I'm not a robot

Apollo que explodiu

Former aerospace manufacturer in the United States Not to be confused with North American Airlines. North American AviationIndustryAerospaceFounded1928; 97 years ago (1928)FoundersClement Melville KeysDefunctMarch 1967 (1967-03)FateMergerSuccessorNorth American RockwellHeadquartersLos Angeles, California, United States of AmericaKey peopleJohn Leland AtwoodJames H. KindelbergerHarold RaynorHarrison StormsParentGeneral Motors(1933–1948)DivisionsAtomics InternationalAutoneticsRocketdyne North American Aviation (NAA) was a major American aerospace manufacturer that designed and built several notable aircraft and spacecraft. Its products included the T-6 Texan trainer, the P-51 Mustang fighter, the B-25 Mitchell bomber, the F-86 Sabre jet fighter, the X-15 rocket plane, the XB-70 bomber, the B-1 Lancer, the Apollo command and service module, the second stage of the Saturn V rocket, and the Space Shuttle orbiter. Through a series of mergers and sales, North American Aviation became part of North American Rockwell, which later became Rockwell International, and is now part of Boeing. On December 6, 1928, Clement Melville Keys founded North American as a holding company that bought and sold interests in various airlines and aviation-related companies. However, the Air Mail Act of 1934 forced the breakup of such holding companies. North American became a manufacturing company, run by James H. "Dutch" Kindelberger, who had been recruited from Douglas Aircraft Company. NAA did retain ownership of Eastern Air Lines until 1938.[1] In 1933, the General Motors Corporation purchased a controlling interest in NAA, and merged it with the General Aviation Manufacturing Corporation, but retained the name North American Aviation.[2][3] Kindelberger moved the company's operations from Dundalk, Maryland to Los Angeles, California, which allowed flying year-round, and decided to focus on training aircraft, on the theory that it would be easier than trying to compete with established companies on larger projects. NAA's first planes were the GA-15 observation plane and the GA-16 trainer, followed by the O-47 and BT-9, also called the GA-16.[1] P-51D-5-NA Mustang The BC-1 of 1937 was North American's first combat aircraft; it was based on the GA-16.[1] In 1940, like other manufacturers, North American started gearing up for war, opening factories in Columbus, Ohio, Dallas, Texas, and Kansas City, Kansas.[1] North American ranked eleventh among United States corporations in the value of wartime production contracts.[4] B-25 Mitchell bomber production line at the North American Aviation plant, Inglewood, California, October 1942. The plane's outer wings have yet to be added, which enables the two side-by-side assembly lines to be closer together. The outer wings will be attached outdoors, in the "sunshine" assembly line.[5] Aircraft workers on lunch break in Inglewood, 1942 North American's follow-on to the BT-9 was the T-6 Texan trainer, of which 17,000 were built, making it the most widely used trainer ever. The twin-engine B-25 Mitchell bomber achieved fame in the Doolittle Raid and was used in all combat theaters of operation. The P-51 Mustang was initially produced for Britain as an alternative to the Curtiss P-40 Warhawk, which North American had declined to produce under licence.[6][7] The derivative A-36 Mustang was developed as a ground attack aircraft and dive bomber. This was done, in part, to keep the airframe in production as the US Army Air Corps had not yet decided to purchase the type as a fighter. A suggestion by the RAF that North American switch the P-51's powerplant from its original Allison engine to the Rolls-Royce Merlin engine may have been one of the most significant events in World War II aviation, as it transformed the P-51 into what many consider to be the best American fighter of the war.[1][8][9][10] Labor troubles became a grave issue in 1941. During the 22 months from August 1939 to June 1941 Stalin and Hitler supported each other as war raged in Europe. In the U.S., local union officials opposed American aid to Britain's war against Germany. They called strikes in war industries that were supplying Lend Lease to Britain. The United Auto Workers (UAW) won the election over the International Association of Machinists and represented all the employees at the North American factory in Inglewood, California. UAW negotiators demanded the starting pay be raised from 50 cents an hour to 75 cents, plus a 10 cents raise for the 11,000 current employees. The national union had made a no-strike pledge but suddenly a wildcat strike by the local on June 5 closed the plant that produced a fourth of the fighters. The UAW national leader Richard Frankensteen flew in but was unable to get the workers to return. So Washington intervened. With the approval of national CIO leadership, President Franklin Roosevelt on June 8 sent in the California national guard to reopen the plant with bayonets. Strikers were told to return immediately or be drafted into the US Army.[11] They sullenly complied. However, when Germany suddenly invaded the USSR on June 22, the Communist activists suddenly became the strongest supporters of war production; they crushed wildcat strikes.[12][13][14] Post-war, North American's employment dropped from a high of 91,000 to 5,000 in 1946. On V-J Day, North American had orders from the U.S. government for 8,000 aircraft. A few months later, that had dropped to 24.[1] Two years later in 1948, General Motors divested NAA as a public company. Nevertheless, NAA continued with new designs, including the T-28 Trojan trainer and attack aircraft, the F-82 Twin Mustang fighter, B-45 Tornado jet bomber, the FJ Fury fighter, AJ Savage, the revolutionary XB-70 Valkyrie Mach-3 strategic bomber, Shrike Commander, and T-39 Sabreliner business jet. XB-70 Valkyrie The Columbus, Ohio division of North American Aviation was instrumental in the exclusive development and production of the A-5 Vigilante, an advanced high speed attack aircraft that saw significant use as a naval reconnaissance aircraft during the Vietnam War, the OV-10 Bronco, the first aircraft specifically designed for forward air control (FAC), and counter-insurgency (COIN) duties, and the T-2 Buckeye Naval trainer, which would serve from the late 1950s until 2008 and be flown in training by virtually every Naval Aviator and Naval Flight Officer in the US Navy and US Marine Corps for four decades. The Buckeye's name would be an acknowledgment to the state tree of Ohio, as well as the mascot of Ohio State University. The North American F-86 Sabre started out as a redesigned Fury and achieved fame shooting down MiGs in the Korean War. Over 9,000 F-86s were produced. Its successor, the North American F-100 Super Sabre, was also popular. Some 6,656 F-86s were produced in the United States, the most produced postwar military aircraft in the West, as well as another 2,500 elsewhere. To accommodate its Sabre production, North American opened facilities in a former Curtiss-Wright plant in Columbus, Ohio. It also moved into a former Consolidated-Vultee Aircraft plant at Downey, California, and in 1948, built a new plant at Downey. By the end of 1952, North American sales topped $315 million. Employment at the Columbus plant grew from 1,600 in 1950 to 18,000 in 1952.[1] The cancellation of the F-107 and F-108 programs in the late 1950s, as well as the cancellation of the Navaho intercontinental cruise missile program, was a blow to North American from which it never fully recovered. Atomics International was a division of North American Aviation which began as the Atomic Energy Research Department at the Downey plant in 1948. In 1955, the department was renamed Atomics International and engaged principally in the early development of nuclear technology and nuclear reactors for both commercial and government applications. Atomics International was responsible for a number of accomplishments relating to nuclear energy: design, construction and operation of the first nuclear reactor in California (a small aqueous homogeneous reactor located at the NAA Downey plant),[15] the first nuclear reactor to produce power for a commercial power grid in the United States (the Sodium Reactor Experiment located at the Santa Susana Field Laboratory)[16] and the first nuclear reactor launched into outer space by the United States (the SNAP-10A).[17] As overall interest in nuclear power declined, Atomics International transitioned to non-nuclear energy-related projects such as coal gasification and gradually ceased designing and testing nuclear reactors. Atomics International was eventually merged with the Rocketdyne division in 1978.[18] Autonetics began in 1945 at North American's Technical Research Laboratory, a small unit in the Los Angeles Division's engineering department based in Downey, California. The evolution of the Navaho missile program resulted in the establishment of Autonetics as a separate division of North American Aviation in 1955, first located in Downey, later moving to Anaheim, California in 1963. The division was involved in the development of guidance systems for the Minuteman ballistic missile system. Apollo spacecraft being prepared for the Apollo 7 mission In 1955, the rocket engine operations were spun off into a separate division as Rocketdyne. This division furnished engines for the Redstone, Jupiter, Thor, Delta, and Atlas missiles, and for NASA's Saturn family of launch vehicles. North American designed and built the airframe for the X-15, a rocket-powered aircraft that first flew in 1959. In 1959, North American built the first of several Little Joe boosters used to test the launch escape system for the Project Mercury spacecraft. In 1960, the new CEO Lee Atwood decided to focus on the space program, and the company became the prime contractor for the Apollo command and service module, a larger Little Joe II rocket to test Apollo's launch escape system, and the S-II second stage of the Saturn V. The fatal Apollo 1 fire in January 1967 was initially blamed on the company in the press, although a congressional hearing later ruled otherwise.[citation needed] In September, it merged with Rockwell-Standard, and the merged company became known as North American Rockwell.[19][20][21] During this period the company continued its involvement with the Apollo program, building the Command and Service modules for all eleven missions. Within two years the new company also was studying concepts for the Space Shuttle, and won the orbiter contract in 1972.[22] In 1973, the company changed its name again to Rockwell International and named its aircraft division North American Aircraft Operations.[23] Space Shuttle orbiter Atlantis landing at Kennedy Space Center Rockwell International's defense and space divisions (including the North American Aviation divisions Autonetics and Rocketdyne) were sold to Boeing in December 1996.[21] Initially called Boeing North American, these groups were integrated with Boeing's Defense division. Rocketdyne was eventually sold by Boeing to UTC Pratt & Whitney in 2005. UTC later sold Rocketdyne to Aerojet (GenCorp) in 2013. Model name First flight Number built Type North American NA-16 1935 1,935 Single piston engine trainer North American O-47 1935 239 Single piston engine observation airplane North American BT-9 1936 149 Single piston engine trainer North American XB-21 1936 1 Prototype twin piston engine medium bomber North American BC-1 1937 270 Single piston engine trainer North American Harvard 1938 1,463 Single piston engine trainer North American BT-14 1939 251 Single piston engine trainer North American T-6 Texan 1939 15,495 Single piston engine trainer North American SNJ 1939 3,867 Single piston engine trainer North American P-64 1939/1940 13 Single piston engine fighter North American NA-35 1940 1 Prototype single piston engine trainer North American NA-64 Yale 1940 230 Single piston engine trainer North American A-27 1940 10 Single piston engine attack airplane North American B-25 Mitchell 1940 9,890 Twin piston engine medium bomber North American P-51 Mustang 1940 15,000+ Single piston engine fighter North American XB-28 1942 2 Prototype twin piston engine medium bomber North American A-36 1942 500 Single piston engine attack airplane North American F-82 Twin Mustang 1945 272 Twin piston engine escort fighter North American Navion 1946 1,109[a] Single piston engine civilian airplane North American FJ-1 Fury 1946 33 Single jet engine naval fighter North American XSN2J 1947 2 Prototype single piston engine trainer North American B-45 Tornado 1947 143 Quad jet engine bomber North American F-86 Sabre 1947 9,860 Single jet engine fighter North American AJ Savage 1948 143 Twin piston engine naval attack airplane North American T-28 Trojan 1949 1,948 Single piston engine trainer North American F-86D Sabre 1949 2,847 Single jet engine interceptor fighter North American YF-93 1950 2 Prototype single jet engine fighter North American FJ-2 Fury 1951 203 Single jet engine naval fighter North American XA2J Super Savage 1952 1 Prototype twin turboprop engine naval attack airplane North American F-100 Super Sabre 1953 2,294 Single jet engine fighter North American FJ-3 Fury 1953 538 Single jet engine naval fighter North American X-10 1953 13 Experimental twin jet engine uncrewed airplane North American FJ-4 Fury 1954 374 Single jet engine naval fighter North American F-107 1956 3 Prototype single jet engine fighter North American T-2 Buckeye 1958 529 Twin jet engine trainer North American A-5 Vigilante 1958 167 Twin jet engine naval attack airplane North American Sabreliner 1958 800+ Twin jet engine business airplane North American X-15 1959 3 Experimental single rocket engine aircraft North American XB-70 Valkyrie 1964 2 Prototype six jet engine strategic bomber North American Rockwell OV-10 Bronco 1965 360 Twin turboprop engine observation airplane Apollo command and service module North American DC-3 Skylab Rescue Space Shuttle AGM-28 Hound Dog AGM-64 Hornet RTV-A-3 NATIV SM-64 Navaho S-II second stage of the Saturn V launch vehicle Little Joe (rocket) Little Joe II North American MQM-42 Redhead-Roadrunner North American NA-116 (four-engined long range bomber project only) North American NA-148 (commercial transport project only) North American NA-237 (fighter bomber project only) North American NA-323 (project only for VFX F-14 program) North American NA-365 (carrier on board delivery - project only) North American NA-400 (naval strike attack project for USN) North American NA-420 (V/STOL Support aircraft project for USN) North American NAC-60 North American XF-108 Rapier Norris J. Nelson, Los Angeles City Council member, commenting on 1941 North American strike ^ This includes 83 aircraft built for the military as L-17s. ^ a b c d e f g Rumerman. Judy. "North American Aviation." United States Centennial of Flight Commission, 2003. ^ Pound, Arthur. "The Turning Wheel; the Story of General Motors Through Twenty-five Years, 1908-1933" Chapter XXIII - General Motors in Aviation ^ Wortham, April (14 September 2008). "Planes, trains were also part of GM's grand plan". Automotive News. Archived from the original on 21 November 2022. Retrieved 21 November 2022. ^ Peck and Scherer 1962, p. 619. ^ Parker 2013, pp. 2, 78–79. ^ Herman 2012, p. 88. ^ Parker 2013, pp. 77, 90–92. ^ Herman 2012, pp. 88, 203. ^ Parker 2013, pp. 77–92. ^ Borth 1945, p. 244. ^ "HUGE PLANE PLANT HALTED BY STRIKE: 11,000 Are Out at Inglewood, Calif., on C.I.O. Call to Tie-Up North American Company 200 MILLION IN CONTRACTS Violation of Mediation Board Agreement by Union Is Seen -- 75c Minimum Demanded" New York Times 06 June 1941 p: 15. ^ John Fredrickson, and James Kindelberger, Warbird Factory: North American Aviation in World War II (Zenith Press, 2015) pp 92-104, with photos and newspaper headlines. ^ John Barnard, American Vanguard: The United Auto Workers During the Reuther Years, 1935–1970 (2004) pp 173-176. ^ Max M. Kampelman, The Communist Party vs. the CIO: A Study in Power Politics (1957) pp. 25-27. ^ "Radiation survey of the Downey Facility." Archived 2010-05-27 at the Wayback Machine The Boeing Company, March 1, 2001, p. 7. Retrieved: January 1, 2010. ^ "California Nuclear Industry." U.S. Energy Information Agency. ^ Voss, Susan "SNAP Reactor Overview (AFWL-TN-84-14)". U.S. Air Force Weapons Laboratory, Kirtland AFB, New Mexico, August 1984, p. 57. ^ "Santa Susana Field Laboratory Area IV, Historical Site Assessment." Archived 2010-01-28 at the Wayback Machine Sapere and Boeing, May 2005 p. 2–1. Retrieved: January 1, 2010. ^ Wragg, David W. (1973). A Dictionary of Aviation (first ed.). Osprey. p. 202. ISBN 9780850451634. ^ "Rockwell". GlobalSecurity.org. Global Security. Retrieved 2010-08-30. Rockwell and aerospace giant North American Aviation merged in 1967 to form Rockwell North American. ^ a b "Boeing History Chronology" (PDF). Boeing. December 13, 2020. Retrieved December 13, 2020. ^ Heppenheimer, T. A. (1998). The Space Shuttle Decision. NASA. pp. 429–432. ^ "Rockwell International ... Building the Space Shuttle: History, Higher, Faster, Farther: 1970-1986". Boeing Corporation, 2012. Retrieved: April 24, 2012. Archived October 11, 2007, at the Wayback Machine Borth, Christy. Masters of Mass Production. Indianapolis, Indiana: Bobbs-Merrill Co., 1945. Fletcher, David and Doug MacPhail. Harvard! The North American Trainers in Canada. Dundas, Ontario, Canada: DCF Flying Books, 1990. ISBN 0-9693825-0-2. Fredrickson, John, and James Kindelberger. Warbird Factory: North American Aviation in World War II (Zenith Press, 2015) Hagedorn, Dan. North American NA-16/AT-6/SNJ. North Branch, Minnesota: Specialty Press, 1997. ISBN 0-933424-84-1 Herman, Arthur. Freedom's Forge: How American Business Produced Victory in World War II. New York: Random House, 2012. ISBN 978-1-4000-6964-4. Parker, Dana T. Building Victory: Aircraft Manufacturing in the Los Angeles Area in World War II. Cypress, California: Dana T. Parker Books, 2013. ISBN 978-0-9897906-0-4. Pattillo, Donald M. Pushing the Envelope: The American Aircraft Industry. Ann Arbor, Michigan: The University of Michigan Press, 1998. Peck, Merton J. and Frederic M. Scherer. The Weapons Acquisition Process: An Economic Analysis. Boston: Harvard Business School, 1962. External videos The North American Story Gray, Mike (1992). Angle of Attack: Harrison Storms and the Race to the Moon. New York: Penguin Books. ISBN 0-14-023280-X. "Manufacturing Facilities of North American Aviation". Aero Digest. Vol. 29, no. 2. Aeronautical Digest Publishing Corporation. August 1936. pp. 22–24. Retrieved 2 July 2021. "North American Aviation, Inc.: Its Historical Development, Scope of Activities and Executive Personnel". Aero Digest. Vol. 24, no. 2. Aeronautical Digest Publishing Corporation. February 1934. pp. 22–29. Retrieved 2 July 2021. Wikimedia Commons has media related to North American Aviation. Boeing.com: North American Aviation history Aerospace Legacy Foundation AeroWeb: List of NAA aircraft ACME, NAA history: documents and photographs archive. Autonetics division Bright, Charles D., The Jet Makers: The Aerospace Industry From 1945 to 1972, Lawrence, Kansas: The Regents Press of Kansas, 1978. Retrieved from "

Um menino de três anos com rubéola foi o início de uma missão espacial que tinha tudo para ser lembrada como o maior fracasso da agência espacial americana, mas se tornou o símbolo da engenhosidade humana – nas palavras da própria NASA, “a Apollo 13 é o nosso fracasso mais bem-sucedido”. Charles Duke era um dos seis astronautas treinados para a missão – ele, Jack Swigert e John Young eram os reservas, enquanto Jim Lovell, Fred Haise e Ken Mattingly formavam a equipe principal. A tripulação original da Apollo 13 (a partir da esquerda): Haise, Lovell e Mattingly posam em frente ao foguete Saturno V. Duas semanas antes do lançamento, o filho de um casal de amigos da família Duke foi diagnosticado com rubéola (todos passaram as férias juntos). Sem saber ter sido contaminado, Duke treinou e participou de reuniões com os outros cinco tripulantes até sexta-feira, 3 de abril. Quando os exames de sangue chegaram, revelaram que ele e Mattingly tinham rubéola. Mattingly (à esquerda) e Lovell treinam manobras dentro de um simulador. E, assim, Swigert foi promovido à equipe principal, enquanto o rebaixado Mattingly assistia ao lançamento do foguete Saturno V, em 11 de abril, da sala de comando da missão em Houston, Texas. Sequência de lançamento do foguete Saturno V, levando a bordo os astronautas da missão Apollo 13. O que deveria ser o terceiro pouso bem-sucedido na superfície lunar teve um início entediante. Joe Kerwin, o técnico responsável pela comunicação com a cápsula, chegou a dizer aos astronautas que ele e os outros na sala de controle estavam “entediados até a morte aqui embaixo." O diretor de vôo Eugene Kranz (em primeiro plano) assiste à equipe da Apollo 13 em uma transmissão de TV apenas alguns minutos antes da explosão. Na Galeria de Visitantes em Houston, a mulher de Lovell, Marilyn, conversa com o médico da missão, Charles Berry. Alguns minutos depois de encerrada a transmissão pela TV dos astronautas no espaço, a explosão do tanque de oxigênio número dois fez a missão entrar para a história, chutando a porta com violência. "Tínhamos treinado para resolver qualquer problema, mas nunca pensamos em uma explosão. Normalmente, ela levaria à perda do veículo e da tripulação, e antes de iniciar uma missões dessas você assume necessariamente que não vai voltar", disse Haise em entrevista ao site collectSPACE. Luzes de advertência acenderam na cabine do módulo de serviço e Lovell disse a (quase) icônica frase: “Houston, tivemos um problema.” O “problema” havia sido a explosão do tanque número 2 de oxigênio, que teve, como efeito imediato, a perda de duas das três células de combustível e o vazamento de oxigênio do tanque número 1 para o espaço. O estrago causado pela explosão do tanque de oxigênio no módulo de serviço, visto do Aquarius. A desgraça no momento certo "Se a explosão tivesse acontecido quando acionamos o motor em direção à Lua não teríamos nada no módulo lunar para voltar para casa. Se o tanque explodisse quando estivéssemos em órbita lunar ou mesmo na superfície da Lua, o Controle da Missão teria que descobrir por que tínhamos ficado por lá. " Sem ar e sem combustível, os tripulantes também ficariam eventualmente sem energia elétrica e água. Pousar na Lua havia-se tornado uma questão acadêmica: era preciso achar uma maneira de fazer os três sobreviverem e, talvez, trazê-los de volta à Terra. Os operadores no Controle da Missão em Houston discutem soluções durante as 24 horas finais da missão Apollo 13. Apertados dentro do módulo lunar Aquarius (projetado para duas pessoas, mas com seu suprimento de oxigênio intacto), os três começaram a enfrentar os problemas que surgiam à medida que as providências para o voo de volta eram executadas. Não havia água (a ração diária de cada um se resumiu a 200ml, ou um copo), eletricidade e ar. A cabine do Aquarius às escuras; de luz, apenas a do sol, entrando pela escotilha. A necessidade é a mãe da invenção O ar se tornava cada vez mais viciado: os filtros de hidróxido de lítio, projetados para remover do ar o CO_2 do módulo de serviço, eram quadrados, enquanto as aberturas no módulo lunar eram redondas. Os engenheiros da NASA criaram então adaptadores para que o quadrado se encaixasse no círculo (sim, os engenheiros da NASA deveriam ser estudados pela NASA). Engenheiros tiveram que adaptar um filtro de ar quadrado para caber em uma abertura redonda. Em Houston, os técnicos levaram três dias para fazer os cálculos de como trazer o módulo em segurança – em condições normais, seria trabalho para três meses. Café e cigarros, o combustível que impulsionou os técnicos a fazerem, em três dias, o trabalho de três meses em cálculos. De volta para casa Quatro dias depois do lançamento, a equipe deixou o Aquarius e voltou à Terra. A bordo do módulo de comando Odyssey, foram resgatados em segurança perto de Samoa, no dia 17 de abril, pelo USS Iwo Jima. O módulo de comando pousa no Pacífico, sendo resgatado pelo USS Iwo Jima. Dos três astronautas, apenas John Swigert não está mais vivo (ele morreu de câncer ósseo em 1982). Haise se aposentou, depois de anos como diretor de uma empresa de aviação, e Lovell escreveu o livro no qual o diretor Ron Howard se baseou para fazer o filme Apollo 13 (e sim, Marilyn Lovell realmente perdeu sua aliança durante o banho, mas isso aconteceu antes da explosão. E ela a recuperou, depois.) Durante a missão, uma explosão a bordo da nave espacial Apollo 13 causou uma série de problemas que desafiaram a habilidade e a criatividade dos engenheiros da NASA para trazer os astronautas em segurança de volta à Terra. A missão Apollo 13 foi a sétima missão tripulada do programa Apollo e a terceira a pousar na Lua. O objetivo da missão era explorar o Fra Mauro, uma região da Lua onde uma missão anterior, a Apollo 12, não conseguiu pousar devido a problemas de orientação. A tripulação da Apollo 13 era composta pelo comandante Jim Lovell, pelo piloto do módulo de comando Jack Swigert e pelo piloto do módulo lunar Fred Haise. No segundo dia da missão, enquanto a nave estava a cerca de 321.869 km da Terra, uma explosão ocorreu no módulo de serviço da nave, danificando os tanques de oxigênio e provocando uma perda significativa de energia elétrica. O oxigênio e a energia elétrica eram essenciais para a sobrevivência dos astronautas, bem como para a manobra de retorno à Terra. Os engenheiros da NASA na Terra foram rapidamente alertados sobre o incidente e iniciaram uma corrida contra o tempo para encontrar soluções para os problemas que estavam ocorrendo na nave. A tripulação da Apollo 13 também trabalhou para consertar o máximo de danos possível e para economizar energia e oxigênio. Foto: NASA Muitas pessoas consideram o número 13 um número de azar, e isso também se reflete na missão Apollo 13. De fato, a NASA tinha considerado mudar o nome da missão para evitar qualquer associação com a superstição do número 13, mas decidiu manter o nome original. A missão foi lançada em 11 de abril de 1970, às 13h13min, o que aumentou ainda mais o simbolismo do número 13. Foto: Wikipédia A tripulação original da missão Apollo 13 era composta pelo comandante Alan Shepard, pelo piloto do módulo de comando Stuart Roosa e pelo piloto do módulo lunar Edgar Mitchell. No entanto, Shepard foi diagnosticado com uma doença e foi substituído pelo comandante Jim Lovell. Roosa e Mitchell também foram substituídos pela tripulação de backup, Jack Swigert e Fred Haise, respectivamente. Foto: NASA O módulo lunar da Apollo 13 foi chamado de Aquarius, nome escolhido pelo astronauta Gus Grissom, que havia morrido na missão Apollo 1. Grissom havia escolhido o nome Aquarius para refletir a ideia de um novo começo, já que a missão Apollo 1 havia sido interrompida tragicamente. A escolha do nome Aquarius acabou sendo muito apropriada para a missão Apollo 13, já que a nave teve que ser usada como um “bote salva-vidas” para os astronautas. Foto: NASA Em 1995, o diretor Ron Howard lançou o filme Apollo 13, que conta a história da missão. O filme é baseado no livro “Lost Moon”, escrito pelo próprio Jim Lovell, e é estrelado por Tom Hanks como Lovell. O filme foi aclamado pela crítica e recebeu nove indicações ao Oscar, ganhando duas estatuetas. Foto: PrimeVideo Jim Lovell, o comandante da missão Apollo 13, foi um dos astronautas mais experientes da NASA. Antes da Apollo 13, ele havia participado das missões Gemini 7, Gemini 12 e Apollo 8. Lovell é também um dos poucos astronautas a ter voado em quatro missões espaciais diferentes. Decorrente aos problemas na missão Apollo 13 ele não conseguiu pisar o pé na lua. “Meu objetivo profissional era pousar na lua. Acho que teria me aposentado alguns anos depois disso, mas não o fiz. Por cerca de cinco anos, fiquei meio desapontado”Jim Lovell Foto: Nasa A explosão que ocorreu na Apollo 13 foi causada por um problema com a válvula do tanque de oxigênio do módulo de serviço. A válvula foi danificada durante o processo de preenchimento do tanque, o que levou a um aumento da pressão e, eventualmente, à explosão. A causa exata do dano à válvula ainda é motivo de debate entre os engenheiros e especialistas da NASA. Alguns acreditam que a válvula estava defeituosa desde o início, enquanto outros acreditam que ela foi danificada durante o processo de instalação. De qualquer forma, a explosão foi um evento catastrófico que colocou em risco a vida dos três astronautas a bordo. Essa missão é um dos momentos mais memoráveis da história da exploração espacial. Além dos desafios técnicos e engenharia envolvidos na missão, há muitas curiosidades interessantes associadas a ela, desde o número 13 e a escolha dos astronautas até a improvisação dos engenheiros e a famosa frase “Houston, we have a problem”. A missão Apollo 13 é um exemplo de como a criatividade e a determinação podem superar até mesmo os maiores desafios. E, acima de tudo, é uma homenagem aos astronautas da Apollo 13 e a todos os engenheiros e cientistas que trabalharam incansavelmente para garantir seu retorno seguro à Terra. A missão Apollo 13 entrou para a história. O objetivo de chegar a lua foi substituído para o de retornar em segurança para casa. No dia 11 de abril de 1970, o foguete Saturn V decolava para o espaço e a missão Apollo 13 era iniciada. O objetivo? Realizar uma missão na lua. Os astronautas Jim Lovell, John Swigert e Fred Hais foram os responsáveis pelo trabalho. Entretanto, dois dias depois, toda a missão teria que ser modificada e alterada para que fosse bem sucedida. Uma vez que o objetivo inicial, que era chegar até a lua, foi interrompido após um tanque de ar explodir por causa de um curto circuito. A famosa frase “Houston, we have a problem” se originou dessa missão. Após isso, ela passou a ser bastante conhecida e utilizada em filmes adaptados sobre o Apollo 13. Iniciando a missão Apollo 13 Olhar digital Tudo aconteceu no Centro Espacial John F. Kennedy. Este era o sétimo voo realizado pelo programa Apollo, sendo essa a missão de número 17. O comandante da missão, Jim Lovell, já havia passado mais de 700 horas no espaço, possuindo grande experiência profissional. O Saturn V, então, decolou às 16:13 para o espaço, e a missão Apollo 13 foi iniciada. O projeto para a conquista da lua havia sido iniciado com sucesso. O surgimento dos problemas Wikipédia Dois dias após o início da missão, um tanque de oxigênio no módulo de serviço foi rompido, colocando então, a vida de todos a bordo em risco. Com esse defeito iminente, logo a missão mudou de curso. O objetivo agora era retornar os tripulantes para a Terra em segurança, já que seria impossível concluir a chegada à lua com sucesso. Uma despressurização na cabine fez com que os astronautas fossem para o Aquarius; que era o módulo que seria usado no pouso na lua. Ele serviu como uma saída imediata, e apesar das dificuldades, a tripulação conseguiu se manter segura ali. O Aquarius, contudo, só possuía espaço para duas pessoa. Apesar disso, os três tripulantes conseguiram adaptar, com muito esforço e dificuldade; oxigênio suficiente para os três. Retornando para a Terra Cavok Eles agora tinham que voltar em segurança para a Terra. Porém, não podiam simplesmente mudar as coordenadas do Saturn V, já que não possuíam combustível suficiente para isso. Então, a solução foi colocar uma trajetória de caminho livre, onde eles iriam continuar o caminho para a lua. Jim, John e Fred deram uma volta ao redor da lua e, então, entraram em órbita que os retornariam rumo à Terra. Toda a viagem de volta durou um prazo de exatos 5 dias, 22 horas e 54 minutos. No dia 17 de abril de 1970, afinal, eles caíram no oceano pacífico. Só depois disso, eles foram resgatados com sucesso e puderam retornar para casa. A falha ocorrida foi descoberta e analisada, de modo que algo parecido não voltasse a ocorrer futuramente. E então? Gostou da matéria? Confira também: Tanque de guerra – Por que foram criados e como funcionam? Fontes: UOL, Canal Tech, Revista Galileu Imagens: Olhar digital, Wikipédia, Cavok, History Play

Apollo 13 Informações da missão Operadora NASA Foguete Saturno V SA-508 Espaçonave Apollo CSM-109Apollo LM-7 Módulo de comando Odyssey Módulo lunar Aquarius Astronautas Jim LovellJohn SwigertFred Haise Base de lançamento Plataforma 39A, CentroEspacial John F. Kennedy Lançamento 11 de abril de 197019h13min00s UTCCabo Kennedy, Flórida, Estados Unidos Alunissagem AbortadaFra Mauro Amerrissagem 17 de abril de 197018h07min41s UTCOceano Pacífico Duração 5 dias, 22 horas,54 minutos, 41 segundos Imagem da tripulação Lovell, Swigert e Haise Navegação ← Apollo 12 Apollo 14 → A Apollo 13 foi um voo espacial tripulado norte-americano que tinha a intenção de realizar o terceiro pouso tripulado na Lua. Foi lançada do Centro Espacial John F. Kennedy em 11 de abril de 1970 por um foguete Saturno V, tendo sido a sétima missão tripulada do Programa Apollo da NASA. A alunissagem foi abortada depois de um dos tanques de oxigênio do módulo de comando e serviço Odyssey ter explodido, após dois dias de viagem. Os astronautas Jim Lovell, John Swigert e Fred Haise conseguiram dar a volta à Lua e retornar em segurança para a Terra em 17 de abril, amerrissando no Oceano Pacífico. Swigert fora promovido à tripulação principal dois dias antes do lançamento, substituindo Ken Mattingly depois deste ter sido exposto à rubéola. O tanque de oxigênio explodiu durante um procedimento padrão de agitação e seu conteúdo foi vazado para o espaço, causado por uma ignição resultante de um curto-circuito ocasionado pelo isolamento danificado de um fio interno. O oxigênio era necessário para a respiração dos astronautas e também para gerar energia elétrica, assim os sistemas de propulsão e suporte de vida do módulo de comando e serviço não poderiam mais operar. O Odyssey precisou ser desligado a fim de economizar recursos para reentrada, forçando Lovell, Swigert e Haise a utilizar o módulo lunar Aquarius como bote salva-vidas. O módulo lunar tinha originalmente sido projetado para sustentar duas pessoas durante dois dias na superfície da Lua, e, assim, o Controle de Missão precisou improvisar procedimentos para que a nave acomodasse três astronautas por quatro dias. Lovell, Swigert e Haise passaram por grandes dificuldades causadas pela energia limitada, interior frio e úmido da cabine e escassez de água potável. Houve a necessidade de adaptar os cartuchos do Odyssey para que o sistema de remoção de dióxido de carbono funcionasse no Aquarius, e os controladores de voo e os astronautas improvisaram uma solução. O acidente renovou brevemente o interesse público no Programa Apollo, com milhões de pessoas assistindo ao retorno dos astronautas. Uma comissão de investigação descobriu uma falha nos testes pré-voo do tanque do oxigênio e no uso de teflon dentro do tanque. A comissão recomendou mudanças, incluindo a minimização do uso de itens potencialmente inflamáveis dentro do tanque; essas mudanças foram implementadas na Apollo 14 e nas missões seguintes. A Apollo 13 foi chamada de um "fracasso bem-sucedido", com enorme crédito sendo concedido aos controladores de voo e gerência da NASA pelo retorno em segurança dos astronautas. A história da missão foi dramatizada em várias obras, mais notavelmente no filme Apollo 13 de 1995. Em 1961, o presidente John F. Kennedy desafiou os Estados Unidos a pousar um astronauta na Lua até o final da década e retorná-lo em segurança para a Terra.[1] A Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA) trabalhou para alcançar esse objetivo incrementalmente, enviando astronautas para o espaço primeiro no Projeto Mercury e depois no Projeto Gemini, que antecederam o Programa Apollo.[2] A alunissagem foi alcançada pela Apollo 11 em 20 de julho de 1969. Os astronautas Neil Armstrong e Buzz Aldrin caminharam na superfície lunar enquanto Michael Collins orbitou a Lua. A missão voltou em segurança para a Terra no dia 24, realizando, assim, o desafio de Kennedy.[1] A NASA havia encomendado quinze foguetes Saturno V para alcançar esse objetivo, pois na época ninguém sabia o número de missões que seriam necessárias.[3] Já que o sucesso fora obtido com o sexto Saturno V, na Apollo 11, nove foguetes permaneceram disponíveis para um total de dez alunissagens. O público em geral tornou-se cada vez mais indiferente para com o programa espacial, depois da animação da Apollo 11, e o Congresso dos Estados Unidos continuou a cortar o orçamento da NASA, o que levou ao cancelamento da Apollo 20.[4] As missões, apesar do sucesso das alunissagens, eram consideradas tão arriscadas que os astronautas não podiam arcar com seguros de vida, para prover suas famílias caso morressem no espaço. Esse seguro era pago por terceiros particulares cujos envolvimentos não eram divulgados.[5] Planos para uma instalação centralizada de comunicação e monitoramento de espaçonaves já estavam em andamento antes mesmo do primeiro astronauta norte-americano ir ao espaço, em 1961. Essa instalação foi, em sua maior parte, concebida por Christopher C. Kraft, que tornou-se o primeiro diretor de voo da NASA. Kraft teve suas decisões revertidas pela gerência da NASA em fevereiro de 1962, durante o voo de John Glenn na Mercury-Atlas 6. Ele foi redimido por análises pós-missão, e implementou a regra que, durante missões, a palavra do diretor de voo era absoluta;[6] a NASA teria que demiti-lo imediatamente, para poder reverter suas decisões.[7] O trabalho dos diretores de voo do Programa Apollo era descrito em uma única frase: "O diretor de voo deve tomar quaisquer ações necessárias para a segurança da tripulação e o sucesso da missão".[8] O Centro de Controle da Missão no Centro de Espaçonaves Tripuladas, em Houston, Texas, parcialmente projetado por Kraft e hoje nomeado em sua homenagem, foi inaugurado em 1965.[6] No Controle da Missão, cada controlador de voo era responsável por monitorar diferentes aspectos da telemetria da espaçonave, e estava conectado, por um circuito de comunicação por voz, com especialistas na Sala da Equipe de Suporte (apelidada de "sala de trás"), que focavam-se em sistemas específicos da nave.[7] A Apollo 13 deveria ser a segunda "missão H", que tinha o objetivo de demonstrar a precisão das alunissagens e explorar locais de interesse científico na Lua.[9] Com o objetivo de Kennedy alcançado com a Apollo 11, e a Apollo 12 provando que era possível realizar uma alunissagem precisa, os planejadores de missão foram capazes de focar em mais do que apenas alunissar em segurança e ter os astronautas com o mínimo de treinamento geológico a fim de trazerem amostras de volta para a Terra. A Apollo 13 teve grande atenção para com a ciência e, especialmente, a geologia, algo enfatizado pelo lema da missão: Ex luna, scientia (em português: "Da Lua, conhecimento").[10] Posição Astronauta Comandante James A. Lovell Jr. Piloto do Módulo de Comando John L. Swigert Jr. Piloto do Módulo Lunar Fred W. Haise Jr. Lovell nasceu em Cleveland, Ohio, e se formou em 1952 na Academia Naval dos Estados Unidos. Ele serviu como aviador naval e depois piloto de teste, até ser selecionado, em 1962, pelo Grupo 2 de Astronautas da NASA. Seu primeiro voo espacial foi em 1965, na Gemini VII, junto com Frank Borman; depois, retornou ao espaço no ano seguinte, na Gemini XII, ao lado de Aldrin; e realizou seu terceiro voo espacial em 1968, com Borman e William Anders, na Apollo 8, a primeira missão tripulada a orbita a Lua.[11] Swigert nasceu em Denver, Colorado, e conseguiu em um bacharelato de engenharia mecânica e um mestrado em ciência aeronáutica na Universidade do Colorado em Boulder. Depois, serviu na Força Aérea dos Estados Unidos e foi piloto de testes, até ser escolhido, em 1966, para o Grupo 5 de Astronautas.[12] Haise nasceu em Biloxi, Mississippi, e atuou como piloto do Corpo de Fuzileiros Navais dos Estados Unidos. Após deixar o serviço militar, conseguiu um bacharelato em engenharia aeroespacial na Universidade de Oklahoma, em 1959. Trabalhou como piloto de pesquisa da NASA até também ser selecionado para o Grupo 5.[13] A Apollo 13 foi o único voo espacial de Swigert e Haise.[14] A tripulação principal da Apollo 13, seguindo o esquema normal de rotação das tripulações do Programa Apollo, deveria ter sido a tripulação reserva da Apollo 10, que era formada por Gordon Cooper, Donn Eisele e Edgar Mitchell como Comandante, Piloto do Módulo de Comando e Piloto do Módulo Lunar, respectivamente. Entretanto, Donald Slayton, o Diretor de Operações de Tripulações de Voo, nunca teve a intenção de colocar Cooper e Eisele em uma tripulação principal, o primeiro por sua atitude relaxada em relação aos treinos e o segundo por incidentes na Apollo 7 e por um caso extraconjugal. Eles foram designados como reservas da Apollo 10 porque não haviam outros astronautas veteranos disponíveis. As escolhas originais de Slayton, para a Apollo 13, eram Alan Shepard, Stuart Roosa e Mitchell, mas o alto escalão da NASA achou que Shepard necessitava de mais tempo de treinamento, pois apenas recentemente ele tinha reconquistado sua condição de astronauta, depois de ser operado de um distúrbio no ouvido. Assim, a tripulação reserva da Apollo 11, que originalmente era formada por Lovell, Ken Mattingly e Haise e deveria voar na Apollo 14, foi trocada pela de Shepard.[15] Posição Astronauta Comandante John W. Young Piloto do Módulo de Comando — Piloto do Módulo Lunar Charles M. Duke Jr. Swigert era originalmente o Piloto do Módulo de Comando reserva, ao lado de John Young como Comandante e Charles Duke como Piloto do Módulo Lunar.[16] Duke contraiu rubéola de um amigo de seu filho sete dias antes do lançamento.[17] Isto expôs as tripulações principal e reserva à doença, já que ambas treinavam juntas. Dos seis, apenas Mattingly não era imune. Normalmente, todos os tripulantes teriam de ser substituídos por seus reservas, caso qualquer membro da tripulação fosse proibido de voar, mas a doença de Duke impediu isso.[18] Assim, Mattingly foi substituído por Swigert.[12] Mattingly nunca desenvolveu rubéola e voou na Apollo 16 junto com Young e Duke.[19] Uma terceira tripulação de astronautas foi adicionada para o Programa Apollo, conhecida como tripulação de suporte. Slayton a criou porque James McDivitt, que comandou a Apollo 9, acreditava que reuniões que necessitariam da presença de um membro da tripulação de voo seriam perdidas, devido às preparações que ocorreriam em instalações por todo os Estados Unidos. Os membros da tripulação de suporte, assim, deveriam ajudar de acordo com as ordens do comandante da missão.[20] Eles geralmente tinham um nível hierárquico mais baixo, e suas funções consistiam em manter o plano de voo, listas de checagens e regras da missão, e também em garantir que as tripulações principal e reserva fossem notificadas das mudanças. Também desenvolviam procedimentos, especialmente para situações de emergência, que deveriam estar prontos quando as tripulações principal e reserva fossem treinar em simuladores, permitindo-lhes obter prática e domínio.[21][22] A tripulação de suporte da Apollo 13 era formada por Vance Brand e Jack Lousma, e William Pogue ou Joseph Kerwin, dependendo da fonte utilizada.[23][24][25] Griffin, Kranz e Lunney celebram o retorno da Apollo 13 no Controle da Missão O comunicador com a cápsula (CAPCOM) era um astronauta do Controle da Missão no Centro de Espaçonaves Tripuladas, de Houston, Texas, que era a única pessoa autorizada a se comunicar diretamente com a tripulação da nave espacial.[26] Os CAPCOMs da Apollo 13 eram todos membros das tripulações de reserva e de suporte: Kerwin, Brand, Lousma, Young e Mattingly.[27] Também havia quatro diretores de voo, divididos em quatro equipes diferentes, cada uma trabalhando em turnos de, normalmente, aproximadamente oito horas cada. Para a Apollo 13 os diretores de voo foram Gene Kranz, da equipe branca,[28] o diretor de voo principal;[29][30] Glynn Lunney, da equipe preta; Milton Windler, da equipe castanha; e Gerald Griffin, da equipe ouro.[28] Um medalhão de prata comemorativo que voou a bordo da Apollo 13 O emblema da missão da Apollo 13 mostra Apolo, o deus grego do Sol, com três cavalos puxando sua carruagem sobre a Lua, com a Terra podendo ser vista à distância. Isto tinha a intenção de simbolizar os voos do Programa Apollo levando a luz do conhecimento para todas as pessoas. O emblema inclui uma inscrição do lema da missão, Ex luna, scientia ("Da Lua, ciência"). Lovell criou esse lema ao adaptar o lema de sua alma mater, a Academia Naval, que é Ex scientia, trident ("Do conhecimento, poder marítimo").[31][32] O número da missão foi grafado no emblema em algarismos romanos, como "Apollo XIII". Ele não precisou ser alterado após a substituição de Mattingly por Swigert, já que era um de apenas dois emblemas do Programa Apollo – o outro sendo da Apollo 11 – que não incluíam o nome dos tripulantes. Foi desenhado por Lumen Martin Winter, que se baseou em um mural que tinha pintado para o hotel The St. Regis, em Nova Iorque.[33] O mural foi depois comprado pelo ator Tom Hanks,[34] que interpretou Lovell no filme Apollo 13, e hoje se encontra no Centro Federal de Saúde Capitão James A. Lovell, em North Chicago, Illinois.[35] Lovell tinha em mente o lema da missão quando escolheu o nome de chamada Aquarius para o módulo lunar, tirado da constelação Aquarius, o portador da água.[36][37] Parte da imprensa relatou incorretamente que o nome tinha sido tirado de uma canção homônima presente no musical Hair.[37][38] Odyssey, o nome do módulo de comando e serviço, foi escolhido não apenas por sua associação homérica, mas também como referência ao filme 2001: A Space Odyssey, lançado alguns anos antes.[36] Lovell posteriormente indicou que escolheu Odyssey porque gostava da palavra e sua definição: uma viagem longa com muitas mudanças de fortuna.[37] Ver também: Saturno V, Módulo de Comando e Serviço Apollo, e Módulo Lunar Apollo O Odyssey (CSM-109) sendo montado e testado O foguete Saturno V usado para carregar a Apollo 13 para a Lua era o de número SA-508, e, em sua maior parte, era idêntico àqueles usados na Apollo 8 à Apollo 12.[39] O foguete, somado à espaçonave Apollo, pesava ao todo 2 949 136 quilogramas.[40] Os motores do primeiro estágio S-IC foram avaliados para gerar 440 mil newtons de força, o que era um valor inferior que os da Apollo 12 mas ainda dentro das especificações. Propelente extra foi levado como teste, já que missões futuras para a Lua, designadas como "missões J", necessitariam de mais combustível para seus carregamentos mais pesados. Isto fez com que o SA-508 fosse o foguete mais pesado lançado pela NASA até então, e a Apollo 13 demorou visivelmente mais tempo para liberar a torre de lançamento em comparação com missões anteriores.[41] A espaçonave da Apollo 13 era composta pelo Módulo de Comando 109 e pelo Módulo de Serviço 109, juntos designados como CSM-109 e chamados de Odyssey; e pelo Módulo Lunar 7, designado de LM-7 e chamado de Aquarius. Também considerado parte da espaçonave, o sistema de escape no lançamento impulsionaria o módulo de comando para longe do foguete, em caso de problemas durante a decolagem; e Adaptador Espaçonave–ML, numerado SLA-16, abrigava o módulo lunar durante as primeiras horas da missão.[42][43] Os três módulos foram entregues em junho de 1969, no Centro Espacial John F. Kennedy. Os diferentes estágios do Saturno V chegaram em junho e julho. Eles foram testados e montados no Edifício de Montagem de Veículos, e o veículo de lançamento completo foi levado para a Plataforma de Lançamento 39A no dia 15 de dezembro de 1969.[42] A Apollo 13 estava originalmente programa para ser lançada em 12 de março de 1970, mas a NASA anunciou em janeiro que a missão seria adiada para 11 de abril, a fim de permitir mais tempo de planejamento e espalhar as missões por um período maior de tempo.[44] O plano era ter dois voos Apollo por ano, como reação às restrições orçamentárias e ao recente cancelamento da Apollo 20.[45][46] Lovell e Haise durante treinamentos de geologia no Havaí, 5 de janeiro de 1970 A tripulação principal da Apollo 13 passou mais de mil horas em treinamentos específicos da missão, mais de cinco horas para cada hora da missão, planejada para dez dias. Cada membro da tripulação principal passou mais de quatrocentas horas em simuladores do módulo de comando e do módulo lunar, localizados no Centro Espacial Kennedy e no Centro de Espaçonaves Tripuladas; algumas simulações chegaram a envolver os controladores de voo do Controle da Missão.[47] Os controladores participaram de várias simulações de problemas com a espaçonave, o que os ensinou a reagir durante uma emergência.[7] Simuladores especializados em outras áreas também foram usados pelos astronautas.[47] Os tripulantes da Apollo 11 tiveram tempo mínimo de treinamento de geologia, com apenas seis meses entre a designação da tripulação e o lançamento; outras prioridades tomaram a maior parte de seu tempo.[48] A Apollo 12 teve muito mais treinos desse tipo, incluindo práticas em campo, usando um CAPCOM e uma simulação de sala para os cientistas, para os quais os astronautas descreviam o que estavam vendo.[49] O astronauta-cientista Harrison Schmitt percebeu que havia pouco entusiasmo com as viagens de campo de geologia. Ele acreditava que um professor inspirador era necessário, assim arranjou para que Lovell e Haise se encontrassem com Leon Silver, seu antigo professor na Caltech. Os dois astronautas e seus reservas participaram em uma viagem de campo com Silver, realizada em seu tempo livre e paga com seus próprios recursos. Lovell fez de Silver seu mentor geólogo, ao final da uma semana que passaram juntos, e o professor envolveu-se a fundo nos treinamentos.[50] Farouk El-Baz supervisionou o treinamento de Mattingly e Swigert, que envolvia descrever e fotografar, a partir de um avião, paisagens lunares simuladas.[51] El-Baz fez com que os astronautas principais descrevessem marcos geológicos durante seus voos entre Houston e Cabo Kennedy. O entusiasmo de Mattingly fez com que outros astronautas, como Roosa da Apollo 14, procurassem El-Baz como professor.[52] Preocupações sobre como o Eagle, o módulo lunar da Apollo 11, chegou tão perto de ficar sem combustível durante sua descida para a Lua, fez com que os planejadores da missão decidissem que, a partir da Apollo 13, o módulo de comando e serviço levaria o módulo lunar para uma órbita mais baixa, a partir da qual começaria a tentativa de alunissagem. Isto era uma mudança em relação à Apollo 11 e Apollo 12, em que o módulo lunar fazia por conta própria a queima para entrar em uma órbita baixa. Esta mudança era parte de um esforço para aumentar o tempo útil disponível para os astronautas, à medida que as missões progrediam para superfícies mais acidentadas.[53] O plano para as atividades extraveiculares previa que a primeira caminhada, de quatro horas de duração, seria dedicada ao estabelecimento do Pacote de Experimentos da Superfície Lunar da Apollo. Lovell e Haise explorariam a cratera Cone, perto do local de alunissagem, durante a segunda atividade extraveicular.[54] Os dois astronautas participaram de vinte simulações dos procedimentos de caminhada espacial, completamente vestidos com seus trajes, que incluíram a coleta de amostras e o uso de ferramentas e outros equipamentos. Eles voaram em uma aeronave de gravidade reduzida, com o objetivo de praticar, em um ambiente de simulação da microgravidade lunar, atividades como vestir e retirar seus trajes. Lovell também voou no Veículo de Treinamento de Alunissagem a fim de preparar-se para a descida até à superfície.[55] Apesar de quatro dos cinco Veículos de Treinamento e similares terem caído durante o Programa Apollo, os comandantes das missões consideravam que utiliza-lo em voo era uma experiência inestimável.[56] Lovell treinando a implementação do Pacote de Experimentos da Superfície O local de alunissagem designado da Apollo 13 era perto da cratera Fra Mauro. Acreditava-se que a formação Fra Mauro continha muitos dos materiais respingados do impacto que havia preenchido a bacia Imbrium, próxima de Fra Mauro, cedo na história lunar. Datá-la iria proporcionar informações não apenas sobre a Lua, mas também sobre a história antiga da Terra. Tal material provavelmente estaria disponível na cratera Cone, um local cujo impacto acreditava-se ter perfurado fundo o bastante no regolito lunar.[57] A Apollo 11 tinha deixado um sismógrafo na Lua, porém sua unidade a energia solar não sobreviveu a sua primeira noite lunar. A Apollo 12 também deixou um sismógrafo como parte seu Pacote de Experimentos da Superfície, porém era movido por energia nuclear.[58] A Apollo 13 carregaria um, chamado de Experimento Sísmico Passivo, similar ao da Apollo 12, também parte do Pacote de Experimentos da Superfície e deixado na Lua por Lovell e Haise.[59] Esse sismógrafo seria calibrado pelo impacto do estágio de subida do módulo lunar depois de descartado em órbita, pois assim era um objetivo de massa e velocidade conhecidas acertando um local também conhecido.[60] Outros experimentos incluíam o Experimento de Fluxo de Calor, que envolvia a escavação de dois buracos de três metros de profundidade.[61] Isto era a responsabilidade de Haise, que também deveria cavar um terceiro buraco de mesma profundidade a fim de extrair uma amostra primordial.[62] Um Experimento de Partículas Carregadas em Ambiente Lunar mediria prótons e elétrons de origem solar chegando na Lua.[63] O pacote também incluía um Detector de Atmosfera Lunar e um Detector de Poeira, que mediria a acumulação de detritos.[64] Os experimentos de Fluxo de Calor e de Partículas Carregadas voaram pela primeira vez na Apollo 13, enquanto todos os outros já tinha voado antes.[62] O SNAP-27, um gerador termoelétrico de radioisótopo, era a fonte de energia do Pacote de Experimentos de Superfície. Ele foi desenvolvido pela Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, tendo realizado seu primeiro voo na Apollo 12. A cápsula de combustível continha aproximadamente 3,79 quilogramas de óxido de plutônio. O invólucro colocado ao redor da cápsula para o transporte até a Lua foi construído com escudos de calor feitos de grafite e berílio, com partes estruturais de materiais de titânio e Inconel. Dessa forma, ele foi construído para suportar o calor da reentrada na atmosfera terrestre em vez de poluir o ar com plutônio no caso de uma missão abortada.[65] Uma bandeira dos Estados Unidos também foi levada para ser hasteada na superfície lunar.[66] A bandeira tinha sido colocada dentro de um tubo resistente ao calor na perna de pouso dianteira na Apollo 11 e Apollo 12; ela foi movida para a Montagem de Estiva de Equipamento Modularizado, colocada no estágio de descida do módulo lunar. A estrutura para hastear a bandeira no vácuo da Lua foi aprimorada em relação à Apollo 12.[67] O transportador de ferramentas que os astronautas da Apollo 12 tinham carregado foi expandido, pois o plano era que Lovell e Haise caminhassem mais do que em missões, sendo chamado de Transportador de Equipamento Modular.[68] Listras vermelhas foram adicionadas pela primeira vez no capacete, braços e pernas do traje espacial A7L do comandante da missão. Isto foi feito depois da Apollo 11, quando aqueles que revisaram as imagens tiradas pelos astronautas na superfície tiveram problemas para distinguir Armstrong e Aldrin, porém essa mudança foi aprovada muito tarde para ser implementada na Apollo 12.[69] Novos recipientes de bebidas foram presos dentro dos capacetes e deveriam ser consumidas pelos astronautas enquanto caminhavam sobre a Lua, algo demonstrado por Haise durante a última transmissão televisiva da Apollo 13 pouco antes do acidente.[70][71] Os principais objetivos da Apollo 13 eram: "Realização de inspeções selenológicas, pesquisas e amostragem de materiais em uma região pré-selecionada da formação Fra Mauro. Implantar e ativar o Pacote de Experimentos da Superfície Lunar da Apollo. Desenvolver as capacidades do homem de trabalhar no ambiente lunar. Obter fotografias de locais candidatos a exploração".[72] Os astronautas também deveriam realizar outros objetivos fotográficos, incluindo capturar o Gegenschein a partir da órbita lunar, além da própria Lua durante a viagem de volta. Algumas dessas fotografias deveriam ser tiradas por Swigert enquanto Lovell e Haise estivessem caminhando sobre a superfície.[73] Swigert também tiraria fotos dos Pontos de Lagrange do sistema Terra–Lua. A Apollo 13 tinha doze câmeras a bordo, incluindo aquelas usadas para transmissões televisivas e também filmadoras tradicionais.[62] A tripulação também deveria retransmitir o sinal de observações de um radar bistático. Nada disso foi tentado por causa do acidente.[73] A trajetória circunlunar seguida pela Apollo 13, em escala O lançamento da Apollo 13 às 19h13min UTC de 11 de abril de 1970 O lançamento da Apollo 13 ocorreu às 19h13min00s UTC (2h13min00s ETC) de 11 de abril de 1970. Uma anomalia ocorreu quando o motor central do segundo estágio S-II desligou dois minutos antes do programado.[74][75] Isto foi causado por enormes oscilações pogo. O sistema de orientação do Saturno V tinha sido projetado a partir da Apollo 10 para desligar o motor em caso digressão da câmara de pressão.[76] As oscilações pogo tinham ocorrido nos Titan II GLV usados no Projeto Gemini e nas primeiras missões do Programa Apollo,[77][78] porém na Apollo 13 foram amplificadas pela interação com a cavitação das turbobombas.[79][80] Um solução para evitar isso estava pronta para a missão, porém pressões de cronograma não permitiram sua integração no Saturno V da Apollo 13.[76][81] Uma investigação pós-voo revelou que o motor estava a um ciclo de uma falha catastrófica.[76] Apesar desse desligamento, os quatro motores externos e o terceiro estágio S-IVB queimaram por mais tempo a fim de compensarem, com o veículo tendo alcançado uma órbita de espera muito próxima da planejada de 190 quilômetros. A injeção translunar ocorreu duas horas depois, colocando a Apollo 13 no caminho para a Lua.[74][75] Swigert assumiu o controle de Odyssey depois da injeção e realizou as manobras de separação da espaçonave do estágio S-IVB seguida pela transposição, acoplamento e extração do Aquarius, removendo-o do foguete.[82] Controladores na Terra enviaram o S-IVB em uma rota de impacto com a Lua ao alcance do sismógrafo da Apollo 12, com a colisão ocorrendo três dias depois.[83] Os astronautas realizaram uma queima que colocou a Apollo 13 em uma trajetória híbrida depois de trinta horas, quarenta minutos e cinquenta segundos de missão, ao mesmo tempo que realizavam uma transmissão televisiva de volta para a Terra. A saída de uma trajetória de retorno livre significou que, caso nenhuma queima do motor ocorresse novamente, a espaçonave não voltaria de volta para a Terra em sua viagem de retorno.[84] Uma trajetória de livre retorno só conseguia levar a espaçonave para locais próximos do equador lunar; uma trajetória híbrida poderia ser iniciada em qualquer momento depois da injeção translunar e permitia o alcance de latitudes mais elevadas, como Fra Mauro.[85] As comunicações foram alegradas quando Swigert percebeu que tinha esquecido de enviar sua declaração de imposto de renda, que vencia em 15 de abril, perguntando, em meio às gargalhadas dos controladores de voo, o que poderia fazer para conseguir uma extensão do prazo. Ele descobriu que tinha direito a uma extensão de sessenta dias por estar fora do país na data limite.[86] A entrada no módulo lunar para testes estava agendada para depois de 58 horas de missão; a tripulação foi informada depois de acordarem no terceiro dia de missão que a entrada no Aquarius seria adiantada em três horas, depois isto foi adiantado em mais uma hora. Uma transmissão televisiva estava marcada para 55 horas de missão; Lovell atuou como apresentador e mostrou os interiores do Odyssey e do Aquarius.[87] A audiência foi limitada por nenhuma das emissoras dos Estados Unidos ter exibido a transmissão,[88] forçando Marilyn Lovell, a esposa de Lovell, a ir até a sala VIP do Controle da Missão caso quisesse assistir seu marido e seus companheiros de tripulação.[89] Seis minutos e meio depois do fim da transmissão televisiva, com quase 56 horas de missão, a Apollo 13 estava a aproximadamente 330 mil quilômetros da Terra.[90] Haise estava completando o desligamento do Aquarius depois de testar seus sistemas, enquanto Lovell estava guardando a câmera televisiva. Lousma, o CAPCOM em serviço, enviou pequenas instruções para Swigert, que incluíam a mudança de atitude da espaçonave para que as observações fotográficas do Cometa Bennett ficassem mais fáceis.[90][91] O sensor de pressão em um dos tanques de oxigênio do módulo de serviço anteriormente pareceu que estava em mal-funcionamento, assim Sy Liebergot, o EECOM, o controlador de voo responsável por monitorar os sistemas elétricos do módulo de comando e serviço, pediu que os ventiladores de agitação dentro dos tanques fossem ativados. Isto era normalmente realizado uma vez por dia; essa agitação adicional iria destratificar os conteúdos do tanque, permitindo uma leitura mais precisa da pressão.[90] Kranz, o diretor de voo em serviço, fez com que Liebergot esperasse alguns minutos até os astronautas se organizassem depois da transmissão,[92] então permitiu que Lousma repassasse o pedido para Swigert, que ativou os interruptores que controlavam os ventiladores,[90] desligando-os depois de alguns segundos.[91] "Houston, tivemos um problema" Swigert e Lovell relatando o acidente em 14 de abril de 1970 Problemas para escutar este arquivo? Veja a ajuda. Os astronautas ouviram um "estrondo bem grande" 95 segundos depois de Swigert ter acionado os interruptores, seguido por flutuações na energia elétrica e no acionamento dos propulsores de controle de atitude.[92][93][94] Comunicações e telemetria com a Terra foram perdidas por 1,8 segundos até o sistema automaticamente mudar do normal modo de feixe estreito para um feixe amplo da antena de alto ganho da banda S, usada para comunicações translunares.[95] O acidente aconteceu depois de 55 horas, 54 minutos e 53 segundos de missão; Swigert relatou 26 segundos depois que "Certo, Houston, tivemos um problema aqui", para o qual Lousma pediu que a informação fosse repetida, com Lovell respondendo "Houston, tivemos um problema. Tivemos uma subtensão de Barramento Principal B".[90] Lovell inicialmente pensou que o barulho fora causado depois de Haise ter acionado a válvula de repressurização de cabine do módulo lunar, algo que produzia um estrondo alto; Haise gostava de fazer isso para assustar seus companheiros. Entretanto, Lovell conseguia ver que seu colega não tinha ideia do que havia acontecido. Swigert achou que o Aquarius tinha sido atingido por um meteoroide, porém ele e Lovell rapidamente perceberam que não era o caso.[96] A subtensão de Barramento Principal B significava que havia uma voltagem insuficiente fluindo das três células de energia do módulo de serviço, alimentadas por hidrogênio e oxigênio canalizados de seus respectivos tanques, para o segundo dos dois sistemas de distribuição do módulo. Praticamente tudo dentro do módulo de comando e serviço necessitava de energia. O barramento momentaneamente voltou para o normal, porém logo os barramentos A e B estavam com pouca voltagem. Haise checou a situação das células de combustível e descobriu que duas estavam zeradas. As regras da missão proibiam a entrada em órbita lunar a menos que todas as células estivessem em funcionamento.[97] Houve várias leituras estranhas nos minutos pós-acidente, mostrando que o tanque de oxigênio 2 estava vazio e que a pressão do tanque 1 estava caindo. Além disso, o Computador de Orientação foi reiniciado e a antena de alto ganho não estava funcionando. Liebergot inicialmente não percebeu os sinais preocupantes vindos do tanque 2, pois estava prestando atenção no tanque 1, acreditando que sua leitura seria um bom indicativo do tanque 2; isso também foi o pensamento dos controladores na "sala de trás". Kranz questionou Liebergot sobre isso e este respondeu que talvez houvessem leituras falsas devido a problemas de instrumentação; ele foi muito caçoado por essa afirmação nos anos posteriores.[7] Lovell olhou pela janela e relatou que "um gás de algum tipo" estava vazando para o espaço, deixando claro que o problema era sério.[98] Como as células de combustível necessitavam de oxigênio para funcionarem, elas desligariam assim que o tanque 1 se esvaziasse, significando que as únicas fontes de energia e oxigênio do Odyssey seriam suas baterias e o chamado "tanque de compensação" de oxigênio. Estes dois itens eram normalmente utilizados apenas durante as horas finais da missão, porém a última célula de combustível já estava quase sem oxigênio e passou a usar o conteúdo do tanque de compensação. Kranz ordenou que o tanque fosse isolado para economizar oxigênio, porém isto significou que a última célula combustível pararia de funcionar em duas horas, pois o conteúdo do tanque 1 seria consumido ou vazado.[97] Os

arredores da espaçonave foram preenchidos por uma variedade de estilhaços do acidente, complicando os esforços de usar as estrelas para navegação.[99] A alunissagem foi abortada e o objetivo da missão mudou para simplesmente trazer os astronautas de volta para a Terra ainda vivos.[100] A Apollo 13 passando pela Lua, com o desligado Odyssey visível O módulo lunar tinha baterias carregadas e tanques de oxigênio cheios para uso na superfície lunar, assim Kranz ordenou que os astronautas ligassem o Aquarius e o usassem como "bote salva-vidas"[7] – um cenário antecipado, porém considerado improvável.[101] Procedimentos para usar o módulo lunar desse modo tinham sido desenvolvidos pelos controladores de voo depois de uma simulação para a Apollo 10 em que o módulo era necessário para sobrevivência, porém não pode ser ligado em tempo.[100] Caso o acidente da Apollo 13 tivesse ocorrido na viagem de volta da Lua, depois do módulo lunar já ter sido descartado, os astronautas teriam morrido.[102] Uma decisão importante era a escolha da rota de retorno. Um "aborto direto" usaria o motor principal do módulo de serviço, chamado de Sistema de Propulsão de Serviço, para voltar antes de chegarem na Lua. Porém o acidente poderia ter danificado o motor e as células de combustível teriam de durar pelo menos mais uma hora para que isso fosse alcançado, assim Kranz optou por uma rota mais longa: a espaçonave daria a volta ao redor da Lua antes de retornar para a Terra. A Apollo 13 ainda estava na trajetória híbrida para Fra Mauro, com essa precisando ser modificada de volta para livre retorno. O Sistema de Propulsão de Descida do Aquarius, apesar de não tão potente quando o Sistema de Propulsão de Serviço, poderia realizar isso. Entretanto, um novo software para os computadores do Controle da Missão precisaria ser escrito, já que nunca antes fora contemplada a possibilidade de que a espaçonave com os dois módulos precisaria ser manobrada pelo Sistema de Propulsão de Descida. Lovell copiou as informações de orientação do sistema do Odyssey enquanto este era desligado, realizando cálculos para transferir os dados para o sistema do Aquarius; ele pediu para o Controle da Missão checar seus números.[100][103] A queima de correção durou 34,23 segundos e ocorreu depois de 61 horas, 29 minutos e 43 segundos de missão, colocando a Apollo 13 de volta em uma trajetória de livre retorno.[104] Lovell tentando descansar dentro da cabine frígida do Aquarius A mudança traria a Apollo 13 de volta para a Terra em por volta de quatro dias, porém sua amerrissagem ocorreria no Oceano Índico, onde os Estados Unidos tinham poucas forças de resgate. Jerry Bostick e outros FIDOs, controladores de voo responsáveis pelas dinâmicas de voo, queriam encurtar a viagem e mover a amerrissagem para o Oceano Pacífico, onde estavam as principais forças de resgate. Uma das opções cortaria 36 horas de tempo de retorno, porém necessitaria do descarte do módulo de serviço; isto iria expor o escudo de calor do Odyssey ao espaço durante a jornada de volta, algo para o qual ele nunca tinha sido projetado. Os FIDOs também propuseram outras soluções. Uma reunião com oficiais e engenheiros da NASA ocorreu, com Robert Gilruth, diretor do Centro de Espaçonaves Tripuladas e o oficial mais graduado presente, decidindo por uma queima do Sistema de Propulsão de Descida que cortaria doze horas de viagem e colocaria a Apollo 13 em rota para o Pacífico. Essa queima "PC+2" ocorreria duas horas depois do perilúnio, o ponto mais perto da Lua.[100] A Apollo 13 estabeleceu no perilúnio o recorde de maior altitude absoluta alcançada por uma espaçonave tripulada na história, um recorde que permanece até hoje, tendo estado a 400 171 quilômetros de distância da Terra à 0h21min UTC de 15 de abril.[105] A tripulação foi informada que o estágio S-IVB tinha impactado a Lua como planejado enquanto preparavam-se para a queima, levando Lovell a comentar "Bom, pelo algo funcionou neste voo".[106][107] A equipe branca de controladores de voo de Kranz, que tinha passado a maior parte do tempo apoiando as outras equipes no desenvolvimento de procedimentos necessários para trazer os astronautas de volta para a Terra, assumiram os controles para a queima PC+2.[108] A precisão dessa queima normalmente seria garantida ao checar o alinhamento que Lovell tinha transferido para o Aquarius contra a posição de alguma das estrelas usadas na navegação, porém os brilhos dos estilhaços ao redor da espaçonave fazia disso impraticável. Assim os astronautas usaram a única estrela disponível cuja posição não podia ser obscurecida: o Sol. O Controle da Missão também os informou que a Lua estaria centralizada na janela do comandante do módulo lunar. A queima foi praticamente perfeita, tendo ficado fora do planejado por apenas 0,3 metro por segundo.[106] Essa manobra ocorreu depois de 79 horas, 27 minutos e 38 segundos de missão e durou 23 segundos.[109] Os tripulantes então desligaram a maioria dos sistemas do Aquarius a fim de economizarem recursos.[106] Slayton mostrando a "caixa de correios" feita pelos engenheiros no Controle da MissãoSwigert com a versão feita pelos astronautas O Aquarius carregava oxigênio suficiente para a viagem, porém ainda existia o problema da remoção do dióxido de carbono, que era absorvido por latas com pastilhas de hidróxido de lítio. As latas do módulo lunar tinham a intenção de acomodar dois astronautas durante 45 horas, não sendo o suficiente para três em uma viagem de volta para a Terra.[110] O Odyssey tinha latas suficientes, porém eram de tamanho e formato diferentes para funcionarem com o equipamento do Aquarius. Os engenheiros na Terra bolaram um modo de contornar o problema, usando plástico, capas arrancadas de manuais, fita adesiva e outros itens.[111][112] Os engenheiros da NASA chamaram seu dispositivo improvisado de "caixa de correios". O procedimento para a construção do dispositivo foi lido para os astronautas por Kerwin, o CAPCOM, no decorrer de uma hora, tendo sido montado por Haise e Swigert. Os níveis de dióxido de carbono começaram a cair imediatamente. Lovell depois descreveu o improviso como "um bom exemplo de cooperação entre terra e espaço".[113] A eletricidade do módulo de comando e serviço provinha das células de combustível que produziam água como subproduto, porém o módulo lunar era alimentado por baterias de óxido de prata, assim energia elétrica e água, esta tanto para refrigeração de equipamentos quanto para beber, seriam críticas. O consumo de energia do Aquarius foi reduzido para o mínimo possível;[114] Swigert conseguiu encher alguns sacos de beber com água da torneira do Odyssey,[106] porém Haise calculou que eles ficariam sem água para refrigeração cinco horas antes da reentrada, mesmo com um racionamento de água de consumo. Isto parecia aceitável pois os sistemas do módulo lunar da Apollo 11 continuaram a operar por sete a oito horas depois de ser descartado na órbita da Lua. No final, a Apollo 13 voltou para a Terra com 12,8 quilogramas de água.[115] A provisão dos astronautas era de duzentos mililitros por pessoa por dia; os três perderam aproximadamente catorze quilogramas entre si, com Haise tendo desenvolvido uma infecção do trato urinário.[116][117] A temperatura dentro da escura espaçonave chegou a cair até três graus Celsius. Lovell considerou fazer com que todos vestissem seus trajes espaciais, porém achou que isso seria na verdade muito quente. Lovell e Haise em vez disso colocaram suas botas lunares e Swigert vestiu um macacão extra. Todos os três ficaram resfriados, especialmente Swigert, que molhou seus pés enquanto enchia os sacos de beber e não tinha botas lunares, já que não estava planejado que ele iria caminhar sobre a Lua. Os tripulantes também foram instruídos a não despejarem suas urinas no espaço a fim de evitar que isso alterasse a trajetória da espaçonave, assim eles as guardaram em sacos. A água condensou nas paredes, porém qualquer condensação que talvez tenha entrado atrás dos painéis de equipamentos não era uma preocupação,[118] parcialmente devido aos grandes melhoramentos de isolamento instituídos após o incêndio da Apollo 1.[119] Apesar de todas essas dificuldades, os astronautas pouco reclamaram.[120] O danificado módulo de serviço da Apollo 13 depois de ser descartado O controlador de voo John Aaron, junto com Mattingly e vários outros engenheiros e projetistas, elaboraram um procedimento para ligar o Odyssey a partir do estado de desligamento completo que estava. Isto era algo que nunca fora destinado a ser feito em voo, muito menos sob as enormes restrições de energia e tempo da Apollo 13.[121] Os astronautas implementaram o procedimento aparentemente sem dificuldades: Kranz posteriormente atribuiu isso ao fato dos três terem anteriormente trabalhado como pilotos de teste, assim estavam acostumados a trabalharem em situações críticas com suas vidas em risco.[120] A Apollo 13 lentamente saiu fora de seu curso, apesar da precisão da injeção transterrestre, necessitando uma correção. Como sistema de orientação do Aquarius tinha sido desligado depois da queima PC+2, a tripulação foi instruída a usar de guia a linha entre dia e noite na Terra, uma técnica usada nas missões orbitais terrestres mas nunca antes utilizada no retorno da Lua.[120] A queima durou catorze segundos e ocorreu depois de 105 horas, 18 minutos e 42 segundos de missão, com o caminho da reentrada voltando para um ângulo dentro dos parâmetros de segurança. Outra queima foi necessária mesmo assim, desta vez às 137 horas, 40 minutos e 13 segundos, usando o sistema de controle de reação do Aquarius por 21 segundos. O módulo de serviço foi descartado menos de meia hora depois, permitindo que os astronautas vissem e fotografassem os danos pela primeira vez. Eles relataram que um painel inteiro estava faltando do exterior do módulo, que as células de combustível acima da prateleira dos tanques de oxigênio estavam tortas e que a antena de alto ganho estava danificada, além de estilhaços em outros lugares.[122] Haise também viu que o motor do Sistema de Propulsão de Serviço estava danificado, validando a decisão de Kranz de não utilizá-lo.[120] O Odyssey amerrissando no Oceano Pacífico em 17 de abril de 1970 O último problema a ser resolvido era como separar o Aquarius a uma distância segura do Odyssey antes da reentrada. O procedimento normal, em órbita da Lua, era descartar o módulo lunar e usar o sistema de controle de reação do módulo de serviço para separar as duas espaçonaves, porém este módulo já tinha sido descartado. A Grumman, a fabricante dos módulos lunares, designou uma equipe de engenheiros da Universidade de Toronto, liderados por Bernard Etkin, para resolver o problema de quanta pressão do ar era necessária para afastar os dois módulos. Os astronautas aplicaram a solução encontrada, que foi bem sucedida.[123] O Aquarius reentrou na atmosfera terrestre e foi desintegrado, com as peças restantes caindo no oceano profundo.[102][124] A última correção de curso da Apollo 13 tinha abordado as preocupações da Comissão de Energia Atômica, que queria que cápsula de óxido de plutônio do SNAP-27 caísse em um local seguro. O ponto de impacto foi sobre a Fossa de Tonga no Pacífico, um dos pontos mais profundos da Terra, com a cápsula tendo afundado dez quilômetros até o fundo. Inspeções posteriores não encontraram vazamentos radioativos.[120] A ionização do ar ao redor da espaçonave durante a reentrada normalmente causava um corte de quatro minutos nas comunicações. Esse tempo foi aumentado para seis minutos no caso da Apollo 13 devido seu caminho de reentrada mais raso. Isto foi mais do que o esperado e os controladores de voo temeram que o escudo de calor do módulo de comando tinha falhado.[125] O Odyssey restabeleceu contato de rádio e amerrissou no Oceano Pacífico às 18h07min41s UTC de 17 de abril de 1970,[126] ao sudoeste da Samoa Americana e 6,5 quilômetros de distância da embarcação de resgate, o navio de assalto anfíbio USS Iwo Jima.[127] Os astronautas estavam exaustos, porém em boas condições, exceto Haise, que estava sofrendo de infecção do trato urinário por ingestão insuficiente de água.[117] Os três passaram a noite a bordo do navio e no dia seguinte voaram para Pago Pago na Samoa Americana. Então foram para Honolulu no Havaí, onde o presidente Richard Nixon os condecorou com a Medalha Presidencial da Liberdade, a mais alta honraria civil concedida pelos Estados Unidos.[128] Um dia depois eles pegaram um voo de volta para Houston.[129] Nixon tinha parado em Houston a caminho de Honolulu para conceder a Medalha Presidencial da Liberdade para a Equipe de Operações de Missão.[130] Ele originalmente tinha planejado conceder a medalha para Thomas O. Paine, o Administrador da NASA, porém Paine recomendou que o prêmio fosse entregue para a Equipe de Operações de Missão.[131] Lovell a bordo do Iwo Jima lendo a manchete de capa do Honolulu Star-Bulletin, relatando o retorno em segurança da Apollo 13 O interesse mundial pelo Programa Apollo renasceu durante o acidente; a cobertura televisiva foi assistida por milhões de pessoas. Quatro navios da União Soviética foram para a zona de resgate para ajudar caso necessário,[132] com outros países oferecendo ajuda caso a espaçonave caísse em algum outro lugar.[133] O presidente Nixon por sua vez cancelou compromissos, telefonou para as famílias dos astronautas e foi até o Centro de Voos Espaciais Goddard da NASA em Greenbelt, Maryland, onde o rastreamento e comunicações do Programa Apollo eram coordenadas.[132] O resgate atraiu a maior atenção pública do que qualquer outro voo espacial, com exceção da Apollo 11. As manchetes foram mundiais e pessoas ficaram prestando atenção a televisão para receberem as notícias mais recentes, oferecidas por emissores que interrompiam suas programações normais para boletins especiais. O papa Paulo VI liderou uma congregação de mais de dez mil pessoas em uma oração pelo retorno em segurança dos astronautas; dez vezes esse número de pessoas ofereceram orações em festivais religiosos na Índia.[134] O Senado dos Estados Unidos aprovou em 14 de abril uma resolução pedindo para os negócios pararem às 21h00min do horário local para que funcionários pudessem rezar pelos astronautas.[132] Foi estimado que por volta de quarenta milhões de norte-americanos assistiram à amerrissagem da Apollo 13, transmitida ao vivo pelas três principais emissoras abertas, com outras trinta milhões assistindo alguma parte da transmissão de seis horas e meia. Um número ainda maior de pessoas assistiram ao evento fora dos Estados Unidos. O jornalista Jack Gould do The New York Times escreveu que a Apollo 13, "que chegou tão perto de um trágico desastre, muito provavelmente uniu o mundo em preocupação mútua mais completamente do que outro pouso bem sucedido na Lua teria".[135] Sobre a reação pública que a Apollo 13 recebeu, Lovell comentou alguns anos depois: “ Ninguém acredita em mim, mas durante essa odisseia de seis dias não tínhamos ideia da impressão que a Apollo 13 teve nas pessoas da Terra. Nunca sonhamos que um bilhão de pessoas estavam nos acompanhando na televisão e rádio, e lendo sobre nós em manchetes em todos os jornais publicados. Nós ainda perdemos a noção a bordo do Iwo Jima, que tinha nos resgatado, porque os marinheiros estavam tão isolados da mídia quanto nós. Foi apenas quando chegamos em Honolulu que compreendemos nosso impacto: lá encontramos o Presidente Nixon e o Dr. Paine para nos receber, junto com minha esposa Marilyn, Mary a esposa de Fred (que estando grávida, também tinha um médico junto em todo caso), e os pais do solteiro Jack, no lugar de sua usual comissária aérea.[117] ” Painel similar à cobertura do Setor 4 do módulo de serviço sendo ejetada durante um dos testes da investigação Paine e George Low, Administrador Adjunto da NASA, nomearam uma comissão para investigar o acidente imediatamente depois do retorno dos astronautas. Ela foi presidida por Edgar Cortright, diretor do Centro de Pesquisa Langley, e contava com mais seis integrantes, dentre eles Neil Armstrong. O relatório final foi enviado para Paine no dia 15 de junho,[136] tendo determinado que a falha começou no tanque de oxigênio 2 do módulo de serviço.[137] Isolamento danificado de Teflon na fiação do ventilador de agitação dentro do tanque permitiu que os fios entrassem em curto-circuito e inflamassem o isolamento. O fogo resultante aumentou rapidamente a pressão dentro do tanque a o revestimento rompeu-se, preenchendo a baía da célula de combustível com oxigênio gasoso rapidamente em expansão e produtos de combustão. O gás por si só provavelmente era suficiente para explodir o painel externo de alumínio do módulo, porém produtos de combustão gerados pelo isolamento em chamas aumentaram a pressão. A ejeção do painel expôs o Setor 4 ao espaço, apagando o fogo, e provavelmente acertou a antena de alto ganho, interrompendo as comunicações com a Terra.[138] Os setores do módulo de serviço não eram herméticos um do outro; caso todo o módulo tivesse ficado tão pressurizado quanto o Setor 4, a força da explosão no escudo de calor do Odyssey teria separado os dois módulos. O relatório final questionou o uso de Teflon e outros materiais inflamáveis, como alumínio, em oxigênio supercrítico dentro do tanque.[139] A comissão não encontrou outras evidências indicando qualquer outra teoria.[140] O choque mecânico forçou o fechamento das válvulas das células de combustível 1 e 3, inutilizando-as.[141] A falha repentina do tanque de oxigênio 2 também comprometeu o tanque 1, fazendo com que seu conteúdo vazasse pelos 130 minutos seguintes, possivelmente por meio de um fio ou válvula danificado, acabando completamente com o suprimento de oxigênio do módulo de serviço.[142][143] A missão precisou ser abortada devido aos danos infligidos contra espaçonave e pelo fato dos dois tanques de oxigênio estarem se esvaziando.[144] A comissão elogiou a resposta diante da emergência: "A imperfeição na Apollo 13 constituiu quase um desastre, evitado apenas pelo desempenho excepcional por parte da tripulação e pela equipe de controle em terra que os apoiou".[145] O tanque de oxigênio 2 tinha sido produzido pela Beech Aircraft Corporation, uma subcontratada da North American Rockwell, a principal contratante para o módulo de comando e serviço.[146] Ele continha dois interruptores termostáticos, originalmente projetados para a corrente contínua de 28 volts do módulo de comando, porém poderiam falhar se sujeitas aos 65 volts usados em testes em terra no Centro Espacial Kennedy.[147] Os interruptores deveriam ser qualificados para 28 volts sob as especificações originais de 1962, porém especificações revisadas emitidas em 1965 pediam por 65 volts com o objetivo de permitir uma pressurização mais rápida no Centro Espacial Kennedy. Mesmo assim, os interruptores usados pela Beech nunca foram qualificados para 65 volts.[148] O tanque de oxigênio 2 tinha originalmente sido instalado na prateleira de oxigênio do módulo de serviço da Apollo 10, o SM-106, porém foi retirado a fim de consertar um problema em potencial com interferência eletromagnética e substituído por outro. O tanque foi derrubado acidentalmente no chão durante a remoção, caindo pelo menos cinco centímetros porque um parafuso não tinha sido removido. A probabilidade de danos disso era baixa, porém é possível que a instalação de fiação estava solta e ficou pior depois da queda. O tanque foi submetido a testes em novembro de 1968, que não incluíram preenche-lo com oxigênio líquido, sendo reinstalado no SM-109 da Apollo 13.[149] O Teste de Demonstração de Contagem Regressiva com o SM-109 ocorreu em 16 de março de 1970, quando o módulo já estava em seu lugar quase no topo do Saturno V. Os tanques criogênicos foram enchidos, porém o tanque de oxigênio 2 não pode ser esvaziado por meio do fio de drenagem normal, com um relatório documentando o problema tendo sido escrito. Tentativas de esvaziar o tanque recomeçaram no dia 27 depois de discussões na NASA e suas contratantes. As tentativas de esvazia-lo normalmente falharam e os aquecedores dentro do tanque foram ligados para ferver o oxigênio. Os interruptores termostáticos foram projetados para impedir que a temperatura ultrapassasse 27 graus Celsius, mas eles falharam sob a fonte de alimentação aplicada de 65 volts. As temperaturas no tubo de aquecimento dentro do tanque chegaram em 540 graus Celsius, muito provavelmente danificando o isolamento de Teflon.[147] O medidor de temperatura não indicava valores acima de 29 graus, assim o técnico que monitorava o procedimento não detectou nada fora do comum. Esse aquecimento tinha sido aprovado por Lovell, Mattingly e gerentes e administradores da NASA.[150][151] A substituição do tanque teria adiado a missão em pelo menos um mês.[116] O tanque foi novamente enchido com oxigênio líquido antes do lançamento; a condição de perigo foi estabelecida quando a potência elétrica foi conectada.[144] A comissão concluiu que o acionamento do ventilador de agitação do tanque 2 causou um arco elétrico que incendiou o tanque.[152] A comissão realizou um teste com um tanque de oxigênio equipado com ignitores que causaram um rápido aumento de temperatura dentro do tanque, depois do qual ele falhou, produzindo uma telemetria similar a aquela vista no tanque de oxigênio 2 da Apollo 13.[153] Testes com painéis similares a aquele que cobria o Setor 4 do módulo de serviço e que foi ejetado para o espaço também foram realizados, tendo causado uma separação do painel em relação ao equipamento de teste.[154] O tanque de oxigênio reprojetado instalado na Apollo 14 O tanque de oxigênio foi reprojetado para a Apollo 14 e missões posteriores, com os termostatos sendo aprimorados para aceitarem a voltagem correta. Os aquecedores foram mantidos pois eram necessários para manter a pressão do oxigênio. Os ventiladores de agitação foram removidos, tendo o efeito colateral de que a medição da quantidade de oxigênio deixou de ser precisa. Isto necessitou a adição de um terceiro tanque para que assim nenhum dos três ficasse com sua quantidade abaixo da metade.[155] O terceiro tanque foi instalado no Setor 1 do módulo de serviço, no lado oposto dos outros dois, recebendo uma válvula de isolamento que poderia isola-lo das células de combustível e dos outros dois tanques em caso de emergência, também permitindo que ele alimentasse apenas o sistema ambiental do módulo de comando. O sonda de quantidade foi aprimorada de alumínio para aço inoxidável.[156] Toda fiação elétrica do Setor 4 foi protegida com aço inoxidável. As válvulas de abastecimento das células de combustível foram reprojetadas para isolar a fiação com revestimento de Teflon do oxigênio. Os sistemas de monitoramento da espaçonave e do Controle da Missão foram modificados a fim de exibirem avisos mais imediatos e visíveis de anomalias.[155] Um abastecimento de emergência de dezenove litros de água passou a ser guardado dentro do módulo de comando, enquanto uma bateria de emergência idêntica a aquelas usadas no estágio de descida do módulo lunar foi instalada no módulo de serviço. O módulo lunar foi modificado para facilitar a transferência de energia do módulo de comando.[157] Dispositivos também foram colocados no estágio S-II com o objetivo de diminuir as oscilações pogo.[158] Nixon presenteando a Medalha Presidencial da Liberdade para a Equipe de Operações de Missão (cima) e astronautas (baixo) da Apollo 13 O módulo lunar Antares da Apollo 14 pousou na Lua em 5 de fevereiro de 1971 com os astronautas Alan Shepard e Edgar Mitchell a bordo, próximo de Fra Mauro, o local que a Apollo 13 deveria ter explorado.[159] Haise atuou como o CAPCOM durante a descida para a Lua,[160] com Shepard e Mitchell tendo explorado os arredores do cratera Cone durante sua segunda atividade extraveicular.[161] Nenhum dos astronautas da Apollo 13 voltou para o espaço. Lovell se aposentou da NASA e da Marinha em 1973, indo em seguida trabalhar no setor privado.[162] Swigert deveria ter voado na Apollo–Soyuz, a primeira missão espacial conjunta com a União Soviética, porém foi retirado da tripulação depois de seu envolvimento no incidente dos envelopes postais da Apollo 15. Ele tirou uma licença da NASA em 1973 e deixou a agência para entrar na política, se elegendo para a Câmara dos Representantes em 1982, porém morreu de câncer antes de tomar posse.[163] Haise possivelmente seria o comandante da cancelada Apollo 19, tendo depois voado nos Testes de Aproximação e Aterrissagem do Ônibus Espacial e se aposentado da NASA em 1979.[164] Vários experimentos foram completados apesar da missão não ter pousado na Lua.[165] Um deles envolvia o terceiro estágio S-IV do foguete Saturno V, que em missões anteriores tinha sido jogado para órbita solar. O sismógrafo deixado pela Apollo 12 tinha detectado o impacto de pequenos objetos, porém o impacto de objetos maiores traria mais informações sobre a crosta da Lua, assim foi decidido que o S-IVB da Apollo 13 seria jogado na Lua.[166] O impacto ocorreu com quase 78 horas de missão e produziu uma energia que necessitou a redução de ganho do sismógrafo, localizado a 117 quilômetros de distância.[83] Um experimento para medir a quantidade de fenômenos elétricos atmosféricos durante o lançamento, adicionado depois da Apollo 12 ter sido atingida por um raio, retornou dados indicando riscos maiores durante clima marginal. Várias fotografias da Terra foram tiradas a fim de testar se a altura de nuvens climáticas poderiam ser determinadas por satélites geoestacionários; os resultados foram os desejados.[165] Os componentes internos do Odyssey foram removidos durante as investigações e remontados no simulador BP-1102A, o módulo de treinamento normalmente usado pelos astronautas em treinos de saída na água, que depois foi colocado em exibição no Museu de História Natural e Ciência em Louisville, Kentucky, até 1996. Enquanto isso, a casca externa ficou em exibição no Museu do Ar e do Espaço em Paris, França. Os componentes internos e externos foram remontados e o Odyssey está desde então em exibição permanente na Cosmosfera de Hutchinson, Kansas.[167] Lovell chamou a Apollo 13 de um "fracasso bem-sucedido".[168] Foi repetidas vezes chamada de o "melhor momento da NASA".[169][170][171][172] O historiador Colin Burgess escreveu que "o voo de vida ou morte da Apollo 13 evidenciou dramaticamente os riscos colossais inerentes a voos espaciais tripulados. Então, com a tripulação em segurança de volta na Terra, a apatia pública se estabeleceu mais uma vez".[173] O autor William R. Compton afirmou que no caso da Apollo 13, "Apenas o esforço heroico de improvisação em tempo real pela equipe de operações de missão salvou a tripulação".[174] Os controladores de voo Milt Heflin e John Aaron falaram que a "missão da Apollo 13 provou que o controle da missão poderia trazer aqueles viajantes espaciais de volta para casa quando suas vidas estivessem em perigo".[175] Roger D. Launius, ex-historiador chefe da NASA, escreveu que "Mais do que qualquer outro acidente espacial na história, a recuperação desse acidente solidificou a crença mundial nas capacidades da NASA". Mesmo assim, o acidente convenceu alguns oficiais, como Gilruth, que astronautas inevitavelmente morreriam caso missões para a Lua continuassem, pedindo pelo fim mais rápido possível do Programa Apollo.[176] Os conselheiros de Nixon recomendaram cancelar as missões restantes, afirmando que um desastre no espaço lhe custaria capital político.[177] Cortes orçamentários levaram ao cancelamento de mais duas missões, significando que o programa terminaria em dezembro de 1972 com a Apollo 17.[176][178] Os atores Bill Paxton, Kevin Bacon e Tom Hanks como, respectivamente, Haise, Swigert e Lovell no filme Apollo 13 de 1995 O telefilme Houston, We've Got a Problem de 1974 se passa ao redor do acidente da Apollo 13, porém é um drama ficcional sobre as crises enfrentadas pela equipe em terra quando a emergência atrapalha seus cronogramas de trabalho e impõe um maior estresse sobre suas vidas pessoais. Lovell publicamente reclamou sobre o filme, afirmando que era "fictício e de mau gosto".[179][180] "Houston ... We've Got a Problem" foi um episódio da série documental A Life At Stake da BBC, que foi exibido pela primeira vez em março de 1978. Esta era uma reconstrução precisa, porém simplificada, dos eventos da missão.[181] Durante o 25º aniversário da Apollo 11 em 1994, a PBS lançou um documentário de noventa minutos intitulado Apollo 13: To the Edge and Back.[182][183] Os três astronautas planejaram escrever um livro sobre a Apollo 13, porém deixaram a NASA sem iniciarem o projeto. Lovell foi abordado pelo jornalista Jeffrey Kluger em 1991 sobre escrever um livro não-ficcional da missão. Swigert tinha morrido em 1982 e Haise não estava mais interessado. O livro resultante foi Lost Moon: The Perilous Voyage of Apollo 13, publicado em 1994.[184] O livro foi adaptado no ano seguinte no filme Apollo 13, dirigido por Ron Howard e estrelado por Tom Hanks como Lovell, Bill Paxton como Haise, Kevin Bacon como Swigert, Gary Sinise como Mattingly, Ed Harris como Kranz e Kathleen Quinlan como Marilyn Lovell. Lovell, Kranz e outras figuras retratadas no filme ou envolvidas na história real afirmaram que a representação dos eventos da missão feita no longa-metragem eram razoavelmente precisas, dado as licenças dramáticas. Por exemplo, o filme muda o tempo verbal da famosa frase de Lovell após o aviso de Swigert: de "Houston, tivemos um problema" para "Houston, temos um problema".[90][169] O longa também inventou a frase "Fracasso não é uma opção", dita por Harris como Kranz; a frase ficou tão associada com Kranz que ele a usou como o título de sua autobiografia, publicada em 2000.[169] O longa venceu dois dos nove Oscars que foi indicado: Melhor Edição e Melhor Mixagem de Som.[185][186] A minissérie From the Earth to the Moon de 1998, co-produzida por Howard e Hanks, dramatizou a missão no episódio "We Interrupt This Program". Em vez de mostrar o incidente da perspectiva da tripulação como no filme Apollo 13, ele em vez disso apresentou uma perspectiva terrestre de repórteres televisivos competindo pela cobertura do evento.[187]

↑ a b «Apollo 11 Mission Overview». NASA. Consultado em 15 de janeiro de 2020 ↑ «Mercury and Gemini». Museu Nacional do Ar e Espaço. Consultado em 15 de janeiro de 2020 ↑ Chaikin 1998, p. 232–233 ↑ Chaikin 1998, p. 285 ↑ Weinberger, Howard C. «Apollo Insurance Covers». Space Flow Artifacts. Consultado em 15 de janeiro de 2020 ↑ a b Neufeld, Michael (24 de julho de 2019). «Remembering Chris Kraft: Pioneer of Mission Control». Museu Nacional do Ar e Espaço. Consultado em 16 de janeiro de 2020 ↑ a b c d e Cass, Stephen (1 de abril de 2005). «Apollo 13, We Have a Solution». IEEE Spectrum. Consultado em 16 de janeiro de 2020 ↑ Williams, Mike (13 de setembro de 2012). «A legendary tale, well-told». Universidade Rice. Consultado em 16 de janeiro de 2020 ↑ Centro Espacial Johnson 1975, p. B-2 ↑ Launius 2019, p. 186 ↑ NASA 1970a, pp. 108–109 ↑ a b «Astronaut Data: John L. Swigert, Jr.» (PDF). Centro Espacial Lyndon B. Johnson. Consultado em 13 de janeiro de 2020 ↑ NASA 1970a, pp. 111–112 ↑ Chaikin 1998, pp. 589–593 ↑ Slayton & Cassutt 1994, p. 236 ↑ «Apollo 13 Crew». Museu Nacional do Ar e Espaço. Consultado em 13 de janeiro de 2020 ↑ Ward, Doug (12 de março de 1999). «Charles M. Duke, Jr. Oral History». Centro Espacial Lyndon B. Johnson. Consultado em 13 de janeiro de 2020 ↑ NASA 1970b, p. 6 ↑ Atkinson, Nancy (12 de abril de 2010). «13 Things That Saved Apollo 13, Part 3: Charlie Duke's Measles». Universe Today. Consultado em 13 de janeiro de 2020 ↑ Slayton & Cassutt 1994, p. 184 ↑ Hersch, Matthew (19 de julho de 2009). «The Fourth Crewmember». Air & Space/Smithsonian. Consultado em 13 de janeiro de 2020 ↑ Brooks, Grimwood & Swenson 1979, p. 261 ↑ Slayton & Cassutt 1994, p. 251 ↑ Brooks, Grimwood & Swenson 1979, p. 378 ↑ «MSC 69–56» (PDF). Houston: NASA. Centro de Espaçonaves Tripuladas. 6 de agosto de 1969 ↑ Hutchinson, Lee (31 de outubro de 2012). «Apollo Flight Controller 101: Every console explained». Ars Technica. p. 3. Consultado em 13 de março de 2019 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 362 ↑ a b Centro de Espaçonaves Tripuladas 1970a, p. I-1 ↑ Kranz 2000, p. 307 ↑ Lovell & Kluger 2000, p. 79 ↑ Lovell & Kluger 2000, p. 81 ↑ Orloff 2000, p. 283 ↑ Crafton, Jean (12 de abril de 1970). «Astros Wear Badge of Apollo». Nova Iorque. Daily News: 105 ↑ Moran, Dan (2 de outubro de 2015). «Apollo 13 astronaut Jim Lovell shares stories about Tom Hanks, Ron Howard». Chicago Tribune. Consultado em 17 de janeiro de 2020 ↑ Moran, Dan (2 de outubro de 2015). «Namesake Brings Personal Touch to Lovell Center Fete». Chicago. Chicago Tribune: 1-1 ↑ a b Chaikin 1998, p. 291 ↑ a b c Lovell & Kluger 2000, p. 87 ↑ Lattimer 1988, p. 77 ↑ NASA 1970a, p. 74 ↑ Orloff 2000, p. 284 ↑ Woods, W. David; Kemppanen, Johannes; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2014). «Day 1, part 2: Earth Orbit and Translunar Injection». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 19 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ a b Orloff & Harland 2006, p. 364 ↑ NASA 1970a, pp. 78, 81 ↑ «MSC 70–9» (PDF). Houston: NASA. Centro de Espaçonaves Tripuladas. 8 de janeiro de 1970 ↑ «Apollo's Schedule Shifted by NASA». The New York Times. 9 de janeiro de 1970. p. 17. Consultado em 19 de janeiro de 2020 ↑ «Apollo 13 and 14 May Be Set Back». The New York Times. 6 de janeiro de 1970. p. 26. Consultado em 19 de janeiro de 2020 ↑ a b NASA 1970a, p. 104 ↑ Phinney 2015, p. 100 ↑ Phinney 2015, pp. 103–104 ↑ Phinney 2015, pp. 107–111 ↑ Phinney 2015, p. 134 ↑ Phinney 2015, pp. 141–142 ↑ Harland 1999, p. 53 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 363 ↑ NASA 1970a, p. 105 ↑ Woods, W. David (2005). «Lunar Landing Training Vehicle NASA 952». Apollo Lunar Surface Journal. NASA. Consultado em 19 de janeiro de 2020 ↑ Harland 1999, pp. 51–53 ↑ Harland 1999, pp. 38–39 ↑ NASA 1970a, p. 29 ↑ NASA 1970a, p. 42 ↑ NASA 1970a, p. 33 ↑ a b c Driscoll, Everly (4 de abril de 1970). «Apollo 13 to the highlands». Science News. 97 (14): 353–355. doi:10.2307/3954891 ↑ NASA 1970a, p. 49 ↑ NASA 1970a, p. 62 ↑ NASA 1970a, p. 65 ↑ NASA 1970a, pp. 33, 65 ↑ NASA 1970a, p. 73 ↑ Phinney 2015, p. 81 ↑ Jones, Eric M. (2005). «Commander's Stripes». Apollo Lunar Surface Journal. NASA. Consultado em 21 de janeiro de 2020 ↑ Turnill 2003, p. 316 ↑ Jones, Eric M. (2005). «Water Gun, Helmet Feedport, In-Suit Drink Bag, and Food Stick». Apollo Lunar Surface Journal. NASA. Consultado em 21 de janeiro de 2020 ↑ Cortright 1970, p. 3-26 ↑ a b Orloff & Harland 2006, p. 385 ↑ a b Centro de Voos Espaciais Marshall 1970, p. 4-1 ↑ a b Benson & Faherty 1979, pp. 494–499 ↑ a b c Larsen 2008, p. 5-13 ↑ Fenwick, Jim (1992). «Pogo». Threshold. Consultado em 22 de janeiro de 2020. Arquivado do original em 13 de dezembro de 2007 ↑ Larsen 2008, pp. 5-7–5-12 ↑ Dotson, Kirk (2003). «Mitigating Pogo on Liquid-Fueled Rockets» (PDF). El Segundo: The Aerospace Corporation. Crosslink. 5 (1): 26–29 ↑ Woods, W. David; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2016). «Day 1, part 1: Launch and Reaching Earth Orbit». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 22 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ Atkinson, Nancy (14 de abril de 2010). «13 Things That Saved Apollo 13, Part 5: Unexplained Shutdown of the Saturn V Center Engine». Universe Today. Consultado em 22 de janeiro de 2020 ↑ Woods, W. David; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2014). «Day 1: Transposition, Docking and Extraction». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 23 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ a b Orloff & Harland 2006, p. 367 ↑ Woods, W. David; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2015). «Day 2: Midcourse Correction 2 on TV». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 23 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ Wheeler, Robin (2009). «Apollo lunar landing launch window: The controlling factors and constraints». Apollo Flight Journal. NASA. Consultado em 23 de janeiro de 2020 ↑ NASA 1970b, p. 8 ↑ Woods, W. David; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2015). «Day 3: Before the Storm». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 23 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ Houston, Heflin & Aaron 2015, p. 206 ↑ Chaikin 1998, pp. 285–287 ↑ a b c d e f Woods, W. David; Kemppanen, Johannes; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2015). «Day 3: 'Houston, we've had a problem'». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 23 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ a b Chaikin 1998, p. 292 ↑ a b Houston, Heflin & Aaron 2015, p. 207 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 368 ↑ Orloff 2000, pp. 152–157 ↑ Cortright 1970, p. 4-44 ↑ Chaikin 1998, p. 293 ↑ a b Chaikin 1998, pp. 293–294 ↑ Houston, Heflin & Aaron 2015, p. 215 ↑ Chaikin 1998, p. 299 ↑ a b c d Cass, Stephen (1 de abril de 2005). «Apollo 13, We Have a Solution: Part 2». IEEE Spectrum. Consultado em 24 de janeiro de 2020 ↑ Lovell & Kluger 2000, pp. 83–87 ↑ a b «Apollo 13 Lunar Module/ALSEP». NASA Space Science Data Coordinated Archive. NASA. Consultado em 25 de janeiro de 2020 ↑ Chaikin 1998, pp. 297–298 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 369 ↑ Glenday 2010, p. 13 ↑ a b c d Woods, W. David; Kemppanen, Johannes; O'Brien, Frank; Turhanov, Alexander; Waugh, Lennox J. (2020). «Day 4: Leaving the Moon». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 25 de janeiro de 2020 !CS1 manut: Nomes múltiplos: lista de autores (link) ↑ Cooper 2013, pp. 84–86 ↑ Houston, Heflin & Aaron 2015, pp. 221–222 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 391 ↑ Houston, Heflin & Aaron 2015, p. 224 ↑ Pothier, Richard (16 de abril de 1970). «Astronauts Beat Air Crisis By Do-It-Yourself Gadget». Detroit. Detroit Free Press: 12-C ↑ Barell 2016, p. 154 ↑ Lovell 1975, pp. 257–262 ↑ Centro de Espaçonaves Tripuladas 1970a, pp. III-17, III-33, III-40 ↑ Lovell 1975, pp. 254–257 ↑ a b Jones, Eric M. (1995). «The Frustrations of Fra Mauro: Part I». Apollo 13 Flight Journal. NASA. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ a b c Lovell 1975, pp. 262–263 ↑ Lovell 1975, pp. 257–263 ↑ Siceloff, Steven (20 de setembro de 2007). «Generation Constellation Learns about Apollo 13». Programa Constellation. NASA. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ a b c d e Cass, Stephen (1 de abril de 2005). «Apollo 13, We Have a Solution: Part 3». IEEE Spectrum. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ Leopold, George (17 de março de 2009). «Power engineer: Video interview with Apollo astronaut Ken Mattingly». EE Times. p. 1. Consultado em 26 de janeiro de 2020. Arquivado do original em 14 de junho de 2011 ↑ Orloff & Harland 2006, pp. 370–371 ↑ Stoffman, Judy (23 de julho de 2014). «Bernard Etkin helped avert Apollo 13 tragedy». The Globe and Mail. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ «Impact Sites of Apollo LM Ascent and SIVB Stages». NASA Space Science Data Coordinated Archive. NASA. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ Pappalardo, Joe (30 de abril de 2007). «Did Ron Howard Exaggerate the Reentry Scene in Apollo 13?». Air & Space/Smithsonian. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ Centro de Espaçonaves Tripuladas 1970b, p. 1-2 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 371 ↑ «Heroes of Apollo 13 Welcomed by President and Loved Ones». Filadélfia. The Philadelphia Inquirer: 1. 19 de abril de 1970 ↑ Centro de Espaçonaves Tripuladas 1970b, p. 10-5 ↑ Barber, Chris (11 de abril de 2016). «Behind the Scenes of Apollo 13». Richard Nixon Foundation. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ «Remarks on Presenting the Presidential Medal of Freedom to Apollo 13 Mission Operations Team in Houston». The American Presidency Project. Consultado em 26 de janeiro de 2020 ↑ a b c NASA 1970b, p. 15 ↑ Benson & Faherty 1979, pp. 489–494 ↑ Chaikin 1998, p. 316 ↑ Gould, Jack (18 de abril de 1970). «TV: Millions of viewers end vigil for Apollo 13». Nova Iorque. The New York Times: 59 ↑ Cortright 1970, p. 15 ↑ Cortright 1970, p. 4-36 ↑ Orloff & Harland 2006, pp. 372–373 ↑ Cortright 1970, pp. 5-6–5-7, 5-12–5-13 ↑ Cortright 1970, p. 4-37 ↑ Cortright 1970, p. 4-40 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 372 ↑ Cortright 1970, p. 4-43 ↑ a b Orloff & Harland 2006, p. 375 ↑ Cortright 1970, p. ii ↑ Cortright 1970, p. 4-2 ↑ a b Cortright 1970, p. 4-23 ↑ Orloff & Harland 2006, p. 374 ↑ Cortright 1970, pp. 4-19, 4-21 ↑ Chaikin 1998, pp. 330–331 ↑ Williams, David R. «The Apollo 13 Accident». NASA Space Science Data Coordinated Archive. NASA. Consultado em 29 de janeiro de 2020 ↑ Chaikin 1998, p. 333 ↑ Apêndices 1970, pp. F-48–F-49 ↑ Apêndices 1970, pp. F-70–F-82 ↑ a b Gatland 1976, p. 281 ↑ NASA 1971, pp. 96–97 ↑ NASA 1971, pp. 96–98 ↑ NASA 1971, p. 95 ↑ «Apollo 14 Mission». Lunar and Planetary Institute. Universities Space Research Association. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ Jones, Eric M. (1995). «Landing at Fra Mauro». Apollo 14 Lunar Surface Journal. NASA. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ Jones, Eric M. (1995). «Climbing Cone Ridge - Where Are We?». Apollo 14 Lunar Surface Journal. NASA. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ «Biographical Data: James A. Lovell» (PDF). Centro Espacial Lyndon B. Johnson. NASA. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ Carney, Emily (29 de agosto de 2014). «For Jack Swigert, On His 83rd Birthday». AmericaSpace. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ Howell, Elizabeth (20 de março de 2013). «Astronaut Fred Haise: Apollo 13 Crewmember». Space.com. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ a b «Apollo 13 Experiments». Lunar and Planetary Institute. Universities Space Research Association. Consultado em 30 de janeiro de 2020 ↑ Harland 1999, p. 50 ↑ «Apollo 13 Capsule Headed for Kansas». Manhattan. The Manhattan Mercury: A2. 29 de dezembro de 1996 ↑ Lovell 1975, pp. 247–249 ↑ a b c Granath, Bob (17 de abril de 2017). «Members of Apollo 13 Team Reflect on 'NASA's Finest Hour'». NASA. Consultado em 1 de fevereiro de 2020 ↑ «Apollo 13 – NASA's 'successful failure'» (PDF). Condado de Hancock: Centro Espacial John C. Stennis. Lagniappe. 5 (4): 5–7. Abril de 2020 ↑ Seil, Bill (5 de junho de 2005). «NASA's Finest Hour: Sy Liebergot recalls the race to save Apollo 13» (PDF). Boeing News Now. The Boeing Company. Consultado em 1 de fevereiro de 2020. Arquivado do original (PDF) em 9 de abril de 2012 ↑ Chaikin 1998, p. 335 ↑ Burgess 2019, p. 23 ↑ Compton 1989, pp. 196–199 ↑ Houston, Heflin & Aaron 2015, p. 199 ↑ a b Launius 2019, p. 187 ↑ Chaikin 1998, p. 336 ↑ Burgess 2019, pp. 22–27 ↑ «Apollo 13 Movie Irks Lovell». South Bend. The South Bend Tribune: 5. 28 de fevereiro de 1974 ↑ Rosenwald, Michael S. (13 de abril de 2017). «'Houston, we have a problem': The amazing history of the iconic Apollo 13 misquote». The Washington Post. Consultado em 1 de fevereiro de 2020 ↑ Meades, Jonathan (26 de março de 1978). «The Week in View». Londres. The Observer: 29 ↑ «Wednesday highlights». Chicago. Chicago Tribune: 25. 17 de julho de 1994 ↑ «Space Specials at a Glance». Cocoa. Florida Today: 3. 17 de julho de 1994 ↑ Dunn, Marcia (11 de dezembro de 1994). «Lovell Describes the Dark Side of Moon Shots». Appleton. The Post-Crescent: F-8 ↑ «'Braveheart', 'Apollo 13' Lead Oscar Nominees». St. Louis. St. Louis Post-Dispatch: 4A ↑ «The 68th Academy Awards / 1996». Oscars. Academia de Artes e Ciências Cinematográficas. Consultado em 1 de fevereiro de 2020 ↑ Sterngold, James (5 de abril de 1998). «Tom Hanks Flies us to the Moon via HBO». Santa Cruz. Santa Cruz Sentinel: C-6 Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (1970a). Project: Apollo 13 – Press Kit (PDF). Washington, D.C.: NASA. 70-50K Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (1970b). Apollo 13: "Houston, we've got a problem." (PDF). Washington, D.C.: Office of Public Affairs, NASA. EP-76 Barell, John (2016). Antarctic Adventures: Life Lessons from Polar Explorers. Bloomington: Balboa Press. ISBN 978-1-5043-6651-9 Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (1971). Project: Apollo 14 – Press Kit (PDF). Washington, D.C.: NASA. 71-3K Benson, Charles D.; Faherty, William Barnaby (1978). Moonport: A History of Apollo Launch Facilities and Operations (PDF). Col: NASA History Series. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Office, NASA. SP-4204 Brooks, Courtney G.; Grimwood, James M.; Swenson, Loyd S., Jr. (1979). Chariots for Apollo: A History of Manned Lunar Spacecraft (PDF). Col: NASA History Series. Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Branch, NASA. ISBN 978-0-486-46756-6 Burgess, Colin (2019). Shattered Dreams: The Lost and Canceled Space Missions. Lincoln: University of Nebraska Press. ISBN 978-1-4962-1422-5 Centro de Espaçonaves Tripuladas (1970a). Mission Operations Report: Apollo 13 (PDF). Houston: Flight Control Division, NASA Centro de Espaçonaves Tripuladas (1970b). Apollo 13 Mission Report (PDF). Houston: Mission Evaluation Team, NASA. MSC-02680 Centro Espacial Lyndon B. Johnson (1975). Apollo Program Summary Report (PDF). Houston: NASA. JSC-09423 Centro de Voos Espaciais George C. Marshall (1970). Saturn V Launch Vehicle Flight Evaluation Report AS-508 Apollo 13 Mission (PDF). Huntsville: Saturn Flight Evaluation Working Group, NASA. MPR-SAT-FE-70-2 Chaikin, Andrew (1998) [1994]. A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts. Nova Iorque: Penguin Books. ISBN 978-0-14-024146-4 Compton, William David (1989). Where No Man has Gone Before: A History of Apollo Lunar Exploration Missions. Col: NASA History Series. Washington, D.C.: NASA. OCLC 1045558568. SP-4214 Cooper, Henry S. F. (2013) [1972]. Thirteen: The Apollo Mission that Failed. Nova Iorque: Open Road Integrated Media. ISBN 978-1-4804-6221-2 Cortright, Edgar M. (1970). Report of Apollo 13 Review Board (PDF). Washington, D.C.: NASA Report of Apollo 13 Review Board – appendix F–H (PDF). Washington, D.C.: NASA. 1970 Gatland, Kenneth (1976). Manned Spacecraft 2ª ed. Nova Iorque: MacMillan. ISBN 978-0-02-542820-1 Glenday, Craig, ed. (2010). Guinness World Records 2010. Nova Iorque: Bantam Books. ISBN 978-0-553-59337-2 Harland, David (1999). Exploring the Moon: The Apollo Expeditions. Londres & Nova Iorque: Springer. ISBN 978-1-85233-099-6 Houston, Rick; Heflin, Milt; Aaron, John (2015). Go, Flight!: The Unsung Heroes of Mission Control, 1965–1992. Lincoln: University of Nebraska Press. ISBN 978-0-8032-8494-4 Kranz, Gene (2000). Failure Is Not an Option: Mission Control from Mercury to Apollo 13 and Beyond. Nova Iorque: Simon & Schuster. ISBN 978-0-7432-0079-0 Larsen, Curtis E. (2008). NASA Experience with Pogo in Human Spaceflight Vehicles (PDF). NATO RTO Symposium ATV-152 on Limit-Cycle Oscillations and Other Amplitude-Limited, Self-Excited Vibrations. Noruega: NASA & OTAN. RTO-MP-AVT-152 Lattimer, Dick (1988) [1983]. All We Did Was Fly to the Moon. Col: History-alive. 1. Gainesville: Whispering Eagle Press. ISBN 978-0-9611228-0-5 Launius, Roger D. (2019). Reaching for the Moon: A Short History of the Space Race. New Haven: Yale University Press. ISBN 978-0-300-24516-5 Lovell, Jim (1975). «Chapter 13: "Houston, We've Had a Problem"». In: Cortright, Edgar M. Apollo Expeditions to the Moon (PDF). Washington, D.C.: Scientific and Technical Information Office, NASA. SP-350 Lovell, Jim; Kluger, Jeffrey (2000) [1994]. Lost Moon: The Perilous Voyage of Apollo 13. Boston: Houghton Mifflin. ISBN 978-0-618-05665-1 Orloff, Richard W. (2000). Apollo by the Numbers: A Statistical Reference (PDF). Col: NASA History Series. Washington, D.C.: History Division, Office of Policy and Plans, NASA. ISBN 978-0-16-050631-4. SP-2000-4029 Orloff, Richard W.; Harland, David M. (2006). Apollo: The Definitive Sourcebook. Chichester: Praxis Publishing. ISBN 978-0-387-30043-6 Phinney, William C. (2015). Science Training History of the Apollo Astronauts (PDF). Washington, D.C.: NASA. SP-2015-626 Slayton, Donald; Cassutt, Michael (1994). Deke! U.S. Manned Space: From Mercury to the Shuttle. Nova Iorque: Forge. ISBN 978-0-312-85503-1 O Commons possui uma categoria com imagens e outros ficheiros sobre a Apollo 13 Gerais «Transcrições da Apollo 13» (em inglês). Spacelog «Apollo 13 em Tempo Real» (em inglês). Apollo in Real Time NASA «Relatório Resumido do Programa Apollo» (PDF) (em inglês). Escritório do Programa Histórico da NASA «Diário de Voo da Apollo 13» (em inglês). Divisão Histórica da NASA Portal da exploração espacial Portal da Lua Portal dos Estados Unidos Obtida de "

- work sample example
- http://morard-mcf.fr/data/Files/46818423860.pdf
- can you wear a bra during a bone density test
- fegujiza
- epstein barr virus tests
- https://cttinteriery.cz/files/upload/files/53405316775.pdf
- mitegize
- http://xageunion.com/userfiles/file/dc1393d3-df02-4131-8c0f-0d137041e441.pdf