

FONTI PER LA NARRAZIONE: LA SCUOLA DI MERTON

Galileo era certo nel giusto quando descriveva il moto come un soggetto antichissimo. Nel medioevo lo “scienza del moto” (meccanica) era entrata nella filosofia della natura come una disciplina a sé stante, attraverso le traduzioni della *Fisica* di Aristotele e di vari commentari ad essa, di Simplicio, Giovanni Filopono e diversi scienziati arabi. Come risultato, dalla metà del tredicesimo secolo, la meccanica del medioevo fu dominata da considerazioni aristoteliche, come la preferenza per i moti uniformi, la distinzione tra moto naturale e moto violento, la proporzionalità tra forza e velocità.

Non appena la filosofia di Aristotele fu introdotta nell’insegnamento universitario, cominciò una reazione critica, e a partire dal tredicesimo secolo filosofi e scienziati cercarono di confutare le maggiori assurdità aristoteliche. La storia della meccanica scolastica non è quindi solo la storia di come la teoria aristotelica fu ripetuta e ripetuta, è anche la storia di un movimento critico che acquisiva sempre più forza.



Il cortile del Merton College a Oxford

La scuola di Merton: cinematica e dinamica

di Olaf Pedersen

Nel periodo tra il 1320 e il 1350 il Merton College, a Oxford, fu sede di una vera scuola di meccanica, con Thomas Bradwardine, William Heytesbury, Richard Swineshead e John Dumbleton tra i suoi membri più importanti. Il loro lavoro si sviluppò dal generale problema filosofico di come la variazione di forme qualitative potesse essere descritta in termini quantitativi. Il fatto che la velocità di un moto non-uniforme fosse un esempio ovvio di un’intensità che varia spiega perché le

preoccupazioni della scuola di Merton divennero particolarmente fruttuose nell’ambito della meccanica.

Il primo risultato del lavoro della scuola di Merton fu l’emergenza di una chiara distinzione tra cinematica (la descrizione di come un moto procede nello spazio e nel tempo) e dinamica (l’investigazione delle forze moventi). Prima di ciò, discutevano se il moto in se stesso richiedesse altri criteri oltre allo spazio e al tempo; per esempio, se fosse necessario un mezzo ritardante intorno al corpo che si muove.

Nel tredicesimo secolo, il punto di vista cinematico era stato espresso da Tommaso d’Aquino in disaccordo con un altro domenicano, Egidio Romano, e all’inizio del quattordicesimo secolo l’emergente movimento nominalista in filosofia aveva tentato di dare al problema del moto una nuova base. I

nominalisti credevano solo nell'esistenza di sostanze individuali, e rifiutavano di considerare i concetti astratti e generali qualcosa di più di semplici nomi. Perciò, nel campo della fisica, essi erano scettici sul concetto di forza, e il loro leader William di Ockham (c.1300 – c.1350) sottolineava che investigare sulle cause del moto (le forze agenti) era molto differente dal descrivere il moto come qualcosa di percepibile coi sensi.

I nominalisti avevano più seguaci nel campo della logica che in filosofia naturale; eppure sembra che essi abbiano stimolato gli studiosi del Merton College a trattare la cinematica e la dinamica separatamente, e a renderli coscienti della fondamentale differenza tra i due punti di vista. Perciò, nel *Tractatus de Proportionibus* di Thomas Bradwardine (1328), il capitolo 3 tratta delle proporzioni della velocità del moto in quanto collegate alle forze del corpo movente e del corpo mosso (dinamica), mentre il capitolo 4 tratta le stesse proporzioni ma collegate alla grandezza del corpo mosso e alla distanza percorsa (cinematica). In un altro trattato della scuola di Merton, il *Tractatus de motu*, c'è la distinzione tra la determinazione della velocità di un moto *quo ad causam* (dinamica) e *quo ad effectum* (cinematica).

Il problema fondamentale nella determinazione della velocità di un corpo in un dato istante e affrontato direttamente da William Heytesbury nel suo *Regule solvendi sophismata* (1335), in cui la parte 6 tratta del *motus localis*, il moto nello spazio. Qui prima spiega che

*un moto è detto uniforme quando
distanze eguali sono percorse in tempi eguali
con la stessa velocità*

che può essere considerata una definizione di velocità costante. Poi cerca di dare (senza riuscirci) una definizione di velocità istantanea:

*in un moto non-uniforme la velocità in un dato
istante di tempo può essere concepita come
la distanza che il corpo attraverserebbe se,
in un certo intervallo di tempo,
fosse mosso uniformemente con la velocità che
aveva nel dato istante.*

Il tentativo di Heytesbury è una prova delle insormontabili difficoltà nel dare una definizione logica di velocità istantanea prima

dell'introduzione del calcolo differenziale e dei concetti di limite.

Alla fine, Heytesbury definisce il moto uniformemente accelerato:

*Un moto è uniformemente accelerato quando la
velocità cresce con aumenti uguali in arbitrari,
ma uguali, intervalli di tempo.*

Ma anche se gli studiosi di Merton non sono riusciti a dare una definizione logica di velocità istantanea, ciò non gli impedì di raggiungere diversi risultati di grande importanza per lo sviluppo della meccanica. La prima di queste è una proposizione sul moto uniformemente accelerato, spesso detta Relazione di Merton, secondo cui

*se la velocità di un corpo è aumentata
uniformemente da v_0 a v_1 durante l'intervallo
di tempo t la distanza attraversata in
quell'intervallo di tempo sarà*

$$s = \left[v_0 + \frac{v_1 - v_0}{2} \right] \cdot t$$

Ci furono molte dimostrazioni di questo teorema nei lavori degli studiosi di Merton, che dovevano essere coscienti del suo carattere fondamentale.

Se la velocità v_0 è pari a zero, l'espressione si riduce a

$$s = \frac{1}{2} v_1 \cdot t$$

Se la velocità aumenta uniformemente col tempo si ha $v_1 = g \cdot t$ che porta a

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Formalmente, questa è la legge di caduta libera, con g interpretata come accelerazione di gravità, e così diventa chiaro come nella prima metà del quattordicesimo secolo gli scienziati possedessero già gli arnesi necessari alla descrizione della caduta in un campo gravitazionale omogeneo esattamente nella forma applicata trecento anni dopo da Galileo.

FONTI PER LA NARRAZIONE: NICOLE ORESME

Nicole Oresme (c. 1320-1382) era un filosofo francese originario della Normandia, insegnante alla Sorbona e Maestro del Collegio di Navarra a Parigi, diplomatico di Carlo V e vescovo di Liseiux.

Insieme a Buridano, Oresme è il principale rappresentante dei matematici e fisici della scuola di Parigi nel quattordicesimo secolo. Il suo metodo grafico fu utile sia per la cinematica che per la nozione di funzione, e più tardi divenne molto importante per lo sviluppo della geometria. Le sue traduzioni in francese e i commenti ad Aristotele fanno di lui una delle figure più importanti della critica aristotelica del tardo medioevo. Scrisse anche lavori economici, teologici e anti-astrologici. Non c'è un'edizione completa dei suoi scritti.

Il metodo grafico di Oresme

di Olaf Pedersen

Intorno al 1350, Nicola Oresme fece un passo decisivo nella cinematica medievale. In quel periodo insegnava all'Università di Parigi, ed era molto influenzato dalla scuola di Merton, come del resto il suo insegnante Johannes Buridanus. Il grande risultato di Oresme fu un metodo grafico per rappresentare la variazione delle qualità.

Si supponga che la velocità di un corpo durante un dato intervallo di tempo t_0 vada disegnata, e viene scelta un'unità arbitraria per mezzo della quale una linea lunga t_0 detta *longitudo* viene disegnata. L'istante di tempo t nell'intervallo t_0 è rappresentato da un punto P sulla *longitudo*. Da P si conduce una linea perpendicolare alla *longitudo* con una lunghezza pari alla velocità del corpo al tempo t (misurato in un'altra unità arbitraria). Questa linea è detta *latitudo*. L'insieme di tutte le linee di *latitudo* ricopre un'area del piano e definisce una figura che Oresme chiama la "configurazione" del moto.

Un moto uniforme corrisponde a una configurazione rettangolare. Se il moto ha un'accelerazione costante la configurazione è un triangolo (se la velocità iniziale è zero) o un trapezio. In questo modo qualunque distribu-

zione di velocità ha la sua configurazione caratteristica che rivela immediatamente un certo numero di caratteristiche del moto in questione. Da un punto di vista matematico il metodo di Oresme è estremamente importante in quanto fu, nel senso moderno, uno dei primi esempi di rappresentazione grafica. Divenne rapidamente conosciuto nelle università, e integrato nel normale curriculum matematico. Tutto indica che nel diciassettesimo secolo il metodo contribuì sia allo sviluppo della geometria analitica sia all'evoluzione del concetto di funzione.



Nicola Oresme al lavoro. Da un manoscritto del suo Livre du ciel et du monde.

[dal dominio pubblico di wikipedia]

L'importanza del metodo di Oresme in cinematica fu soprattutto nel fatto che rese possibile arrivare a una determinazione geometrica della distanza attraversata dal corpo in moto. Se il moto è uniforme, con velocità v durante il tempo t , la distanza è $s = v \cdot t$. Ciò è uguale all'area della configurazione rettangolare del moto. Se il moto è non-uniforme, la configurazione non è un rettangolo, ma Oresme assunse che anche in questo caso l'area rappresenta la distanza. Non c'è una vera dimostrazione di questa assunzione, che Oresme sembra aver dato per buona in modo intuitivo, ma sebbene il suo metodo sia basato su fondamenta matematiche incomplete, è ovvio che in cinematica poteva servire allo stesso scopo del successivo calcolo integrale.

Oresme usò il suo metodo in molti modi. Nella sua dimostrazione della Relazione di Merton per un moto con accelerazione costante, per esempio, la configurazione è un trapezio con un'area uguale a quella del rettangolo con la stessa base e l'altezza uguale alla velocità nel punto medio. La distanza percorsa così calcolata

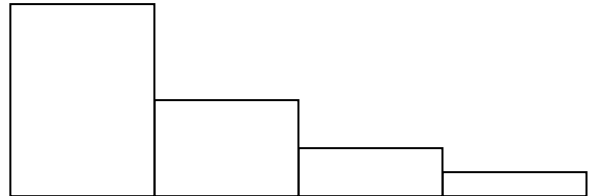
$$s = \frac{v_0 + v_1}{2} \cdot t$$

equivale alla Relazione di Merton.

La critica di Oresme a Aristotele

Oresme inoltre usò il suo metodo per individuare errori in molte argomentazioni semi-matematiche di Aristotele. Aristotele usava spesso l'asserzione che un corpo che si

muove per un tempo infinito attraverserà una distanza infinita. Oresme provò che non è necessariamente così considerando il caso particolare di un corpo che ha velocità v il primo giorno, $v/2$ il secondo giorno, $v/4$ il terzo giorno, e così via. In questo caso la configurazione diventa una successione di rettangoli...



...e la distanza totale è espressa dalla somma della serie infinita

$$s = v + \frac{v}{2} + \frac{v}{4} + \dots \quad (t=1)$$

Che questa somma sia finita è provato geometricamente per mezzo di un rettangolo di lati 1 e 2. Da questo rettangolo si taglia un quadrato di lato 1, che rappresenta il primo termine della serie. Rimane un altro rettangolo, metà del quale rappresenta il secondo termine. Metà del rimanente rettangolo corrisponde al terzo termine e così via. L'intera, infinita configurazione può così essere contenuta in un rettangolo di area 2, e Oresme conclude che la distanza attraversata dal corpo in un tempo infinito è finita e vale $2v$.

