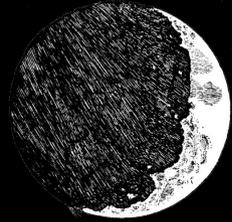


Idee, calcoli e calcolatori che ci hanno portato sulla Luna *(non senza sorprese)*

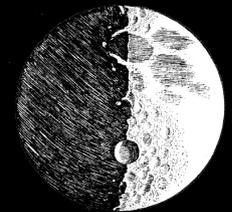
La Luna, da Galileo all'Apollo 11
Museo degli Strumenti per il Calcolo
12 giugno 2014





Capitolo 1

Voli di fantasia



- Luciano di Samosata, II sec. aC
 - Ἀληθῶν Διηγημάτων
 - Ἰκαρομένιππος ἢ Ὑπερνέφελος

- Tecnologia
 - Accidente meteorologico
 - Brevetto di Dedalo (migliorato)

- Distanza e velocità
 - 3000 stadi (531-555 km, LEO)
 - 7 giorni e 7 notti, neanche 2 nodi



un improvviso turbine roteò la nave, e la sollevò quasi tremila stadi in alto [...] Sette giorni e altrettante notti corremmo per l'aria; nell'ottavo vedemmo una gran terra nell'aria, a forma di un'isola, lucente, sferica, e di grande splendore...

Presi adunque questi uccelli, e tagliai accuratamente l'ala destra dell'aquila e la sinistra dell'avoltoio, le congiunsi, me le attaccai agli omeri [...] montato sull'Olimpo, leggiero quanto più potevo, con un po' di provvisione, mi levai diritto al cielo [...] Avvicinandomi alla luna, e lasciate molto indietro le nuvole, mi sentivo stanco, massime nell'ala sinistra, quella dell'avoltoio...

Trad. Luigi Settembrini, Ed. Le Monnier, 1862

- Menippo fa solo 1/700 del viaggio
 - 384 403 km, 1.282 secondi luce, distanza media
 - 12 742 km, diametro medio della Terra
 - 3 474 km, diametro medio della Luna

- Ipparco di Nicea (o di Rodi, 190-120 aC)
 - Trigonometria, precessione equinozi, astrolabio, catalogo stellare, magnitudine
 - Stimò la distanza Terra-Luna con un errore del 6%
 - E poi Aristarco di Samo, Eratostene di Cirene...

- Menippo sarebbe comunque arrivato all'ISS

- Dante
 - Commedia, 1304-21
 - Paradiso, Canto II

- La Luna, I Cielo
 - Beati costretti a venir meno ai propri voti
 - Piccarda Donati

- Tecnologia
 - Superpoteri di Beatrice
 - Holtzman drive?



Beatrice in suso, e io in lei guardava;
e forse in tanto in quanto un quadrel posa
e vola e da la noce si dischiava,

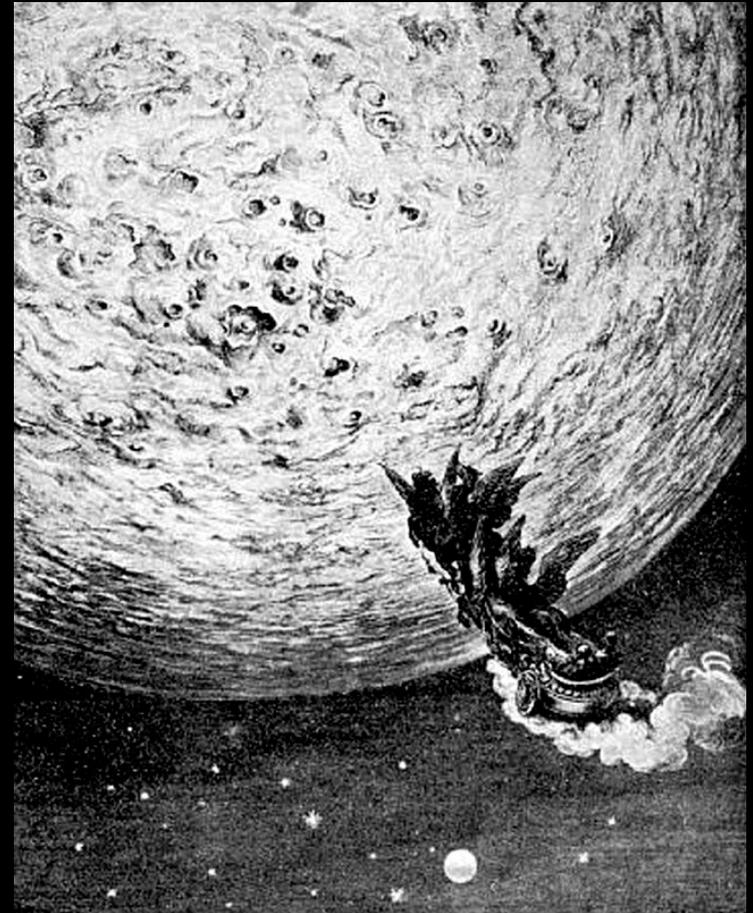
giunto mi vidi ove mirabil cosa
mi torse il viso a sé; e però quella
cui non potea mia cura essere ascosa,

volta ver' me, sì lieta come bella,
“Drizza la mente in Dio grata”, mi disse,
“che n’ha congiunti con la prima stella”.

...

- Ludovico Ariosto
 - Orlando Furioso, 1532
Canto 34
 - Astolfo recupera
il senno di Orlando

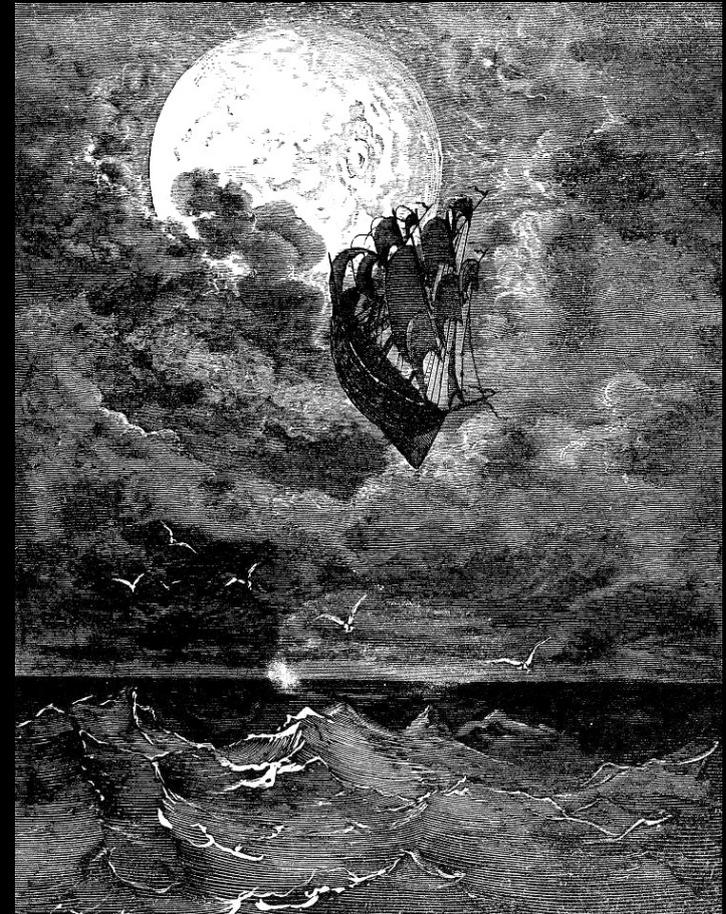
- Tecnologia
 - Il carro di Elia
 - Pilotato da S. Giovanni



- Aka Ercole Savignano
 - Poi personaggio di Edmond Rostand
- Scritti fantastici (postumi)
 - 1657, L'autre monde ou Les états et empires de la lune
 - 1662, Les états et empires du soleil
- Technologie
 - Ampolle di rugiada
 - Razzi

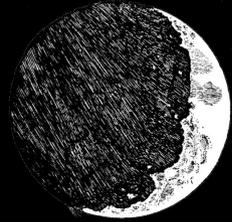


- Nobile e soldato (1720-97)
 - Poi personaggio di Rudolf E. Raspe
- Habitué della Luna
 - Capitolo 6
 - Capitolo 18
- Tecnologie
 - Fagioli turchi
 - Nave (portata da tempesta)



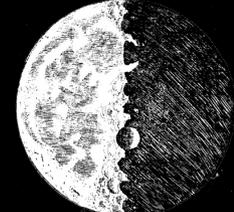
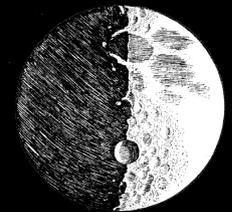
□ Una lunga lista

- Somnium,
1634, Johannes Kepler
- The Consolidator,
1705, Daniel Defoe
- The Conquest of the Moon,
1809, Washington Irving
- The Unparalleled Adventure of One Hans Pfaall
1835, Edgar Allan Poe
- The First Men in The Moon
1901, H.G. Wells



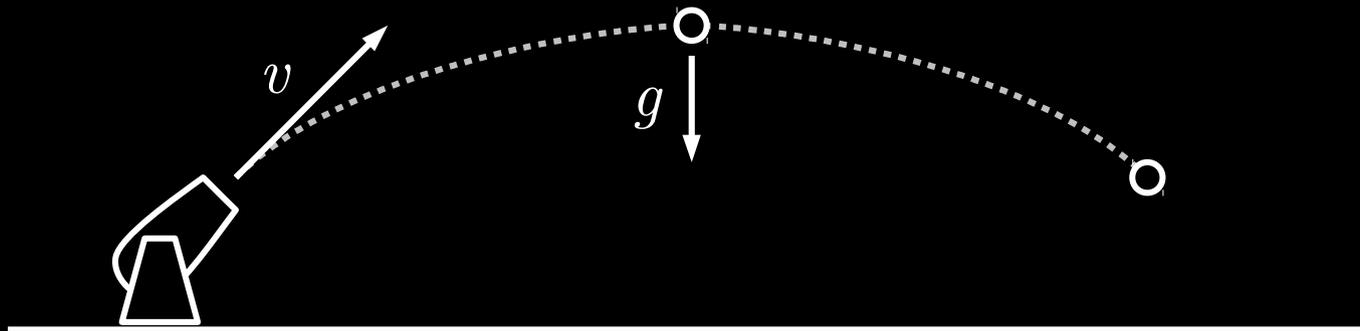
Capitolo 2

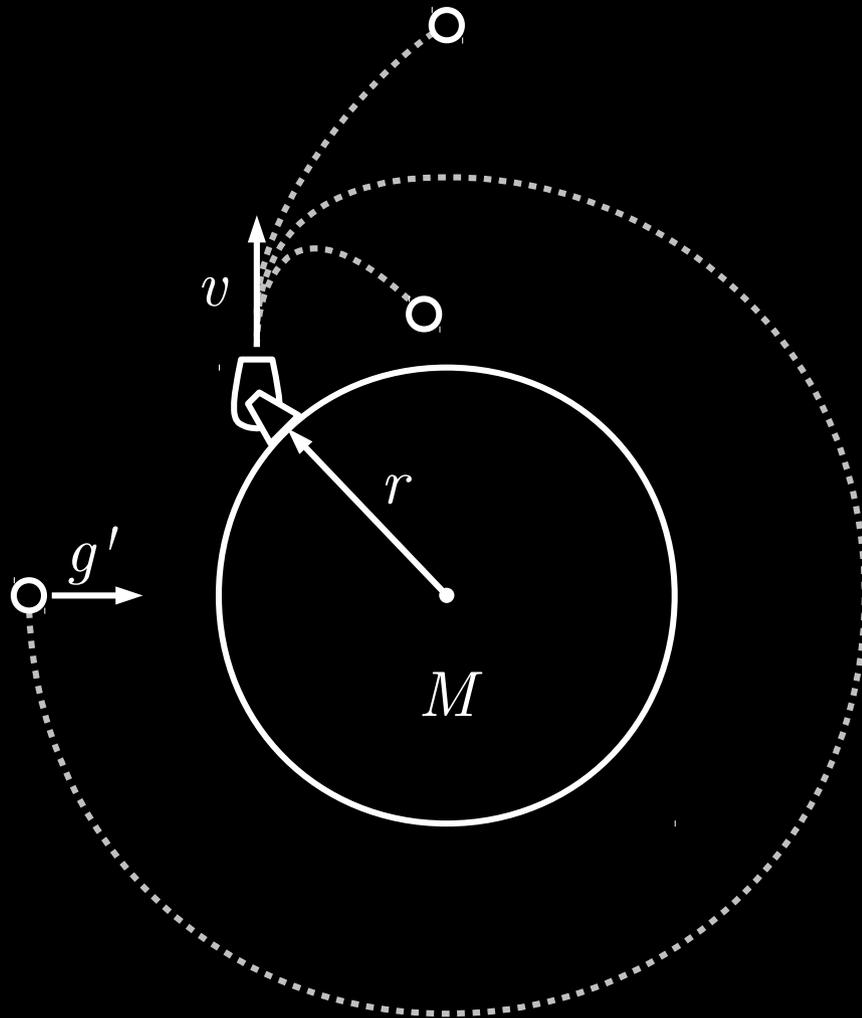
Velocità di fuga



- Kopernik, Kepler, Galilei, Newton
 - 1543 De revolutionibus orbium cœlestium
 - 1609 Astronomia Nova, 1619 Armonice Mundi
 - 1610 Sidereus Nuncius
 - 1687 Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica

- Si inizia a sapere (davvero) come funziona





$$r = 6.371 \times 10^6 \text{ m}$$

$$M = 5.97219 \times 10^{24} \text{ kg}$$

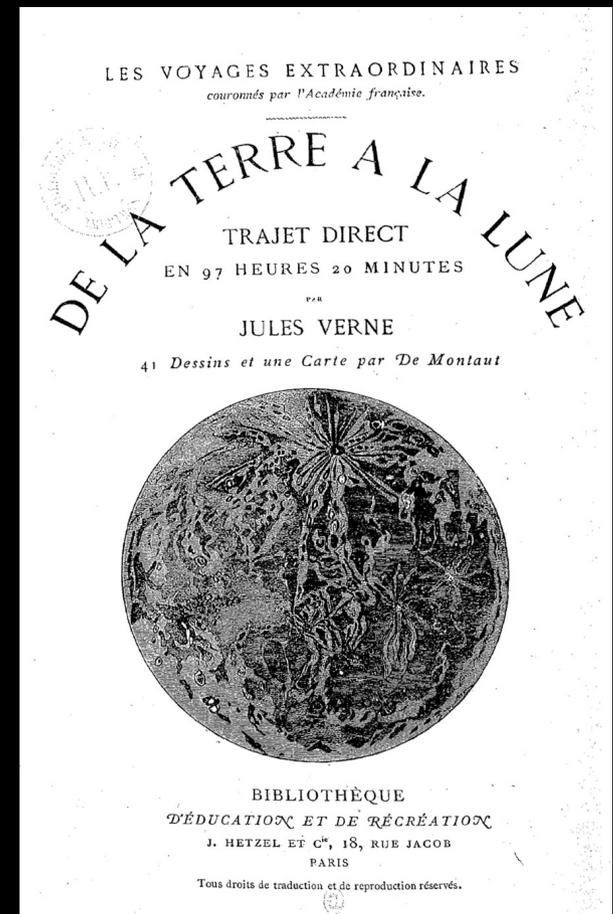
$$G = 6.6742 \times 10^{-11}$$

$$g = \frac{GM}{r^2} = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

$$v_e = \sqrt{2gr} = 11.2 \text{ km/s}$$

$$v_e = \sqrt{2 \frac{GM}{r}}$$

- Jules Verne
 - 1865 De la terre à la Lune
 - 1869 Autour de la Lune
- Racconto tecnologico
 - Ricerca del plausibile
 - Molti dati quasi corretti
- Tuttavia
 - Accelerazione insopportabile
 - 275 m di canna,
(Gustav 32.5, HARP 40)

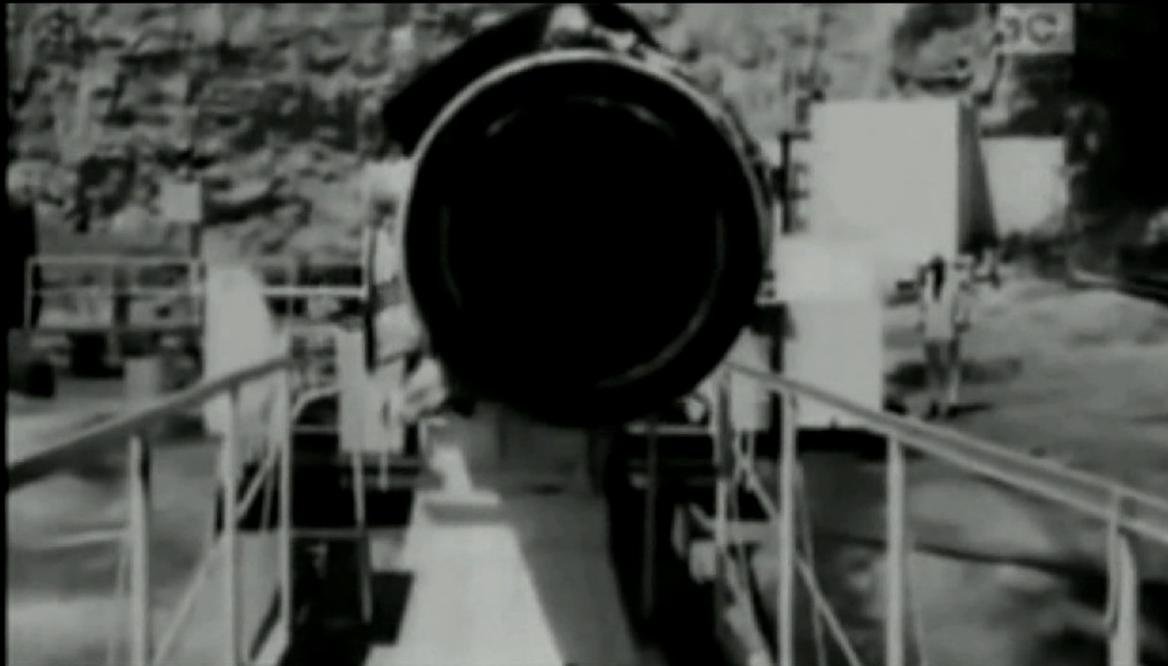


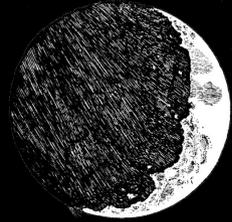
□ 1902, Le voyage dans la Lune



□ HARP Project

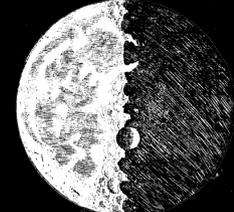
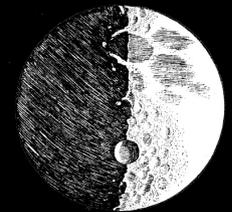
- USA-Canada, 1961-66, Barbados, Yuma (Az)
- 3.2 km/s, 180 km



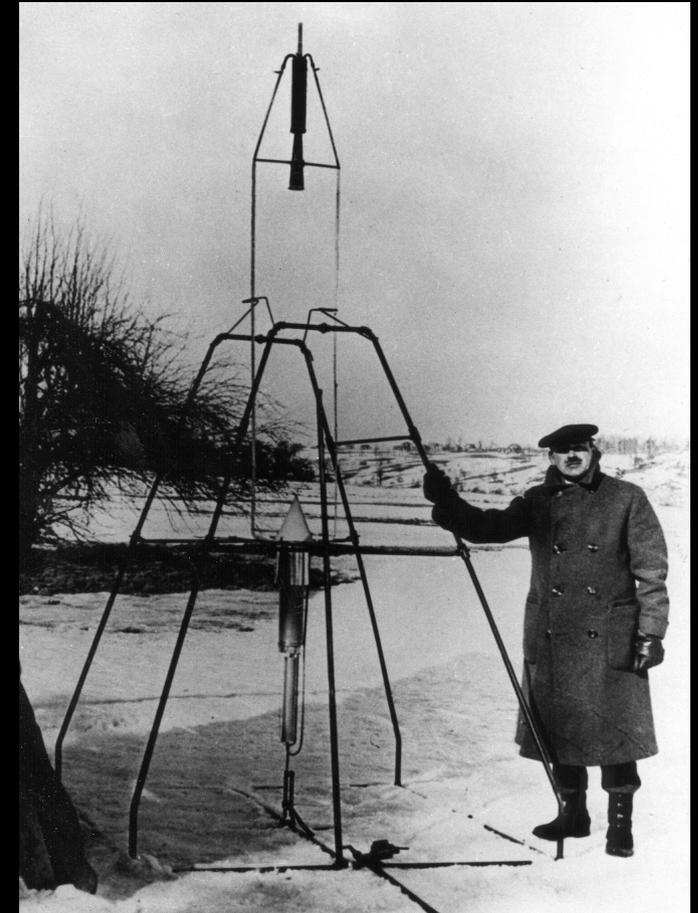


Capitolo 3

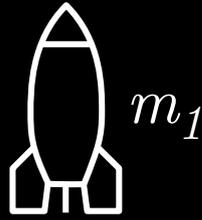
L'equazione di Tsiolkovsky



- Konstantin Tsiolkovsky
 - Confutazione di Verne
 - Razzi, stadi, stazioni, ascensori
- Robert Goddard
 - 214 brevetti
 - Razzi a combustibile liquido
- Perché i razzi
 - Accelerano progressivamente
 - Funzionano a reazione
 - Hanno con sé il comburente



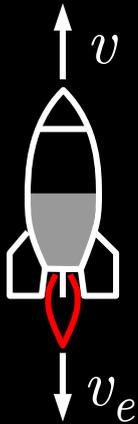
I calcoli si complicano



m_0 = massa iniziale, propellente incluso

m_1 = massa finale, struttura e carico utile

v_e = velocità di spinta effettiva



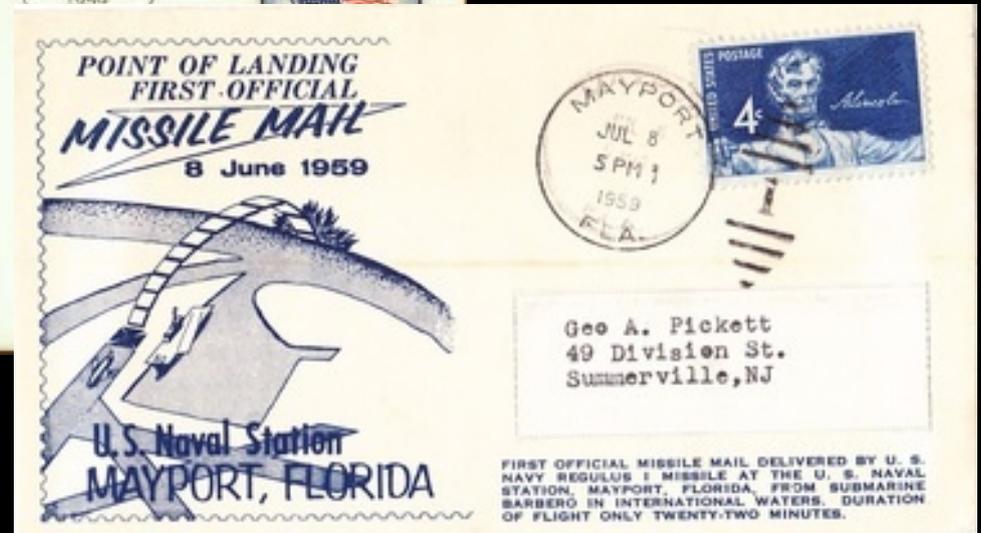
$$\Delta v = v_e \ln\left(\frac{m_0}{m_1}\right)$$

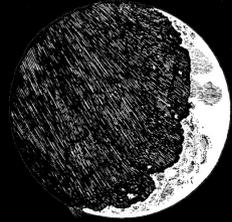


- Un tema inesauribile

- Esempi da tre mostri sacri
 - Isaac Asimov, Trends, 1939, Prometheus (sabotato) e New Prometheus
 - Robert Heinlein, Rocket Ship Galileo, 1947 “mail rocket” riconvertito
 - Arthur Clarke, Prelude to Space, 1951 Prometheus (ancora), Alfa+Beta

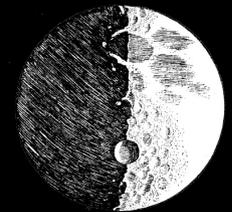
A proposito di mail rocket...

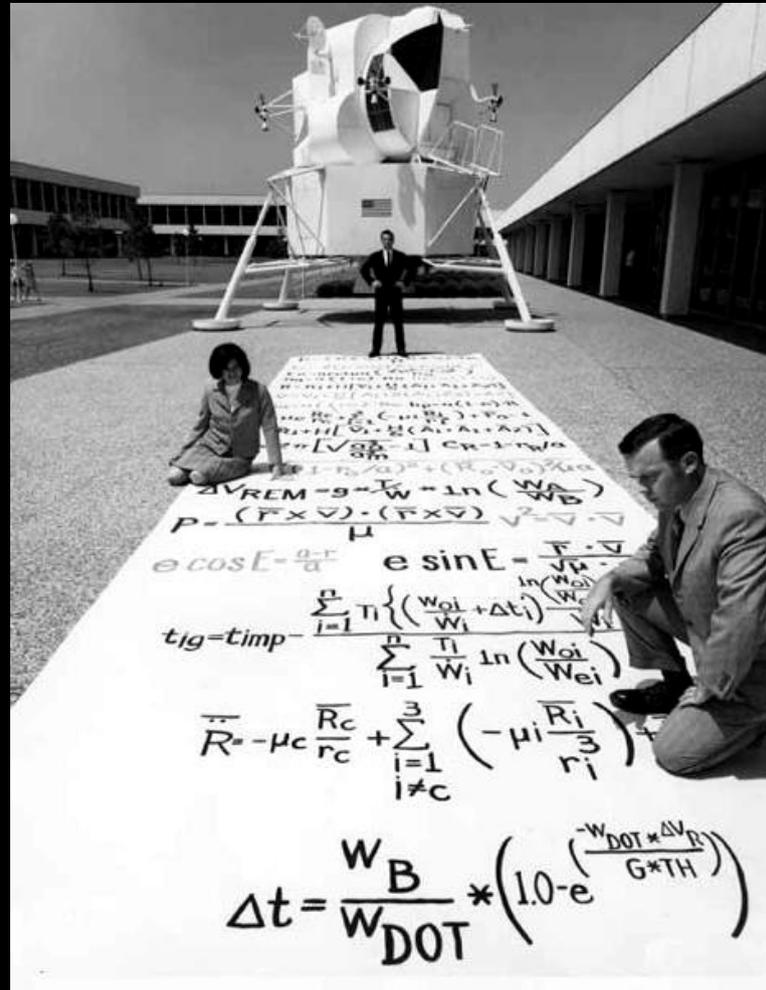




Capitolo 4

Calcolatori per i calcoli





$$\Delta V_{REM} = g \cdot W = \ln\left(\frac{W_A}{W_B}\right)$$

$$P = \frac{(\vec{F} \times \vec{v}) \cdot (\vec{F} \times \vec{v})}{\mu}$$

$$e \cos E = \frac{a-r}{a} \quad e \sin E = \frac{r \cdot v}{\sqrt{\mu}}$$

$$t_{ig} = t_{imp} - \frac{\sum_{i=1}^n \pi \left\{ \left(\frac{W_{oi}}{W_i} + \Delta t_i \right) \frac{\ln\left(\frac{W_{oi}}{W_i}\right)}{\sqrt{W_i}} \right\}}{\sum_{i=1}^n \frac{\pi}{W_i} \ln\left(\frac{W_{oi}}{W_{ei}}\right)}$$

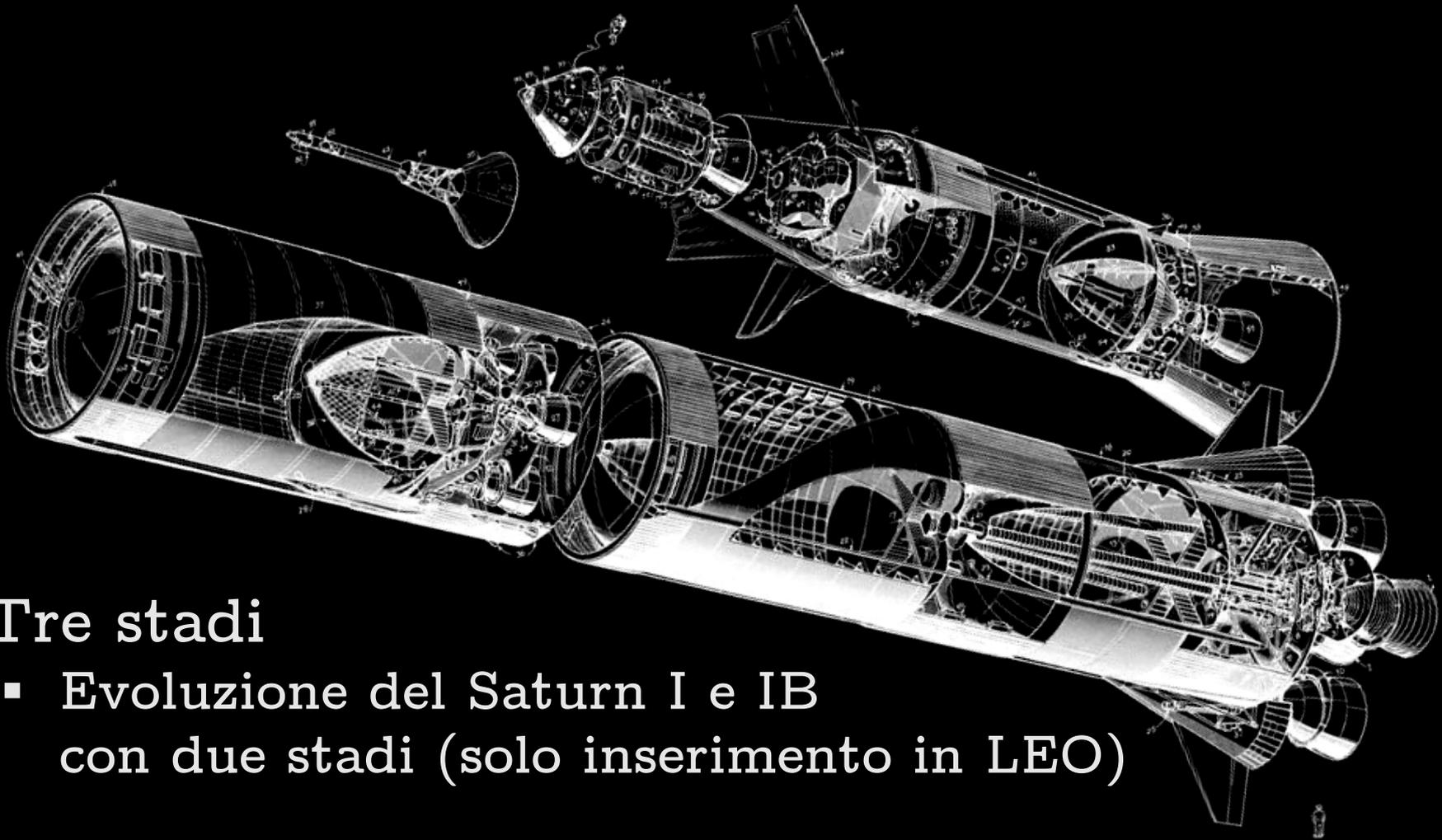
$$\vec{R} = -\mu c \frac{\vec{R}_c}{r_c} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq c}}^3 \left(-\mu_i \frac{\vec{R}_i}{r_i} \right)$$

$$\Delta t = \frac{W_B}{W_{DOT}} * \left(1.0 - e^{\left(\frac{-W_{DOT} * \Delta V_R}{G * TH} \right)} \right)$$

- Pianificazione del volo
 - Moti dei corpi celesti, traiettorie e velocità
 - Vettori e tempi delle manovre
 - Verifica e validazione del piano di volo
- Progettazione e prova dei sistemi
- Simulazione
 - Addestramento sui moduli di comando e lunare
 - Controllo di missione in tempo reale
- Calcolatori di bordo, avionica e controllo
- Elaborazione/archiviazione dei dati di missione

□ Programma Apollo

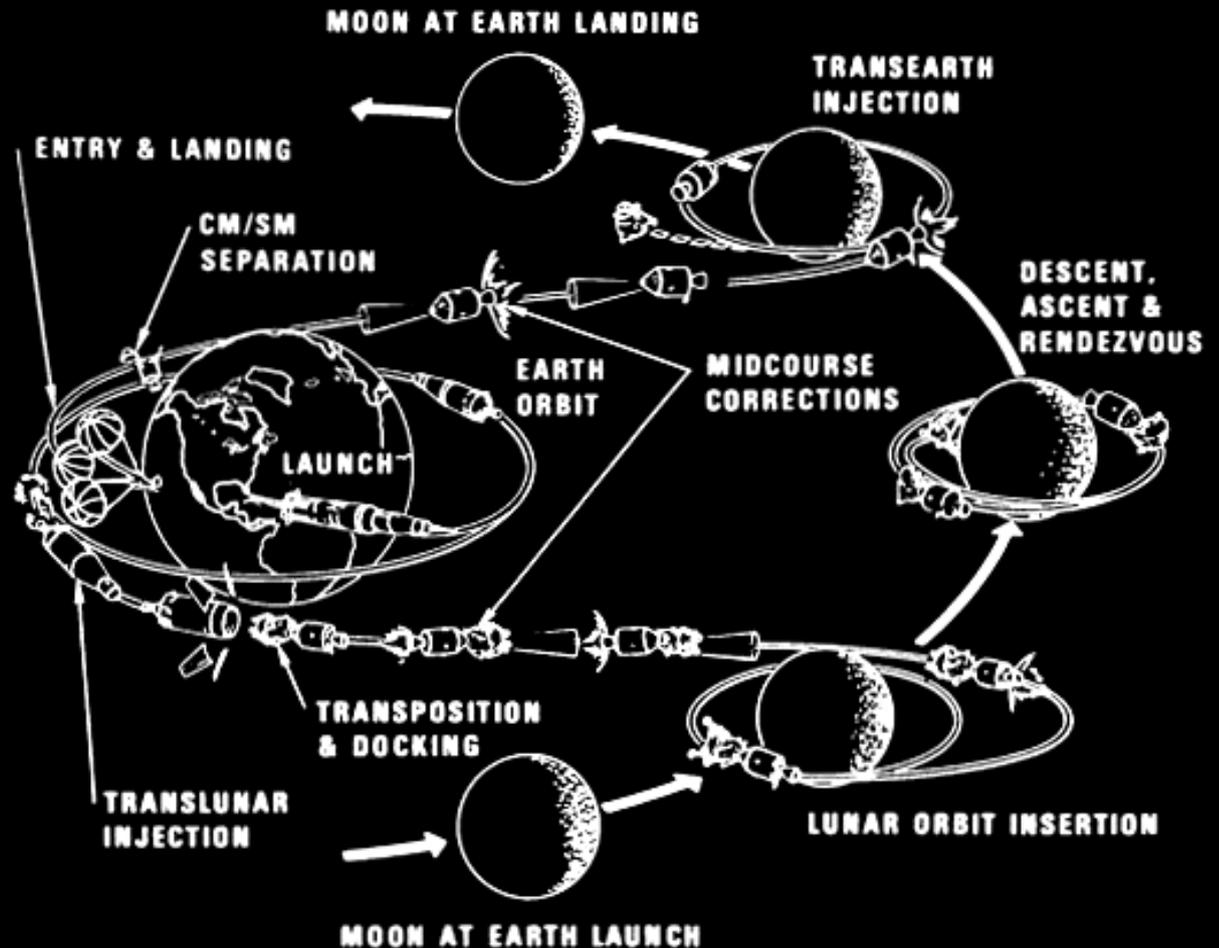
- SA-1 – 5, 1961-64, prove Saturn I
- A-101 – 105, 1964-65, prove Saturn I
- QTV, A-001 – 004, 1963-66, prove Little Joe
- AS-201 – 203, 1966, prove Saturn IB
- Apollo 1 (Grissom, White, Chaffee), 1967, incidente
- Apollo 4 – 6, 1967-68, prove Saturn V e CM
- Apollo 7 (Schirra, Eisele, Cunningham), 1968, orbita T
- Apollo 8 (Borman, Lovell, Anders), 1968, orbita L
- Apollo 9 (McDivitt, Scott, Schweickart), 1969, dock
- Apollo 10 (Stafford, Young, Cernan), 1969, volo L
- Apollo 11 (Armstrong, Collins, Aldrin), 1969, allunaggio
- Apollo 12 – 17, 1969-72



- Tre stadi
 - Evoluzione del Saturn I e IB con due stadi (solo inserimento in LEO)

□ Strategie

- Direct Ascend, Nova Rocket abbandonato
- Earth Orbit Rv, sperimentato nel programma Gemini
- Lunar Orbit Rv, infine adottato con il Saturno V

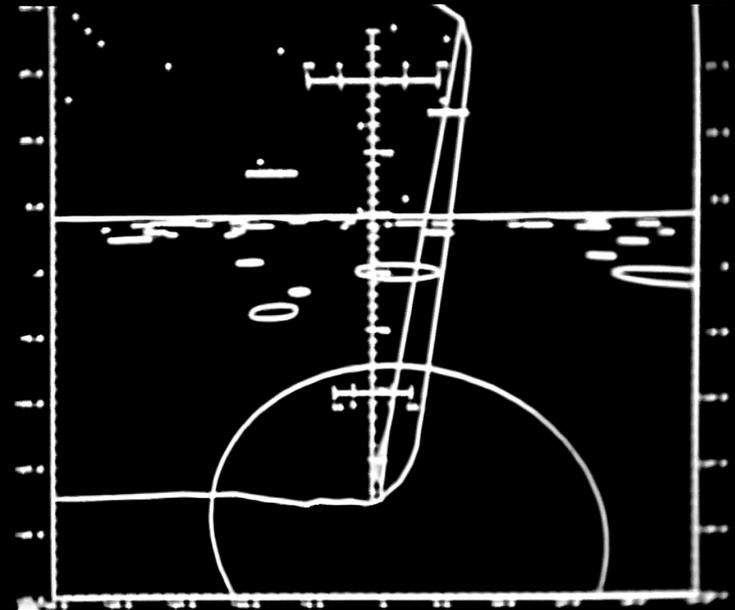


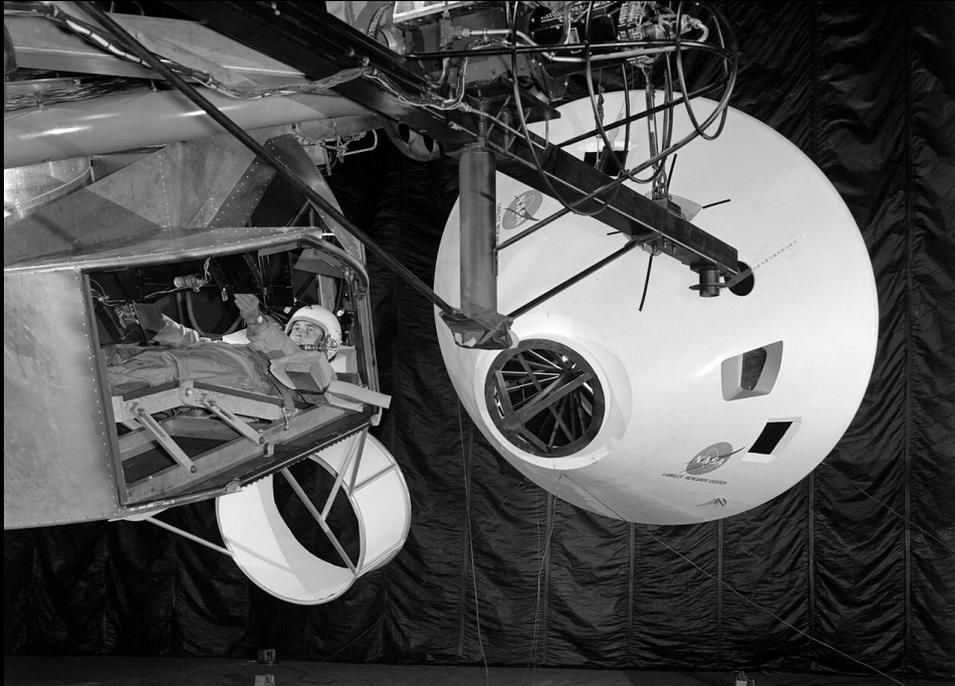


I calcolatori, soprattutto IBM...



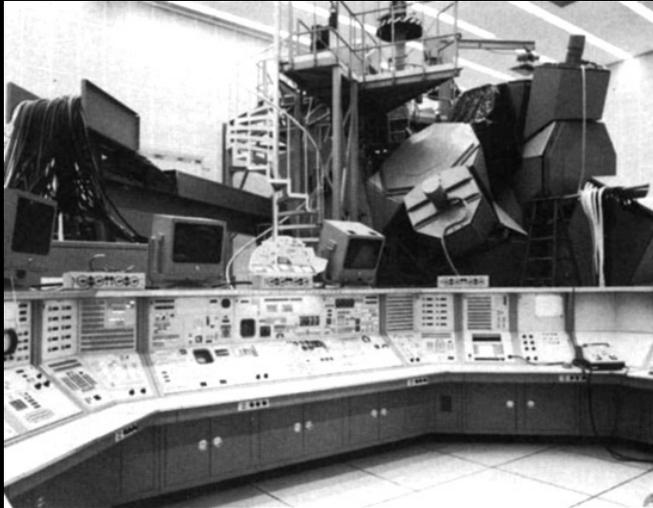
- Procedure
 - Soluzione digitale
 - Mainframe IBM 360 e 370
- Manovre
 - Soluzione mista
 - 3C/Honeywell DDP 224
 - 3-4-5 CMS, 3-4 LMS
 - Emulazione dell'AGS
 - In "rete" via RAM condivisa
 - 200 specialisti hardware
 - 175 specialisti software



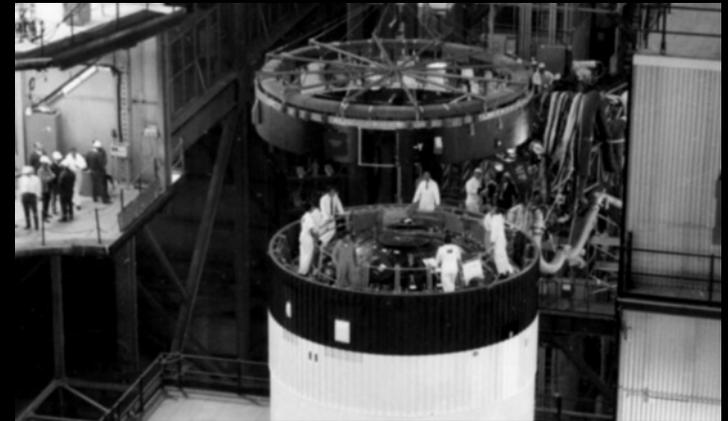




Hardware di simulazione



- Sistemi di controllo e guida
 - Pilota automatico analogico
 - Calcolatore di bordo
 - Giroscopi
 - Sensori

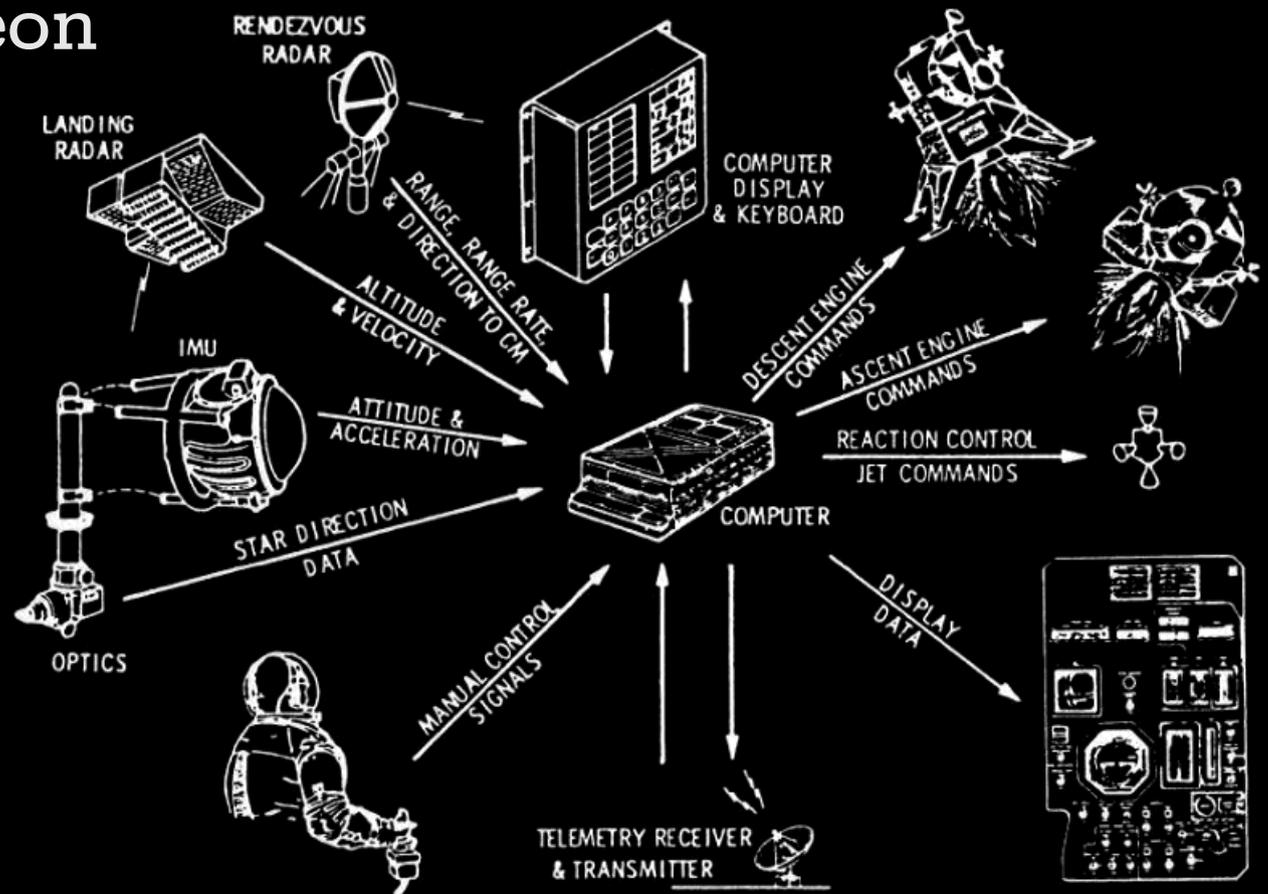




Block II Apollo Guidance System

□ MIT & Raytheon

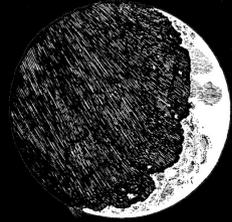
- 1×LM+AbGS
- 2×CM
- 1.024 khz
- 16 bit
- 4 kw RAM
- 32 kw ROM
- DSKY



- Margaret Hamilton
 - NASA SwEng Director
 - MIT Instrumentation Lab

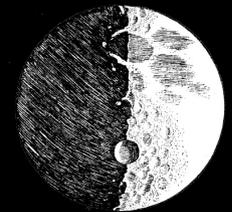
- AGS software
 - Multitasking
 - Tempo reale
 - Gestione del carico
 - Priorità





Capitolo 5

We are Go on that



- Columbia (CM) & Eagle (LM)
 - Mike Collins, Neil Armstrong & Buzz Aldrin
- Houston, Gene Kranz, Flight Director
 - Charles Dieterich, Retrofire Off.
 - Jay H. Greene, Flight Dynamic Off.
 - Steve Bales, Guidance Off.
 - Jack Garman, Computer Engineer
 - Bob Carlton, Control Off.
 - Donald Puddy, Telecommunication Off.
 - Briggs Willoughby, Guidance Navigation Control Off.
 - John W. Aaron, Electrical Environmental Comm. Off.
 - John F. Zieglschmid, Surgeon
 - Charles Duke, Capsule Communicator

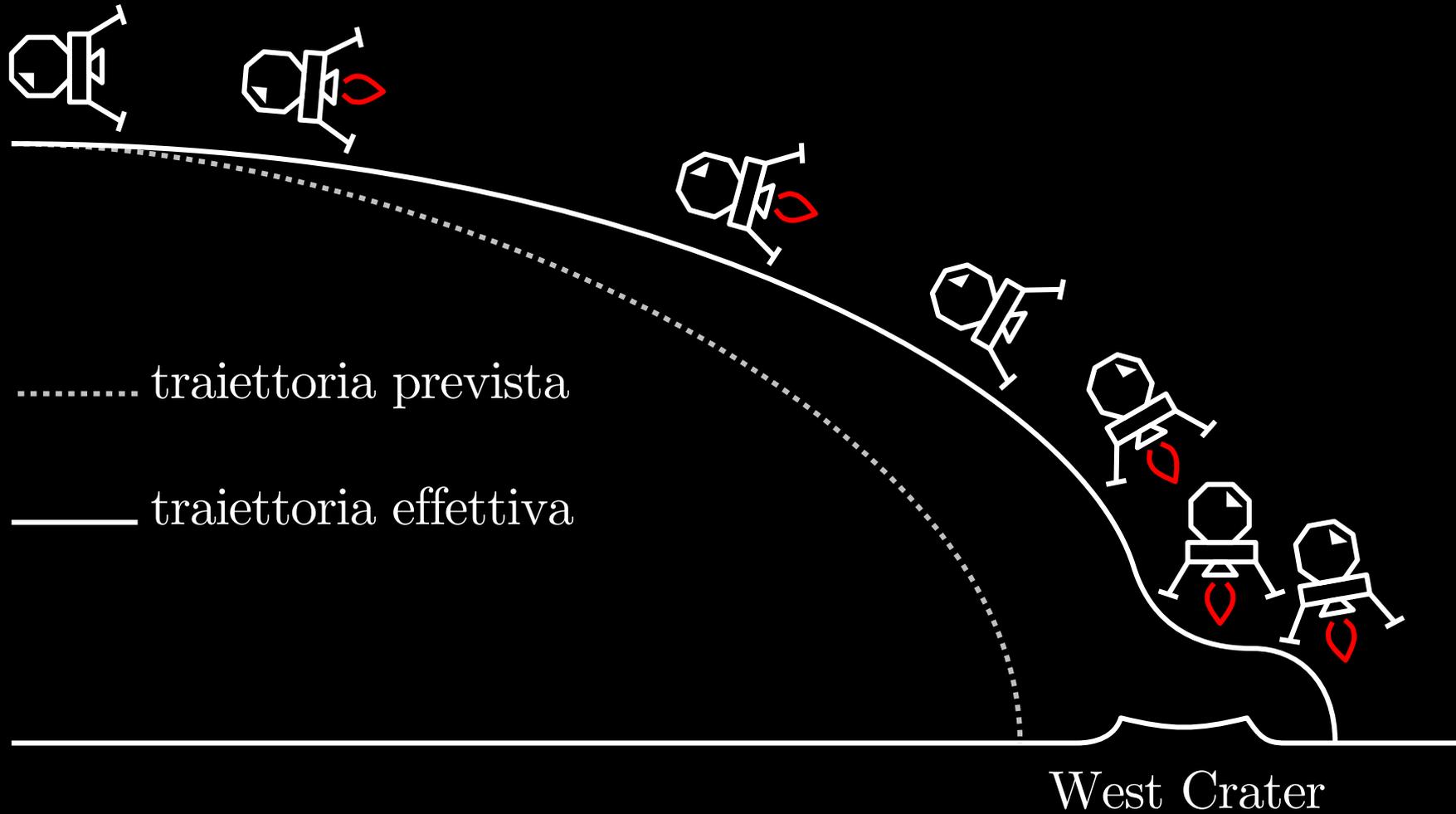
□ Tempi previsti e manovre

- 100.00, inizio separazione LM
- 100.12, fine separazione
- 101.36, accensione per discesa
- 102.33, inizio discesa frenata
- 102.35, rotazione a faccia in su (e in avanti)
- 102.39, sotto 30 000 piedi, sotto 2 000 piedi per sec.
- 102.40, fine discesa frenata
- 102.42, discesa automatica attivata, P64
- 102.45, allunaggio

- Gli allarmi 1201 e 1202
 - Dati inutili dal radar di rendezvous, in standby
 - L'AGS era perciò più carico del previsto
 - Non poteva eseguire il 16/68 (delta al pitchover)
 - Avvertì con i 1201/2 (38.22, 39.02, 42.18, 42.43, 42.58)

- Difatto, sorpresa a parte, le cose funzionarono
 - L'AGS non subì un guasto hardware
 - Il software dell'AGS non si piantò
 - Anzi, mantenne attivi i programmi importanti
 - Huston identificò il non problema e mantenne il Go
 - Armstrong e Aldrin si fidarono

- Arrivarono lunghi
 - Forse pressione nel tunnel CM-LM al distacco
 - Forse errore dovuto alla gravità lunare non uniforme
- Il passaggio al manuale era previsto
 - Il P64 compensava solo la velocità verticale
 - Il P66 fu anticipato per interrompere il rallentamento graduale e superare il West Crater
 - Sui LM successivi P64 e P66 furono migliorati, ma c'era sempre il Landing Point Designator
- Il carburante rimasto sembra poco
 - È in realtà la dimostrazione di calcoli corretti :)





Finalmente sulla Luna!

□ moonscapemovie.blogspot.it

