

SIMP. Sin qui mi è parso di sí; e benché voi abbiate arrecate alcune piccole disuguaglianze, non mi paion di tal momento che basti a rimuovermi di parere.

SALV. Anzi desidero che voi ci continuiate, e tenghiate saldo che l'effetto della Terra abbia a rispondero a quel della nave, purché quando ciò si scoprisse progiudiziale al vostro bisogno, non vi venisse umore di mutar pensiero. Voi dite: «Perché, quando la nave sta ferma, il sasso cade al piè dell'albero, e quando ell'è in moto cade lontano dal piede, adunque, per il converso, dal cadere il sasso al piede si inferisce la nave star ferma, e dal caderne lontano s'argumenta la nave muoversi; e perché quello che occorre della nave deve parimente accader della Terra, però dal cader della pietra al piè della torre si inferisce di necessità l'immobilità del globo terrestre». Non è questo il vostro discorso?

SIMP. È per appunto, ridotto in brevità, che lo rende agevolissimo ad apprendersi.

SALV. Or ditemi: se la pietra lasciata dalla cima dell'albero, quando la nave cammina con gran velocità, cadesse precisamente nel medesimo luogo della nave nel quale casca quando la nave sta ferma, qual servizio vi presterebber queste cadute circa l'assicurarvi se 'l vassello sta fermo o pur se cammina?

SIMP. Assolutamente nissuno: in quel modo che, per esempio, dal batter del polso non si può conoscere se altri dorme o è desto, poiché il polso batte nell'istesso modo ne' dormienti che ne i vegghianti.

SALV. Benissimo. Avete voi fatta mai l'esperienza della nave?

SIMP. Non l'ho fatta; ma ben credo che quelli autori che la producono, l'abbiano diligentemente osservata: oltre che si conosce tanto apertamente la causa della disparità, che non lascia luogo di dubitare.

SALV. Che possa esser che quelli autori la portino senza averla fatta, voi stesso ne sete buon testimonio, che senza averla fatta la recate per sicura e ve ne rimettete a buona fede al detto loro: sí come è poi non solo possibile, ma necessario, che abbiano fatto essi ancora, dico di rimettersi a i suoi antecessori, senza arrivar mai a uno che l'abbia fatta;

perché chiunque la farà, troverà l'esperienza mostrar tutto 'l contrario di quel che viene scritto: cioè mostrerà che la pietra casca sempre nel medesimo luogo della nave, stia ella ferma o muovasi con qualsivoglia velocità. Onde, per esser la medesima ragione della Terra che della nave, dal cader la pietra sempre a perpendicolo al piè della torre non si può inferir nulla del moto o della quiete della Terra.

SIMP. Se voi mi rimetteste ad altro mezo che all'esperienza, io credo bene che le dispute nostre non finirebber per fretta; perché questa mi pare una cosa tanto remota da ogni uman discorso, che non lasci minimo luogo alla credulità o alla probabilità.

SALV. E pur l'ha ella lasciato in me.

SIMP. Che dunque voi non n'avete fatte cento, non che una prova, e l'affermate così francamente per sicura? Io ritorno nella mia incredulità, e nella medesima sicurezza che l'esperienza sia stata fatta da gli autori principali che se ne servono, e che ella mostri quel che essi affermano.

SALV. Io senza esperienza son sicuro che l'effetto seguirà come vi dico, perché così è necessario che segua; e piú v'aggiungo che voi stesso ancora sapete che non può seguire altrimenti, se ben fingete, o simulate di fingere, di non lo sapere. Ma io son tanto buon cozzon di cervelli, che ve lo farò confessare a viva forza. Ma il signor Sagredo sta molto cheto: mi pareva pur di vedervi far non so che moto, per dir alcuna cosa.

SAGR. Volevo veramente dir non so che; ma la curiosità che mi ha mossa questo sentir dire di far tal violenza al signor Semplicio, che palesi la scienza che e' ci vuole occultare, mi ha fatto deporre ogni altro desiderio: però vi prego ad effettuare il vanto.

SALV. Purché il signor Semplicio si contenti di rispondere alle mie interrogazioni, io non mancherò.

SIMP. Io risponderò quel che saprò, sicuro che avrò poca briga, perché delle cose che io tengo false non credo di poterne saper nulla, essendoché la scienza è de' veri, e non de' falsi.

SALV. Io non desidero che voi diciate o risponderiate di saper niente altro che quello che voi sicuramente sapete.

Però ditemi: quando voi avete una superficie piana, pulitissima¹ come uno specchio e di materia dura come l'acciaio, e che fusse non parallela all'orizzonte, ma alquanto inclinata, e che sopra di essa voi poneste una palla perfettamente sferica e di materia grave e durissima, come, verbigratia, di bronzo, lasciata in sua libertà che credete voi che ella facesse? non credete voi (sí come credo io) che ella stesse ferma?

SIMP. Se quella superficie fusse inclinata?

SALV. Sí, ché così già ho supposto.

SIMP. Io non credo che ella si fermasse altrimenti, anzi pur non sicuro ch'ella si moverebbe verso il declive spontaneamente.

SALV. Avvertite bene a quel che voi dite, signor Simplicio, perché io son sicuro ch'ella si fermerebbe in qualunque luogo voi la posaste.

SIMP. Come voi, signor Salviati, vi servite di questa sorte di supposizioni, io comincerò a non mi maravigliar che voi concludiate conclusioni falsissime.

SALV. Avete dunque per sicurissimo ch'ella si moverebbe verso il declive spontaneamente?

SIMP. Che dubbio?

SALV. E questo lo tenete per fermo, non perché io ve l'abbia insegnato (perché io cercavo di persuadervi il contrario), ma per voi stesso e per il vostro giudizio naturale.

SIMP. Ora intendo il vostro artificio: voi dicevi così per tentarmi e (come si dice dal vulgo) per iscalzarmi, ma non che in quella guisa credeste veramente.

SALV. Così sta. E quanto durerebbe a muoversi quella palla, e con che velocità? E avvertite che io ho nominata una palla perfettamente rotonda ed un piano esquisitamente pulito, per rimuovere tutti gli impedimenti esterni ed accidentarii: e così voglio che voi astraghiate dall'impedimento dell'aria, mediante la sua resistenza all'essere aperta, e tutti gli altri ostacoli accidentarii, se altri ve ne potessero essere.

SIMP. Ho compreso il tutto benissimo: e quanto alla vostra domanda, rispondo che ella continuerebbe a muo-

versi in infinito, se tanto durasse la inclinazione del piano, e con movimento accelerato continuamente; ché tale è la natura de' mobili gravi, che *vires acquirant eundo*¹: e quanto maggior fusse la declività, maggior sarebbe la velocità.

SALV. Ma quand'altri volesse che quella palla si movesse all'insù sopra quella medesima superficie, credete voi che ella vi andasse?

SIMP. Spontaneamente no, ma ben strascinatavi o con violenza gettatavi.

SALV. E quando da qualche impeto violentemente impressole ella fusse spinta, quale e quanto sarebbe il suo moto?

SIMP. Il moto andrebbe sempre languendo e ritardandosi, per esser contro a natura, e sarebbe piú lungo o piú breve secondo il maggiore o minore impulso e secondo la maggiore o minore acclività.

SALV. Parmi dunque sin qui che voi mi abbiate espliciti gli accidenti d'un mobile sopra due diversi piani; e che nel piano inclinato il mobile grave spontaneamente scende e va continuamente accelerandosi, e che a ritenervelo in quiete bisogna usarvi forza; ma sul piano ascendente ci vuol forza a spignervelo ed anco a fermavelo, e che 'l moto impressogli va continuamente scemando, sí che finalmente si annichila. Dite ancora di piú che nell'un caso e nell'altro nasce diversità dall'esser la declività o acclività del piano, maggiore o minore; sí che alla maggiore inclinazione segue maggior velocità, e, per l'opposito, sopra 'l piano acclive il medesimo mobile cacciato dalla medesima forza in maggior distanza si muove quanto l'elevazione è minore. Ora ditemi quel che accaderebbe del medesimo mobile sopra una superficie che non fusse né acclive né declive.

173

SIMP. Qui bisogna ch'io pensi un poco alla risposta. Non vi essendo declività, non vi può essere inclinazione naturale al moto, e non vi essendo acclività, non vi può essere resistenza all'esser mosso, talché verrebbe ad essere indifferente tra la propensione e la resistenza al moto: parmi dunque che e' dovrebbe restarvi naturalmente fermo. Ma io so-

1 « Acquistino forze col progresso del moto ».

¹ Politissima, ossia levigatissima.

no smemorato, perché non è molto che 'l signor Sagredo mi fece intender che così seguirebbe.

SALV. Così credo, quando altri ve lo posasse fermo; ma se gli fusse dato impeto verso qualche parte, che seguirebbe?

SIMP. Seguirebbe il muoversi verso quella parte.

SALV. Ma di che sorte di movimento? di continuamente accelerato, come ne' piani declivi, o di successivamente ritardato, come negli acclivi?

SIMP. Io non ci so scorgere causa di accelerazione né di ritardamento, non vi essendo né declività né acclività.

SALV. Sì. Ma se non vi fusse causa di ritardamento, molto meno vi dovrebbe esser di quiete: quanto dunque vorreste voi che il mobile durasse a muoversi?

SIMP. Tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie né erta né china¹.

¹ Simplicio qui non è molto coerente con i suoi principj peripatetici, ai quali si richiamerà purtuttavia poco più avanti. Secondo Aristotele ogni moto richiede la presenza di un motore; nel moto naturale questo è dato dalla tendenza dei gravi verso il centro del mondo e da quella dei leggeri verso il concavo lunare. Nel moto violento Aristotele spiega la persistenza del moto dopo la separazione del proietto dal motore mediante l'intervento dell'aria. L'aria ha, tra gli elementi sublunari, una posizione di privilegio: essa partecipa infatti della pesantezza, come la terra e l'acqua, e della leggerezza, come il fuoco. Indifferente perciò al movimento verso il basso o verso l'alto, è idonea a conservare la potenza del motore, assumendosi nello stesso tempo la funzione di cosa mossa e di motore, e a sospingere il proietto dopo che il motore si è staccato da esso. Infine quando la sua potenza motrice si indebolisce, l'aria cessa a poco a poco di fungere da motore, e gradualmente il moto si spegne. Sulla base di queste considerazioni la risposta di Simplicio non risulta quindi ortodossa. Né risulterebbe ortodossa ammettendo - cosa cui nulla apportare alla teoria aristotelica dei proietti da Giovanni Filopono e riprese più tardi dai Parigini. Sia la *κωνική δύναμις* di Filopono sia l'*impetus* dei Parigini sono per loro natura soggetti a estinguersi col tempo.

L'immagine di una sfera messa in movimento su un piano orizzontale era già presente nei *Dialogi de ludo globi* di Nicola Cusano, dove si dice tra l'altro: «quando una sfera rotola su un piano, questo moto non determina nessuna variazione della disposizione relativa della sfera e del piano; esso deve dunque durare indefinitamente [...]». La forma rotonda è dunque la più adatta alla perpetuità del moto. Se questo le è conferito naturalmente, non avrà mai fine. Ciò accade quando la sfera ruota su se stessa, così che il suo centro sia anche il centro del suo moto; in questo caso il suo moto è perpetuo. Tale è il moto naturale di cui si muove, senza violenza e senza fatica, l'ultima sfera [...]». Nel Cusano alcuni hanno voluto vedere un'intuizione del principio d'inerzia: in realtà ne siamo molto lontani ed è sufficiente leggere con occhio critico queste righe per rendersene conto. In più luoghi dell'opera del Cusano compaiono accenni alla teoria dell'*impetus*, che egli mostra di accettare. Se dunque ogni *impetus* conferito a un mobile

SALV. Adunque se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimente senza termine, cioè perpetuo?

SIMP. Parmi di sí, quando il mobile fusse di materia da durare.

è destinato a consumarsi, come è possibile che sia perpetuo un moto conferito a una sfera su un piano? Come osserva giustamente il Duhem (*Le système du monde*, X, 331) nel Cusano è solo la figura circolare che tende conto della perpetua conservazione dell'impeto; e questo non tanto per la mancanza di attrito o perché «questa sfera assolutamente omogenea, posata su un piano rigorosamente orizzontale, si comporta come se fosse privata di peso», ma solo per le proprietà geometriche della sfera e per considerazioni di simmetria. Nel moto della sfera non c'è alcuna alterazione di figura. Del resto è opportuno tener presenti due considerazioni: perché il moto sia perpetuo è necessario che sia stato impartito naturalmente; inoltre che la sfera (e il piano) siano perfetti. Ma sappiamo che per il Cusano non esiste una sfera perfetta della quale non se ne possa dare un'altra più perfetta.

Qual è, in Galileo, il senso di questa persistenza del moto sul piano orizzontale? Lo spazio galileiano, come è stato più volte osservato, è uno spazio archimedeo, ossia uno spazio eterogeneo in cui ogni corpo è soggetto alla sollecitazione del peso. In termini aristotelici si potrebbe dire che non c'è, per Galileo, un moto violento che non sia anche, nello stesso tempo, naturale. In questo contesto risulta impossibile parlare di movimento uniforme, di perpetuità del moto, e simili. Per poter introdurre la *relatività fisica* del moto, Galileo ha bisogno di chiarire il principio d'inerzia, sia pure non visto qui ancora in tutta la sua generalità. Ma per parlare dell'inerzia, ossia della tendenza di un corpo a persistere indefinitamente nel suo stato (di quiete o) di moto rettilineo uniforme, è necessario prescindere dal peso, e ciò si può fare o cancellando la struttura eterogenea dello spazio (ad esempio supponendo che la Terra non esista: a p. 214 Galileo asserisce che una palla di cannone, qualora venisse privata della propria gravità, «uscita dal pezzo seguirebbe il suo moto per la linea retta che continua la dirittura della canna») ovvero neutralizzandola. Nella considerazione del moto di una sfera su un piano, la sfera non è privata del peso, ma tuttavia non risente degli effetti che il peso eserciterebbe sulla sua traiettoria nel caso di un moto di proiezione. Poco più avanti si dirà che l'unica superficie perfettamente orizzontale, ossia equidistante dal centro della Terra, è la superficie sferica. Ora, l'obiezione che sorge immediata è che il moto su una superficie sferica non può essere perfettamente inerziale, perché in tal caso si genera una forza centrifuga (a voler trascurare le inevitabili resistenze d'attrito). Di ciò Galileo era ben consapevole e a questa obiezione avrebbe potuto rispondere che in pratica il moto di una sfera su una superficie grande quanto quella della Terra (a una velocità pari a quelle allora raggiungibili) non produce una forza centrifuga sensibile. Più avanti, a p. 264, Galileo risponde in modo analogo all'obiezione che se la Terra ruotasse su se stessa si dissolverebbe nello spazio: «e così si potrebbe stimare che la vertigine della Terra non più fusse bastante a scagliare le pietre, che qualsiasi altra piccola ruota che tanto lentamente si girasse, che in ventiquattr'ore desse una sola rivolta». Così stando le cose, non pare dubbio che Galileo sia pervenuto al principio d'inerzia, non avendo negato che il moto rotatorio, o il moto su una superficie sferica, produca effetti legati alla forza centrifuga, ma solo che, nel caso della rotazione della Terra, tali effetti siano sensibili.

SALV. Già questo si è supposto, mentre si è detto che si rimuovano tutti gl'impedimenti accidentarii ed esterni, e la fragilità del mobile, in questo fatto, è un degli impedimenti accidentarii. Ditemi ora: quale stimate voi la cagione del muoversi quella palla spontaneamente sul piano inclinato, e non, senza violenza, sopra l'elevato?

SIMP. Perché l'inclinazione de' corpi gravi è di muoversi verso 'l centro della Terra, e solo per violenza in su verso la circonferenza; e la superficie inclinata è quella che acquista vicinità al centro, e l'acclive discostamento.

SALV. Adunque una superficie che dovesse esser non declive e non acclive, bisognerebbe che in tutte le sue parti fusse egualmente distante dal centro. Ma di tali superficie ve n'è egli alcuna al mondo?

SIMP. Non ve ne mancano: ècci quella del nostro globo terrestre, se però ella fusse ben pulita, e non, quale ella è, scabrosa e montuosa; ma vi è quella dell'acqua, mentre è placida e tranquilla.

SALV. Adunque una nave che vadia movendosi per la bonaccia del mare, è un di quei mobili che scorrono per una di quelle superficie che non sono né declivi né acclivi, e però disposta, quando le fusser rimossi tutti gli ostacoli accidentarii ed esterni, a muoversi, con l'impulso concepito una volta, incessabilmente e uniformemente.

SIMP. Par che deva esser così.

SALV. E quella pietra ch'è su la cima dell'albero non si muov'ella, portata dalla nave, essa ancora per la circonferenza d'un cerchio intorno al centro, e per conseguenza d'un moto indelebile in lei, rimossi gli impedimenti esterni? e questo moto non è egli così veloce come quel della nave?

SIMP. Sin qui tutto cammina bene. Ma il resto?

SALV. Cavatene in buon'ora l'ultima conseguenza da per voi, se da per voi avete sapute tutte le premesse.

SIMP. Voi volete dir per ultima conclusione, che movendosi quella pietra d'un moto indelebilmente impressole, non l'è per lasciare, anzi è per seguire la nave, ed in ultimo per cadere nel medesimo luogo dove cade quando la nave sta ferma; e così dico io ancora che seguirebbe quando non ci fussero impedimenti esterni, che sturbassero il movimen-

to della pietra dopo esser posta in libertà: li quali impedimenti son due; l'uno è l'essere il mobile impotente a romper l'aria col suo impeto solo, essendogli mancato quello della forza de' remi, del quale era partecipe, come parte della nave, mentre era su l'albero; l'altro è il moto novello del cadere a basso, che pur bisogna che sia d'impedimento all'altro progressivo.

SALV. Quanto all'impedimento dell'aria, io non ve lo nego; e quando il cadente fusse materia leggiera, come una penna o un fiocco di lana, il ritardamento sarebbe molto grande; ma in una pietra grave, è piccolissimo: e voi stesso poco fa avete detto che la forza del piú impetuoso vento non basta a muover di luogo una grossa pietra; or pensate quel che farà l'aria quieta incontrata dal sasso, non piú veloce di tutto 'l navilio. Tuttavia, come ho detto, vi concedo questo piccolo effetto, che può dependere da tale impedimento; sì come so che voi concederete a me che quando l'aria si movesse con l'istessa velocità della nave e del sasso, l'impedimento sarebbe assolutamente nullo. Quanto all'altro, del sopravregnente moto in giù, prima è manifesto che questi due, dico il circolare intorno al centro e 'l retto verso 'l centro, non son contrarii né destruttivi l'un dell'altro né incompatibili, perché, quanto al mobile, ei non ha repugnanza alcuna a cotal moto: ché già voi stesso avete concesso, la repugnanza esser contro al moto che allontana dal centro, e l'inclinazione, verso il moto che avvicina al centro; onde necessariamente segue che al moto che non appressa né discosta dal centro, non ha il mobile né repugnanza né propensione né, in conseguenza, cagione di diminuirsi in lui la facultà impressagli: e perché la causa motrice non è una sola, che si abbia, per la nuova operazione, a inlanguire, ma son due tra loro distinte, delle quali la gravità attende solo a tirare il mobile al centro, e la virtù impressa a condurlo intorno al centro, non resta occasione alcuna d'impedimento¹.

¹ È questo il principio della composizione dei movimenti, strettamente legato al principio d'inerzia e a quello della relatività fisica del moto. In un sistema meccanico che si muova di moto inerziale i vari componenti sono in quiete tra loro. Qualora uno dei componenti compia un movimento, tale