

L'occhio di Galileo

Il “candor lunare” e “gli occhi della mente” (parte seconda)

MARCO PICCOLINO

Il tema della fallacia dei sensi, e in modo particolare la riflessione sulla inaffidabilità delle immediate impressioni visive a cui, come abbiamo notato nella prima parte di questo articolo, Galileo dedica grande attenzione nella sua polemica sulle macchie solari con Cristoph Scheiner, è presente in molti dei suoi scritti e costituisce un aspetto rilevante del suo discorso scientifico. Nella prima giornata dei *Massimi sistemi* egli torna sull'argomento riprendendo molte delle argomentazioni sviluppate nelle *Macchie solari*. Lo fa sempre in rapporto all'argomento della luminosità della Luna, in un brano celebre in cui, dinanzi a Simplicio il quale è riluttante ad ammettere che *la Terra possa riflettere il lume del Sole non men gagliardamente che la Luna*, Salviati si dice in grado di penetrare i suoi pensieri (e le ragioni delle sue difficoltà) meglio di lui stesso (uno dei tanti discorsi ‘maieutici’ dell'opera). Per convincere l'aristotelico interlocutore, Salviati, alter ego di Galilei, aveva poco prima messo sulla scena dei *Massimi sistemi* il famoso esperimento dello ‘specchio scuro’ e del ‘muro chiaro’ (giustamente ammirato da Italo Calvino). Egli fa inizialmente ricorso al confronto, già presente nella terza lettera sulle *Macchie solari*, tra la luminosità della Luna vista di giorno, e quella di *nugole* illuminate dal Sole:

SIMPLICIO *Se io mi discorra bene o male, potrebb'esser che voi meglio di me lo conoscete; ma, o bene o mal ch'io mi discorra, che voi possiate meglio di me penetrar il mio discorso, questo non crederò io mai.*

SALVIATI *Anzi vel farò io creder pur ora. Ditemi un poco: quando la Luna è presso che piena, sì che ella si può veder di giorno ed anco a mezza notte, quando vi par ella più splendente, il giorno o la notte?*

SIMPLICIO *La notte, senza comparazione, e parmi che la Luna imiti quella colonna di nugole e di fuoco che fu scorta a i figliuoli di Isdraele, che alla presenza del Sole si mostrava come una nugoletta, ma la notte poi era splendidissima. Così ho io osservato alcune volte di giorno tra certe nugole la Luna non altramente che una di esse biancheggiante; ma la notte poi si mostra splendentissima.* (Galileo, 1632, p. 80-81)

Salviati continua poi mettendo in evidenza, attraverso le parole di Simplicio, come la particolare brillantezza della Luna notturna non corrisponda alla realtà fisica ma sia conseguenza di un effetto psico-fisiologico:

SALVIATI *Talché quando voi non vi foste mai abbattuto a veder la Luna se non di giorno, voi non l'avreste giudicata più splendida di una di quelle nugole.*

SIMPLICIO *Così credo fermamente.*

SALVIATI *Ditemi ora: credete voi che la Luna sia realmente più lucente la notte che 'l giorno, o pur che per qualche accidente ella si mostri tale?*

SIMPLICIO *Credo che realmente ella risplenda in se stessa tanto di giorno quanto di notte, ma che 'l suo lume si mostri maggiore di notte perché noi la vediamo nel campo oscuro del cielo; ed il giorno, per esser tutto l'ambiente assai chiaro, sì che ella di poco lo avvanza di luce, ci si rappresenta assai men lucida.* (p. 81)

E porta infine l'interlocutore a concludere come la luminosità della Luna non sia espressione di una differenza essenziale della materia lunare rispetto alla materia terrestre:

SALVIATI *Hor ditemi; avete voi veduto mai in su la mezza notte il globo terrestre illuminato dal Sole?*

SIMPLICIO *Questa mi pare una domanda da non farsi se non per burla, o vero a qualche persona conosciuta per insensata affatto.*

SALVIATI *No, no, io v'ho per uomo sensatissimo, e fo la domanda sul saldo: e però rispondete pure, e poi se vi parrà che io parli a sproposito, mi contento d'esser io l'insensato; ché bene è più sciocco quello che interroga sciocamente, che quello a chi si fa interrogazione.*

SIMPLICIO *Se dunque voi non mi avete per semplice affatto, fate conto ch'io v'abbia risposto, e detto che è impossibile che uno che sia in Terra, come siamo noi, vegga di notte quella parte della Terra dove è giorno, cioè che è percossa dal Sole.*

SALVIATI *Adunque non vi è toccato mai a veder la Terra illuminata se non di giorno; ma la Luna la vedete anco nella più profonda notte risplendere in cielo: e questa, signor Simplicio, è la cagione che vi fa credere che la Terra non risplenda come la Luna; che se voi poteste veder la Terra illuminata mentreché voi fuste in luogo tenebroso come la nostra notte, la vedreste splendida più che la Luna. Ora, se voi volete che la comparazione proceda bene, bisogna far parallelo del lume della Terra con quel della Luna veduta di giorno, e non con la Luna notturna, poiché non ci tocca a veder la Terra illuminata se non di giorno. Non sta così?*

SIMPLICIO *Così è dovere.*

SALVIATI *E perché voi medesimo avete già confessato d'aver veduta la Luna di giorno tra nugole biancheggianti e similissima, quanto all'aspetto, ad una di esse, già primamente venite a confessare che quelle nugole, che pur son materie elementari, son atte a ricever l'illuminazione quanto la Luna, ed ancor più, se voi vi ridurrete in fantasia d'aver vedute talvolta alcune nugole grandissime, e candidissime come la neve; e non si può dubitare che se una tale si potesse conservar così luminosa nella più profonda notte, ella illuminerebbe i luoghi circonvicini più che cento Lune. Quando dunque noi fussimo sicuri che la Terra si illuminasse dal Sole al pari di una di quelle nugole, non resterebbe dubbio che ella fusse non meno risplendente della*

Luna. Ma di questo cessa ogni dubbio, mentre noi veggiamo le medesime nugole, nell'assenza del Sole, restar la notte così oscure come la Terra; e, quel che è più, non è alcuno di noi al quale non sia accaduto di veder più volte alcune tali nugole basse e lontane, e stare in dubbio se le fussero nugole o montagne: segno evidente, le montagne non esser men luminose di quelle nugole. (pp. 81-82)

Subito dopo Galileo riprende l'argomento della luminosità del Sole che, riflessa da una parete, riesce ad illuminare una stanza chiusa più della luminosità diretta della Luna, ma, a differenza che nelle *Macchie solari*, lo fa col ricorso a un esperimento 'vero' che Sagredo, altro personaggio galileiano dei *Massimi sistemi*, mette in scena con frasi brevi e incisive, ricche di movimento:

SAGREDO *Ma che più altri discorsi? Eccovi là su la Luna, che è più di mezza; eccovi là quel muro alto, dove batte il Sole; ritiratevi in qua, sì che la Luna si vegga accanto al muro; guardate ora: che vi par più chiaro? non vedete voi che se vantaggio vi è, l'ha il muro? Il Sole percuote in quella parete; di lì si reverbera nelle pareti della sala; da quelle si riflette in quella camera, sì che in essa arriva con la terza riflessione: e ad ogni modo son sicuro che vi è più lume, che se direttamente vi arrivasse il lume della Luna.*

SIMPLICIO *Oh questo non credo io, perché quel della Luna, e massime quando ell'è piena, è un grande illuminare.*

SAGREDO *Par grande per l'oscurità de i luoghi circonvicini ombrosi, ma assolutamente non è molto, ed è minore che quel del crepuscolo di mezz'ora dopo il tramontar del Sole; il che è manifesto, perché non prima che allora vedrete cominciare a distinguersi in Terra le ombre de i corpi illuminati dalla Luna. Se poi quella terza riflessione in quella camera illumini più che la prima della Luna, si potrà conoscere andando là, col legger quivi un libro, e provar poi stasera al lume della Luna se si legge più agevolmente o meno, che credo senz'altro che si leggerà meno.* (pp. 82-83)

Rivolgendosi a Simplicio, Salviati può dunque a ragione concludere il suo discorso 'maieutico' con queste parole:

SALVIATI *Ora, signor Simplicio (se però voi sete stato appagato), potete comprender come voi medesimo sapevi veramente che la Terra risplendeva non meno che la Luna, e che il ricordarvi solamente alcune cose sapute da per voi, e non insegnate da me, ve n'ha reso certo: perché io non vi ho insegnato che la Luna si mostra più risplendente la notte che 'l giorno, ma già lo sapevi da per voi, come anco sapevi che tanto si mostra chiara una nugoletta quanto la Luna; sapevi parimente che l'illuminazion della Terra non si vede di notte, ed in somma sapevi il tutto, senza saper di saperlo. Di qui non doverà di ragione esservi difficile il conceder che la riflessione della Terra possa illuminar la parte tenebrosa della Luna, con luce non minor di quella con la quale la Luna illustra le tenebre della notte, anzi tanto più, quanto che la Terra è quaranta volte maggior della Luna.* (p. 83)

Il riferimento alla possibilità che la luce solare riflessa dalla Terra verso la zona buia della Luna sia responsabile del debole chiarore visibile nella parte della Luna

che non riceve direttamente i raggi del Sole è occasione per la successiva discussione su quello che viene indicato qui come "lume secondario" della Luna. Salviati fa riferimento alla debole (o del tutto assente) visibilità del nostro satellite sullo sfondo del cielo notturno nel corso delle eclissi totali di Luna per dimostrare l'inconsistenza dell'opinione secondo cui la luminosità della parte oscura della Luna (visibile in condizioni normali soprattutto nei giorni che precedono il primo quarto) sia da attribuire a un lume proprio del corpo lunare. Lo fa utilizzando riflessioni di carattere psico-fisiologico sugli effetti del contrasto visivo:

SIMPLICIO *Veramente io credeva che quel lume secondario fosse proprio della Luna.*

SALVIATI *E questo ancora sapete da per voi, e non v'accorgete di saperlo. Ditemi: non avete voi per voi stesso saputo che la Luna si mostra più luminosa assai la notte che il giorno, rispetto all'oscurità del campo ambiente? ed in conseguenza non venite voi a sapere in genere, che ogni corpo lucido si mostra più chiaro quanto l'ambiente è più oscuro?*

SIMPLICIO *Questo so io benissimo.*

SALVIATI *Quando la Luna è falcata e vi mostra assai chiaro quel lume secondario, non è ella sempre vicina al Sole, ed in conseguenza nel lume del crepuscolo?*

SIMPLICIO *È vi; e molte volte ho desiderato che l'aria si facesse più fosca per poter veder quel tal lume più chiaro, ma l'è tramontata avanti notte oscura.*

SALVIATI *Voi dunque sapete benissimo che nella profonda notte quel lume apparirebbe più?*

SIMPLICIO *Signor sì, ed ancor più se si potesse tor via il gran lume delle corna tocche dal Sole, la presenza del quale offusca assai l'altro minore.*

SALVIATI *Oh non accad'egli talvolta di poter vedere dentro ad oscurissima notte tutto il disco della Luna, senza punto essere illuminato dal Sole?*

SIMPLICIO *Io non so che questo avvenga mai, se non ne gli eclissi totali della Luna.*

SALVIATI *Adunque allora dovrebbe questa sua luce mostrarsi vivissima, essendo in un campo oscurissimo e non offuscata dalla chiarezza delle corna luminose: ma voi in quello stato come l'avete veduta lucida?*

SIMPLICIO *Holla veduta talvolta del color del rame ed un poco albicante; ma altre volte è rimasta tanto oscura, che l'ho del tutto persa di vista.*

SALVIATI *Come dunque può esser sua propria quella luce, che voi così chiara vedete nell'albor del crepuscolo, non ostante l'impedimento dello splendor grande e contiguo delle corna, e che poi nella più oscura notte, rimossa ogni altra luce, non apparisce punto?* (pp. 83-84)

Simplicio tenta di reagire all'incalzare inesorabile delle argomentazioni di Salviati facendo riferimento a un "libretto moderno", cioè alle *Disquisitiones mathematicae de controuersis et nouitatibus astronomicis* pubblicate nel 1614 da Scheiner, in cui il gesuita tedesco attribuiva il "lume secondario" della Luna alla penetrazione della

luce solare nel suo corpo da lui ritenuto parzialmente trasparente “come una nuvola o un cristallo” (Scheiner, 1614, p. 61) (1):

SIMPLICIO *Fermate, di grazia, che pur ora mi sovviene aver letto in un libretto moderno di conclusioni, pieno di molte novità, “che questo lume secondario non è cagionato dalle stelle né è proprio della Luna e men di tutti comunicatogli dalla Terra, ma che deriva dalla medesima illuminazion del Sole, la quale, per esser la sustanza del globo lunare alquanto trasparente, penetra per tutto il suo corpo, ma più vivamente illumina la superficie dell’emisfero esposto a i raggi del Sole, e la profondità, imbevendo e, per così dire, inzuppandosi di tal luce a guisa di una nugola o di un cristallo, la trasmette e si rende visibilmente lucida. E questo (se ben mi ricorda) prova egli con l’autorità, con l’esperienza e con la ragione, adducendo Cleomede, Vitellione, Macrobio e qualch’altro autor moderno, e soggiungendo, vedersi per esperienza ch’ella si mostra molto lucida ne i giorni prossimi alla congiunzione (2), cioè quando è falcata, e massimamente risplende intorno al suo limbo; e di più scrive che negli eclissi solari, quando ella è sotto il disco del Sole, si vede tralucere, e massime intorno all’estremo cerchio[...].”* (p. 85)

Attraverso Salviati, Galileo ribatte offrendo una prova ulteriore della sua singolare capacità di analizzare in modo critico le immagini visive e, al tempo stesso, dando una nuova lezione all’antico avversario sul tema della fallacia dei sensi. In particolare egli mostra come quello che Scheiner considerava essere un effetto fisico della diversa illuminazione solare del corpo translucido della Luna (l’apparente maggiore luminosità della parte oscura della Luna in prossimità della periferia del nostro satellite lontana dalla zona illuminata direttamente dal Sole) abbia invece una spiegazione psicofisica che fa ancora riferimento ad effetti di contrasto visivo:

SALVIATI [...] *Ma torniamo a mostrare al signor Simplicio la inefficacia de i discorsi del suo moderno autore, ne i quali ci sono falsità e cose non concludenti ed inopinabili. E prima, è falso che questa luce secondaria sia più chiara intorno all’estremo margine che nelle parti di mezzo, sì che si formi quasi un anello o cerchio più risplendente del resto del campo. Ben è vero che guardando la Luna posta nel crepuscolo, si mostra, nel primo apparire, un tal cerchio, ma con inganno che nasce dalla diversità de i confini con i quali termina il disco lunare, sparso di questa luce secondaria: imperocché dalla parte verso il Sole confina con le corna lucidissime della Luna, e dall’altra ha per termine confinante il campo oscuro del crepuscolo, la relazione del quale ci fa parere più chiaro l’albore del disco lunare, il quale nella parte opposta viene offuscato dallo splendor maggiore delle corna. Che se l’autor moderno avesse provato a farsi ostacolo tra l’occhio e lo splendor primario col tetto di qualche casa o con altro tramezzzo, sì che visibile restasse solamente la piazzza della Luna fuori delle corna, l’avrebbe veduta tutta egualmente luminosa.* (Galileo 1632, pp. 86-87)

Le parole di Salviati, con il riferimento allo stratagemma dell’occultamento dello “splendor primario” della

Luna attraverso un oggetto interposto (allo scopo di attenuare gli effetti di contrasto visivo), ricordano il brano del *Sidereus Nuncius* nel quale Galileo aveva discusso il fenomeno nel 1610 (che qui riportiamo in traduzione italiana):

Mentre la Luna, sia prima che dopo la congiunzione, si trova non lontana dal Sole, il suo globo si offre alla nostra vista non solo dalla parte in cui si orna di corni lucenti ma anche per un breve tratto periferico di tenue chiarore che sembra delineare il contorno della parte tenebrosa, opposta al Sole, e separarla dal campo più oscuro dell’etere stesso. Se con più esatta osservazione consideriamo il fenomeno, vedremo non solo l’estremo lembo della parte tenebrosa rilucere di tale chiarore incerto, ma biancheggiar tutta la faccia della Luna, quella che non ancora riceve i raggi solari, di un certo lume non tanto scarso. Appare tuttavia a un primo sguardo solo un sottile circolo luminoso, per le parti più oscure del cielo che l’attorniano; l’altra superficie sembra invece più oscura per la vicinanza dei corni lucenti che abbagliano la nostra vista. Se però si sceglie un luogo dove da tetto o camino o altro ostacolo posto tra la vista e la Luna (lontano però dall’occhio) siano nascosti i soli corni lucenti, ma l’altra parte del corpo lunare rimanga visibile, si vedrà splendere di non piccolo candore anche questa regione della Luna, quantunque priva della luce solare, soprattutto se già l’oscurità notturna è più profonda per l’assenza del Sole: infatti, in un campo più oscuro la stessa luce appare più chiara (3).

La discussione sul lume secondario della Luna (vedi Fig. 1), un fenomeno che Galileo indica altrove con espressioni diverse come, per esempio, “luce cinerizia” o “candor lunare” è presente in molti testi galileiani. E’ però particolarmente sviluppata nell’ultima sua opera apparsa a stampa, una dissertazione interamente dedicata alle cause del fenomeno e scritta nel 1640 sotto forma di *Lettera al Principe Leopoldo di Toscana*. Questo testo galileiano fu pubblicato nel 1642, l’anno della morte dello scienziato pisano, dopo aver circolato ampiamente in forma manoscritta (4).

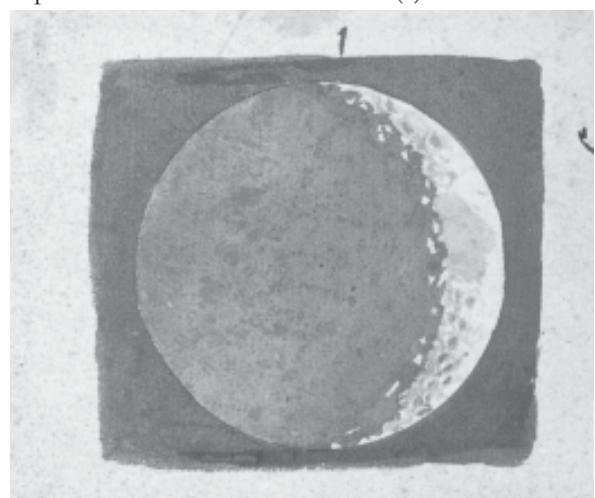


Fig. 1 Immagine ad acquerello dipinta da Galileo per illustrare le sue osservazioni telescopiche della Luna in cui risulta evidente la debole luce che illumina la zona oscura della luna.

Sarebbe forse da riflettere come un testo ampiamente centrato sul tema della fallacia delle impressioni visive sia stato scritto da Galileo in un periodo in cui egli aveva perso la vista. Era allora confinato nella casa di Arcetri a seguito della condanna della Chiesa, ma -a dispetto del chiudersi della suo occhio al mondo esterno- per nulla era sopita la sua passione e la sua vivacità intellettuale.

L'occasione della lettera sul "candore lunare" era stata nel 1640 la pubblicazione da parte di Fortunio Liceti (un filosofo aristotelico di origine ligure allora professore nell'ateneo bolognese), del *Litheosphorus, sive De lapide Bononiensi* in cui si discutevano le cause della fosforescenza della cosiddetta "pietra di Bologna" (o -come Liceti preferiva chiamarla con termine più altisonante- del "liteosforo"). Si trattava di un minerale ricco -come ora sappiamo- di solfato di bario, che era stata scoperto verso l'inizio del Seicento sul monte Paderno, nei pressi della città felsinea, da un alchimista bolognese, Vincenzo Casciarolo. Veniva indicato con una varietà di termini a volte fantasiosi (come per esempio pietra luciferina, pietra di luna, *spongia lucis, lapis illuminabilis*), che alludevano alla sua proprietà di diventare luminoso in seguito ad esposizione ad una sorgente di luce. Questa luminosità si manteneva per un certo tempo in ambiente oscuro svanendo poi a poco a poco. Gli studiosi di Galileo conoscono l'episodio, raccontato da Giulio Cesare La Galla, professore alla Sapienza di Roma, dello scienziato pisano che nel 1611, in occasione del suo primo soggiorno a Roma, aveva dato una dimostrazione delle singolari proprietà della pietra di Bologna dinanzi a un gruppo di ecclesiastici e uomini di cultura romani. Galileo, che -come avremo modo di discutere- aderiva a una concezione della materia di derivazione atomistica, spiegava le caratteristiche della pietra assumendo che la luce fosse un'emanazione di tipo corpuscolare, che -nel caso della pietra- veniva assorbita e catturata da un corpo materiale per poi essere lentamente liberata producendo, in assenza di fonti esterne di illuminazione, un debole bagliore fosforescente (argomentazione questa che andava contro la spiegazione aristotelica della natura della luce). Nel *Litheosphorus* la discussione sulla singolare pietra serviva a Liceti per criticare le concezioni galileiane secondo cui la debole luminosità della parte oscura della Luna sarebbe effetto della riflessione della luce solare da parte della Terra. Per il filosofo il corpo lunare possedeva invece una fosforescenza analoga a quella del liteosforo, che veniva eccitata dall'assorbimento della luce del Sole. Pur dichiarandosi disposto ad accettare l'idea che la Luna non fosse dotata di una sua intrinseca luminosità (ipotesi che aveva un certo credito anche per una contaminazione astronomico-religiosa secondo cui la Luna -simbolo della Madonna- doveva splendere di una luce propria come perla

luminosa (5)), Liceti invocava l'analogia Luna-liteosforo con queste parole:

Se tuttavia, la Luna è del tutto oscura e opaca, come ritiene l'illustrissimo personaggio [cioè Galileo], io d'altra parte ritengo che essa abbia una grande e nobile analogia con la pietra di Bologna; in modo tale, che in assenza del Sole, e nell'ombra sia della Terra, quando cioè tramonta, sia sua, cioè nella congiunzione col Sole, nella parte non colpita dai raggi solari la Luna conservi per un certo periodo la luce che aveva assorbito dal Sole. (Liceti 1640, 247-248)

Approfittando dell'occasione di una discussione con un tronfio e prolisso filosofo peripatetico del Seicento Galileo eleva -come spesso fa- il livello del suo discorso offrendoci una lezione di metodo scientifico in cui gioca un ruolo importante l'analisi critica dei dati sensoriali e la riflessione sugli errori della conoscenza. Non potendo soffermarci in dettaglio sullo sviluppo delle argomentazioni galileiane, ci limiteremo all'esame di alcuni punti in cui emerge in modo particolare la sua analisi critica delle apparenze sensoriali. Per certi versi analoga alla discussione presente nella terza lettera sulle macchie solari (6) è la riflessione che Galileo sviluppa nella risposta a Liceti in merito alle ragioni per cui l'uomo ha a lungo tardato ad attribuire alla riflessione della luce solare, dalla Terra alla Luna, la debole luce visibile della parte oscura della Luna (indicata qui quasi costantemente con la notazione "candor della Luna" o "candore lunare" o con espressioni derivate dal bel verbo "incandire" -o "candire"- usato per esprimere l'effetto del reciproco irraggiamento tra Terra e Luna). Controbattendo un'ipotesi avanzata da Liceti, Galileo scrive:

[...] voglio qui interporre un mio, tal qual si sia, pensiero, per ritrovare l'origine donde sia proceduto il restare per tanti secoli passati occulta a gli ingegni speculativi questa, per mio credere, assai vera e concludente ragione, del derivare il candore della Luna veramente dal riflesso de' raggi solari nella Terrestre superficie. Mentre che il Sole è sopra l'orizzonte ed illumina il nostro emisferio terrestre, in qualsivoglia luogo che sia posta la Luna, il candore di lei non ci si rende visibile; per lo che nessuno in tal tempo si sarebbe mosso a credere né a dire che il lume della nostra Terra avesse forza di illuminare la parte della superficie lunare non tocca dal Sole: onde molto meno gli potrebbe cadere in mente che la superficie della Terra priva di splendore fusse potente a incandire la Luna, cioè fusse potente, essendo tenebrosa, a portar luce là dove ella non la portò essendo luminosa. Quando dunque, tramontato che sia il Sole e imbrunita la nostra Terra, mentre si vede scoprirsi il candore della Luna, il giudizio popolare ad ogni altra causa la potrebbe referire, fuorché alla Terra: per lo che gli uomini, persuasi da questa prima e semplice apprensione, o non vi fecero riflessione, o cercarono di ritrovarne la ragione in ogni altra cosa fuorché lo splendore terrestre.. (OG VIII, pp. 504-505)

Nel prosieguo egli sviluppa una serie di argomentazioni per dimostrare l'infondatezza della concezione di

Liceti secondo cui il candore lunare potrebbe derivare dall'illuminazione da parte del Sole di una presunta atmosfera lunare che poi si riverbererebbe sulla superficie del pianeta (7). Quindi passa ad analizzare l'affermazione del filosofo secondo cui il candore lunare (che come sappiamo Galileo attribuiva alla illuminazione che la Luna riceveva dalla Terra illuminata dal Sole) era molto più debole della luce che la Terra riceveva dal suo satellite in fase di Luna piena. Il discorso su questo punto è di particolare interesse anche perché mostra la grande attenzione (e anche il sottile gusto) con cui lo scienziato pisano pone in evidenza l'inaffidabilità di giudizi affidati alle immediate apparenze sensoriali.

Galileo dichiara subito e in maniera esplicita il possibile inganno del senso *nella prima apprensione* e la necessità, perché *la vista possa ottenersi con sicurezza e senza che il senso si ingannasse*, di far ricorso a una *correzione da ottenersi mediante l'aiuto del retto discorso razionale* (OG VIII, p. 511). Passa poi a considerare (con un ragionamento per certi versi analogo a quello sulla negrezza delle macchie solari nella polemica con Scheiner) come sia possibile che ciò che appare alla vista più luminoso sia invece più oscuro e viceversa. Il problema sta nel fatto -egli dice- che non si può, stando sulla Terra, stabilire un paragone diretto tra la luce che la Terra riceve dalla Luna, con il candore della Luna causato dall'illuminazione da parte della Terra. Questo perché -egli soggiunge- nella posizione in cui ci troviamo noi osservatori terrestri *la Terra illuminata dalla Luna non è dall'occhio nostro più lontana di tre o quattro braccia, lontananza incomparabilmente minore di quella della Luna candente posta alla congiunzione, la quale eccede di assai trecento milioni di braccia.* (p. 512) Per poter stabilire un confronto significativo tra Terra e Luna utile a valutare l'intensità della vera illuminazione fisica che ognuno dei due corpi riceve dall'altro per effetto della reciproca irradiazione bisognerebbe che l'osservatore si trasportasse sulla Luna e di lì osservasse la parte della Terra non illuminata direttamente dal Sole.

Ma lasciamo parlare Galileo il quale prende in considerazione da una parte l'illuminazione della Terra da parte della Luna piena e, dall'altra, il candore della Luna operato dalla Terra quando questa espone alla Luna tutta la sua faccia illuminata dal Sole (una condizione di "Terra piena" che -per un osservatore lunare- si verifica allorché la Luna è, rispetto alla Terra, in "congiunzione" con il Sole, e cioè quando a noi terrestri la Luna appare sottilmente falcata). Dice Galileo:

Eccellentissimo Sig. Liceti, per giudicare nella presente causa senza fallacia, bisognerebbe che, notato a parte quello che vi si rappresenta alla vista mentre che, stando in Terra, guardate il Lume in Terra, paragonandolo al candor della Luna quando poi è posta in congiunzione, notaste ancora a parte quello che vi si rappresenterebbe alla vista quando voi foste costituito nella Luna

incandita dal lume terrestre, e di lì poteste vedere la Terra, da voi lontanissima, illuminata dalla Luna; e se nell'una e nell'altra esperienza voi trovaste che la Terra si mostrasse più candida della Luna incandita postavi sotto i piedi, bene concludentemente avreste sentenziato; ma dubito (8) che la seconda esperienza vi farebbe mutar parere, e giudicare tutto l'opposto di quello che la prima vista intorno a questo vi persuase. Cessi per tanto la fede che in questo caso l'intelletto deve prestare al senso. (OG VIII, p. 513)

Prima della moderna era dei veicoli spaziali pensare di poter volare sulla Luna per guardare la Terra ed osservarne la luminosità poteva essere solo effetto di fantasia letteraria (9). Galileo il quale -contraddicendo le opinioni dei filosofi peripatetici del suo tempo sulla natura intrinsecamente oscura del globo terrestre- aveva affermato che la Terra sarebbe apparsa luminosa come e più della Luna a un osservatore lontano, riesce con la forza del suo ingegno a realizzare questo paragone impossibile tra luminosità della parte oscura della Luna illuminata dalla Terra (il "candore di Luna") da una parte e, dall'altra, la Terra illuminata dalla Luna (il "lume di Luna in Terra"). Lo fa anche questa volta ricorrendo a un esperimento mentale di tipo psicofisico in cui utilizza il chiarore del crepuscolo per stabilire un confronto altrimenti impossibile.

Ascoltiamolo:

E già che noi non possiamo mettere a petto a petto il candor della Luna e il lume di Luna in Terra, parmi che assai sicuramente potremmo giudicare tra essi, facendo parallelo di amendue ad un terzo di un corpo illuminato: imperocché se accadesse che lo splendore di questo terzo superasse il lume di Luna, ma fusse superato dal candor della Luna, senza dubbio potremmo asserire, il candor della Luna superare il lume di Luna in Terra. Mi si rappresenta, atto mezzo termine per ciò fare esser lo splendore del crepuscolo, facendo comparazione ad esso de gli altri due. Tramontato che sia il Sole, vedesi rimanere per buono spazio di tempo la superficie della Terra assai chiara, mercé del crepuscolo, cioè molto più che quando è illustrata dalla Luna piena; il che manifestamente si scorge dal veder noi qualsivoglia minuzie in Terra molto più distintamente in virtù del crepuscolo, che non si scorgono, passato esso, nell'illuminazione della Luna. Il quale effetto anco apertamente si conferma: perché se averemo in Terra qualche corpo oscuro, come per esempio, una colonna o la nostra persona medesima, la illuminazione della Luna piena non farà ombra in Terra a esso corpo tenebroso sin che il lume del crepuscolo non sarà di molto scemato, cioè sin tanto che il lume della Luna gli prevaglia; segno evidente, questo della Luna essere a quello, da principio e per lungo spazio di tempo, assai inferiore. Ma aggiungiamo un'altra esperienza, che pure ci conferma, l'illuminazione del crepuscolo superare di assai l'illuminazione del plenilunio. Osservisi qualche grande edificio posto sopra luogo eminente, in lontananza da noi di quattro o sei o più miglia: certo per assai lungo spazio dopo il tramontar del Sole dureremo noi a scorgerlo bene, e tal vista non perderemo se non dopo notevole diminuzione del lume crepuscolino; ma se estinta la illuminazio-

ne del crepuscolo, sopravverrà la illuminazione del plenilunio, potrà molto bene accadere che il medesimo edificio più da noi non si scorga. Cede dunque di assai il lume della Luna al Lume del crepuscolo: ma all'incontro, per scorgere il candore nella Luna non ci fa di mestiero aspettare che tanto si debiliti il lume crepuscolino, ma di non piccol tempo avanti che la Luna muova l'ombra, lo vediamo biancheggiare nel medesimo lume crepuscolino: cede dunque il terrestre lume di Luna al candor della lunare superficie.. (OG VIII, pp. 513-514)

E' forse utile riassumere il ragionamento attraverso cui, con il ricorso al chiarore del crepuscolo, Galileo arriva a concludere che la Terra illumina la Luna molto più di quanto la Luna non illumini la Terra, operando così quello che appariva come confronto impossibile: 1) la luce del crepuscolo è per molto tempo più intensa dell'illuminazione che la Terra riceve dalla Luna. Per stabilire questo punto Galileo va oltre le prime apparenze e si fonda su tre osservazioni più affidabili del senso immediato, e cioè: a) alla luce del crepuscolo riusciamo a scorgere dettagli visivi più minuti di quelli che potremmo vedere in una notte illuminata dalla sola Luna; b) solo molto tempo dopo il tramonto del Sole la luce della Luna riesce a produrre un'ombra evidente. Questa seconda osservazione è un'istanza di quella grande attenzione alle ombre di cui Galileo aveva dato prova già nel 1610 per stabilire che la superficie della Luna era cosparsa di montagne e crateri. c) Se al tramonto guardiamo un edificio lontano posto in un luogo elevato, continueremo a vederlo per molto tempo dopo l'attenuarsi della luce del crepuscolo mentre difficilmente arriveremo a scorgerlo a notte fonda in presenza della sola luce della Luna.

2) D'altra parte la luminosità della parte oscura della Luna, pur apparendo a prima vista debole, si rende visibile subito al tramonto del Sole, segno evidente che essa è di intensità paragonabile alla luce del primo crepuscolo.

3) E' dunque logico concludere che la luce che la Terra, illuminata dal Sole, riflette sulla Luna ("candor di Luna") è più intensa della luce, pure solare, che la Luna invia sulla Terra ("lume di Luna in Terra").

Questa conclusione serve poi a Galileo anche per ribadire l'importanza del ragionamento matematico che -se rettamente considerato- avrebbe permesso di evitare la "fallacia" in cui incorrerebbe chi volesse *formar giudizio tra il candor della Luna e il lume di Luna dalla prima sensuale apparenza* senza tener conto che, per un osservatore posto sulla Terra e che confronta la luminosità della parte oscura della Luna con la luce che la Luna sparge di notte sulla Terra *la lontananza della Luna candita dall'occhio è più di cento milioni di volte maggiore della lontananza della Terra, e che l'angolo visuale nascente dalla Terra è più di quaranta mila volte maggiore che il nascente dalla superficie lunare, le quali disuguaglianze, come non piccole, hanno potuto turbare il retto giudizio.* (p. 515)

Nel prosieguo della lettera il discorso di Galileo si sviluppa con continui riferimenti a possibili inganni e fallacie delle immediate impressioni visive e sulla necessità di ricorrere ad un'analisi critica dei dati sensoriali perché si possa giungere a una conoscenza profonda del reale. Per mettere in evidenza la sua grande capacità di vedere oltre le apparenze leggiamo insieme un lungo brano tratto da un'annotazione da lui apposta ad uno dei manoscritti della lettera. La discussione verte ancora sulla pretesa di Liceti di attribuire il candore lunare alla presenza di un'atmosfera lunare in grado di riverberare sulla Luna la luce solare (al modo di quanto avveniva in Terra con la luce del crepuscolo). Galileo sostiene che, pur ammettendo che la Luna possieda un'atmosfera, questa dovrebbe essere in ogni caso molto tenue e incapace di operare gli effetti ottici che Liceti pretende di attribuirgli. Egli giustifica la sua tesi con un ragionamento che si sviluppa anche qui con il ricorso a confronti visivi analoghi a quelli delle lettere sulle macchie solari. Leggiamo con attenzione quello che egli scrive (tenendo conto che l'espressione "tuttavolta che" significa "nel caso che", "ammesso che"):
Che poi l'etere ambiente la Luna sia grandemente men denso della parte dell'aria vaporosa che circonda la Terra, posso io con chiara esperienza far manifesto. I vapori intorno alla Terra sono di maniera densi, che il Sole posto vicinissimo all'orizzonte illumina una muraglia, o altro corpo opaco oppostogli, molto debolmente in comparazione del lume che gli porgeva mentre per molti gradi era sopra l'orizzonte elevato; e questa molto notevole differenza non può procedere, per mio credere, da altro, se non che i raggi del Sole nel tramontare hanno a traversare per lunghissimo spazio i vapori che la Terra circondano, dove che i raggi del Sole molto elevato per spazio più breve hanno a traversare i vapori tra il Sole e l'oggetto opaco interposti: che quando non ci fussero i vapori, ma l'aria fusse purissima, l'illuminazione del Sole sarebbe sempre del medesimo vigore, tanto da i luoghi sublimi quanto da i bassi, tuttavolta che nelle superficie da esse illuminate fussero con angoli eguali ricevuti. Onde, tuttavolta che noi potessimo far paragone di due luoghi posti nella Luna, all'uno de i quali i raggi solari pervenissero passando molto obliquamente per l'etere addensato intorno alla Luna, ed all'altro assai direttamente si conducessero, cioè per breve spazio camminassero per l'etere ambiente, e che noi scorgessimo le illuminazioni di amendue essere eguali o pochissimo differenti; senz'alcun dubbio potremmo affermare, l'etere ambiente la Luna o nulla o pochissimo più essere addensato che tutto il resto del purissimo etere. Ma tali due luoghi frequentemente li possiamo vedere: imperoché, posta la Luna intorno alla quadratura⁽¹⁰⁾ del Sole, considerando il termine che dissepura la parte illuminata da i raggi solari dall'altra tenebrosa, si veggono in questa tenebrosa alcune cuspidi di monti assai distaccate e lontane dal detto termine, le quali essendo illuminate dal Sole prima che le parti più basse, benché i raggi solari a quelle obliquamente pervenghino, nulladimeno lo splendore e il lume di quelle si mostra egualmente vivo e chiaro come qualsivoglia altra parte notata nel mezzo della parte

illuminata. E pure alla cuspide distaccata pervengono i raggi solari, obliquamente segnando l'etere ambiente, che ad altri luoghi notati nella parte illuminata direttamente o meno obliquamente pervengono; segno manifesto, assai piccolo essere l'impedimento che l'etere ambiente può dare alla penetrazione de' raggi solari, ed, in conseguenza, assai tenue essere il lume che da esso etere può la parte oscura della Luna ricevere. (OG VIII, pp. 524-525).

Uno dei testi in cui appare in modo particolarmente manifesto il peculiare rapporto che esiste per Galileo tra immediate apparenze sensoriali e conoscenza scientifica è la lettera che egli indirizzò nel Settembre 1611 a Cristoforo Grienberger, professore di matematica al Collegio Romano (l'Università dei Gesuiti), nel pieno delle discussioni stimulate dalla pubblicazione del *Sidereus nuncius*. L'occasione di questo scritto galileiano fu una critica formulata nel 1611 da uno dei gesuiti del Collegio di Parma all'interpretazione delle scoperte astronomiche fatte da Galileo tra il 1609 e il 1610. La critica, espressa nel corso di una serie di conferenze pubbliche tenute a Mantova, in presenza di personaggi altolocati, tra i quali membri della famiglia dei Gonzaga (e poi trascritta in un manoscritto dal titolo *De lunarium motium altitudine problema mathematicum* giunto all'attenzione di Galileo (11)) verteva su un punto relativamente minore delle scoperte galileiane, la presenza di montagne sull'estremo bordo della parte visibile della Luna. Nel *Sidereus nuncius* Galileo aveva affermato la presenza di montagne ed irregolarità anche in questa parte della Luna, a dispetto del fatto che alla visione telescopica il bordo risultasse netto e privo di ogni asperità. I gesuiti prendevano lo spunto da questa affermazione per tentare di dare una lezione di metodo scientifico allo scienziato pisano:

[...] *nell'estrema periferia della parte della Luna che noi vediamo, cioè in quella che gli astronomi indicano come parte visibile, non si ritrova la presenza di montagne di questo tipo. Per l'ovvio motivo che non v'è ragione, o apparenza visiva, o fenomeno che ci forzi ad asserire la loro presenza. Se infatti, sia a occhio nudo, sia con l'aiuto del cannocchiale (12) si osserva con grande attenzione l'estremo circolo del globo lunare, quando brilla di piena luce, non si scorgerà nulla di sporgente, niente di dentellato o di seghettato. Appaiono, come abbiamo osservato, in quella parte della Luna che guarda verso la Terra delle sporgenze? V'è dunque motivo di affermare che [queste sporgenze] vi siano. Non appaiono nell'estrema periferia? Non v'è dunque motivo per affermare che le sporgenze siano lì: perché se vi fossero, nessun motivo valido impedirebbe che esse apparissero. Perché dunque, tanto per parlare da filosofo, moltiplicare senza vera necessità gli enti dandoli per certi. In questo errore è incorso, se in errore non incorriamo noi ora, il dottissimo signor Galileo Galilei; perché, non costretto da nessuna ragione importante, volle circondare da ogni parte la sfera lunare di una superficie montuosa. E trovandosi poi in grandissime difficoltà, ha tentato di dare delle risposte che invece di trarlo dalle insidie in cui era incappato, lo hanno messo ancor più in trappola.* (OG III, p. 304)

Nella sua risposta a questa critica Galileo chiarisce in primo luogo le ragioni per cui, pur non apparendo irregolarità al bordo della Luna, non si può affermare che non vi siano anche lì monti come nelle altre zone della superficie lunare. Lo fa rivolto a S(ua) R(everenza) Grienberger riprendendo il testo latino del discorso dei gesuiti di Parma:

Risponde l'autor del Problema: Apparent in ea Lunae facie, quae terras aspicit, tumores? est igitur ratio cur eos inibi esse affirmemus. Non apparent in extrema periphæria? non est igitur ratio cur eos inibi esse affirmemus; cum si inibi essent, nulla sufficiens ratio prohibeat quin apparent. Ma io domando al Padre, come ei fa a vedere che nelle parti di mezzo della Luna vi sono eminenze? Mi risponde nel Problema: perchè vede alcune cuspidi nella parte tenebrosa, vicine al confine della luce, illuminate, benchè interamente separate da essa parte lucida. Hora io metto in considerazione a S. R., come simile effetto non può accadere, nè haver luogo nell'estrema circonferenza, nè meno nelle parti assai vicine a quella, et ciò per due ragioni: prima, perchè quando il confine della luce è vicinissimo all'estrema circonferenza et che la parte oscura della Luna è verso noi, allora le parti montuose della Luna hanno la parte illuminata avversa a noi, et ci volgono l'oscura, onde i loro vertici solamente un poco per fianco potriano farcisi visibili; ma ciò è anco impossibile, quando bene fussero tutti lucidi, per la seguente seconda ragione: cioè perchè gli spatii et intervalli tenebrosi e bassi, che separano le cuspidi illustrate dal confine del lume, restano invisibili a noi nelle parti estreme della Luna mediante la loro bassezza e lo sfuggimento et il vedersi, come dicono i prospettivi, in scorcio l'ultime parti della superficie lunare, che piegano verso l'estrema circonferenza, per lo che tali cuspidi devono apparire attaccate e congiunte co' i lumi vicini posti sopra l'istesso termine e confine della luce; il che non accade quando il detto confine passa sopra le parti più interiori del disco lunare, dove i raggi dell'occhio, cadendo meno obliqui, comprendono benissimo le separationi di tali cuspidi luminose dal confine delle tenebre. Non val dunque l'illatione del Padre: Apparent tumores in medio? ergo ibi sunt: non apparent in circumferentia? ergo inibi non sunt; perchè non ci è ragione per la quale nella circonferenza devino apparire. (OG XI, p. 182)

Subito dopo Galileo riprende la parte affermativa dell'obbiezione dei gesuiti e in modo apparentemente paradossale nega anche quello che sembra del tutto ovvio e che gli avversari concedono di buon grado. E' proprio qui che il geniale toscano sviluppa in modo forse più chiaro e incisivo che negli altri suoi scritti il discorso sui limiti del processo visivo. Nel caso specifico il problema riguarda l'impossibilità dei nostri occhi a darci un'informazione diretta e immediata sugli aspetti tridimensionali di oggetti lontani, ma le implicazioni del suo ragionamento sono certo più ampie:

Soggiungo: Scrive il Padre: Apparent in Lunae facie, quae terras aspicit, tumores? Rispondo io di no, et dico che i tumori et eminenze della Luna (come eminenze) non solamente non si

veggono o possono vedere da tanta distanza, ma non si scorgerebbero né anco dalla vicinanza di 100 miglia; sì come i nostri colli et le maggiori montagne niente si discernerebbero sorgere da i piani, da un'altezza e lontananza di 50 miglia et di meno ancora. Come dunque sappiamo noi, la Luna esser montuosa? Lo sappiamo non col semplice senso, ma coll'accoppiare e congiungere il discorso coll'osservazioni et apparenze sensate, argumentando in simil guisa. (p. 183)

Le successive argomentazioni di Galileo pongono in chiara evidenza come l'affermazione della presenza di monti e crateri sulla superficie lunare non sia per lui frutto del semplice atto visivo dell'osservazione telescopica. E' invece il risultato finale di un esperimento complesso, che si basa sul confronto tra una serie di osservazioni successive e su considerazioni geometriche sul cambiamento di posizione relativa tra Sole e Luna; e fa inoltre appello alle profonde conoscenze pittoriche di Galileo in ambito prospettico e in particolare sul gioco delle ombre come mezzo attraverso cui l'occhio intuisce la tridimensionalità (e l'artista può quindi arrivare a suggerirla costretto com'è a utilizzare la superficie bidimensionale del dipinto (13):

La linea od arco che distingue la parte oscura della dalla Luna illuminata, si vede crestata, sinuosa, merlata et in somma inequabilissima; adunque ella non può esser termine dell'illuminazione in una superficie sferica, tersa et eguale, ma sì bene di una montuosa et ineguale. Di più, veggonsi nella parte illuminata della Luna moltissime macchiette negre et assai maggiori, più frequenti et più oscure vicino al confine della luce che più lontano; veggonsi in oltre tutte le dette macchie oscure distendersi verso la parte opposta all'irradiazione del sole, et circondate verso la parte del sole da alcuni dintorni più chiari che le parti circonvicine, et di altri simili dintorni ancora dall'altra parte opposta, dopo i quali seguitano alcune proiezioni oscure: et tali macchie si vanno diminuendo secondo che il confine dell'illuminazione va procedendo avanti, cioè secondo che il sole più se gli eleva, sì che finalmente si perdono del tutto et si annichilano, restando nel plenilunio lucida ogni parte; et all'incontro, nel voltar del sole et nel decrescer la Luna, tornano a vedersi vicino al confine della luce altre simili macchie negrissime, le quali nell'abbassarsegli il sole vanno allungandosi, mostrandosi parimente circondate da alcuni dintorni molto lucidi. Et finalmente, dentro a la parte non illuminata di essa Luna, alquanto lontano dal termine della luce, appariscono in guisa di stelle alcune particelle illustrate, le quali crescendo appoco appoco si vanno a congiungere col termine della luce, che parimente camina verso di quelle, quando però la Luna è crescente; et per l'opposito, nella decrescente simili stelletto si separano più e più, et finalmente si estinguono e si perdono. Ma tali accidenti et apparenze in niun modo possono accadere in una superficie sferica, che sia liscia et eguale; ma ben rispondono ad unguem in una ineguale e montuosa: adunque con necessaria dimostrazione si conclude, la superficie lunare esser piena di eminenze et bassure. (pp. 183-184)

Per Galileo si deve dunque concludere che la superficie della Luna è aspra e irregolare, innanzitutto per l'aspetto irregolare della linea che separa la zona illuminata da quella oscura (il "terminatore" degli astronomi), e poi perché in prossimità del confine tra parte chiara e oscura si vedono (nella zona chiara) punti oscuri e (nella zona oscura) punti chiari: i primi corrispondono ai picchi di monti che ricevono per primi la luce del sole bassa sull'orizzonte, e tale da non illuminare le pianure circostanti; i secondi sono invece i recessi dei crateri che rimangono per un periodo all'oscuro anche quando le parti circostanti sono già illuminate perché la luce del Sole è abbastanza alta all'orizzonte. I punti chiari finiscono per confluire con la zona illuminata quando il Sole si eleva inondando della sua luce le pianure attorno ai monti. I punti oscuri confluiscono nella zona della Luna in ombra quando il Sole tramonta e i suoi raggi non riescono più a raggiungere le zone pianeggianti attorno ai crateri e recessi. Questi mutamenti delle immagini lunari corrispondono a capello (o *ad unguem* come si esprimeva Galileo) con il gioco mutevole di luce ed ombra su una sfera dalla superficie irregolare illuminata di scorcio da un fonte di luce che cambia posizione nel tempo.

La precedente affermazione di Galileo secondo cui i monti sulla Luna non si vedono *da tanta distanza ma non si scorgerebbero né anco dalla vicinanza di 100 miglia; sì come i nostri colli et le maggiori montagne niente si discernerebbero sorgere da i piani, da un'altezza e lontananza di 50 miglia et di meno ancora* può apparire -come abbiamo detto- paradossale. Lo è solo però per chi è abituato a credere che le cose "sono proprio così come le vediamo" senza rendersi conto come molto spesso anche quello che crediamo di vedere in modo immediato è invece frutto di un giudizio abbastanza articolato e complesso, che ci permette di decifrare ciò che nelle apparenze visive è ambiguo e potenzialmente fallace. Un esempio in qualche modo *ad unguem* per illustrare la provocatoria affermazione di Galileo è ora a nostra facile disposizione con le immagini satellitari della superficie terrestre che possiamo facilmente reperire in rete. Nel caso della Fig. 2, l'immagine si riferisce ad una visione dall'alto del Monte Pisano, tra San Giuliano Terme e il versante lucchese. Ebbene solo chi conosce la zona potrebbe asserire con sicurezza che le parti più scure sono rilievi montuosi e non piuttosto valli o cavità. Chi osservasse dall'alto per la prima volta questa zona potrebbe arrivare a una conclusione corretta circa rilievi e anfratti solo ponendosi da punti di vista differenti o facendo osservazioni in momenti diversi della giornata, avendo attenzione particolare al gioco delle ombre e alla relazione spaziale tra illuminazione solare e posizione delle zone chiare e zone oscure. Persino in osservazioni da distanze relativamente ravvicinate il nostro giudizio sulla struttura tridimensionale del mondo che ci

circonda dipende da una serie di raffronti che sviluppiamo in modo più o meno inconscio (per esempio quello tra le immagini successive che si presentano dinanzi a noi muovendo gli occhi o la testa).

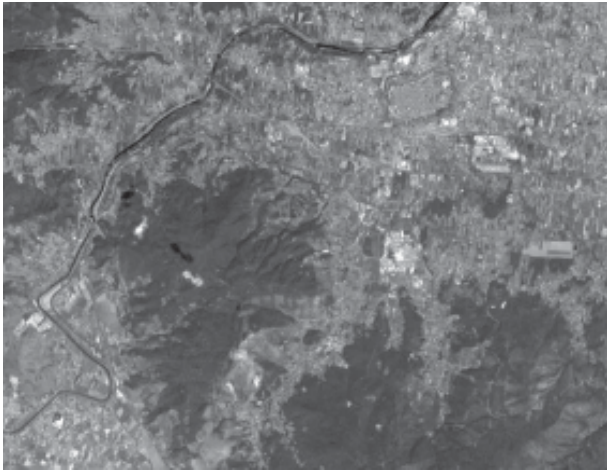


Fig. 2 Un'immagine del Monte pisano ripresa dal satellite. Sulla sinistra le anse del fiume Serchio.

Nella lettera a Grienberger Galileo torna sulle ragioni dell'impossibilità di scorgere irregolarità sul bordo della Luna pur in presenza di montagne che si estendono fino all'estrema periferia. Lo fa ricorrendo tra l'altro a una figura che mette in evidenza come, perché il gioco delle ombre permetta la visualizzazione di irregolarità su una superficie sia necessaria l'esistenza di precise relazioni spaziali tra occhio dell'osservatore e fonte di luce, relazioni che si verificano agevolmente per la parte centrale della Luna (in fasi diverse dal plenilunio) ma non per il bordo estremo (Fig. 3):

Dico dunque, che qualunque volta una superficie ineguale e montuosa viene illuminata dal sole o da altro lume particolare, sì che vi restino le eminenze illustrate et le bassure tenebrose, il sole, o chi nel sole fusse collocato, assolutamente non vedrà alcuna delle parti ombrose, ma solo le illuminate; perchè procedendo in tal caso i raggi della vista et della illuminatione per le medesime linee rette, né potendo esser ombra dove arriva il raggio illuminante, adunque niuna delle parti oscure potrà esser veduta; ma bisognerà che per vederle il raggio visuale si elevi sopra la detta superficie più del raggio solare: come nella presente figura si scorge, sendo il punto O il luogo del corpo illuminante, e la superficie montuosa BC, le cui eminenze vengono illustrate, et le parti basse restano adombrate. Qui è manifesto, che l'occhio posto in O non vedrà alcuna delle ombre della superficie BC, avvenga che i suoi raggi procedino con quelli del corpo illuminante; ma per veder le parti ombrose è necessario che l'occhio si elevi sopra i raggi luminosi, come per esempio nel punto A. Dico di più, che quando il corpo illuminante fusse lui più elevato sopra la superficie da illuminarsi, et l'occhio meno, come se l'occhio fusse in O et il sole in A, allora molto più resteriano le parti adombrate di essa superficie ascose alla vista. Hora, perchè i raggi visivi che abbracciano l'estrema visibil circonferenza del corpo lunare, non hanno elevazione alcuna sopra essa, ma toccano in lei la superficie della luna, manifestamente si scorge come, costituito il sole in

qualsivoglia luogo, mai non potranno da noi esser vedute le ombre delle bassure alla detta circonferenza vicinissime; anzi, restando tali parti oscure celate tra le eminenze circonvicine illuminate, altro non si scorderà che una continuazione tutta luminosa. (OG VIII, pp. 184-186)

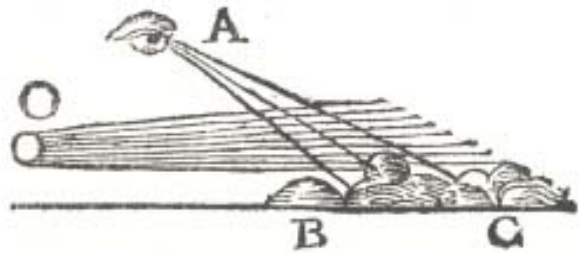


Fig. 3. L'immagine con cui, nella lettera a Grienberger, Galileo illustra la necessità, perché il rilievo di una superficie risulti visibile attraverso il gioco delle ombre, che la linea dello sguardo non coincida con la direzione dei raggi luminosi.

Per Galileo l'occhio non ha dunque potere di darci informazioni immediate sull'aspetto tridimensionale degli oggetti osservati, soprattutto quando questi, come nel caso della Luna, sono molto distanti. E' solo il gioco di luce ed ombra e le variazioni di luminosità (e in alcuni casi di colore) che rendono possibile l'apprensione della terza dimensione nel caso di oggetti lontani. Cosa ben nota al pittore il quale, oltre a ricorrere ad effetti prospettici, utilizza il chiaroscuro e il gioco di luci e ombre (e di colore) per darci l'impressione della collocazione e sviluppo tridimensionale degli oggetti nello spazio. Ma perché il gioco di luce e ombra sia efficace -nella visione come nella rappresentazione artistica- è necessario far riferimento a situazioni in cui le ombre siano ben sviluppate e l'osservatore sia in condizioni di poterle rilevare. Nel caso della Luna queste condizioni si verificano in modo particolare per i rilievi e anfratti situati in prossimità del confine tra zona illuminata e zona oscura dove l'illuminazione solare risulta radente. Questo lo sanno bene gli astronomi i quali, volendo mettere in evidenza l'aspetto di una particolare zona della Luna, osservano crateri e monti lunari quando questi vengono a trovarsi in prossimità del confine tra ombra e luce. In altre condizioni l'irregolarità della superficie lunare risalta meno (e questo accade soprattutto in fase di Luna piena quando vi è coincidenza quasi perfetta tra la direzione dei raggi solari e la linea del nostro sguardo).

L'attenzione al gioco luce e ombra era stata particolarmente importante tra gli artisti italiani del Rinascimento ed era molto viva all'epoca di Galileo. Un pittore toscano amico di Galileo, Ludovico Cardi (il Cigoli), così scriveva in un suo trattato di *Prospettiva pratica* circolato in forma manoscritta (che Galileo con tutta probabilità conosceva):

gli oggetti veduti dalla parte luminosa, per la scarsità dell'ombra non hanno rilievo, et veduti dalla troppo ombrosa appaiono spiacevoli; et posta la veduta nel mezzo in fra' il lume et l'ombra si mostrano di più proprio colore, et di più rilievo. (Cigoli, carta 82)

Il tema dell'ombra come mezzo fondamentale per cogliere la tridimensionalità degli oggetti è al centro di una famosa lettera allo stesso Cigoli, in cui a richiesta dell'amico, Galileo sviluppa un "paragone" tra pittura e scultura:

Non ha la statua il rilievo per esser larga, lunga e profonda, ma per esser dove chiara e dove scura. Et avvertasi, per prova di ciò, che delle tre dimensioni, due sole sono sottoposte all'occhio, cioè lunghezza e larghezza (che è la superficie, la quale da' Greci fu detta epifania cioè periferia o circonferenza), perchè delle cose che appaiono e si veggono, altro non si vede che la superficie, e la profondità non può dall'occhio esser compresa, perchè la vista nostra non penetra dentro a' corpi opachi. Vede dunque l'occhio solamente il lungo e 'l largo, ma non già il profondo, cioè la grossezza non mai. Non essendo dunque la profondità esposta alla vista, non potremo d'una statua comprender altro che la lunghezza e la larghezza; donde è manifesto che noi non ne veggiamo se non la superficie, la qual altro non è che larghezza e lunghezza, senza profondità. Conosciamo dunque la profondità, non come oggetto della vista per sè et assolutamente, ma per accidente e rispetto al chiaro et allo scuro. E tutto questo è nella pittura non meno che nella scultura, dico il chiaro, lo scuro, la lunghezza e la larghezza: ma alla scultura il chiaro e lo scuro lo dà da per sè la natura, ed alla pittura lo dà l'arte: adunque anche per questa ragione si rende più ammirabile un'eccellente pittura di una eccellente scultura. (OG XI, p. 341)

Tornando alla lettera a Grienberger, notiamo come essa illustri in modo particolarmente significativo ciò che Galileo intendeva quando sosteneva che il senso deve essere corretto dal discorso perché le apparenze sensoriali possano permetterci una conoscenza efficace e profonda del reale. Con le sue osservazioni telescopiche della superficie lunare Galileo aveva potuto dimostrare, sulla base della sua analisi critica delle immagini visive, che la luminosità del nostro pianeta è dovuta alla riflessione di tipo diffuso propria di corpi dalla superficie irregolare. Questa conclusione era importante perché in profondo contrasto con la tradizione aristotelico-tolomaica secondo cui l'aspetto brillante della Luna sarebbe conseguenza di una riflessione di tipo speculare (propria di un corpo dalla superficie perfettamente sferica e levigata -come la Luna doveva essere in rapporto al suo statuto di corpo celeste). La scoperta di Galileo contribuiva a mettere in crisi quella separazione essenziale tra il mondo terrestre, luogo dell'irregolarità e della mutazione e mondo celeste, luogo della incorruttibilità e della perfezione che era uno dei cardini della concezione geocentrica dell'universo. Nella Terra il gioco continuo di interazione tra i quattro elementi costitutivi (terra, acqua, aria e fuoco),

produce mutazione e corruzione mentre il cielo è costituito da un materiale cristallino immutabile e intangibile, la 'quintessenza' o etere. Nel mondo terrestre sono possibili moti violenti, dovuti all'azione di cause accidentali, e moti naturali, dovuti alla tendenza di ognuno degli elementi a portarsi verso il suo luogo proprio: l'elemento terra verso il centro dell'universo, e poi, a distanze via via crescenti, l'acqua, l'aria e il fuoco, la cui sfera naturale si situa subito sotto al cielo della Luna. Nel mondo celeste le forme sono sfere perfette e l'unico movimento possibile è quello circolare, perché nella sua geometrica perfezione, e nel ritornare periodico su se stesso, assicura l'immutabilità sostanziale dei cieli pur nell'apparenza di un continuo cambiamento della posizione degli astri. Dunque un mondo celeste, incorruttibile e immutabile, con i globi dei pianeti dalla forma sferica e dalla superficie perfettamente levigata, contrapposto alla Terra, luogo di mutazione e di corruzione, la cui superficie è irregolare per la presenza di monti, cavità e d'ogni sorta di irregolarità. L'osservazione galileiana della natura scabra della superficie lunare metteva dunque in crisi questa concezione e contribuiva in qualche modo ad avvicinare Terra e Luna.

Anche per quello che riguarda il tema dell'incorruttibilità e immutabilità dei cieli Galileo sviluppa considerazioni importanti basate su un'accurata analisi del processo visivo. Nei *Massimi sistemi* il problema viene affrontato in una discussione tra Simplicio e Salviati, in cui Salviati mette in evidenza come l'idea di un mondo celeste immutabile derivi in parte da un'errata valutazione delle nostre capacità visive, e cioè dal non renderci conto che, se nei corpi celesti vi fossero mutazioni analoghe a quelle che si vedono avvenire comunemente sulla Terra, noi non saremmo comunque in grado di percepirle per l'enorme distanza che ci separa da essi. A Simplicio che propugna la concezione aristotelica osservando che *la sensata esperienza ci mostra come in Terra si fanno continue generazioni, corruzioni, alterazioni, etc., delle quali né per senso nostro, né per tradizioni o memorie de' nostri antichi, se n'è veduta veruna in cielo*, Salviati replica chiedendo di indicare quali siano le alterazioni che si fanno in Terra, ma non in cielo, e sulla base delle quali si stabilisce l'idea della differenza tra le due parti del cosmo. Il dialogo continua poi con queste parole: SIMPLICIO *Veggio in Terra continuamente generarsi e corrompersi erbe, piante, animali, suscitarsi venti, piogge, tempeste, procelle, ed in somma esser questo aspetto della Terra in una perpetua metamorfosi; niuna delle quali mutazioni si scorge ne' corpi celesti, la costituzione e figurazione de' quali è puntualissimamente conforme a quelle di tutte le memorie, senza esservi generato cosa alcuna di nuovo, né corrotto delle antiche.*

SALVIATI *Ma, come voi vi abbiate a quietare su queste visibili, o, per dir meglio, vedute, esperienze, è forza che voi reputiate la China e l'America esser corpi celesti, perché sicuramente in essi*

non avete vedute mai queste alterazioni che voi vedete qui in Italia, e che però, quanto alla vostra apprensione, e' sieno inalterabili.

SIMPLICIO *Ancorché io non abbia vedute queste alterazioni sensatamente in quei luoghi, ce ne son però le relazioni sicure: oltre che, cum eadem sit ratio totius et partium, essendo quei paesi parti della Terra come i nostri, è forza che e' sieno alterabili come questi.*

SALVIATI *E perché non l'avete voi, senza ridurvi a dover credere all'altrui relazioni, osservate e viste da per voi con i vostri occhi propri?*

SIMPLICIO *Perché quei paesi, oltre al non esser esposti a gli occhi nostri, son tanto remoti che la vista nostra non potrebbe arrivare a comprenderci simili mutazioni.*

SALVIATI *Or vedete come da per voi medesimo avete casualmente scoperta la fallacia del vostro argomento. Imperocché se voi dite che le alterazioni, che si veggono in Terra appresso di noi, non le potreste, per la troppa distanza, scorgere fatte in America, molto meno le potreste vedere nella Luna, tante centinaia di volte più lontana: e se voi credete le alterazioni messicane a gli avvisi venuti di là, quai rapporti vi son venuti dalla Luna a significarvi che in lei non vi è alterazione? Adunque dal non veder voi le alterazioni in cielo, dove, quando vi fussero, non potreste vederle per la troppa distanza, e dal non ne aver relazione, mentre che aver non si possa, non potete arguir che elle non vi sieno, come dal vederle e intenderle in Terra bene arguite che le ci sono. (pp. 39-40)*

I *Massimi sistemi* furono pubblicati nel 1632, e cioè oltre vent'anni dopo le prime osservazioni telescopiche. Galileo aveva aderito alla concezione copernicana ben prima di poter scrutare con l'ausilio del suo potente strumento la superficie lunare scorgendovi monti e crateri. Egli stesso riconobbe infatti di seguire da qualche tempo le idee dell'astronomo polacco in una lettera indirizzata a Keplero il 4 Agosto 1597. In un universo al cui centro -come sosteneva Copernico- è situato il Sole, appare senza fondamento, anche semplicemente per ragioni di simmetria, la pretesa di stabilire una differenza essenziale tra mondo terrestre e mondo celeste. E in questo contesto pure ingiustificata appare l'idea che la Luna (e gli altri corpi celesti) siano, in contrasto con la Terra, di forma sferica e di superficie perfettamente levigata.

A differenza di quanto accadde per molti di quelli che immediatamente dopo di lui puntarono il cannocchiale verso il cielo (e tra questi Scheiner), al momento di effettuare le sue osservazioni telescopiche Galileo non aveva preclusioni teoriche ad accettare come evidenza di monti e crateri le immagini del satellite che si presentarono ai suoi occhi (né in seguito ad interpretare altre osservazioni celesti che facevano pensare a irregolarità e a mutazioni nei cieli, e tra queste in particolare le macchie solari). In lui l'analisi critica del dato visivo andava insieme con una struttura teoretica che lo rendeva libero di interpretare correttamente quello che l'occhio fortificato dal nuovo strumento gli

mostrava. Bisogna notare che in effetti, ancor prima di puntare verso il cielo il suo strumento (il *perspicillum* secondo l'espressione utilizzata nel *Sidereus nuncius*), Galileo sapeva che la superficie della Luna è irregolare. Questo ci è attestato dalle *Considerazioni d'Alimberto Mauri sopra alcuni luoghi del discorso di Ludovico delle Colombe intorno alla stella apparita 1604*, un breve volume pubblicato a Firenze nel 1606. Nella *Considerazione XXVIII* si sostiene che la Luna è, come la Terra, di superficie irregolare, ovvero:

... ch'ella non sia per tutto egual nello stesso modo, ma, sì come nella terra, ancora in lei si ritrovino monti di smisurata grandezza, anzi tanto maggiori, quanti a noi son sensibili: de' quali non da altro, ne nasca poi in essa quella poco di chiazata oscurità; conciosiacosaché la curvità grande de' monti, non può, come insegnano i prospettivi, ricevere e riflettere il lume del Sole in quella guisa, che fa il restante della Luna piano, e liscio. E per prova di questo addurrei un'agevole, e bella osservazione, che si può di continuo fare, quando ella è in quadrato, rispetto al Sole. Perciocché allora ella non fa il mezzo cerchio pulito e netto, ma sempre con qualche bernoccolo nel mezzo. Di qual cagione si addurrà giammai ancora probabile, se non la curvità di quei monti? Per li quali, e in particolare in quel luogo, ella vien a perder la sua perfetta rotondità. (Mauri, 1606, carta 15)

Autore delle *Considerazioni d'Alimberto Mauri* è lo stesso Galileo che, come nel caso del *Dialogo de Cecco di Ronchitti da Bruzene in perpuosito de la stella nuova* (scritto in dialetto pavano e apparso a Padova nel 1605), preferiva allora trincerarsi sotto il gioco della pseudonimia per esprimere con spirito libero e a volte canzonatorio le sue opinioni su temi astronomici e controbattere così le opinioni di filosofi peripatetici impegnati a sostenere l'immutabilità del cielo aristotelico, anche dinanzi ad eventi che la mettevano decisamente in crisi (com'era allora la comparsa di una stella nova). Nell'*Alimberto Mauri* egli mostra già una chiara attenzione al problema dei sensi e della loro possibile fallacia come vie per la conoscenza del reale, che precorre, seppure ad un livello stilistico diverso, quello che egli scriverà nelle sue opere successive. In particolare vi è un passo in cui si mette alla berlina la pretesa immutabilità e incorruttibilità dei cieli -sostenuta dall'antagonista di turno, il filosofo fiorentino Ludovico Delle Colombe- che ricorda la discussione sullo stesso tema tra Salviati e Simplicio nei *Massimi sistemi*.

In contrasto con il periodare filosoficamente ampolloso dell'avversario (autore di un *Discorso* sulla stella nuova del 1604) Galileo fa qui ricorso a una prosa caratterizzata da un'ironia incisiva e rustica:

Ecco un'argomento per la incorruttibilità de Cieli, cavato dalla diversità della materia elementar, e celeste, in questa guisa. In terra si veggono seccar baccelli, fiorir cetrioli, nascer cavoli, e insieme corrompersi tanti animali. Di questi effetti niuno se ne scorge in Cielo, adunque la materia del Cielo è diversa da quella di questo mondo inferiore; Onde, se questa è corruttibile, e

alterabile, ne seguita che la celestiale sia del tutto aliena da queste passioni. Ma sento da non sò chi bisbigliarmi nell'orecchio. Oh se l'Autore non vuole, che le stelle della prima grandezza, le quali sono maggiori della terra più di 107 volte, si possano vedere senza occhiali, come saprà egli mai se lassù lontano anco da noi 100 miglia cose tanto piccole vi nascano, ò si corrompano; poiché la lontananza di venti miglia ancora ci fa perdere di vista le montagne non che le quercie, e i faggi. Opposizione di vero, per la quale appresso gl'intendenti l'autore perderebbe qualche poco di reputazione, se io non ricordassi loro, che egl'è Astrologo soprannaturale, onde egli ha potuto benissimo indovinare, se lassù si facciano, ò nò queste bagattelle di corruzioni (Mauri, 1606, carta 4)

Che Galileo avesse cognizione di alcuni aspetti fondamentali della costituzione fisica dei cieli ancor prima di poterne avere -attraverso l'osservazione telescopica- una dimostrazione sperimentale è una riprova, se ce n'è bisogno, del fatto che le scoperte, pur quando frutto del caso o di circostanze più o meno imprevedibili, avvengono sempre in presenza di una "mente preparata", pronta a cogliere gli aspetti di novità e di interesse in quello che ci appare. E anche pronta a vedere oltre le apparenze immediate, utilizzando il *retto discorso razionale* affinché, come Galileo diceva, la *vista possa ottenersi con sicurezza e senza che il senso si ingannasse*. Un'istanza di quella complessa relazione che, alla nascita della scienza moderna, si sviluppa tra osservazione e esperimento da una parte e discorso logico e strutture teoretiche dall'altra, o, per dirla con espressioni che ricorrono nei testi galileiani, del rapporto proficuo e fecondo che deve esistere tra *occhi della fronte e occhi della mente*.

A questo proficuo rapporto nell'opera di Galileo alludeva il linceo Francesco Stelluti nei versi barocchi di un componimento poetico premesso al *Saggiatore*, un'opera in cui lo scienziato pisano sviluppa un discorso filosofico importante sul tema dei sensi:

*Né sol del la tua fronte
I fortunati rai
Quelle virtù sì conte,
Han, ch'a lor tu co' tuoi cristalli dai:
Ma quel bel lume, c'hai
Dentro la mente accolto,
Quell'anco vince ogni veder di molto.*

A questo discorso filosofico sui sensi sarà dedicata la terza parte di questo articolo.

Marco Piccolino

Note

(1) Nei *Massimi sistemi* Galileo dedica diverse pagine alla confutazione di molte delle argomentazioni anticopernicane presenti nell'opera di Scheiner che è ora consultabile al sito web: <http://fermi.imss.fi.it/rd/bd>).

(2) Ricordiamo che la Luna è in congiunzione col Sole rispetto alla Terra quando, in relazione a questa, si situa nella stessa zona della volta celeste (nel linguaggio astronomico Sole e Luna hanno stessa longitudine celeste del Sole). E' questa la condizione della luna nuova.

(3) Galileo 1610, pp. 14-15. L'edizione originale del *Siderens nuncius* è reperibile in formato immagine al seguente sito web: http://www.lindahall.org/services/digital/ebooks/galileo_venice/index.shtml

In formato testo (e nelle due versioni, latina e italiana) l'opera si trova nel sito: <http://www.liberliber.it/biblioteca/g/galilei/index.htm>

(4) Il testo galileiano fu pubblicato all'interno del trattato *De lunae subobscura luce prope conjunctioes et in eclipsibus observata* scritto da Fortunio Liceti, avversario di turno di Galileo nella sua lotta contro la filosofia tradizionale. Un'accurata edizione a stampa derivata dai vari manoscritti esistenti è presente nel volume VIII dell'Edizione Nazionale delle opere di Galileo ed a questa faremo riferimento in questo articolo con la notazione OG VIII seguita dal numero di pagina, seguendo la convenzione già adottata nella prima parte di questo articolo per la citazione dall'Edizione Nazionale.

(5) Sull'argomento di veda Reeves, 1997.

(6) Si rimanda in proposito alle pp. 13-14 della prima parte di questo articolo apparsa nel precedente numero di NATURALMENTE

(7) Ricordiamo che lo stesso Galileo aveva supposto inizialmente, per spiegare alcune apparenze della superficie lunare osservata con telescopio, la presenza *attorno al corpo lunare come attorno alla Terra di una specie d'involucro di sostanza più densa dell'altra aria, che ha potere di accogliere e riflettere le irradiazioni solari, quantunque non sia tanto opaco da impedire alla vista* (Galileo 1610, p. 12)

(8) Qui "dubito" vuol dire "penso che".

(9) Oltre a esempi decisamente poetico-letterari di voli di fantasia sulla Luna (come per esempio quello immaginato nel II secolo d. C. da Luciano di Samosata -e paradossalmente intitolato *Storia vera-* e il volo di Astolfo per cercare sulla Luna il senno di Orlando nell'*Orlando Furioso* dell'Ariosto), è da notare che all'epoca in cui Galileo scriveva la risposta a Liceti, era stato pubblicato il *Somnium, seu Opus posthumum de astronomia lunari* di Keplero. In quest'opera apparsa nel 1634, quattro anni dopo la morte dell'autore, il grande astronomo tedesco immagina un viaggio sulla Luna e in questo ambito sviluppa un discorso scientifico su come la volta celeste (e la Terra in particolare) apparirebbe ad un osservatore lunare. L'opera, che può essere considerata il primo racconto moderno di fantascienza, riprende una tesi che Keplero aveva presentato nel 1593 quando era studente all'Università di Tubinga incontrando l'ostilità del corpo accademico per l'evidente ispirazione copernicana.

(10) Due astri si dicono in quadratura quando le loro longitudini celesti differiscono di 90°. Nel caso della Luna e del Sole le quadrature corrispondono al primo e all'ultimo quarto di Luna.

(11) Il testo latino del discorso è riportato in OG III, pp. 301-307.

(12) *tubospecillum* nell'originale latino del discorso.

(13) Ricordiamo che Galileo era pittore egli stesso oltre ad essere esperto d'arte e amico di pittori (in particolare del Cigoli che fu il primo a dipingere nella cappella paolina di

Santa Maria Maggiore la superficie della Luna con crateri e montuosità, come appariva alle osservazioni telescopiche). Tra l'altro Galileo aveva dipinto egli stesso gli acquerelli con le immagini delle sue prime osservazioni della superficie lunare, che erano poi serviti di base per le figure del *Sidereus nuncius* (vedi Fig. 3). Sul rapporto di Galileo con l'arte è fondamentale lo studio di Erwin Panosky *Galileo as a critic of arts* pubblicato inizialmente in inglese nel 1954 e poi tradotto in varie lingue. Sull'ombra come mezzo per valutare l'intensità di una sorgente luminosa Galileo torna più oltre nella risposta a Liceti a proposito di Venere e Giove (OG, VIII p. 516). Sull'argomento si veda il bel saggio di Filippo Camerota pubblicato nel 2004 su GALILAEANA.

Bibliografia

F. Camerota *Galileo's eye, Linear perspective and visual astronomy* GALILAEANA, I, pp. 143-170, 2004
 L. Delle Colombe *Discorso... nel quale si dimostra, che la nuova stella apparita l'Ottobre passato 1604...* Giunti, Firenze, 1606
 G. Galilei (e G. Spinelli) *Dialogo de Cecco di Ronchitti da Bruzene in perpuosito de la stella nuova* Tozzi, Padova, 1605
 G. Galilei *Sidereus nuncius* apud Baglionum, Venetiis, 1610

G. Galilei *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidentii* Mascardi, Roma, 1613
 G. Galilei *Il Saggiatore...* Mascardi, Roma, 1623
 G. Galilei *Dialogo di Galileo Galilei sopra i due massimi sistemi del mondo* Landini, Firenze, 1632
 G. Galilei *Edizione Nazionale delle opere di Galileo* 20 voll., a cura di A. Favaro e I. Del Lungo, G. Barbera, Firenze, 1890-1909
 F. Liceti *De Lunae subobscura luce prope coniunctiones et in eclipsibus observata* N. Schiratti, Udine, 1642
 Luciano di Samosata *Storia vera* (a cura di Quintino Cataudella) BUR, Milano, 1995
 A. Mauri (Galileo) *Considerazioni d'Alimberto Mauri sopra alcuni luoghi...* G. A. Caneo, Firenze, 1606
 G. Galilei (e G. Spinelli) *Dialogo de Cecco di Ronchitti da Bruzene in perpuosito de la stella nuova* P-P. Tozzi, Padova, 1605
 J. Kepler *Somnium, seu Opus posthumum De astronomia lunari, Sagani Silesiorum, absolutum* Francofurti: sumptibus haeredum Authoris, 1634
 E. Panofsky *Galileo as a critic of the arts* Martinus Nijhoff, The Hague, 1954
 E. Reeves *Painting the heavens: art and science in the age of Galileo* Princeton University Press, Princeton, 1997



L'Immacolata del Cigoli nella cappella paolina di S. Maria Maggiore a Roma