 Oceano Pacifico, 0,72°S 156,22°W



Apollo 14

Partenza: 31 gennaio 1971, ore 21:03 UTC
 Astronauti: Alan B. Shepard, Jr., Stuart A. Roosa, Edgar D. Mitchell
 Orbita selenocentrica: 108,2 x 314,1 km
 Inclinazione: 31,12° Periodo: 117,5 minuti
 Orbite completate dal CSM: 34
 Allunaggio: 5 febbraio, ore 09:18:11 UTC
 Luogo di allunaggio: Fra Mauro 3,67°S 17,46 °W
 Durata missione: 216,03 ore
 Permanenza sulla superficie: 33,51 ore
 Atterraggio: 9 febbraio, ore 21:05 UTC;
 Oceano Pacifico, 27,02 °S 172,65 °W



Apollo 17

Partenza: 7 dicembre 1972, ore 05:33 UTC
 Astronauti: Eugene A. Cernan, Ronald E. Evans, Harrison H. Schmitt
 Orbita selenocentrica: 97 x 314,8 km
 Inclinazione: 28,5° Periodo: 118,2 minuti
 Orbite completate dal CSM: 75
 Allunaggio: 11 dicembre, ore 19:54:57 UTC
 Luogo di allunaggio: Taurus-Littrow 20,19°N 30,77°E
 Durata missione: 301,87 ore
 Permanenza sulla superficie: 74,99 ore
 Atterraggio: 19 dicembre, ore 19:24:59 UTC;
 Oceano Pacifico, 17,88°S 166,11°W



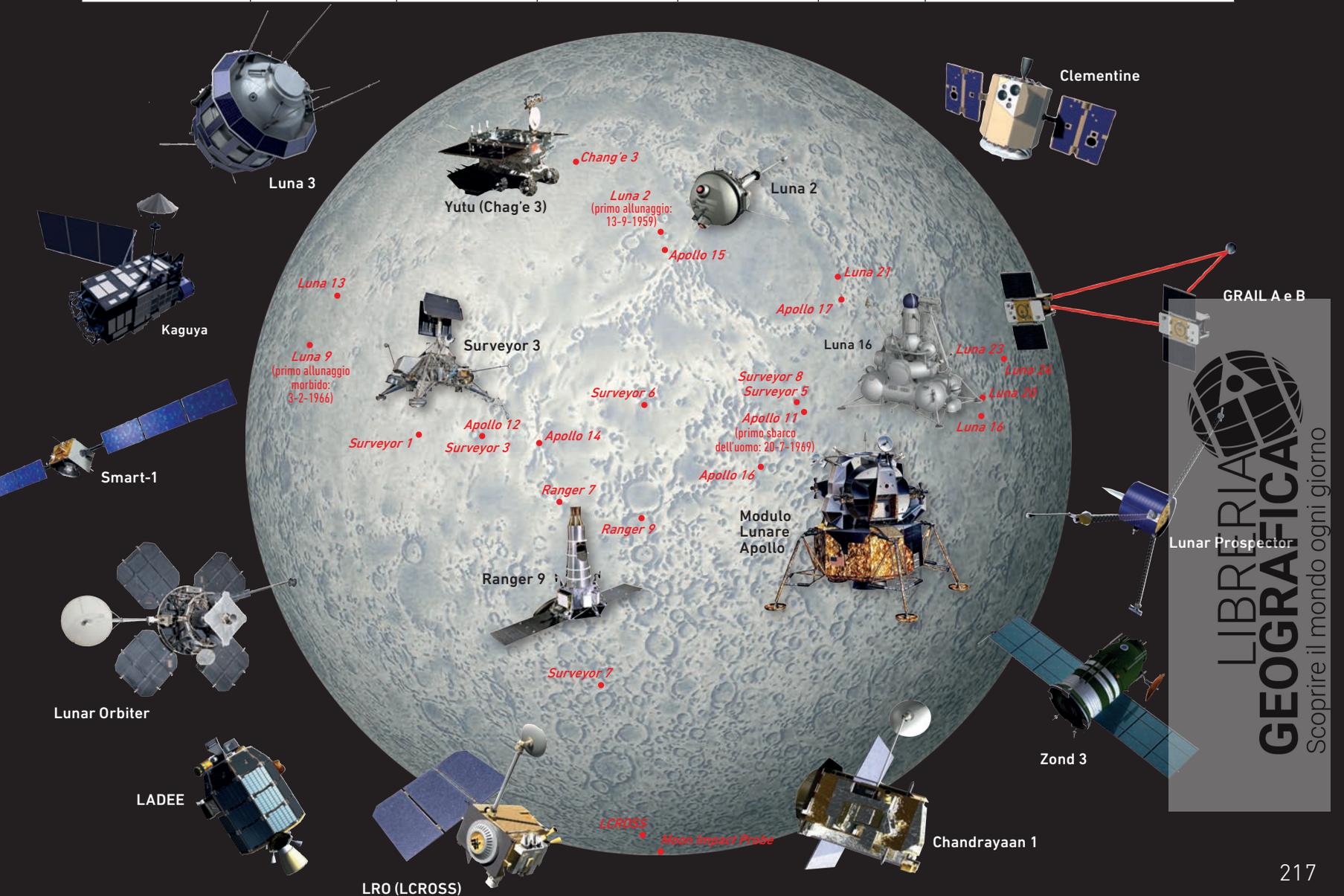
Le missioni lunari dalla A alla Z

NOME	AGENZIA SPAZIALE*	LANCIATORE	DATA DI LANCIO	DATA DI ARRIVO	MISSIONE	ESITO E NOTE (successo - fallimento)
Pioneer 0 (Able I)	USAF	Thor-Able I	17 agosto 1958	-	orbiter	il lanciatore esplode a 16 km di quota
Luna E-1 n°1	OKB-1	Luna 8K72	23 settembre 1958	-	impactor	fallimento del lancio
Pioneer 1 (Able II)	NASA	Thor-Able I	11 ottobre 1958	-	orbiter	fallito inserimento in orbita lunare
Luna E-1 n°2	OKB-1	Luna 8K72	12 ottobre 1958	-	impactor	fallimento del lancio
Pioneer 2 (Able III)	NASA	Thor Able I	8 novembre 1958	-	orbiter	fallito inserimento in orbita lunare
E-1 n°3	OKB-1	Luna 8K72	4 dicembre 1958	-	impactor	fallimento del lancio
Pioneer 3	NASA	Juno II	6 dicembre 1958	-	fly-by	fallito inserimento in orbita lunare
Luna 1 (Mechta, E-1 n°4)	OKB-1	Luna A-1	2 gennaio 1959	-	impactor	impatto fallito, fly-by a 5000 km
Pioneer 4	NASA	Juno II	3 marzo 1959	4 marzo 1959	fly-by	solo fly-by a grande distanza: 60 500 km
Luna E-1A n°1	OKB-1	Luna A-1	18 giugno 1959	-	impactor	fallimento del lancio
Luna 2 (E-1A n°2)	OKB-1	Luna A-1	12 settembre 1959	13 settembre 1959	impactor	primo impatto lunare
Pioneer P-1	NASA	Atlas C Able	-	-	fly-by	lanciatore esploso durante una prova statica
Luna 3 (E-2A n°1)	OKB-1	Luna A-1	4 ottobre 1959	6 ottobre 1959	fly-by	fly-by a 6200 km
Pioneer P-3	NASA	Atlas D Able	26 novembre 1959	-	orbiter	esplosione del lanciatore dopo 45 secondi
Luna 1960 A (E-3 n°1)	OKB-1	Luna 8K72	12 aprile 1960	-	fly-by	fallimento del lancio
Luna 1960 B (-3 n°2)	OKB-1	Luna 8K72	16 aprile 1960	-	fly-by	fallimento del lancio
Pioneer P-30	NASA	Atlas D Able	25 settembre 1960	-	orbiter	perso per guasto al secondo stadio del razzo
Pioneer P-31	NASA	Atlas D Able	15 dicembre 1960	-	orbiter	esplosione del lanciatore dopo 70 secondi
Ranger 3	NASA	Atlas-Agena B	26 gennaio 1962	-	impactor	solo fly-by a 37 000 km dalla Luna
Ranger 4	NASA	Atlas-Agena B	23 aprile 1962	26 aprile 1962	impactor	parziale successo: impatto sulla faccia nascosta
Ranger 5	NASA	Atlas-Agena B	18 ottobre 1962	-	impactor	solo fly-by a 725 km dalla Luna
Sputnik 25 (E-6 n°2)	OKB-1	Molniya-L 8K78L	4 gennaio 1963	-	lander	sonda perduta
Luna 1963 (E-6 n°3)	OKB-1	Molniya-L 8K78L	3 febbraio 1963	-	lander	sonda perduta
Luna 4 (E-6 n°4)	OKB-1	Molniya-L	2 aprile 1963	-	lander	solo fly-by a 8500 km dalla Luna
Ranger 6	NASA	Atlas-Agena B	30 gennaio 1964	2 febbraio 1964	impactor	parziale impatto ma nessun dato trasmesso
Luna 1964 A (E-6 n°6)	OKB-1	Molniya-M 8K78M	21 marzo 1964	-	lander	fallito inserimento in orbita terrestre
Luna 1964 B (E-6 n°5)	OKB-1	Molniya-M 8K78M	20 aprile 1964	-	lander	fallito inserimento in orbita terrestre
Ranger 7	NASA	Atlas-Agena B	28 luglio 1964	30 luglio 1964	impactor	trasmissione di 4306 immagini e impatto
Ranger 8	NASA	Atlas-Agena B	17 febbraio 1965	20 febbraio 1965	impactor	trasmissione di 7137 immagini e impatto
Kosmos 60 (E-6 n°9)	NPO Lavochkin	Molniya-L	12 marzo 1965	-	lander	perduto in orbita terrestre
Ranger 9	NASA	Atlas-Agena B	21 marzo 1965	24 marzo 1965	impactor	trasmissione di 5814 immagini e impatto
E-6 n°8	NPO Lavochkin	Molniya-L	10 aprile 1965	-	lander	fallimento del lancio
Luna 5 (E-6 n°10)	NPO Lavochkin	Molniya-M	9 maggio 1965	12 maggio 1965	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Luna 6 (E-6 n°11)	NPO Lavochkin	Molniya-M	8 giugno 1965	-	lander	solo fly-by a 160 000 km dalla Luna
Zond 3 (3MV-4 n°3)	NPO Lavochkin	SL-6/4-2-e	18 luglio 1965	20 luglio 1965	fly-by	fly-by a 9200 km dalla Luna
Luna 7 (E-6 n°11)	NPO Lavochkin	Molniya-M	4 ottobre 1965	7 ottobre 1965	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Luna 8 (E-6 n°12)	NPO Lavochkin	Molniya-M	3 dicembre 1965	6 dicembre 1965	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Luna 9 (E-6 n°13)	NPO Lavochkin	Molniya-M	31 gennaio 1966	6 febbraio 1966	lander	primo allunaggio morbido
Kosmos 111 (E-6S n°204)	NPO Lavochkin	Molniya-M	1 marzo 1966	-	orbiter	perduto in orbita terrestre
Luna 10 (E-6S n°206)	NPO Lavochkin	Molniya-M	31 marzo 1966	3 aprile 1966	orbiter	primo inserimento in orbita lunare
Luna 1966 A	NPO Lavochkin	Molniya-M	30 aprile 1966	-	lander	fallimento del lancio
Surveyor 1	NASA	Atlas-Centaur D	30 maggio 1966	2 giugno 1966	lander	secondo allunaggio morbido
Explorer 33	NASA	Delta E1	1 luglio 1966	-	orbiter	raggiunge solo l'orbita terrestre
Lunar Orbiter 1	NASA	Atlas-Agena D	10 agosto 1966	14 agosto 1966	orbiter	successo parziale; 211 immagini televisive
Luna 11 (E-6LF n°101)	NPO Lavochkin	Molniya-M	21 agosto 1966	28 agosto 1966	orbiter	successo parziale; operativo fino al 1 ottobre 1966
Surveyor 2	NASA	Atlas-Centaur D	20 settembre 1966	23 settembre 1966	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Luna 12 (E-6LF n°102)	NPO Lavochkin	Molniya-M	22 ottobre 1966	25 ottobre 1966	orbiter	immagini televisive
Lunar Orbiter 2	NASA	Atlas-Agena D	6 novembre 1966	10 novembre 1966	orbiter	184 immagini televisive
Luna 13 (E-6M n°205)	NPO Lavochkin	Molniya-M	21 dicembre 1966	24 dicembre 1966	lander	allunaggio morbido e trasmissione immagini
Lunar Orbiter 3	NASA	Atlas-Agena D	5 febbraio 1967	8 febbraio 1967	orbiter	182 immagini televisive
Kosmos 146	NPO Lavochkin	D1-e	10 marzo 1967	-	lander	raggiunge solo l'orbita terrestre
Kosmos 154	NPO Lavochkin	D1-e	8 aprile 1967	-	lander	raggiunge solo l'orbita terrestre
Surveyor 3	NASA	Atlas-Centaur D	17 aprile 1967	20 aprile 1967	lander	allunaggio morbido e trasmissione immagini
Lunar Orbiter 4	NASA	Atlas-Agena D	4 maggio 1967	8 maggio 1967	orbiter	163 immagini televisive
Surveyor 4	NASA	Atlas-Centaur D	14 luglio 1967	17 luglio 1967	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Explorer 35	NASA	Delta E1	19 luglio 1967	27 luglio 1967	orbiter	trasmissione di dati astrofisici
Lunar Orbiter 5	NASA	Atlas-Agena D	1 agosto 1967	5 agosto 1967	orbiter	213 immagini televisive
Surveyor 5	NASA	Atlas-Centaur D	8 settembre 1967	11 settembre 1967	lander	18 006 immagini televisive e analisi chimiche
Zond 1967 A (7K-L1 n°4L)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	27 settembre 1967	-	fly-by	fallimento del lancio
Surveyor 6	NASA	Atlas-Centaur D	7 novembre 1967	10 novembre 1967	lander	30 065 immagini televisive e analisi chimiche
Zond 1967 B (7K-L1 n°5L)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	22 novembre 1967	-	fly-by	fallimento del lancio
Surveyor 7	NASA	Atlas-Centaur D	7 gennaio 1968	10 gennaio 1968	lander	21 274 immagini televisive e analisi chimiche
Luna 1968 A (E-6LS n°112)	NPO Lavochkin	Molniya-M	7 febbraio 1968	-	orbiter	fallimento del lancio
Zond 4	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	2 marzo 1968	-	-	lancio di test
Luna 14 (E-6LS n°113)	NPO Lavochkin	Molniya-M	7 aprile 1968	10 aprile 1968	orbiter	trasmissione di dati astrofisici
Zond 1968 A (7K-L1 n°7L)	NPO Lavochkin	Molniya-M	22 aprile 1968	-	fly-by	fallimento del lancio
Zond 5 (7K-L1 n°9L)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	14 settembre 1968	18 settembre 1968	fly-by	primo fly-by con rientro a terra
Zond 6 (7K-L1 n°12L)	NPO Lavochkin	Proton K/11S824	10 novembre 1968	14 novembre 1968	fly-by	successo parziale; fly-by con fallito rientro a terra
Apollo 8	NASA	Saturn V	21 dicembre 1968	24 dicembre 1968	fly-by	prima missione umana intorno alla Luna
Zond 1969 A	NPO Lavochkin	Proton	5 gennaio 1969	-	fly-by	fallimento del lancio
7K-L1 n°13L	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	20 gennaio 1969	-	fly-by	fallimento del lancio
Luna 1969 A (E-8 n°201)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	19 febbraio 1969	-	lander/rover	fallimento del lancio
Zond L1S-1 (7K-L1S n°3)	NPO Lavochkin	N1	21 febbraio 1969	-	fly-by	fallimento del lancio
Luna 1969 B	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	15 aprile 1969	-	lander	fallimento del lancio
Apollo 10	NASA	Saturn V	18 maggio 1969	21 maggio 1969	orbiter	test per la missione successiva Apollo 11
Luna 1969 C (E-8-5 n°402)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	12 giugno 1969	-	lander	fallimento del lancio
Zond L1S-2 (7K-L1S n°5)	NPO Lavochkin	N1	3 luglio 1969	-	fly-by	fallimento del lancio
Luna 15 (E-8-5 n°401)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	13 luglio 1969	17 luglio 1969	lander	sonda perduta; probabilmente precipitata sulla Luna
Apollo 11	NASA	Saturn V	16 luglio 1969	20 luglio 1969	orbiter/lander	primo sbarco umano sulla Luna e ritorno

* USAF = United States Air Force OKB-1 = Opytnoe konstruktorskoe bjuro 1, Ufficio di progettazione sperimentale 1 (URSS) NASA = National Aeronautics and Space Administration (USA)1
 NPO Lavochkin = Lavochkin Research and Production Association (URSS) ISAS = Institute of Space and Astronautical Science (Giappone) ESA = European Space Agency
 JAXA = Japan Aerospace eXploration Agency (Giappone) CNSA = China National Space Administration (Cina) ISRO = Indian Space Research Organisation (India)

Le missioni lunari dalla A alla Z La conquista della Luna

NOME	AGENZIA SPAZIALE*	LANCIATORE	DATA DI LANCIO	DATA DI ARRIVO	MISSIONE	ESITO E NOTE (successo - fallimento)
Zond 7 (7K-L1 n°11L)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	7 agosto 1969	10 agosto 1969	fly-by	fly-by a 1200 km dalla Luna e ritorno
Kosmos 300 (E-8-5 n°403)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	23 settembre 1969	-	lander	raggiunge solo l'orbita terrestre
Kosmos 305 (E-8-5 n°404)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	22 ottobre 1969	-	lander	raggiunge solo l'orbita terrestre
Apollo 12	NASA	Saturn V	14 novembre 1969	19 novembre 1969	orbiter/lander	secondo sbarco umano sulla Luna e ritorno
Luna 1970 A (E-8-5 n°405)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	6 febbraio 1970	-	lander	fallimento del lancio
Luna 1970 B	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	19 febbraio 1970	-	lander	fallimento del lancio
Apollo 13	NASA	Saturn V	11 aprile 1970	-	orbiter/lander	esplosione a bordo; fly-by intorno alla Luna e ritorno
Luna 16 (E-8-5 n°406)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	12 settembre 1970	20 settembre 1970	lander	primo invio di campioni lunari in automatico
Zond 8 (7K-L1 n°14L)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	20 ottobre 1970	24 ottobre 1970	fly-by	fly-by a 1024 km e ritorno
Luna 17 (E-8 n°203)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	10 novembre 1970	17 novembre 1970	lander/rover	prima escursione lunare del rover Lunokhod
Apollo 14	NASA	Saturn V	31 gennaio 1971	5 febbraio 1971	orbiter/lander	terzo sbarco umano sulla Luna e ritorno
7K-LOK n°1	OKB-1	N1	26 giugno 1971	-	orbiter	fallimento del lancio
Apollo 15 (PFS-1 subsat.)	NASA	Saturn V	26 luglio 1971	30 luglio 1971	orbiter/lander/rover	quarto sbarco umano sulla Luna e ritorno
Luna 18 (E-8-5 n°407)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	2 settembre 1971	11 settembre 1971	lander	impatto non controllato e distruzione della sonda
Luna 19 (E-8-5 n°202)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	28 settembre 1971	3 ottobre 1971	orbiter	trasmissione di dati astrofisici
Luna 20 (E-8-5 n°408)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	14 febbraio 1972	21 febbraio 1972	lander	secondo invio di campioni lunari in automatico
Apollo 16 (PFS-2 subsat.)	NASA	Saturn V	16 aprile 1972	21 aprile 1972	orbiter/lander/rover	quinto sbarco umano sulla Luna e ritorno
Zond L3	OKB-1	N1	23 novembre 1972	-	orbiter	fallimento del lancio
Apollo 17	NASA	Saturn V	7 dicembre 1972	11 dicembre 1972	orbiter/lander/rover	sesto e ultimo sbarco umano sulla Luna e ritorno
Luna 21 (E-8 n°204)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	8 gennaio 1973	15 gennaio 1973	lander/rover	seconda escursione lunare del rover Lunokhod
Explorer 49 (RAE-B)	NASA	Delta 1913	10 giugno 1973	15 giugno 1973	orbiter	raccolta dati radioastronomici
Mariner 10	NASA	Atlas-Centaur D	3 novembre 1973	-	fly-by	mappatura polo nord lunare durante il fly-by
Luna 22 (E-8LS n°206)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	29 maggio 1974	2 giugno 1974	orbiter	raccolta dati ambientali
Luna 23 (E-8-5M n°410)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	28 ottobre 1974	2 novembre 1974	lander	impatto non controllato e danneggiamento della sonda
Luna 1975 A (E-8-5M n°412)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	13 ottobre 1975	-	lander	fallimento del lancio
Luna 24 (E-8-5M n°413)	NPO Lavochkin	Proton K/D 8K82K	9 agosto 1975	18 agosto 1975	lander	terzo invio di campioni lunari in automatico
Hiten (MUSES-A)	ISAS	Mu-3S-II	24 gennaio 1990	15 febbraio 1990	fly-by/orbiter	rilascio dell'orbiter Hagoromo
Clementine (DSPSE)	USAF/NASA	Titan II	25 gennaio 1994	19 febbraio 1994	orbiter	osservazioni scientifiche
Lunar Prospector	NASA	Athena II	7 gennaio 1998	11 gennaio 1998	orbiter	mappatura della Luna
SMART-1	ESA	Ariane 5G	27 settembre 2003	15 novembre 2004	orbiter	test per nuove tecnologie spaziali
Kaguya (SELENE)	JAXA	H-IIA 2022	14 settembre 2007	3 ottobre 2007	orbiter	ricerche geologiche e rilascio di due subsatelliti
Chang'e 1	CNSA	Chang Zheng 3A	24 ottobre 2007	5 novembre 2007	orbiter	mappatura della Luna
Chandrayaan 1	ISRO	PSLV-XL	21 ottobre 2008	8 novembre 2008	orbiter	dati scientifici, rilascio di un impactor
LRO (LCROSS)	NASA	Atlas V 401	18 giugno 2009	9 ottobre 2009	orbiter/impactor	conferma presenza di acqua sulla Luna
Chang'e 2	CNSA	Chang Zheng 3C	1 ottobre 2010	6 ottobre 2010	orbiter	mappatura della Luna ad alta risoluzione
GRAIL A / GRAIL B	NASA	Delta II 7920H	10 settembre 2011	31 dicembre 2011	orbiter	misura campo gravitazionale
LADEE	NASA	Minotaur 5	7 settembre 2013	6 ottobre 2013	orbiter	studio dell'esosfera lunare
Chang'e 3	CNSA	Chang Zheng 3B	1 dicembre 2013	14 dicembre 2013	lander/rover	rilascio rover Yutu
Chang'e 5-T1	CNSA	Chang Zheng 3C	23 ottobre 2014	27 ottobre 2015	fly-by	test di rientro della capsula Chang'e 5



LIBRERIA
GEOGRAFICA
Scoprire il mondo ogni giorno

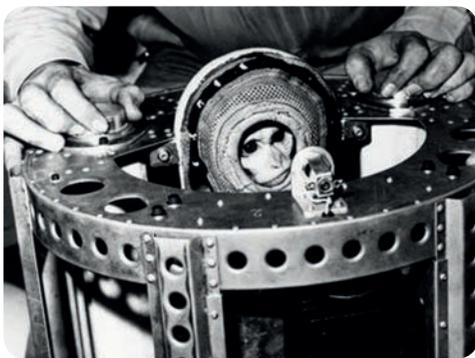
I grandi record dello spazio

ANIMALI NELLO SPAZIO

I primi animali in sub-orbita

Moscerini della frutta: razzo V2 (USA):
20 febbraio 1947 (sopravvissuti)

Macaco rhesus Albert II: razzo V2 (USA):
14 giugno 1949 (sopravvissuto)



Albert II

I primi animali in orbita

Cagnetta Laika: Sputnik 2 (URSS):
3 novembre 1957 (deceduta)

Cani Belka e Strelka: Korabl-Sputnik 2 (URSS):
19 agosto 1960 (sopravvissuti)

Scimpanzé Enos: Mercury Atlas 5 (USA):
29 novembre 1961 (sopravvissuto)

Due tartarughe, mosche, vermi, batteri e semi:
Zond 5 (URSS): 15 settembre 1968 (fly-by lunare,
primi esseri viventi intorno alla Luna)

UOMINI E DONNE NELLO SPAZIO

I primi uomini in orbita¹

Jurij A. Gagarin (URSS): Vostok 1: 12 aprile 1961
John H. Glenn (USA): Mercury-Atlas 6: 20 feb. 1962
Yang Liwei (Cina): Shenzhou 5: 15 ottobre 2003



Jurij A. Gagarin

Le prime donne in orbita¹

Valentina V. Tereshkova (URSS): Vostok 6:
16-19 giugno 1963
Sally K. Ride (USA): STS-7: 18-24 giugno 1983
Liu Yang (Cina): Shenzhou 5: 16-29 giu. 2012

Le prime EVA²

Aleksey A. Leonov (URSS): Voshkod 2:
18 marzo 1965
Svetlana Y. Savitskaya (URSS): Salyut 7:
25 luglio 1984

Permanenza totale²

Gennady I. Padalka (Russia):
878 giorni 11 ore 31 minuti durante 5 missioni
su Soyuz, Shuttle, Mir e ISS.
Peggy A. Whitson (USA):
665 giorni 22 ore 22 minuti durante 3 missioni
su Shuttle, Soyuz e ISS



Gennady Padalka

Permanenza consecutiva²

Valeri V. Polyakov (Russia):
437 giorni 17 ore 58 minuti a bordo della Mir
(missione Soyuz TM-18 / Soyuz TM-20)
Peggy A. Whitson (USA):
289 giorni 5 ore 1 minuto a bordo della ISS
durante la missione Expedition 50/51/52

Permanenza consecutiva solitaria

Valery F. Bykovsky (URSS): Vostok 5:
4 giorni 23 ore: 14-19 giugno 1963

La più lunga permanenza sulla Luna

Eugene A. Cernan e Harrison H. Schmitt (USA):
Apollo 17: **74 ore, 59 minuti, 40 secondi**:
11-14 dicembre 1972

Il maggior numero di missioni

Franklin Chang-Diaz (USA), 1986-2002 e
Jerry Ross Both (USA), 1985-2002: **sette**

Il maggior numero di EVA

Anatoly W. Solovyev (URSS/Russia):
16 EVA per un totale di 77 ore 41 minuti
Peggy A. Whitson (USA):
10 EVA per un totale di 60 ore 21 minuti

L'EVA più lunga della storia

Susan J. Helms e James S. Voss (USA):
8 ore 56 minuti: ISS, 11 marzo 2001

L'orbita geocentrica più alta

Charles "Pete" Conrad Jr. e
Richard F. Gordon Jr. (USA): equipaggio Gemini 11
apogeo a 1369 km, 14 settembre 1976

Gli uomini più lontani dalla Terra

Jim A. Lovell, Fred W. Haise e Jack L. Swigert
(USA), equipaggio Apollo 13:
400 171 km dalla Terra, 15 aprile 1970



L'equipaggio di Apollo 13 con il Presidente Nixon

La maggiore velocità raggiunta

Thomas P. Stafford, John W. Young e
Eugene A. Cernan (USA), equipaggio Apollo 10:
39 897 km/ora, 26 maggio 1969

I più giovani nello spazio²

German S. Titov (URSS), Vostok 2,
6 agosto 1961: **25 anni**
Valentina Tereshkova (URSS), Vostok 6,
16-19 giugno 1963: **26 anni**

I più anziani nello spazio²

John W. Glenn (USA), STS-95,
7 novembre 1998 (rientro): **77 anni**
Peggy A. Whitson (USA), Soyuz MS-03,
3 settembre 2017 (rientro): **57 anni**



Peggy A. Whitson

I primi uomini sulla Luna

Neil A. Armstrong e Edwin E. "Buzz" Aldrin Jr.
(USA), Apollo 11, 20 luglio 1969

Il maggior numero di esseri umani nello spazio contemporaneamente

STS-125, ISS 2J/A, luglio 2009:
13 persone: **Mark Polansky, Doug Hurley,**
Christopher Cassidy, Tom Marshburn, Dave
Wolf, Koichi Wakata e Julie Payette (equipaggio Shuttle). **Gennady Padalka, Roman Romanenko,**
Robert Thirsk, Frank de Winne, Mike Barratt e
Tim Kopra (equipaggio ISS)

Il primo "turista" dello spazio

Dennis Tito (USA), Soyuz TM-32-31, ISS EP-1,
28 aprile-6 maggio 2001
Ha pagato 20 milioni di dollari USA

OGGETTI NELLO SPAZIO

Le "prime"

Sputnik 1 (PS-1 o Prosteyskiy Sputnik-1, URSS):
4 ottobre 1957 (primo satellite in orbita geocentrica, 1140 orbite in 21 giorni)



Sputnik 1

Luna 1 (Mechta 1 o Lunik 2 o E-1 N°4, URSS):
1-2 gennaio 1959 (primo fly-by lunare)

Luna 2 (Lunik 2 o E-1A, URSS):

13 settembre 1959 (primo impatto lunare)

Luna 3 (Lunik 3 o E-2A N°1, URSS):

7 ottobre 1959 (prima immagine della faccia nascosta della Luna e primo gravity assist)

Mariner 2 (USA/NASA): 14 dicembre 1962

(primo rendez-vous con un altro pianeta; primo fly-by di Venere)

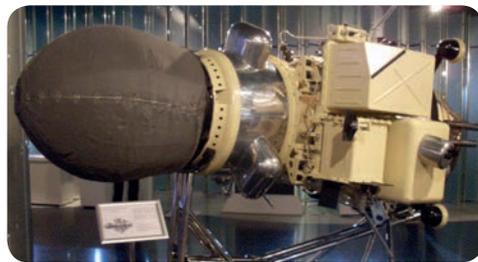
Mariner 4 (USA/NASA): 14-15 giugno 1964

(primo fly-by di Marte)

Venera 3 (URSS): 1° marzo 1965

(primo impatto su un altro pianeta, Venere)

Luna 9 (URSS): 31 gen. 1966 (primo atterraggio morbido su un altro corpo celeste, la Luna)



Luna 9

Venera 3 (URSS): 1° marzo 1966 (primo impatto su un altro pianeta, Venere)

Luna 10 (URSS): 10-31 marzo 1966

(primo orbiter intorno alla Luna)

Zond 5 (URSS): 15 settembre 1968

(primo fly-by lunare con rientro a terra)

Venera 7 (URSS): 17 agosto 1970

(primo atterraggio morbido su un altro pianeta, Venere)

Luna 16 (URSS): 12 settembre 1970

(primo rientro automatico a terra di campioni lunari)

Luna 17 (URSS): 1-10 novembre 1970

(primo rover robotico: Lunokhod 1 sulla Luna)

Salyut 1 (URSS): 19 aprile 1971

(primo laboratorio in orbita intorno alla Terra)

Mariner 9 (USA/NASA): 9-30 maggio 1971

(primo orbiter intorno a Marte)

Mars 2 (URSS): 19 maggio 1971

(primo impatto su Marte)

Mars 3 (URSS): 2 dicembre 1971

(primo atterraggio morbido su Marte, con insignificante trasmissione dati)

Pioneer 10 (USA/NASA): 3 marzo 1972

(primo fly-by di Giove)

Pioneer 11 (USA/NASA): 5 aprile 1973

(primo fly-by di Saturno)

Mariner 10 (USA/NASA): 4 novembre 1973

(primo fly-by di Mercurio)

Venera 9 (URSS): 8 giugno 1975

(primo orbiter intorno a Venere)

Viking 1 (USA/NASA): 20 agosto 1975

(primo atterraggio morbido su Marte con trasmissione dati)

Voyager 2 (USA/NASA):

24 gennaio 1986 (primo fly-by su Urano)

25 agosto 1989 (primo fly-by su Nettuno)

Mir (URSS/Russia): 20 febbraio 1986 (prima stazione orbitale: lancio del primo modulo)



Mir

Galileo (USA/NASA): 29 ottobre 1991

(primo fly-by di un asteroide: Gaspra)

NEAR Shoemaker (USA/NASA): 12 febbraio 2001

(primo impatto su un asteroide: Eros)

Mars Pathfinder (USA/NASA): 4 dicembre 1996

(primo rover su Marte: Sojourner)

Cassini-Huygens (USA/NASA-ESA-Italia/ASI):

1 luglio 2004 (primo orbiter intorno a Saturno)

14 gennaio 2005 (primo atterraggio morbido su un satellite di un altro pianeta: Titano)

ISS-International Space Station: 20 novembre 1998

(lancio del primo modulo: Zarya)

Stardust (USA/NASA): 15 gennaio 2006

(primo rientro a terra di campioni cometari)

Hayabusa (Giappone/JAXA-ISAS): 13 giugno 2010

(primo rientro a terra di campioni asteroidali)

Rosetta (ESA): 6 agosto 2014 (primo orbiter

intorno a una cometa: 67P CG.

12 novembre 2014 (primo atterraggio morbido

di un lander su una cometa: Philae su 67P CG)

New Horizons (USA/NASA): 14 luglio 2015

(primo fly-by di Plutone)

Distanze

Voyager 1 (USA/NASA): l'oggetto costruito dall'uomo più lontano dalla Terra: **140 UA = 20,944 miliardi di km** (al 30 settembre 2017)



Voyager 1

Opportunity (MER-2, USA/NASA): il rover che ha percorso la maggior distanza su un altro corpo celeste: **45,01 km** (al 30 settembre 2017)

Velocità

Juno (USA/NASA): l'oggetto costruito dall'uomo più veloce di sempre: **265 000 km/ora** (rispetto alla Terra), 4 luglio 2016

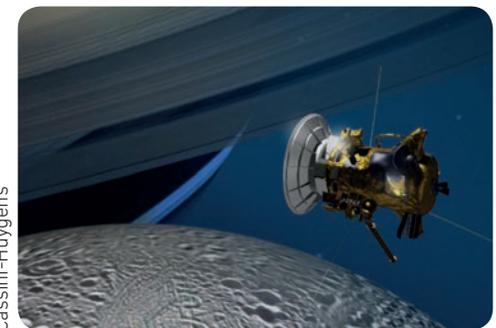
Dimensioni e massa

ISS, International Space Station, l'oggetto orbitante intorno alla Terra con la maggiore massa: **419 455 kg**

Space Shuttle Atlantis (STS-117), il veicolo spaziale con la maggiore massa che abbia mai raggiunto l'orbita geocentrica: **122 683 kg;** 8-22 giugno 2007

Apollo CSM-LM (USA/NASA), il veicolo spaziale con la maggior massa che abbia raggiunto l'orbita lunare: **55 200 kg,** (1968-1972)

Cassini-Huygens (USA/NASA-ESA-Italia/ASI), la sonda con la maggior massa che abbia lasciato il sistema Terra-Luna: **5655 kg,** 1997-2017



Cassini-Huygens

Sprites sat (Manchester University), il più piccolo oggetto mai lanciato nello spazio: **3,5 cm di lato, 4 g di massa,** 23 giugno 2017

Explorer 49 (o RAE-B, USA/NASA), il più grande oggetto mai lanciato nello spazio: **460 m circa di larghezza** (grazie a quattro antenne lineari disposte a croce), 10 giugno 1973

Costi

I più costosi programmi spaziali della storia:

Space Transport System (Shuttle) 1982-2011

196 miliardi di dollari (stima)

ISS, International Space Station, 1998-oggi

160 miliardi di dollari (stima)

Programma Apollo, 1967-1972 (1975)

24,5 miliardi di dollari

Global Positioning system (GPS), 1978-oggi

12 miliardi di dollari

JWST, James Webb Space Telescope, dal 2018

8,8 miliardi di dollari



Space Shuttle

Glossario

Afelio e Perielio

Punto dell'orbita di un corpo celeste del Sistema Solare che si trova alla massima distanza dal Sole. Il punto più vicino è detto "perielio"

Alto e basso guadagno

Un'antenna ad alto guadagno (*High Gain Antenna*) è un'antenna direzionale che, grazie alla parabola che di solito la correda, è in grado di captare (o trasmettere) lungo una fascia discretamente ampia ma in un'unica e precisa direzione. Molto utilizzate sulle sonde spaziali per la grande capacità di trasmissione, necessitano di meccanismi di puntamento molto accurati. Al contrario, un'antenna a basso guadagno (*Low Gain Antenna*) è di tipo omnidirezionale (non deve quindi essere puntata) ma trasmette lungo un fascio molto più stretto ed è quindi di bassa potenza e suscettibile di perdita di segnale.

Anno luce

Unità di misura di lunghezza usata in astronomia. Corrisponde alla distanza percorsa in un anno da un raggio di luce ed equivale a circa 9461 miliardi di km = 63241,1 UA.

Antimateria

Sostanza costituita da antiparticelle, corrispondente per massa alla materia ordinaria, ma aventi alcune caratteristiche (ad esempio la carica elettrica), di segno opposto. In origine materia e antimateria si equivalevano, mentre oggi la prima ha decisamente superato la seconda. La ragione di ciò è oggetto di studio.

Apoastro e Periastro

Lo stesso di apogeo e perigeo, ma riferiti a un corpo celeste diverso dalla Terra.

Apogeo e perigeo

Storicamente è il punto più lontano dal centro della Terra, raggiunto da un corpo celeste che vi ruota intorno lungo un'orbita ellittica geocentrica (il punto più vicino è detto "perigeo"). Nella moderna meccanica celeste, la sua distanza si misura dal centro gravitazionale del sistema. Apogeo e perigeo sono detti anche "apoapside" e "periapside" e la linea che li congiunge è chiamata "linea degli apsi".

Asse di rotazione

Retta immaginaria passante per il centro di un corpo celeste e attorno alla quale lo stesso ruota su se stesso. Per analogia è utilizzato anche per le sonde spaziali che si stabilizzano ruotando.

Astrofisica

Branca dell'astronomia e della fisica che studia le proprietà e i fenomeni fisici riguardanti i corpi celesti e le loro dinamiche.

Campo geomagnetico

Fenomeno fisico riguardante la Terra e assimilabile al campo generato da un dipolo magnetico. I poli magnetici terrestri non coincidono con quelli geografici e attualmente differiscono di circa 11,30° rispetto all'asse di rotazione terrestre. Le origini di questo campo sono probabilmente ricercabili nel comportamento interno del pianeta che ricorda una dinamo ad autoeccitazione. Moltissimi altri corpi celesti generano un loro campo magnetico.

Congiunzione

Situazione in cui due oggetti celesti appaiono molto vicini in cielo per effetto della prospettiva. Si parla di congiunzione, in particolare, per i pianeti rispetto al Sole e tra di loro.

Doppler, effetto-

Variazione di frequenza di un fenomeno ondulatorio (come la luce o il suono) quando la sorgente e l'osservatore risultano in moto l'uno rispetto all'altro.

Eclisse

Fenomeno in cui un corpo celeste si interpone tra l'osservatore e un altro corpo impedendone la vista. Nelle eclissi di Sole, la nostra stella viene nascosta alla vista dalla Luna. Le eclissi di Luna si verificano invece quando il nostro satellite cade nel cono d'ombra proiettato dalla Terra nello spazio e ne viene oscurato.

Eclittica

Piano orbitale della Terra nel suo moto di rivoluzione attorno al Sole. Proiettata sulla sfera celeste, è il percorso apparente del Sole nel cielo. Le costellazioni che attraversa sono dette "zodiacali".

Energia oscura

Ipotetica forma di energia non direttamente rilevabile, diffusa nello spazio. Si stima che rappresenti circa il 68% della massa-energia universale, di cui la gran parte sfugge agli attuali metodi di rilevazione. Costituisce un'indispensabile componente teorica del modello standard basato sul Big Bang. Inoltre, la sua supposta presenza è necessaria per spiegare l'espansione accelerata dell'Universo.

Fotodiodo

Il diodo è un componente elettronico passivo in grado di permettere il flusso di corrente elettrica in un verso e di bloccarla quasi totalmente nell'altro. Il fotodiodo è un particolare tipo di diodo che, sfruttando l'effetto fotovoltaico (la capacità di riconoscere una determinata lunghezza d'onda elettromagnetica incidente), la trasforma in segnale elettrico applicando ai suoi estremi un opportuno potenziale. Trasforma quindi un impulso ottico in un impulso elettrico. È utilizzato con grande

frequenza in tutti quei dispositivi (spettrometri e fotorivelatori) atti all'analisi dello spettro elettromagnetico

Fotone

Il "quanto" di luce, cioè la particella energetica elementare propria della radiazione elettromagnetica luminosa.

Galassia

Oggetto celeste composto da centinaia di miliardi di stelle, polveri e gas mantenuti uniti dalla gravità. Costituita da un nucleo centrale dove si concentra molta materia stellare, si sviluppa verso l'esterno secondo schemi morfologici diversi (forma ellittica, lenticolare, a spirale o irregolare).

Infrarosso

La radiazione infrarossa (IR) è la radiazione elettromagnetica con banda di frequenza dello spettro intermedia tra quella della luce visibile, e quella delle onde radio, ovvero con lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm. Il termine significa "sotto il rosso", perché il rosso è il colore visibile con la frequenza più bassa.

Interferometria

Metodo di misura che sfrutta le interferenze fra onde coerenti, permettendo di eseguire misurazioni di distanze e spostamenti dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda utilizzata.

Ionizzazione

Generazione di uno o più ioni grazie alla rimozione o addizione di elettroni da atomi o molecole causati da collisioni particellari o assorbimento radioattivo.

Kuiper, Fascia di-

Detta anche "Fascia di Edgeworth-Kuiper" (dal nome dei due astronomi che l'hanno teorizzata, Kenneth Edgeworth e Gerard Kuiper) è una regione del Sistema Solare che si estende dall'orbita di Nettuno (circa 30 UA) fino a 50 UA dal Sole. Vi si trovano corpi minori del Sistema Solare simili agli asteroidi della Fascia Principale oppure composti da gas congelati, come ammoniaca, metano e acqua.

Lunghezza d'onda

Distanza tra due creste o fra due ventri di un'onda elettromagnetica o d'altra natura.

Magnitudine apparente

Misura della luminosità di un corpo celeste in funzione del punto di osservazione (di solito la Terra). Maggiore è la luminosità del corpo celeste, minore è il valore numerico della magnitudine. Dato che un oggetto molto luminoso può apparire debole solo perché si trova a una grande distanza dal punto di osservazione, questa misura non

indica la luminosità intrinseca dell'oggetto celeste che viene invece definita "magnitudine assoluta".

Materia

Qualsiasi cosa che abbia massa e che occupi spazio; in fisica-chimica, la sostanza di cui gli oggetti sono composti, escludendo quindi l'energia che ha una natura diversa.

Multipli e frazioni del Sistema Internazionale

deca	da	10 ¹	deci	d	10 ⁻¹
etto	h	10 ²	centi	c	10 ⁻²
chilo	k	10 ³	milli	m	10 ⁻³
mega	M	10 ⁶	micro	μ	10 ⁻⁶
giga	G	10 ⁹	nano	n	10 ⁻⁹
tera	T	10 ¹²	pico	p	10 ⁻¹²
peta	P	10 ¹⁵	femto	f	10 ⁻¹⁵
exa	E	10 ¹⁸	atto	a	10 ⁻¹⁸
zetta	Z	10 ²¹	zepto	z	10 ⁻²¹
yotta	Y	10 ²⁴	yocto	y	10 ⁻²⁴

Moto retrogrado

Movimento posseduto da un corpo celeste quando ruota su se stesso oppure orbita nel verso opposto al moto diretto, cioè contrario a quello atteso.

Opposizione

Situazione in cui due oggetti celesti appaiono da parti opposte rispetto al Sole. In particolare si parla di opposizione nel caso dei pianeti.

Oort, nube di-

Nube sferica localizzata indicativamente tra 20 000 e 100 000 UA dal Sole. Benché mai osservata direttamente, si ritiene sia il luogo d'origine delle comete di lungo periodo e ne contenga a miliardi. Si ipotizza inoltre che la nube di Oort sia un residuo della nebulosa originale da cui si formarono il Sole e i pianeti.

Orbita

Percorso curvo chiuso (a causa della forza gravitazionale) che un oggetto celeste compie nello spazio intorno a un altro. Si usa anche nel caso di satelliti artificiali e sonde spaziali.

Orbita eliocentrica

Qualsiasi tipo di orbita intorno al Sole. I pianeti, le comete e gli asteroidi del Sistema Solare sono in orbita eliocentrica così come numerose sonde spaziali indipendentemente dal fatto che studino il Sole o meno.

Orbita eliosincrona

Si tratta di una particolare orbita geocentrica che combina altezza e inclinazione in modo tale che un oggetto posto su di essa, si trovi sulla perpendicolare di ogni punto sorvolato della superficie terrestre sempre alla stessa ora solare locale. In questo modo l'illuminazione del Sole di quel punto risulta essere la stessa ad ogni passaggio, e le immagini riprese risultano così confrontabili nel tempo. L'orbita eliosincrona ha inclinazioni di 95-100° sul piano equatoriale e quota variabile fra 600 e 800 km.

Orbita geocentrica

Qualsiasi tipo di orbita intorno alla Terra. La Luna ne percorre una molto lontana, mentre i satelliti

artificiali, la ISS e molti osservatori spaziali seguono orbite molto più ristrette: *LEO*, *Low Earth Orbit* (fino a 2000 km di altezza), oppure *MEO*, *Medium Earth Orbit* (da 2000 a 35 786 km di altezza). Un oggetto inviato in orbita a quest'ultima quota si dice "geosincrono" o "in orbita geostazionaria" in quanto la percorre alla stessa velocità di rotazione della Terra e quindi rimane sempre perpendicolare allo stesso punto della superficie terrestre.

Parallasse

Angolo formato da due linee di vista che puntano lo stesso oggetto da una distanza convenzionale (il raggio terrestre o il semiasse maggiore dell'orbita della Terra intorno al Sole). Viene usato per il calcolo delle distanze cosmiche.

Parsec

Un parsec è la distanza alla quale si deve trovare una stella per poter vedere il semiasse maggiore dell'orbita terrestre sotto l'angolo di un secondo d'arco (parallasse annua). Un parsec corrisponde a circa 3,26 anni luce.

Pianeta

Oggetto celeste in movimento orbitale attorno a una stella e che non produce energia tramite fusione nucleare. Secondo l'IAU ha una massa sufficiente da averlo reso sferoidale e una gravità tale da mantenere "pulita" la sua fascia orbitale. Con l'affinamento degli strumenti per lo studio dello spazio profondo, ogni anno si conferma la scoperta di decine di esopianeti, corpi celesti di tipo planetario al di fuori del Sistema Solare. Ormai sono quasi 3000.

Pianeta nano

Oggetto celeste di tipo planetario caratterizzato da una massa sufficiente a conferirgli una forma approssimativamente sferica, ma la cui forza gravitazionale non è stata in grado di "ripulire" la propria fascia orbitale da altri oggetti.

Plasma

Gas ionizzato, costituito da elettroni e ioni, la cui carica elettrica totale è nulla. Il plasma è considerato il quarto stato della materia.

Raggi gamma

Radiazione elettromagnetica ad alta energia prodotta dal decadimento nucleare o da processi subatomici. L'alta frequenza che li caratterizza li rende tra le radiazioni più pericolose per gli esseri viventi.

Raggi X

Chiamati anche raggi Röntgen, occupano la porzione di spettro elettromagnetico con lunghezza d'onda compresa tra 10 nanometri e 1/1000 di nanometro. I raggi X, dopo i raggi gamma, sono i più energetici.

Red-shift

Letteralmente "spostamento verso il rosso": viene così definito il comportamento spettroscopico che, conseguentemente all'effetto Doppler, mostrano le onde luminose emesse da una stella o da una galassia che si allontana dal punto di osservazione. Fu scoperto dall'astronomo Edwin Hubble.

Rivoluzione

Movimento orbitale di un corpo celeste attorno a un altro. Per esempio, si parla di rivoluzione nel caso di un pianeta che ruota attorno al Sole o di un satellite artificiale in orbita attorno alla Terra.

Rotazione

Si definisce tale il movimento che un corpo celeste compie ruotando su se stesso intorno a una direzione fissa (l'asse di rotazione).

Satellite naturale e artificiale

Oggetto celeste che orbita attorno a un altro corpo che non sia una stella. Si parla di satelliti naturali nel caso delle lune dei vari pianeti e di satelliti artificiali nel caso di manufatti che orbitano attorno alla Terra.

Sonda spaziale

Oggetto costruito dall'uomo con lo scopo di uscire dall'orbita bassa geocentrica e raggiungere un altro corpo celeste in modalità fly-by (passaggio ravvicinato), orbitale (in grado di ruotargli stabilmente intorno) oppure atterraggio (in caduta libera o retrofrenato e quindi a impatto morbido)

Spettro elettromagnetico

Insieme delle onde elettromagnetiche di tutte le lunghezze d'onda. Lo spettro elettromagnetico comprende le onde radio, gli infrarossi, la luce visibile, gli ultravioletti, i raggi X e i raggi gamma.

Spettroscopia

Studio e misura dello spettro luminoso. Oggi il termine si è esteso alle particelle (atomi, molecole o altro) in funzione della loro energia, lunghezza d'onda, frequenza o massa. Gli strumenti di misura sono chiamati spettrometri o spettrofotometri.

Tempo Universale

Detto anche UTC (*Universal Time Coordinated*) è il tempo di riferimento degli osservatori astronomici. Per convenzione, coincide con il tempo dell'Osservatorio di Greenwich, in Inghilterra; è detto anche GMT (*Greenwich Mean Time*).

Unità Astronomica

UA, unità di misura della distanza in astronomia, definita come la distanza media tra la Terra e il Sole. Un'UA corrisponde a 149 597 870,7 km.

Velocità di fuga

Velocità minima iniziale che bisogna imprimere a un oggetto per poterlo allontanare definitivamente da una sorgente di campo gravitazionale (ad esempio un razzo che lascia la superficie terrestre).

Vento solare

Flusso di particelle cariche emesso dal Sole. Tale flusso è principalmente composto da elettroni e protoni che sfuggono alla gravità solare grazie all'energia cinetica e all'alta temperatura della corona che accelera ulteriormente le particelle.

Zenith

Punto della sfera celeste a perpendicolo sopra la testa di un osservatore.