



Nel 1609 Galileo dirige verso la Luna il suo «occhiale», ne scopre e descrive le montagne e rivela con ciò che il nostro satellite è un mondo simile alla Terra. La *selenografia*, cioè lo studio e la rappresentazione della faccia della Luna, è sorta. Verso la metà del '600 Hevel disegna ed incide su rame una carta della Luna; nel 1841 si esegue a New York la prima fotografia lunare, e poco dopo esce a Parigi il primo atlante lunare. La Luna diventa di casa: è situata così vicino a noi nello spazio da poter essere studiata nei minuti particolari, e l'idea di raggiungerla, auspice il grande Verne, affascina ormai l'uomo che la considera la prima tappa del cammino per la conquista dello spazio cosmico. Di pregnante attualità è perciò oggi lo studio della faccia della Luna, l'indagine dei messaggi cifrati che essa ci invia, perchè sia possibile fin d'ora sapere in quale ambiente l'uomo verrà a trovarsi la prima volta che avrà superato il suo «confino» terrestre. La conoscenza di questo ambiente deve suggerire all'uomo non solo l'equipaggiamento di cui dovrà fornirsi lasciando la Terra, ma anche gli strumenti più idonei per la indagine del suolo lunare e le indicazioni di massima per costruirsi o ricavare una base di osservazione sul nostro satellite.

È noto che i movimenti del sistema Terra-Luna sono la causa per cui vediamo solo una faccia della Luna o, per essere più precisi, i 59/100 dell'astro: infatti la Luna ruota intorno alla Terra con la stessa velocità media angolare con cui ruota intorno al pro-

prio asse, ma la velocità vera orbitale è maggiore o minore a seconda della distanza della Luna dalla Terra, il che ci permette di vedere un po' più della metà dell'astro; inoltre l'asse di rotazione lunare non è perpendicolare al suo piano orbitale, e l'osservatore terrestre dal canto suo si sposta per il movimento di rotazione della Terra: tutte cause che fanno aumentare la superficie della Luna visibile dalla Terra.

#### I «mari» e le montagne.

Prima di passare ad esaminare i lineamenti generali della faccia lunare che ci è familiare, in attesa di una corretta interpretazione della «nuova faccia», ricordiamo alcune caratteristiche di grandezza e di ambiente del nostro satellite. Il diametro lunare è di 3473 km (Terra 12736), il suo volume 1/50 di quello terrestre e la sua massa solo 1/81, per cui la densità lunare è 3,3, quasi la metà di quella terrestre. La gravità, di conseguenza, è sulla Luna circa sei volte più piccola che da noi, il che significa che lo sforzo muscolare necessario per muoversi sulla Luna dovrebbe essere assai più piccolo che sulla Terra. Le condizioni di illuminazione del satellite, e cioè il passaggio netto, repentino, dalla parte illuminata a quella ombra, visibile in modo particolare nelle fasi di quarto, in altre parole l'assenza di penombra, dimostrano la mancanza di atmosfera e di acqua; di questa mancanza risente la morfologia lunare e noi dovremo inoltre trarne tutte le conseguenze se vorremo «allunare» e dimorare sulla Luna.

Le linee generali del rilievo sono di-

verse da quelle terrestri: sulla Terra i mari abbracciano i continenti, cioè la Terra ha struttura insulare; sulla Luna manca l'acqua, tuttavia esistono superfici pianeggianti dette «mari» per analogia con l'aspetto esteriore livellato del nostro mare, circondati da rilievi; questi mari sono dunque piuttosto paragonabili a grandi conche in mezzo ai monti, ma se fossero riempiti, d'acqua, a guisa di enormi laghi, vedremmo le acque circondate da rilievi, cioè la Luna ha *struttura continentale*. Nel complesso notiamo che i rilievi della Luna, e comunque le sue parti accidentate, occupano quasi tutto l'emisfero australe, da cui una fascia longitudinale, posta proprio attorno al meridiano centrale, si sporge nell'emisfero nord. In questo emisfero, soprattutto verso est, predominano i mari che invadono anche la zona orientale dell'emisfero sud, almeno nelle vicinanze dell'equatore; qualche mare, più piccolo, si trova pure nella parte occidentale dell'emisfero sud.

L'altezza dei rilievi può raggiungere gli 8000 metri (Monti Leibnitz nei dintorni del polo sud): alcuni di essi sono allineati a formare delle catene, la più notevole delle quali è denominata Appennini ed è posta quasi al centro della parte visibile dell'emisfero nord. Il termine di catena è tuttavia improprio, poichè i singoli rilievi che formano questa dorsale sono pressochè indipendenti gli uni dagli altri.

Notiamo che il rilievo lunare ci può sembrare più elevato di quello terrestre, paragonandolo alle rispettive dimensioni del raggio, ma non dimentichiamo che se alla Terra mancasse il rivestimento delle acque, vedremmo le catene più elevate sorgere fino a 14 mila metri di altezza rispetto alla platea che forma il fondo degli oceani.

#### I circhi e i crateri.

Forme tipiche del rilievo sono i circhi e i crateri che in numero di parecchie decine di migliaia crivellano la superficie della Luna e le conferiscono la sua inconfondibile fisionomia: i *circhi* sono costituiti da superfici pianeggianti circolari (da cui talora emergono dei picchi), circondate da bastioni ripidi verso l'interno, a pendio più dolce verso l'esterno. Il diametro dei circhi va da pochi chilometri fino a 230 km (per es. *Clavius*); l'altezza dei bastioni può essere assai notevole e superare perfino i tre o quattro chilometri. I *crateri*, invece, sono cavità circolari di varie dimensioni, fino a cento e più km, ma molto profonde rispetto all'apertura e a forma di coppa, come quelle dei vulcani terrestri; da essi si irradiano strisce che rimandano vivamente la luce solare (es. cratere *Copernico*). Sul suolo lunare si vedono inoltre i *solchi* lunghi talora diecine di chilometri e larghi fino a due chilometri, con profondità anche di 500 metri, che in plenilunio appaiono bianchi. Alcuni di essi confluiscono e da lontano possono ricordare un reticolato idrografico, ma poichè si arrampicano anche sulle montagne, dove talora appaiono più larghi, o tagliano crateri e circhi, dobbiamo

escludere tale origine. Non mancano scoscendimenti, per es. il muro dritto nel *Mare Nubium*, lungo 100 km e alto duecento metri, che fa pensare ad una enorme faglia; altri meno noti particolari sono piccole colline rotondegianti, spesso con un piccolo foro o cratere sulla cima, e le cosiddette *forme di formaggio*.

Questi lineamenti rivelati dal telescopio non bastano però a dirci quale sarà l'aspetto che il suolo lunare rivelerà agli esploratori e quali proprietà fisiche esso abbia. Una risposta in questa direzione esige l'analisi di altri messaggi lunari, per es.: delle onde infrarosse o dell'eco delle onde hertziane, o ricchie di esplorare la polarizzazione della luce lunare. Prima di inoltrarci in questo esame, cerchiamo però di spiegare la genesi del singolare aspetto buttato della Luna.

Data la scala in cui noi vediamo il nostro satellite, era naturale che i circhi ed i crateri ci apparissero come dovuti a fenomeni vulcanici, poichè solo essi sulla Terra danno luogo a forme cave grossolanamente ricordanti la topografia lunare: la regione vulcanica dei Campi Flegrei ricorda ad es. in modo singolare l'aspetto lunare. Questa genesi tuttavia può spiegare solo la formazione di alcuni crateri, soprattutto

di quelli allineati e con profondità notevoli: alcune singolari luminosità e i vapori, osservati anche recentemente dai Sovietici, confermerebbero, anzi, la esistenza di una attività vulcanica attuale, sia pure in fase di estinzione.

#### L'origine meteoritica.

Secondo le vedute più moderne, però, l'origine dei circhi risale all'urto di meteoriti contro il suolo lunare. Singolare è la concordanza della forma dei circhi con quella di alcuni crateri di origine meteoritica esistenti sulla Terra (ad es. il celebre cratere dell'Arizona) o con altri crateri terrestri dovuti ad esplosioni di guerra: in particolare, la regola di Ebert, che stabilisce un rapporto di proporzionalità inversa fra il diametro di un circo e la sua profondità, vale anche per le citate forme terrestri, sia naturali che artificiali. Bisogna tuttavia dire che sulla Terra i crateri meteoritici non solo sono rari, ma le loro dimensioni sono ben diverse e nessuno di essi presenta le strie raggiate che rendono così caratteristico l'aspetto di *Tycho* e *Copernico*. Ora, il carattere distintivo più saliente del nostro satellite, cioè la mancanza di atmosfera, sarebbe la causa indiretta delle maggiori dimensioni, e

anche della conservazione di queste forme, in quanto la caduta delle meteoriti provocherebbe sulla Luna delle vere esplosioni: infatti, mancando la resistenza dell'aria, i bolidi raggiungerebbero il suolo lunare con velocità assai grande, e questa stessa assenza, impedendo lo scoppio nell'aria della meteorite per arroventamento, ne garantirebbe una maggiore dimensione; ma l'arresto brusco sul suolo lunare di una grossa meteorite che arrivi con velocità supersonica, causerebbe in brevissimo intervallo di tempo la trasformazione di parte dell'energia cinetica del bolide in energia termica, e quindi l'esplosione del bolide e la proiezione delle rocce colpite e dei frammenti della meteora a grande distanza. Questo materiale, raggiungendo il suolo con velocità assai minore, potrebbe sprofondare e dare origine a cavità di forma anche assai diversa dalla circolare, dipendendo essa in questo caso dalla velocità e dall'angolo di caduta. Cavità irregolari costellano infatti circhi e crateri. La minore forza di gravità lunare spiegherebbe inoltre la proiezione del materiale a grande distanza e quindi le famose raggiate.

La caduta delle meteoriti sarebbe pure la causa predominante dell'usura della superficie lunare; meno accen-

▼ Luna piena. Nell'emisfero nord i « mari » sono più estesi, mentre nell'emisfero sud prevalgono di gran lunga le terre:

1 - cratere Copernico 2 - cratere Tycho.

▼ Regione del cratere di Copernico:

1 - cratere Eratosthenes 2 - cratere Copernico  
3 - catena dei Carpaзи.





▲ 1 - cratere Aristillus 2 - cratere Copernico 3 - catena degli Appennini 4 - catena dei Carpazi 5 - catena delle Alpi 6 - circo Plato.



▲ Catena delle Alpi: 1 - cratere Aristillus 2 - Mare Imbrium 3 - vallata delle Alpi.

tuata si pensa che sia la degradazione dovuta alla differenza di temperatura fra di e notte, pure assai cospicua, a causa della variazione molto lenta dovuta alla lunghezza del giorno lunare (durata del di lunare 14 giorni terrestri e altrettanto la notte); più efficace forse il fortissimo sbalzo di temperatura provocato dall'eclissi solare. Infine l'aspetto brillante della platea dei circhi lunari recenti sarebbe dovuto alla fuoriuscita di magma causata dalla caduta delle meteore, e la stessa origine avrebbero i picchi che si ergono entro i circhi; nei circhi più vecchi, naturalmente, la brillantezza del fondo sarebbe stata compromessa dal bombardamento micro- e macrometeoritico, oltre che da un diverso tipo di degradazione.

Per i seguaci fino alle ultime conseguenze della teoria meteoritica, i mari lunari, di forma generalmente circolare e spesso circondati di montagne, non sarebbero altro che giganteschi circhi molto antichi, da cui uscì la lava in ebullizione.

#### Una ipotesi suggestiva.

Sulla base del descritto aspetto morfologico, autori diversi hanno creduto di ricostruire la storia della Luna, ma le interpretazioni sono spesso molto contrastanti: un certo accordo sussiste solo nell'ammettere la Luna prossima ad una fase di totale estinzione. Né tutti sono d'accordo sull'ipotesi meteo-

ritica: ad esempio la piccola densità della Luna ed il suo aspetto superficiale hanno portato alcuni autori ad ammettere che la crosta lunare per un spessore di alcune decine di chilometri, sia come una spugna, e che i circhi siano la conseguenza di enormi bolle gassose che dal magma interno ribollente avrebbero premuto e rotto la crosta lunare determinando poi, una volta effuse, lo sprofondamento dei materiali. Questa teoria sembra oggi superata; è però probabile che non a sole cause esterne si debba il complesso rilievo lunare; particolarmente seducente, agli effetti della esplorazione diretta lunare, è l'ipotesi di una rete di cavità interne che potrebbero proteggere gli esploratori dalle eccessive temperature e dai micidiali raggi cosmici, non attenuati sulla Luna dalla presenza dell'atmosfera.

Ma veniamo ora all'esplorazione delle onde infrarosse emesse dalla Luna. Esse hanno rivelato le temperature estreme lunari (+ 107, -135) e il brusco cambiamento di temperatura durante le eclissi. Ora, questi mutamenti si possono spiegare solo con l'ipotesi che la superficie dell'astro non irradi calore verso l'interno, sia cioè costituita da materiale isolante. Sulla Terra nessuna roccia compatta può realizzare un simile isolamento, ma eguale comportamento ha invece manifestato un materiale ottenuto dal francese Dollfuss

bombardando delle ceneri vulcaniche con micrometeoriti e determinandone in questo modo, a causa della fusione provocata dal calore, l'aspetto di scoria di alto forno. L'idea che per lungo tempo si fecero gli osservatori della Luna, di trovarsi cioè di fronte ad un corpo celeste formato di nuda roccia, in un certo senso analogo ai nostri deserti rocciosi o a certi paesaggi d'alta montagna, viene ad essere compromessa.

#### Ciò che rivela la luce.

Alle stesse conclusioni conduce lo studio dell'albedo e della polarizzazione della luce. L'albedo media della Luna, cioè il suo potere riflettente della luce solare, ha valore 0,073, cioè solo il 7,3% della luce che la colpisce viene riflessa, come farebbe press'a poco un corpo grigio. È però noto a tutti che il quarto di Luna rischiarata non la metà ma nove volte di meno della Luna piena, perché il potere riflettente varia con l'incidenza dei raggi solari. La sovietica Orlova ha trovato che la curva di luminosità in relazione all'incidenza dei raggi solari, curva detta *indicatrice di diffusione*, è analoga a quella data da scorie vulcaniche crivellate di cavità irregolari.

A risultati concordanti si arriva studiando la curva di polarizzazione. È noto che la polarizzazione è il fenomeno per cui i raggi di luce ordinaria, che vibrano in tutte le direzioni possibili



▲ Regione sud della Luna.



▲ Alcuni circhi visti sul contorno:  
1 - circo Furnerius    2 - circo Petavius    3 - circo Vendelinus.

del piano perpendicolare alla direzione del raggio, possono essere condotti a vibrare solo in una delle dette direzioni, per es. in seguito a riflessione. Ora, la luce lunare che noi riceviamo può essere luce solare *direttamente* riflessa dalla Luna a noi, oppure *luce cinerea*, cioè luce solare riflessa dalla Terra sulla Luna e da questa ritrasmessa, quella luce cioè che, quando la Luna è una sottile falce, ci permette di vedere tutto l'emisfero rivolto alla Terra. Mentre la luce solare non è polarizzata, la luce lunare *diretta* lo è in una proporzione che dipende dall'angolo di incidenza dei raggi solari. Il francese B. Lyot ha dimostrato, circa trent'anni fa, che questa curva è analoga a quella che darebbe un deposito di sottile cenere vulcanica; l'esame della luce cinerea ci mostra invece che la superficie lunare si comporta da depolarizzante, poiché questa luce è assai meno polarizzata della luce solare rinviata dalla Terra, come hanno dimostrato osservazioni fatte con l'aerostato. La curva della polarizzazione residuale costruita in funzione dell'angolo d'incidenza è, ancora una volta, paragonabile alle curve ottenute esaminando sottili ceneri vulcaniche.

L'analisi della radiazione lunare, visibile o ultrarossa, ci porta alla medesima conclusione, anche se la grandezza richiesta per i granuli sembra diversa nei due casi: ma basta ammet-

tere che la polvere a grana molto sottile sia scavata da cavità ed irta di punte, sia cioè in pratica la scoria di cui si è parlato più sopra, per fare esattamente coincidere i due dati. Si deve dunque concludere che la superficie lunare è rivestita da una specie di cappa spugnosa, dovuta sia alla saldatura per fusione della polvere meteoritica che cade sulla Luna, sia a scorie vulcaniche e a ceneri vulcaniche cementate dal bombardamento micrometeoritico. Se teniamo conto che sulla Terra arrivano in un giorno, secondo calcoli attendibili, 12 grammi di polveri meteoritiche per chilometro quadrato, che sulla Luna, data la minor forza di gravità, ne arrivano meno, ma che la mancanza di atmosfera rende assai più efficace il bombardamento e più stabili le forme da questo derivate, non pare ci sia difficoltà a prevedere quale suolo gli astronauti si troveranno sotto i piedi allunando.

#### Un paesaggio ondulato.

È stato giustamente osservato che il telescopio da un lato, l'analisi della luce della Luna dall'altro, ci presentano il nostro satellite in due scale assai diverse, rispettivamente macrometrica e micrometrica: diremo, per intenderci, a volo d'aeroplano e alla lente; ma questa coltre minutamente spugnosa come si presenterà modellata agli occhi che la scrutano entro il limite dell'oriz-

zonte lunare? L'esplorazione del suolo lunare con onde elettromagnetiche, questa volta di grande lunghezza d'onda, da qualche decimetro a qualche metro, ci dà la risposta attesa: in questo caso la riflessione delle onde genera un'eco distinta o diffusa a seconda che i particolari del suolo sono di minore uguale o maggiore ordine di grandezza della lunghezza d'onda adoperata. Le onde hertziane dei radar sono appunto le vibrazioni adatte a questo scopo, e la loro risposta, benchè di difficile interpretazione, ci porta a concludere che sulla superficie lunare non esistono zone livellate di dimensioni superiori ai 1500 metri e che i pendii non superano in genere i sei gradi.

Concludendo: il paesaggio lunare si presenta nel suo insieme con linee ondulate e a dolce pendio che modellano una coltre minutamente scabrosa e cementata; ben diverso dunque dall'idea che un tempo ci si faceva di esso. Anche l'altra faccia, per quanto se ne può dire oggi, non ha rivelato sorprese. Ma non dovremo attendere molto perchè i primi esploratori lunari ci dicano se sono corrette le conclusioni che lo ingegno umano si è sforzato di ricavare dalla distanza di 384 mila chilometri, utilizzando le varie gamme di messaggi elettromagnetici.

Le illustrazioni sono state riprodotte dall'Atlante «Il cielo» e le sue meraviglie» di P. Emanuelli, ed. Hoepli.