

F. GRAELL I DENIEL

A PROPÒSIT DE LA CINEMÀTICA
ESCRITS DE FILOSOFIA DE LA CIÈNCIA

QUADERNS DE FILOSOFIA

38

F. GRAELL I DENIEL

**A PROPÒSIT DE LA CINEMÀTICA
ESCRITS DE FILOSOFIA DE LA CIÈNCIA**

38

QUADERNS DE FILOSOFIA

Barcelona 2019

2ª edició: març 2019 [1ª edició: gener 2014]

© F.Graell i Deniel

ISBN: 978-84-938454-7-6

www.xtec.cat/~fgraell

E-mail: fgraell@xtec.cat

La web permet de baixar la còpia d'un qualsevol quadern editat i de les noves edicions.

Podeu fer ús de l'adreça electrònica per a qualsevol correspondència amb *Quaderns de Filosofia*.

Es distribueix en paper sols la primera edició de cada quadern quan es publica. Per això es prega de tenir en compte sempre de consultar si hi ha una nova edició (que inclou canvis de vegades prou rellevants) en la web esmentada.

CONTINGUT

Pròleg a la segona edició, 6.
Presentació, 7.

I. EL TEMPS FÍSIC.

- §1. El temps pur, 10.
- §2. Introducció al temps físic, 12.
- §3. El moviment uniforme, 12.
- §4. El temps físic dels rellotges, 13.
- §5. L'ús del rellotge en els moviments, 15.
- §6. El temps físic del rellotge i de totes les coses, 16.
- §7. Sobre l'any, el dia i l'hora en l'*Almagest*, 18.
- §8. El gran rellotge dels cels (seguint l'exemplarització geocèntrica), 20.

II. LA QUANTIFICACIÓ DE LA VELOCITAT.

- §1. La noció de velocitat mitjana, 23.
- §2. Una manera de tractar el moviment, 25.
- §3. Una observació a propòsit de la quantitat discontinua, 26.
- §4. La velocitat instantània com a límit, 27.
- §5. La proporcionalitat entre la velocitat i els temps físics del rellotge, 29.
- §6. Una interpretació de la proporcionalitat de les quantitats en la velocitat, 32.
- §7. El trajecte com a integral, 34.
- §8. De bell nou una acceleració constant, 36.
- §9. Una nota afegida per a la velocitat i l'acceleració, 37.

III. QUÈ FA LA CINEMÀTICA CLÀSSICA. ESBOSOS PROVISIONALS.

- §1. El caràcter auxiliar dels gràfics, 39.
- §2. Simplificació i idealització en la cinemàtica, 40.
- §3. El càlcul en la cinemàtica, 42.
- §4. L'estudi de la cinemàtica, 43.

Pròleg a la segona edició.

La revisió del quadern prové del canvi en la interpretació del que es quantifica en un moviment. En el primer escrit es quantificava sols allò estàtic compromès, i calia fer alguna perífrasi per a comprendre que fos quelcom propi seu. Ara s'estableix que es compta els moviments i les parts del moviment.

La nova posició feia que es comparés dos processos a l'hora d'establir la velocitat, cosa que posava en relleu la dificultat d'assumir que el temps del rellotge hagués d'entomar-se com a un afer extern al moviment que controla. L'acarament dels processos semblava exterioritzar-los. I mirant la utilitat de la comparació, i la circumstància que bastava pragmàticament col·locar costat per costat l'un compte i l'altre, podria semblar que no calia cap altra aproximació.

Tanmateix hem rebutjat d'admetre que la velocitat d'un moviment no fos precisament propi seu, i que la comparació amb el temps no explicités també alguna cosa seva. Tot plegat demanava que s'assenyalés com era això possible. Fet i fet havia de ser quelcom que pogués passar desapercebut a la mirada utilitària i que facilités que un hom pensés en l'esdeveniment i pensés en la seva velocitat.

El lector serà convidat doncs a repassar breument què s'entén per temps físic i quins són els seu supòsits. Certament no podem recular més en tot això, malgrat que s'hi troba algunes indicacions a *El temps i el moviment natural* [2^aedició] (QF6); si més no el quadern és autosuficient, i no sembla freturar de més preàmbuls.

La relectura ha permès també de revisar tots els paràgrafs, àdhuc d'eliminar-ne algun, i d'agençar-los pel fet que sempre sembla romandre-hi expressions no prou reeixides, esments innecessaris i explicacions amb algun punt de confusió, restant doncs un treball que invitem el lector a seguir-lo amb el desig que sigui del seu interès.

PRESENTACIÓ

Si algú pregunta per què es repensa la cinemàtica clàssica quan sembla un dels estudis més reeixits, se li pot respondre de la següent manera: que l'eficàcia del que s'hi exposa no lleva al capdavant la consideració tranquil·la del que s'hi ensenya.

Les nocions bàsiques de la cinemàtica es troben ben formulades i prou acabades, i gairebé valen i s'assumeixen per si mateixes. Funcionen soles.

No hi ha res a dir quan s'hi treballa, i són una meravellosa adquisició cultural.

Tanmateix algú ha de mirar-s'ho, no pas per a discutir una millora en llur presentació, sinó per a adonar-se que el savi repertori dels nocions cinemàtiques no sembla un afer simple quan es considera els diversos nivells que conté, tots creuats d'un sol cop per la ment que s'hi capté amb espontaneïtat, i quan un hom és capaç d'admetre que l'assumpció que aquests estudis pressuposen fóra d'un tall paral·lel a d'altres fets, amb la circumstància favorable de poder fer ús de la quantificació, i pel fet afortunat que els esdeveniments naturals permeten relacions fructuoses.

El tarannà dels estudis naturals ha permès l'acumulació de resultants, ha facilitat un rigor major en llur presentació, ha estat el revulsiu de nous treballs formals i de noves investigacions, ha fet possible que la rigidesa en allò que és un adquirit permeti llançar-se en el que encara no es domina. I sobretot mai no es tindrà prou present que hi ha intervingut una munió d'homes genials i una gernació d'investigadors: que darrera de tot el que ja és un adquirit (i d'allò que està llest cara a d'altres problemes) s'hi troba el pòsit d'una ingent tasca, que supera sense cap dubte la possible d'un sol individu qualsevol que hi hagi participat.

¿Ha d'estranyar doncs que la modèstia esdevingui una de les característiques urgents d'aquell que vol considerar alguns afers d'aquest tipus per més bàsics que siguin, per més senzills que se suposin?

Si més no cal creure, amb Duhem, que la física teòrica no està subordinada a la metafísica. Ell defensaria també que cal provar d'apropar-se a un esclariment de la seva mateixa activitat. I potser sigui encertat d'assenyalar que la física deu gaudir d'una rellevància extraordinària a l'hora de fer qüestió del lloc de l'home en el cosmos. Perquè – malgrat tots els qui ho neguen –el físic fita comprendre, i perquè manifesta en la seva activitat allò de què capaç l'home mateix.

S'assaja en el present quadern de circumscriure's a una de les parts més bàsiques d'aquest tipus d'estudis. S'hi troba sols alguns apunts de molts pocs afers tot deixant un gran nombre de qüestions i de precisions. Si més no les presentacions actuals de la cinemàtica s'ofereixen com una resultant dels estudis anteriors, i cada aspecte mereixeria un tractament singularitzat.

Es toca doncs una aproximació al temps físic i a alguns moviments. L'objectiu consisteix a apuntalar quelcom que caldrà continuar. Un hom sempre es troba recomençant la reflexió quan tracta els afers des dels dubtes i les prevencions. Car aquí no hi ha res definitivament conclòs com sigui que depèn de l'actitud conjunta que s'agafa cara als altres i a les coses. Interpretar l'activitat humana suposa assumir un risc: la solidesa de la cinemàtica fa de suport a l'hora d'afrontar-lo.

I

EL TEMPS FÍSIC

El temps deu ser algun dels afers més comuns, i alhora no resta gens clar què és quan se'l pren com a tema. S'accepta de grat que hi ha maneres diferents de comprendre'l: aquí caldrà sobretot encaixar el temps físic.

La ciència natural gaudeix de múltiples característiques, una de les quals sens dubte es troba en la quantificació associada com sigui i com es pugui als fenòmens.

Des de l'antigor la introducció dels aspectes quantitius en els esdeveniments ha plasmat l'empremta singular de l'ésser humà: la comanda de tornar en tres dies, el desig de veure algú per la tarda, l'esment de l'estona d'espera, expressaven relacions entre esdeveniments. Sols la mirada clarivident de l'home s'adona de la rellevància dels processos diaris del Sol, de mes lunar, dels canvis estacionals, del retorn de l'any, mentre hi ha una munió de tràfecs, de viatges, de treballs.

Des de sempre l'home ha pres consciència de la simultaneïtat dels esdeveniments, i ha sabut alguna quantificació dels esdeveniments naturals. La filosofia s'obliga, tanmateix, a establir algunes distincions per tal de comprendre l'espontaneïtat que relaciona el curs dels esdeveniment de la natura i el curs dels afers humans.

L'ordre dels esdeveniments ha pogut dur a la convicció que la vida de l'home transcorre segons ritmes, o d'acord amb moments de màxima intensitat i d'altres de relaxats, o per mitjà d'esdeveniments tesos i d'altre de distesos. Sigui com sigui el temps s'ha enllaçat amb l'esdeveniment natural.

Si el temps i la durada resten associats als esdeveniments naturals un hom entén que aquests darrers s'hi trobin compromesos, que hi hagi cicles, que la consciència del temps i de la duració expliciti la manera d'entomar els esdeveniments naturals.

§1. El temps pur.

1. Ocorre que l'enllaç del temps amb el moviment natural ha de ser estudiat amb més detall, altrament no implicaria ni poc ni molt cap tipus d'avaluació per al procés natural.

Deixant el temps com a apuntament¹ les altres maneres de concebre quelcom a través d'un temps ho fan amb una certa independència i tracten de continguts, en especial de moviments.

En efecte una manera fàcil de concebre alguna cosa quan s'explicita temps es troba a pensar en un pur transcórrer, per tant quelcom relacionat amb el moviment, i àdhuc es pot suggerir sense por que correspon a la mera concepció del moviment (de canvi, de procés). Per tant aquest moviment a través del temps no és cap moviment efectiu, sinó el pensament d'un moviment.

Un tal passar pur s'ofereix doncs com a quelcom a pensar a propòsit d'una manera específica d'explicitar temps, que no ho fa com a mer apuntament. *Es tracta d'un moviment pur a través del temps, i l'anomenem per abreujar temps pur.*

El temps pur és bàsicament el moviment pur, el mer transcórrer: la seva intensitat no seria ni molta ni poca perquè, per dir-ho així, seria la pura intensitat, o l'absoluta, aquella que creuaria una qualsevol altra intensitat. La circumstància d'explicitar-ho com a temps es rebla pel fet que el moviment pur és esdeveniment pur, i el temps és esdeveniment ocupacional. És a dir: l'esdeveniment pur és pensat mentre esdevé l'ocupació i, és clar, permet també explicitar-se amb aquest temps.

El temps pur no és doncs el temps de l'apuntament, i hi ha una certa equivocitat. És més aviat una manera d'explicitar aquest temps ocupats en quelcom: en aquest cas en l'esdeveniment pur del moviment.

Per tant aquest temps pur és un mer moviment (esdevenir), un mer passar, i s'hi explicita el temps de l'apuntament; versemblantment un hom traspassa d'un afer a l'altre sense solució de continuïtat, de

¹ Cf. *El temps i el moviment natural* [2^aedició] (Quaderns de filosofia 6).

manera que tant considera una duració com un moviment pur, però en qualsevol cas sempre es tracta d'un ideal que a més a més explicita l'apuntament del temps.

2. La necessitat de defensar un temps pur deriva d'alguna circumstància que estudiarem més endavant i que ara sols podem esbossar.

Assumim un moviment. La velocitat, per exemple, s'entén a partir dels espais recorreguts i del temps físic en un rellotge. Però un hom hauria de decidir si el temps físic és també quelcom del mateix moviment que s'estudia, o sols del procés del rellotge. No deu ser difícil de defensar que és del moviment que s'estudia i que no es tracta sols d'una relació en la diferència entre el que fa el mòbil i el temps en el rellotge. La velocitat és del moviment del mòbil. Però llavors cal postular alguna identitat entre aquest moviment i el temps físic en el rellotge, i això sembla que dugui a copsar el moviment del mòbil efectuant-se a través d'una duració i pur passar, mentre que el temps físic del rellotge també ho faria, de manera que, per la identitat del mer transcórrer, aquest temps en el rellotge lliuraria una expressió del temps del moviment del mòbil. Això valdria igual, és clar, si es tractés d'un procés d'una qualsevol mena, i no d'un simple moviment.

Algú suggeriria així i tot que aquest temps pur l'hauríem après del rellotge universal per excel·lència que seria el moviment diari i l'annual. Versemblantment l'home d'un passat remot hauria pogut aprendre del cicles naturals, o si més no enllaçat amb aquests cicles, que hi ha un temps físic regular. Aquest temps físic natural potser seria pensat sobretot a partir del dia. Però el temps d'un dia no seria el moviment d'un dia, ni afegint-li la mera explicitació temporal d'aquest moviment; el temps d'un dia, se'l comprendria a través de la duració d'un pur passar. De fet un dia més veloç o menys veloç no sembla inconcebible, mentre el temps (pur) el concebem amb una intensitat absoluta. El temps del dia no seria sols caracteritzat pel moviment diari, sinó també pel fet d'efectuar-se a través de la duració d'un mer passar.

§2. Introducció al temps físic.

En el temps pur, s'hi defensa un mer passar a través del temps, i deu poder trobar-se en un qualsevol moviment o procés natural; o en un esdeveniment pensat en l'accepció de pensar en un moviment amb intensitat, que es desplega homogèniament o no.

Car el temps físic deu suposar sempre que hi ha una dimensió a tall de pur passar a través del temps que s'integra en l'observació o en el pensament d'un moure's qualsevol.

És temps perquè integra un mer passar dins del moviment seguit o pensat i a través del temps.

El dia ja no és sols un moviment natural, sinó que pot ser també (però no cal que ho sigui sempre) un temps físic: se'l pensa, el moviment diari, a través d'un mer transcórrer temporal. El dia com a temps físic és un fet de raó.

El mateix moviment uniforme no es lliura naturalment, i és una idealització, però o és un moviment sense més, o és un temps físic gràcies a pensar-lo amb la integració d'un mer passar, de manera que es tracta aquí també d'una comprensió segons una raó.

El temps físic és doncs el temps d'un moviment, seguit o pensat, no idealitzat o idealitzat, pel fet que s'hi ha integrat el mer passar temporal.

També: el temps físic fa adonar-se de la temporalitat a través d'un qualsevol moviment natural o pensat, com si un qualsevol esdeveniment es fes a través de la duració d'un passar uniforme.

§3. El moviment uniforme.

El moviment uniforme es pensa en general com a mer moviment inalterable, constant, pel fet que no hi ha cap motiu per a no pensar-lo així.

¿Ha de sorprendre que els pensadors associessin des d'antic un moviment (per exemple, el primer moviment dels cels) a aquest moviment singular, amb l'afegit que havia de ser circular? ¿No sembla una obvietat que el moviment uniforme és el que transcorre

uniformement, i per tant recorre un trajecte igual en iguals circumstàncies?

Ara bé: el moviment uniforme, que és sempre ideal, pot pensar-se amb diferents intensitats. Mentre el contingut del pur transcorrer és independent d'un específica intensitat, el moviment uniforme es pot pensar més ràpid o més lent.

Certament un hom també el pensa com a temps físic, però llavors ho fa quan integra el temps pur, el fet de raó pel qual se sap un moviment comprès a través del pur passar temporal.

Quan un hom estudia un moviment uniforme per mitjà del seu descabdellament en un temps pur, el raona i l'explicita segons això. D'aquí que hi hagi un estudi del moviment uniforme. Per això també apareix instrumentalment el rellotge.

§4. El temps físic dels rellotges.

Farem tres consideracions en els rellotges: la persecució d'un procés referencial; la integració d'aquest procés del rellotge i el temps de l'esdevenir pur; i el mateix temps físic del rellotge.

1. La construcció de rellotges persegueix la troballa d'un moviment referencial o d'un esdeveniment que en faci les funcions. Els rellotges de totes les èpoques són la resultant tècnica d'aquesta qüestió.

Tanmateix, com hi ha un procés referencial? Potser la solució òptima rauria en un moviment uniforme incondicional i permanent, per exemple, la del moviment diari dels estels com el més aproximat. Tot i això potser convé ara posar l'accent que la cerca d'un procés referencial vol privilegiar-lo: deixant la uniformitat dels moviments siderals, i tenint present un qualsevol instrument construït per l'home, un hom s'adona que la reproducció d'una impossible uniformitat perfecta de moviment es transforma en la regularitat d'algun procés (els rellotges antics d'aigua o de sorra) o en la seva repetició regular (els rellotges de pèndol i, en conjunt, tots els rellotges mecànics). Independentment del procés en concret, es persegueix, amb la regularitat de processos, unes pautes per a seguir el pas (pur) del

temps. Els processos d'aquests rellotges són referencials perquè sols interessin, més enllà d'una uniformitat, per la regularitat de les pautes, que són iguals o equiparables a la igualtat.

Agafi's, per exemple, un pèndol de rellotge: se suposa que cada oscil·lació ha de ser igual a l'anterior i a la que seguirà, mentre que el moviment no és pas uniforme al llarg de l'oscil·lació. Sens dubte és rellotge per la igualtat d'oscil·lacions, però també perquè a través d'això un hom estima poder-hi comptar temps, com si hi hagués a través de les oscil·lacions un passar uniforme.

En el cas d'un rellotge d'arena o d'aigua, per exemple, hi ha un esdeveniment, i és possible de fer alguna marca, al col·lector, de mesura de temps. Certament no hi hauria aquí cap unitat o nombre que hagués de correspondre a quelcom intern del procés de caiguda. La discriminació és externa d'aquest procés (d'aquí que es podria fer de maneres diferents), la provoca l'individu que planifica. No és artificial o fictícia: és la resultant de la capacitat de l'home, l'ocupació del qual no és mera passivitat, perquè pensa, escorcolla, imagina, pauta.

Capfiquem-nos ara hipotèticament en un qualsevol moviment continu: les pautes que es trobessin en l'assaig de quantificar un tal moviment el pensarien precisament en moviments unitaris pautats d'acord amb el fet que el moviment consta de tots els moviments interpautats. El compte dels rellotges fóra d'un moviment entès de múltiples moviments.

2. Un rellotge no sols persegueix el seu procés natural: també ho raona de tal manera que pensa el que ocorre naturalment integrant l'esdeveniment pur temporal.

Comprendre la quantificació lliurada implica la integració del procés natural, i el pur passar a través del temps. Un rellotge és el resultat d'un procés racional. Per tant:

a) Per la integració d'un pur passar explícita l'apuntament del temps mentre un hom s'aferra al mer passar. Un rellotge explícita el temps gràcies a això.

b) Però si no integrés també quelcom referencial s'afavoriria sens dubte una qualsevol aproximació barroera.

c) I llavors hi ha el mateix procés natural del rellotge que per si sol ignora un mer passar, palesa una manera instrumental de comptar procés mentre se'l pensa d'acord amb allò que s'integra.

Quan pensem en un rellotge pensem una mica en tot això, i d'aquí que de vegades sembli que hi hagi algun misteri. Pensar aquí consisteix a traspasar, amb l'enllaç temporal, d'un sol cop diferents nivells. El que lliura el rellotge en efecte és un fet de raó assumit temporalment, per tant integrat per allò que un hom pot anar aportant, quan ho considera prou, com la seva raó en un procés en què un hom dóna raó i retorna a una raó de sortida renovada.

L'afirmació que la construcció de rellotges passa a ser el fet més bàsic de la història de la ciència (i del pensament) potser és exagerada: no hi ha dubte, tanmateix, que fou l'activitat sense la qual hagués estat impossible el desenvolupament de la ciència.

3. El temps del rellotge no és un mer passar. Aquest es capeix com a pur esdeveniment i té una intensitat absoluta. Tractant-se del rellotge se'l pensa integrat, el mer esdeveniment, i s'hi lliura un procés natural.

Un tal temps físic palesa una raó integrada complexa.

Des del punt de mira de la intensitat del procés del rellotge cal assumir la convencionalitat d'una qualsevol per a ser usada en l'instrument. Fet i fet també deu ser irrellevant que sigui l'una o l'altra com sigui que es pensen d'acord amb un esdeveniment pur. Són processos instrumentals pensats per a pautar mentre un hom hi integra un mer passar: no es tracta d'un autoengany perquè el procés del rellotge mostra el que és, i més aviat és la raó que hi interpreta el pas d'un pur passar temporal, no perquè aquest pas superi cap idealitat, sinó perquè el moviment del rellotge permet pensar-ho així. D'aquí que sigui instrumental.

§5. L'ús del rellotge en els moviments.

L'ús del rellotge comporta que hi ha una simultaneïtat. Tanmateix l'exercici simultani no comporta necessàriament que un hom hi pensi temps físic. Dos processos curts simultanis, per exemple,

poden tenir lloc mentre se'ls atén sense més. En general la simultaneïtat és una característica dels processos i no del temps.

No es gaudeix dels rellotges només per comptar quelcom en un procés que ha anat tenint lloc al costat d'un altre, sinó també perquè un hom s'hi interessa pel temps físic.

Es tracta que allò que es vol seguir amb el rellotge participa també del fet de pensar que passa integrant l'esdeveniment pur. Un mòbil es mou, hi ha pura duració.

Precisament un tal esdevenir ideal s'integra tant en el mòbil a seguir amb el rellotge com en aquest, i el procés natural del rellotge és l'instrument per seguir-ho. Hi ha una relació de quantitats que es comprenen d'acord amb un passar pur temporal.

Es pot seguir un camí invers en el cas que es vulgui discutir si hi ha un pur esdeveniment ideal integrat en el moviment d'un qualsevol tipus, pensat o natural, en tots els supòsit volent estudiar-lo en funció del temps físic i del rellotge corresponent.

Perquè la distinció de processos no supera el fet de ser disjunts, àdhuc si són simultanis. Com és possible que el del temps físic d'un rellotge mantingui alguna implicació en l'altre? Que no es veu que és un problema de raó? Un hom pensa en el temps físic del rellotge i s'adreça al moviment així: l'atén així, hi integra el descabdellar-se en una monotonia pura, i llavors un hom ensopega allà on s'ha deixat l'afer: que un qualsevol moviment integra el mateix passar pur temporal que el temps físic del rellotge respecte del qual aquell moviment es vol estudiar.

§6. El temps físic del rellotge i de totes les coses.

El rellotge perfecte deu ser un impossible i deu cercar un procés que permetés un compte sense error.

La tècnica de rellotges palesa, malgrat això, la voluntat de construir un procés capaç de permetre una quantificació.

A més sols la comparació de processos ha estat des de sempre capaç de lliurar una aproximació de les relacions dels afers que passen: la tècnica dels rellotges pretén de superar un més o menys,

d'ajustar els canvis, de dominar en la mesura del possible la pluralitat de les interpautes i de les seves desigualtats.

Per tant els rellotges són la resultant d'un característic afany. El rellotge, per exemple, permet de preveure, enllà d'un primer més o menys, què es pot fer, com distribuir el dia, si resta molta o poca llum solar. El perfeccionament de les tècniques a partir dels gnòmons i dels rellotges solars obeeix a la convicció que el pas del temps acompanya tots els processos.

El temps físic passa; però això és així perquè hi ha un pur transcórrer temporal a integrar a un qualsevol moviment i canvi, sigui del rellotge o de la resta de processos. Els rellotges en persegueixen una quantificació. Un hom assumeix que els rellotges permeten de comptar el que s'entén en aquell temps, que creua procés natural, i el mer esdevenir, amb el fet temporal.

Tanmateix el rellotge no gaudeix de cap prerrogativa per a acaparar el pur passar i la duració, sinó que aquesta característica ideal per al temps permet que un qualsevol esdeveniment natural sigui assumit així temporalment. Aquesta manera de concebre el temps físic possibilita una visió universal de tots els esdeveniments naturals com a tenint lloc temporalment.

És a dir, un hom pot copsar i pensar un qualsevol procés natural en la idealitat d'un esdevenir pur, i temporalment.

Això facilita que un hom compari el temps físic dels rellotges i un qualsevol altre fenomen (copsable temporalment): l'esdeveniment pur del temps físic del rellotge acompanya, quan és el cas, tots els esdeveniments naturals que li són simultanis.

El temps físic de les clepsidres, el dels rellotges de Sol que fan pensar en el pas del dia, els rellotges moderns, no impedeixen d'afirmar el convenciment d'estar pautant quelcom que suposa una comprensió singularitzada de l'esdevenir pur a través del temps.

La construcció d'aparells cada vegada més sofisticats no lleva que sols hi ha temps físic perquè hi ha una facticitat temporal, i sols hi ha aquest temps del rellotge perquè s'hi troba, i es pensa, un passar pur en l'esdeveniment natural.

No hi ha individu que no hagi relacionat esdeveniments naturals amb esdeveniments naturals.

§6. Sobre l'any, el dia i l'hora en l'*Almagest*.

El temps físic d'un moviment uniforme deu haver estat present en moltes de les recerques astronòmiques dels antics, i es deu haver implicat en la construcció de gnòmons, en la dels instruments de mesurament de les posicions dels estels i dels planetes, en la mateixa confecció dels models astronòmics.

Però quan Hiparc es preguntà la durada de l'any i va deixar establert que era una mica menys que 365 dies i quart, assumia un pur passar pensat en el moviment anual del Sol. El temps físic de l'any és com el temps d'un qualsevol altre moviment, inclòs el del rellotge: assumeix, amb el temps, el mer esdeveniment. Ajustar l'any implica comptar els moviments que poden incloure's en aquest moviment anual.

Ptolemeu recollí el càlcul d'Hiparc i calculà que es podria admetre una llargada de 365;14,48 dies (i fraccions sexagesimals), la qual cosa implicava que, el cercle de l'eclíptica fent 360°, el moviment diari mitjà del Sol recorria 0;59,8,17,13,12,31°, i en una hora 0;2,27,50,43,3,1° (un poc més de dos minuts d'arc) del cercle de l'eclíptica.

El geni grec feia seu de grat aquest càlcul de mitjana i de fet, en la hipòtesi de l'excèntric, mantingué la regularitat del moviment uniforme circular anual del Sol: l'anomalia del Sol que suposava la distribució d'equinoccis i de solsticis en períodes de temps (dies i fraccions del dia) que no eren iguals es devia que la Terra no es trobava en el centre de l'excèntric. En qualsevol cas es calculà l'arc de més o de menys (que representa doncs els graus d'anomalia), a sumar o a restar al càlcul mitjà dels trajecte del Sol².

Tanmateix l'exponent més clar d'una uniformitat del temps físic, el lliura allò primari que mou els cels i que "transporta totes les coses d'est a oest: les fa rodar amb un moviment uniforme i inalterat al llarg

² Calculat l'arc mitjà de l'eclíptica que el Sol recorre cada dia cal sumar-hi una fracció de més cada dia quan el Sol es troba a un cantó del centre de l'eclíptica (on suposament es troba la Terra), i restar-hi quan es troba a l'altre cantó.

de cercles paral·lels els uns dels altres, descrits, com és obvi, al voltant dels pols d'aquesta esfera que fa rodar totes les coses uniformement. El més gran d'aquests cercles s'anomena 'l'equador' ” (*Almagest* I.8).

Les reiterades precisions i notes que són necessàries per a apropar les hipòtesis a les aparences no lleven un tal marc primer, còsmic, que involucra tots els cels com si fos la seva primera certesa originària, la primera gènesi damunt de la qual la resta es disposa i s'afegeix.

Allò que és uniforme es troba també en els càlculs astronòmics dels dies uniformes (*όμαλά νυχθήμερα*), o dies solars mitjans, diferents dels dies no uniformes (*ἀνώμαλα νυχθήμερα*), o dies solars vertaders. El dia uniforme és una quantitat que abraça el pas dels 360° d'una revolució de l'equador celeste, més el tros d'aquest equador que surt amb els aproximadament 0;59°, que és la quantitat del moviment mitjà del Sol per l'eclíptica durant aquest període. Per què? Doncs perquè el Sol es trasllada 0;59,8,17,13,12,31° *de mitjana* per l'eclíptica diàriament en un moviment que aparentment va contracorrent del gir diari de l'esfera celeste; per tant un dia solar (el Sol passa o pel mateix meridià un dia per l'altre, o per l'horitzó) ha de ser més que un gir de l'esfera celeste: els minuts necessaris perquè el Sol, que va reculant seguint el moviment per l'eclíptica, passi pel meridià o per l'horitzó gràcies al moviment diari de l'esfera que arrossega el Sol col·locat en el seu lloc en l'eclíptica.

Certament aquest dia mitjà uniforme no és el vertader: aquest, el dia solar anomalístic, és el període que comprèn el pas dels 360° d'una revolució de l'equador celeste més el tros d'aquest equador que surt amb (o creua el meridià amb) el recorregut anomalístic del Sol (del qual s'ha fet referència dalt), és a dir, amb l'arc real de l'eclíptica que recorre cap enrere cada dia el Sol, quantitat sempre canviant. El dia uniforme o dia solar mitjà distribueix per igual, a tots els dies de l'any, l'endarreriment diari del Sol – en canvi el dia vertader palesa aquest endarreriment tal i com s'ofereix a la natura, d'acord amb l'anomalia solar.

Aquest dia vertader no és sempre igual perquè tampoc no ho és l'anomalia solar (amb l'afegit que la inclinació de l'eclíptica respecte de l'equador celeste fa que l'afectació sigui diferent perquè iguals

seccions de l'eclíptica no creuen l'horitzó o el meridià en temps equatorials iguals: sols ho fan en els equinoccis). Segons per quins càlculs es pot admetre com a bo³, però l'aproximació acurada es fa d'acord amb l'uniforme o mitjà. Ptolemeu ensenya com convertir dies no uniformes en dies uniformes.

Els moviments dels cels doncs es traslladen uniformement (rotació uniforme del primer moviment del cel, rotació anual uniforme solar) sense alteració i sempre iguals a si mateixos.

Per tant el model accepta que el Sol roda cada any uniformement en el seu cercle, i s'assumeix l'any com una mesura privilegiada de temps físic.

El dia uniforme passa a ser un arranjamant quantitatiu. Sigui com sigui l'hora serà la vint-i-quatrena part d'aquest dia⁴.

Es tracta d'un model (astronòmic) en el qual l'any acota el cicle d'un temps físic, el d'un moviment uniforme; i es persegueix pautar un dia uniforme per mitjà del temps físic de l'any.

§7. El gran rellotge dels cels (seguint l'exemplarització geocèntrica).

La pregunta què és l'hora passa a ser també una qüestió a propòsit del seu temps físic. I n'hi ha un, de temps físic, en la rotació diària del Sol, en la dels cels, i en l'any.

³ En l'antiguitat el mitjà normal d'entomar el temps era el rellotge de Sol, i es calculava el dia solar vertader, de llargada variable, pel temps necessari perquè el Sol anés, des del moment que creua un meridià, fins a fer-ho el dia següent.

Això permetia de gaudir d'un dia real, que incorpora les variacions del moment solar per l'eclíptica, però forçava que els dies fossin desiguals al mitjà, i que hi convergissin sols en els equinoccis: les hores d'aquests dies equinoccials s'equiparaven a les dels dies uniformes.

⁴ Ptolemeu les anomena, aquestes hores, hores equinoccials perquè tenen la mateixa llargada que les hores estacionals o civils a l'equinocci. Caldria diferenciar entre hores del dia mitjà i hores vertaderes fins i tot en els equinoccis: la variació entre les dues, però, de l'ordre d'alguna dècima de minut, fa irrellevant la distinció en l'època antiga.

Si pels successius equinoccis, ajudat per un model geocèntric, s'aconsegueix una mesura de dies per a l'any; si s'estudia l'arc eclíptic implicat, en això o en allò, dels 360° de la circumferència; si s'imagina la rotació diària dels cels, etc., i tot el pensament es troba prenys de model geomètric, de moviment, de càlcul; si la cerca d'una quantificació de l'any, del valor del dia solar uniforme, i d'altres, fa que l'any, el dia i l'hora, poden ser esmentats com a referents perquè són capaços de participar dels esdeveniments naturals, i simultàniament reflecteixen l'activitat de càlcul i de rectificació d'un ésser pensant, són capaços de palesar el compromís entre el que s'esdevé i el que s'hi ha pensat i calculat; si, a més a més, el dia solar uniforme convergeix amb el dia vertader als equinoccis, i les seves hores a les d'aquest; si tot això és cert aquests fets se sobreposen a quelcom rellevant, que és que els cels hagin esdevingut el fonament de pauta per a tota la quantificació de moviments i cicles, és a dir, hagin esdevingut un rellotge còsmic.

En efecte l'any amb el seu temps físic, la rotació diària dels cels, la del Sol, amb dies vertaders i equinoccials (si més no el dia mantindria força frescor natural per al dia uniforme quan es mesura el dia solar en l'equinocci⁵), s'oferirien com uns bells exponents d'uns moviments cíclics, per tant repetitius, alguns uniformes (com el diari de tots els cels, que inclouria el del mateix Sol pel nostre firmament). Un hom podria ben bé no dubtar que el temps, a través d'un mer passar, s'hi manifestés en tots, i que es constituïssin com a rellotges públics universals.

Des d'aquest punt de mira el dia solar mitjà, aquell que es mesurés en l'equinocci, permetria lliurar un valor a l'hora que hi participés com la vint-i-quatrena part seva, i els minuts i els segons prosseguirien aquest trosseg en tant que un hom hauria après a repetir les divisions de les unitats, subdivisions que es podrien perllongar indefinidament.

La impuresa possible del que és estudiat, però també del que és experimental, s'assumiria quan es tractés de copsar allò que hi hagués d'esdeveniment en la natura. L'hora seria una unitat del temps físic

⁵ Cf. Les dues notes anteriors.

capaç de pautar quelcom derivat del que passa en els cels, i es copsaria també al costat del temps físic de quelcom que ocorre aquí (una cursa, el rec, etc.).

L'hora en una clepsidra no podria fer res més que reproduir en aquesta escala l'hora a partir del gran rellotge derivat dels cels, i hi hauria confusió entre l'hora de la clepsidra i l'hora dels cels. Els rellotges construïts reglen el pas de quelcom que és simultani al dels cels.

Car es pensa especialment el temps físic en els rellotges de tota mena.

II LA QUANTIFICACIÓ DE LA VELOCITAT

Els moviments són més o menys veloços, i van guanyant o perdent velocitat. Una tal velocitat pot ser atesa sense d'altres precisions, o un hom s'hi pot apropar des de la comparació amb el procés d'un rellotge. La comparació suposa que s'hi copsa el mateix mer passar en llur diversitat. Llavors hi ha una relació quantitativa, cadascuna de les quantitats essent una expressió dels respectius esdeveniments naturals. Aquella relació permet de circumscriure una mica un moviment irregular per la comparació amb el que ocorre al rellotge, mentre els dos afers es copsen en el mateix esdevenir pur, i passa a ser una manera d'aproximar-s'hi, per tant també d'objectivar-ne la velocitat.

§1. La noció de velocitat mitjana.

1. Els temps dels rellotges, celestes o terrestres, integren el pur passar en l'esdeveniment que de fet hi ha (clepsidra) o que es pensa així (l'any).

Llavors un qualsevol moviment pot contenir un marc objectiu paral·lel (hi ha el mateix temps [esdevenir pur temporal]), una raó integrada. Un qualsevol moviment pot gaudir així del seu temps físic.

En assumir que «la velocitat mitjana d'un noi corrent ha estat de quatre metres per segon» s'està pensant en la implicació mútua d'un moviment, que es compta gràcies a l'esment de l'espai que recorre, i d'un procés que fa de rellotge.

Llur simultaneïtat dona peu a admetre que la mesura del rellotge es col·loqui al costat del moviment.

I és clar que això suposa que cada metre recorregut pel noi és de moviment (un hom sols assumeix espai perquè és recorregut), que les seves unitats, incapaces de servir en un rellotge, manifesten irregularitats internes i respecte d'altres unitats.

S'apunta el desenllaç d'un moviment irregular al costat d'un estudi des de regularitats (del rellotge). Hi ha aquí un esforç per tal d'apropar allò que és irregular i allò que és regular i que s'explicita en la relació de quantitats.

2. Però no n'hi ha prou amb la simultaneïtat: no podria impedir que fossin sols diferents. Cal que esdevinguin en el mateix temps físic.

És clar que, si són diferents en tant que esdeveniments naturals, i sabem que es tracta d'un assoliment de la raó, llavors la identitat sols pot ser de temps pur.

Es prima la identitat del temps del rellotge i de la cursa: i no interessa tant una descripció de l'esdeveniment específic de la cursa (no uniforme) com la circumstància de la referència mútua entre la cursa i el transcurs regular i simultani del rellotge.

3. Tanmateix la velocitat expressa alguna cosa que és característica del moviment en qüestió, de la cursa, per exemple, i la relació entre moviment i temps no ens ha de desencaminar.

En efecte tots els moviments poden tenir temps físic: la velocitat és quelcom privatiu d'un moviment, però de fet un hom pot comparar dos o més moviments, o un mateix moviment al llarg del seu descabdellament, i pot concebre'ls (o concebre'l) com a esdeveniments que integren l'esdevenir pur. És a dir: es poden pensar (o es pot pensar) com sobresortint en un mer passar. Això lliura el saber d'un temps físic, però no pot anar més enllà, no hi ha manera d'agafar instrumentalment un esdevenir pur.

L'únic camí rau a copsar-lo, aquest mateix, en algun lloc que permeti alguna instrumentalització: com s'haurà endevinat, aquest lloc és el rellotge, que vol reeixir a reproduir un procés regular integrat en la concepció d'un esdevenir pur.

El temps físic del rellotge, que procura de mantenir el millor esdeveniment regular possible, serveix per expressar quelcom [el temps pur] d'aquell temps físic dels mòbils varis, lliurant el mateix rellotge un altre temps físic, i sempre en el supòsit d'una simultaneïtat.

La velocitat és doncs del moviment, i el temps del rellotge expressa, a través d'un nou procés, el comú esdevenir pur.

Per això aquest temps físic del rellotge és referencial.

D'aquí que, a $v_m = e/t$, v_m no pot ser res més que e/t , és a dir, és una altra manera de fer referència a e/t : perquè no hi ha cap altra manera referencial de la velocitat d'un moviment que a través d'una expressió que lliuri, per mitjà d'un procés aliè, una comuna concepció del temps de l'esdevenir pur.

§2. Una manera de tractar el moviment.

Tal i com s'estudia avui les nocions de velocitat instantània i d'acceleració, i les operacions a través del càlcul, formen un conjunt que cal tractar a partir del que s'ha dit en parlar dels rellotges o de la mateixa velocitat mitjana.

Tot plegat s'ha pensat degut a les necessitats de la investigació, i quan els afanys s'esforçaren més i més en la quantificació de tota mena d'esdeveniments.

Sens dubte els models medievals van servir de pont per a arribar-hi, i Galileu necessità tota la seva destresa per a relacionar els espais-moviments en la caiguda (malgrat de fer-ho en un pla inclinat) amb el quadrat de les pautes del rellotge del cas. I Galileu, un admirador d'Arquímedes, se serveix de la geometria per a intentar demostrar que un moviment uniformement accelerat recorre uns espais proporcionals als quadrats dels temps simultanis del rellotge, i ho aplica al moviment de caiguda dels cossos.

La seva obra inaugura un nou paradigma per a les investigacions naturals del moviment, que revelà una actitud diferent. Il·lustra la nova introducció de procediments quantitius, que dugueren, versemblantment sota l'ombra del mètode de les exhaustions, a la confecció dels llenguatges infinitesimals, de les fluxions de Newton i dels diferencials de Leibniz.

Per a la nova física es tractava, com sempre, de poder pensar els canvis i els moviments: els cossos cauen amb una velocitat cada vegada més gran. Però hi ha molts altres moviments: el dels pèndols, el de les fones, el de la tracció, àdhuc el dels astres. El càlcul infinitesimal pretén ser útil en els aspectes quantitius per a pensar en principi l'esdeveniment que hi ha en els processos naturals: però ara

no es vol pensar sense més en velocitats mitjanes, no sols perquè es voldria resseguir moviments com els de caiguda, sinó també per l'obvietat que els cossos passen del repòs aparent a un moviment aparent per cops, per traccions, etc., o s'aturen per circumstàncies semblants.

Tot i això – s'hi insistirà més avall – la noció de velocitat instantània no fa més que imitar la de velocitat mitjana per a aquells extrems que duen la quantificació implicada al límit.

La velocitat instantània sols es pensarà com a velocitat mitjana a propòsit d'un tal límit i en unes tals circumstàncies quantitatives.

Fet i fet únicament hi ha una manera precisa d'entomar el moviment de caiguda: quan s'és capaç d'enllaçar una troballa com la velocitat instantània amb la funció entre les quantitats dels espais i de les del temps.

La integral (un nou límit) sumarà trajectes recorreguts segons quantitats del que s'estima velocitats mitjanes.

Per tant, en conjunt, es pot pensar la quantitat de la velocitat instantània (un límit) des de la de la velocitat mitjana i es pot pensar el recorregut (un altre límit) en termes de suma de trajectes fets segons la quantitat de velocitat mitjana.

Hi ha doncs un afer quantitatiu – una resultant – que pensa el moviment de caiguda, o un qualsevol altre moviment.

§3. Una observació a propòsit de la quantitat discontinua.

Cal capbussar-se una mica més dins del que pressuposa l'estudi del temps dels rellotges, de les velocitats, i en especial el de la velocitat instantània.

Perquè la ingent tasca feta des de Galileu va suposar la reelaboració del que un hom pot assumir amb l'elaboració quantitativa.

La quantitat numèrica no és un apart de res en els seus orígens: es diu d'una terra, d'una talla de vestit, del conjunt de participants, etc., per tant no és una característica que no comprometi el mateix objecte d'estudi. No hi ha oposició entre els aspectes quantitatius i els altres perquè ben mirat no hi ha pròpiament aspectes quantitatius

sense la totalitat de l'ens, quan ho interpretem en els inicis. Certament que el domini numèric permet formalitzacions i reiteracions: l'aritmètica i l'àlgebra en són un bell exponent. Es tracta, tanmateix, de tenir ben present que una qualsevol representativitat del que és quantitatiu esdevé alhora la de l'ens (tres metres de tela, etc.), i que la formalització i la reiteració ho pressuposen⁶.

La velocitat instantània esdevé doncs una fecunda troballa a partir de repensar el fenomen de la velocitat des de quelcom que s'hi implica (el quantitatiu); la seva importància històrica, i al fet que fa de precedent que ensenyà la manera de tractar els afers, es palesa i tot en això: que la necessitat de pensar físicament aquests afers fou un dels motius cabdals que originà el càlcul infinitesimal.

La qual cosa suggereix que *l'àlgebra i el càlcul no són un llenguatge*, sinó que expressen allò que és ben bé seu, i entitatiu en origen, malgrat que s'autonomitzin i que es perllonguin així tan indefinidament com es vulgui.

§4. La velocitat instantània com a límit.

L'estudi de la velocitat instantània neix, per exemple, de la necessitat d'apropar-se amb encert a moviments no regulars sense haver de circumscriure's a una mera velocitat mitjana sense més. Fet i fet la velocitat instantània es concep des de la velocitat mitjana, i precisament a partir dels elements quantitatius que s'hi troben implicats. Car sembla que reduint el recorregut considerat i el temps físic del rellotge es pugui anar aproximant a una descripció més circumscrita del que s'hi troba, en un moviment.

La velocitat instantània és una resultant pel fet que se cerca de trobar una expressió per a descriure els moviments.

Tots els rellotges pressuposen un procés regular (un rellotge-instrument) o que se l'interpreta així (per exemple, l'any).

La reelaboració que suposà la noció de velocitat instantània no es ressegueix doncs sense l'element quantitatiu que hi ha en el mateix recorregut i els temps físics del rellotge.

⁶ Cf. *La unitat i el nombre. Una introducció a l'aritmètica* [2^aedició], (Quaderns de filosofia 31).

Un hom dominant el compte d'un recorregut i la manera d'entendre el rellotge, l'aritmètica i l'àlgebra es palesen com a punts d'arribada en tant que descabdellen quelcom que podria haver-se exemplificat perfectament en els seus estadis inicials amb els recorreguts d'un moviment qualsevol i amb els temps físics del rellotge.

Pel que fa al càlcul infinitesimal cal dir, pensant doncs amb l'autonomia quantitativa adquirida, que el recorregut i els temps físics poden anar escurçant-se indefinidament.

La noció de reiteració és intencional. Tanmateix una intenció de reiteració té per objecte la reiteració (un pensament) que, és clar, no conté cap referència a un final. El límit com a tal no es pot pensar com a terme d'arribada d'una reiteració. I una tal cosa val tant per als recorreguts com per als temps físics.

Això vol dir que un hom pot pensar la velocitat mitjana mentre es manté en els increments (àdhuc en els diferencials) de l'espai i de temps. Aïlladament pres, el límit no podria pas tenir el sentit d'una velocitat.

Se l'hi assumeix perquè un hom comprèn què és una reiteració i perquè ho és de quelcom que gaudeix de la significació de velocitat. El contingut d'assumir el límit es palesa en aquesta comprensió de reiterar que s'hi troba en:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta e}{\Delta t}$$

on 'v' està en lloc de 'velocitat'; es tracta precisament d'un moviment implicat en l'espai, capaç de comprometre's amb el temps del rellotge.

El límit no és fa independentment d'una elaboració quantitativa: s'hi comprèn què és una reiteració i s'hi pensa velocitat.

L'expressió de la velocitat instantània sembla autònoma quan s'oblida què és un límit⁷.

Car no es pot concebre la velocitat instantània més que com a velocitat mitjana: la indiferència quantitativa d'agafar el límit o el limitat no lleva que la utilitat s'entoma des del mateix procés de fer

⁷ Cf. *Sobre els límits d'acord amb l'obra de Cauchy* [2ªedició] (Quaderns de filosofia 18)

límits, en aquest cas amb una clara estimació de velocitat (mitjana) perquè es comprèn des del procés que hi duu.

Els automatismes de totes les operacions de càlcul no haurien d'impedir de lliurar als afers la rellevància que els pertoca, i en especial quan es vol mantenir una actitud consirosa.

Es tracta doncs de quelcom amb alguna complexitat: la presència de moviment, la quantificació de recorreguts i de temps, la reiteració, el tractament de la velocitat, el domini del càlcul, i fins i tot la utilitat dels gràfics.

La resultant de tot plegat conclou que la velocitat instantània és una resultant: manté un saber dels afers (la velocitat) a través d'una quantificació. La conveniència de l'acceptar aquesta velocitat no prové sols de l'originalitat de ser capaços d'abastar-ne una aproximació insuperable, sinó també de la resolució d'incorporar-ho dins d'un marc més complet que permet de contrastar en alguns punts allò que s'ha pensat.

§5. La proporcionalitat entre la velocitat i els temps físics del rellotge.

És possible que l'empemta que dugué a parlar d'una velocitat que, en els aspectes quantitius que s'hi impliquen, creix uniformement, quelcom que deu remuntar a l'Edat Medieval, tingui un suport en les mateixes representacions gràfiques que hi ha de la velocitat.

Sigui com sigui – i respecte de la velocitat en el moviment uniformement accelerat – és prou sabut que una representació geomètrica de la velocitat instantània esdevé paral·lela a l'expressió del límit quantitiu numèric.

Al cap i a la fi es tracta de dos límits, l'un geomètric i l'altre de caràcter numèric, dues maneres de tractar la quantitat, que mereixen un comentari semblant.

La genialitat de Galileu consistí a moure's enmig de tot això i a reeixir a saber respecte què hi ha una variació de velocitat, quina és la magnitud respecte de la qual la constant de proporcionalitat és capaç

de lliurar l'expressió de la quantitat de velocitat. Una tal magnitud és la de les quantitats del temps físic del rellotge.

La llei de creixement d'una variació quantitativa regular en la velocitat sembla impensable des de la mateixa velocitat instantània.

Versemblantment Galileu degué repensar per tots costats i segons totes les representacions i expressions possibles l'afer, sense excloure les recerques experimentals que li lliuraren una proporcionalitat d'espais amb el quadrat dels temps, fins que el conjunt quallà com un tot representable geomètricament (una línia ascendent, l'ordenada dels punts de la qual amb significació de velocitat) i quantificable segons el càlcul.

Sembla també que, quan un hom ho projecta tot en els seus papers, aventurant un moviment amb una velocitat que assumeix una quantificació que creix uniformement, idealment elaborat, independentment de quins hagin estat les seves fonts d'inspiració (algun moviment natural que s'estudia, l'assumpció d'una tradició, la mateixa voluntat de repensar els afers), no pot aconseguir una progressió quantitativa satisfactòria dels estudis amb velocitats creixents sense el manteniment de les quantitats de velocitat concebudes com a velocitats mitjanes (d'acord amb la consideració de la indiferència de prendre límit i limitat).

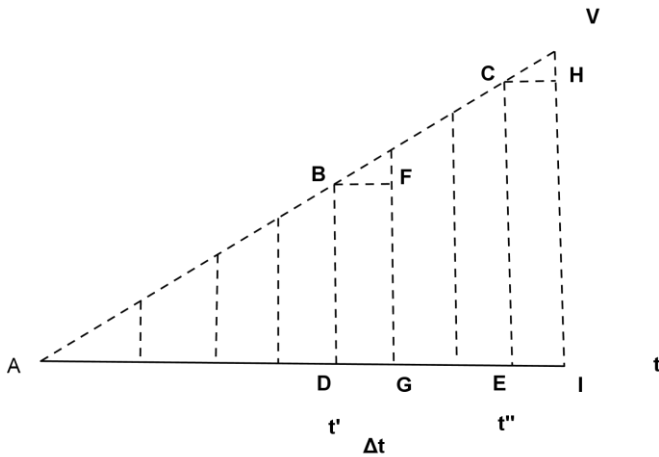
Tant les tècniques de Galileu com la integral del càlcul infinitesimal ho palesen.

Tot això s'aplicaria a la proporcionalitat: independentment dels vaivens galileans per a reeixir en tot el conjunt de la cinemàtica, sembla que hauria pogut admetre sense greus inconvenients la proporció en la llei de creixement precisament perquè les velocitats instantànies es pensen, quan convé per a la recerca, com velocitats mitjanes segons si es pren el límit o el limitat (geomètric o numèric), i en tots els casos un hom pot aplicar la proporcionalitat geomètrica o la numèrica.

Basti afegir, a tall d'exemple i perquè esdevé quelcom prou conegut, el següent: en el gràfic, $BDGF$ és una àrea; en la mesura que la base es va estretint aquesta àrea s'acosta cada vegada més a la línia BD : és el seu límit, però plasmarà una velocitat mitjana elemental per la relació de l'àrea elemental que va decreixent $BDGF$ i la quantitat

elemental que va decreixent DG . Un hom esmentarà la línia BD com a límit d'aquesta relació, però de fet es manté la indistinció entre límit i limitat (l'àrea elemental/ base elemental).

En conjunt es manté, és clar, en els cas d'una consideració numèrica: $\Delta e (= BDGF)$ i $\Delta t (= DG)$ van decreixent, i l'obtenció d'un límit es mou també respecte del fet de la indiferència de límit i limitat. Per això v com a límit és justament el límit de $\Delta e/\Delta t$ – mentre es formula la velocitat instantània per la indiferència entre límits i limitats.



En la mesura que s'assumeix un creixement de les àrees del tall de $BDGF$ per cada igual augment de la base DG , la relació $BDGF - DG$ essent la velocitat, els successius límits d'aquestes àrees tendiran a formar una àrea triangular, en el supòsit d'un moviment d'un mòbil que comença a moure's des de A .

Si més no ja en època medieval es representava una velocitat que augmentava uniformement tal com ho fa el gràfic.

Si a més a més Galileu encertà a formular que aquesta velocitat creix proporcionalment a com creix la quantitat del temps del rellotge, el gràfic serveix per a una segona consideració: la de plasmar, des de

Galileu, la proporcionalitat de velocitats i de quantitats dels temps físics del rellotge. Així:

$$\frac{BD}{AD} = \frac{CE}{AE} = \text{etc.} = \frac{[\text{velocitat}]}{[\text{temps físic}]}$$
$$(\alpha =) \frac{v'}{t'} = \frac{v''}{t''} = \text{etc.} = \frac{[\text{velocitat}]}{[\text{temps físic}]}$$

En el dos casos BD i v' , CE i v'' , es poden interpretar com a límits i com a limitats.

§6. Una interpretació de la proporcionalitat de les quantitats en la velocitat.

La proporcionalitat de quantitats en la velocitat instantània, que és allò que caracteritza el moviment uniformement accelerat o retardat, i que permet la llei de caiguda, convida així mateix a unes altres consideracions rellevants.

Es tracta de provar una avaluació del que suposa una llei sobretot quan hi ha constants de proporcionalitat.

L'accent en la llei a costa de l'esdeveniment pressuposa que un hom esvaeix l'elucidació del que es comprèn per quelcom quantificat; és a dir, el camí que duu a admetre les formalitzacions quantitatives des dels afers naturals.

En efecte el saber que hi ha en un fórmula o en l'admissió d'una proporció geomètrica enlluerna suficientment per a estimar-ho allò que l'esdeveniment natural segueix més que no pas quelcom que deriva del que ocorre naturalment.

Caldria entomar una llei pel que expressa tal qual i no pressuposar d'altres supòsits: car la seva utilitat rau en la raó que pot explicitar, altrament fóra impossible de sortir-ne, d'una llei.

Des d'aquí se segueix que, més enllà d'assumir-la tal qual, troba en el cas particular quelcom que li dóna raó.

Però col·locats aquí hem d'estudiar el que lliura una proporcionalitat: car podria admetre's que una raó geomètrica en una proporció és com una fotografia d'un esdeveniment únic, de manera

que una segona raó geomètrica en seria una altra. El corredor que marxa al mateix ritme fa quatre metres en un segon i fa vuit metres en dos segons: l'esdeveniment únic de la cursa va permetent perspectives (quatre metres en un segon, l'una; vuit en dos segons, l'altra). Això valdria, amb les puntualitzacions que calgués, per als altres moviments. En cada cas són punts de mira diferents del mateix fet.

Gairebé es podria dir que són com retrats d'un únic esdeveniment respecte a d'altres retrats d'altres mides (més gran o més petits) del mateix esdeveniment, i que la proporció els compara.

D'alguna manera doncs els diferents retrats reflecteixen un únic esdeveniment, i de fet són del mateix esdeveniment. La diferència es troba sols en la mesura que agafa l'home. La proporció no és pròpiament de l'esdeveniment, sinó que es troba entre les mesures de l'home d'allò que és el procés únic.

Això fa que l'home agafi consciència del que ocorre. Galileu va ser el primer que defensà que els cossos cauen amb un moviment uniformement accelerat. La llei és així una manera de saber el que ocorre efectivament.

Es prima el quantitatiu en l'accepció que serveix per a resseguir els esdeveniments naturals.

Noti's que no es discuteix amb tot això que un hom hagi avançat o no una llei, sinó – al marge de la capacitat heurística que hi pugui haver – la manera que cal comprendre la llei respecte de l'esdeveniment, que sembla en qualsevol cas que hauria de ser el garant de la llei quan fos possible (si més no fóra un ideal). Perquè cal assumir l'autonomia quantitativa en totes direccions, però també cal interpretar bé una llei àdhuc quan no hi ha cap possibilitat d'abandonar un terreny teòric, ja sigui pel seu tarannà o per la impossibilitat d'arribar a alguna contrastabilitat satisfactòria.

I encara més: no es tracta que no es pensi quantitativament i que no es reformuli els supòsits amb noves idealitzacions a partir de les quals poder desplegar un cos articulat formal i les seves conseqüències, quan la discussió rau a saber d'on ha sortit històricament un conjunt de problemes, i sobre quins objectes recauen les recerques.

§7. El trajecte com a integral.

Hem apuntat unes poques notes per a la interpretació de la velocitat, que s'han intercalat amb alguna referència a l'obra de Galileu. De moment les consideracions fetes basten per al present propòsit. Tanmateix, abans d'afegir una mirada global a la cinemàtica, transcriurem a tall d'exercici un exemple d'ordre formal de càlcul en cinemàtica.

Per exemple, com es reelabora el trajecte d'un mòbil que s'estableix amb una variació uniforme de les quantitats de la velocitat?

Doncs s'agafa de la concepció de la velocitat instantània com a límit (v) i com a limitat ($\Delta e/\Delta t$) aquella que permet d'anar recuperant els trajectes, que en aquest cas és la que considera el limitat. (Recordi's que en qualsevol cas es comprèn la velocitat instantània a tall de velocitat mitjana).

Formuli's així les diferents quantitats de les respectives velocitats, és a dir :

$$v_0 = \alpha t_0$$

$$v_1 = \alpha t_1$$

$$v_2 = \alpha t_2$$

....

$$v_n = \alpha t_n$$

on $P = \{t_0, t_1, \dots, t_n\}$, divisions arbitràries en el transcurs $[a, b]$ del temps del rellotge, i :

$$\Delta t_1 = t_1 - t_0$$

$$\Delta t_2 = t_2 - t_1$$

....

$$\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$$

Llavors la suma:

$$S_M = \alpha t_1 \Delta t_1 + \alpha t_2 \Delta t_2 + \dots + \alpha t_n \Delta t_n$$

$$\left[\text{cf. } \frac{\Delta e_1}{\Delta t_1} \Delta t_1 + \frac{cg \Delta e_2}{\Delta t_2} \Delta t_2 + \dots \right]$$

fóra la d'un trajecte el recorregut del qual s'ha fet amb una velocitat inicial mitjana de v_1 , més la d'un segon trajecte amb velocitat mitjana de v_2 , etc.

Per un altre cantó:

$$S_m = \alpha_0 \Delta t_1 + \alpha_1 \Delta t_2 + \dots + \alpha_{n-1} \Delta t_n$$

fóra la suma d'un trajecte d'un mòbil amb velocitat inicial mitjana v_0 , més la d'un segon trajecte amb velocitat mitjana v_1 , etc.

Segueixi's el mètode integratiu de Darboux. Per a cada índex i :

$$\alpha_{i-1} \leq \frac{1}{2}(\alpha_i + \alpha_{i-1}) \leq \alpha_i.$$

La multiplicació per $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ permet el següent:

$$\alpha_{i-1} \Delta t_i \leq \frac{1}{2}(\alpha_i + \alpha_{i-1})(t_i - t_{i-1}) \leq \alpha_i \Delta t_i.$$

És a dir: $\alpha_{i-1} \Delta t_i \leq \frac{1}{2} \alpha(t_i^2 - t_{i-1}^2) \leq \alpha_i \Delta t_i.$

Sumant ara des de $i = 1$ a $i = n$, trobem:

$$S_m \leq \frac{1}{2} \alpha(t_1^2 - t_0^2) + \frac{1}{2} \alpha(t_2^2 - t_1^2) + \dots + \frac{1}{2} \alpha(t_n^2 - t_{n-1}^2) \leq S_M$$

és a dir:

$$S_m \leq \frac{1}{2} \alpha(t_n^2 - t_0^2) \leq S_M.$$

Havent agafat $P = \{t_0, t_1, \dots, t_n\}$ arbitràriament, un hom conclou que:

$$\int_a^b v dt \text{ o } \int_a^b \alpha dt = \frac{1}{2} \alpha(b^2 - a^2),$$

on ha pensat les dues sumes en termes de velocitat mitjana.

És a dir, és pensable, des de la reiteració de les subdivisions de les pautes del rellotge, un trajecte més i més ajustat des de seccions aconseguides a partir de les quantitats de les velocitats mitjanes.

Just el salt arriba al nou límit.

S'entén doncs des de la reiteració i un hom pot pensar el nou límit estrictament o com a suma de seccions de les quantitats en les velocitats mitjanes.

Per què s'assumeix? Perquè es comprèn. I perquè permet un estudi analític de quelcom conegut per l'experiència natural. Galileu ja sabia experimentalment que els espais són proporcionals als quadrats dels temps del rellotge en el moviment de caiguda dels cossos, i des d'aquí va buscar com definir el moviment la velocitat del qual varia uniformement.

Noti's per tant que hi ha una profusa tasca sempre reelaborant-se des del vessant quantitatiu. Un hom pensa així el moviment, i les autonomitzacions dels aspectes quantitius s'haurien d'avaluar des d'aquí.

§8. De bell nou una acceleració constant.

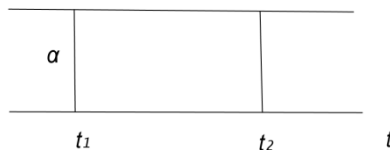
Recordi's que, en un moviment uniformement accelerat o retardat, el fet que les quantitats de la velocitat siguin proporcionals a les dels temps físics duia a escriure:

$$\frac{v_0}{t_0} = \frac{v_1}{t_1} = etc. = \alpha$$

on α és una constant de proporcionalitat: v_i augmentarà tantes vegades v_0 quantes vegades t_i conté t_0 ; la quantitat de la velocitat varia proporcionalment a la del temps físic.

Certament ja s'ha comentat una interpretació en tractar el moviment amb les quantitats de les velocitats proporcionals a les del temps físic.

D'altra banda es fa gairebé obvi que la quantitat guanyada que es troba en una velocitat és la suma de totes les quantitats guanyades en el temps. Això és:



$$\int_{t_1}^{t_2} \alpha dt$$

que caldria dur a terme d'acord amb la seva especificitat.

§9. Unes notes afegides per a la velocitat i l'acceleració.

1. En conjunt les quantitats de la velocitat i de l'acceleració passen a ser les derivades de les quantitats de l'espai i de la velocitat, respectivament, respecte de les quantitats del temps físic. Són límits, es pensen per l'horitzó que pressuposen. Si les quantitats de l'acceleració segueixen alguna funció llavors s'obté la quantitat de la velocitat per integració. Si ho fa la quantitat de la velocitat es troba la quantitat de l'espai compromès.

El tarannà és el mateix: el càlcul es prova per a algun afer. Acceleracions i velocitats no fan altrament que suggerir magnituds instantànies que procuren de subsumir-se en una reelaboració quantitativa que té d'altres límits, amb la certesa que hi ha una justificació quantitativa de l'afer (pensable d'una manera o d'una altra), i que al cap i a la fi hauria de veure's contrastada per quelcom, no tant per a avaluar el càlcul independentment d'on s'aplica (un hom s'habitua de pressa a la seva precisió, el nivell de demostració lleva tal qual les incerteses de l'absència d'una interpretació física, etc.) com per a reblar una tal reelaboració quantitativa en l'àmbit físic on es treballa.

2. En no augmentar uniformement la quantitat de la velocitat es pot conèixer la llei del creixement o no. En qualsevol cas es pot pensar que se la pot conèixer o es pot aventurar simplement que n'hi deu haver una encara que no se la pugui conèixer. Certament la hipòtesi que no hi ha cap regularitat en un esdeveniment fa impossible d'anar més enllà d'un estudi de velocitats i d'acceleracions mitjanes. Però l'esperança de trobar-hi alguna llei fa que s'assumeixi el caràcter instantani de les quantitats en velocitats i en acceleracions com a quelcom obvi, que en el cas més favorable permetrà de construir un tot de derivades i d'integrals que subsumeixen, si és el cas, allò que té sentit d'esdeveniment natural.

Per tant es manté la concepció de la velocitat i de l'acceleració amb les quantificacions que convinguin, i es fa també d'una manera instrumental perquè esdevenen principis heurístics.

Car el moment de l'estudi no cal que coincideixi amb el de l'esdeveniment natural, no perquè el pensament sigui d'un altre món, sinó precisament perquè el *sine qua non* del pensament rau a no ocupar-se sols del que es percep.

Qualsevol contrastació palesa l'encaix amb l'elaboració, la confirma o la refusa en una dialèctica que roman sempre inacabada.

3. Si més no la interacció entre cossos lliura sovint canvis sobtats de velocitat (per exemple, en els xocs) i llavors es pot pensar d'acord amb el que se sap a nivell cinemàtic. Es pensa, per exemple, un augment o disminució instantani de les quantitats de les velocitats, augment o disminució que és una acceleració instantània. No havent-hi llei cinemàtica de cap mena que superi les circumstàncies del cas s'entén la conveniència i la utilitat de consideracions d'ordre superior que arreguin les variacions instantànies de velocitat dintre de lleis que recullen altres elements. La mateixa noció de quantitat de moviment, per exemple, s'arreglera en tot això en tant que permet de lliurar quantitats de moviments de dos cossos abans de llur xoc amb canvis en les quantitats de moviment dels cossos després del xoc. L'afer introduiria a la tercera llei del moviment, el principi d'acció i de reacció, més enllà doncs de la cinemàtica.

III

QUÈ FA LA CINEMÀTICA CLÀSSICA. UNS EBOSSOS PROVISIONALS

Per tal de saber què fa la cinemàtica caldria haver-la circumscrit des de les exposicions d'avui dia i des d'un estudi sistemàtic dels moviments varis de què s'ocupa. Tanmateix val la pena d'apuntar algunes consideracions que potser caldrà mantenir més tard.

§1. El caràcter auxiliar dels gràfics.

Parlant en conjunt els gràfics faciliten el pensament en comeses diferents. Amb els dibuixos es fan plànols d'un terreny o d'una casa feta o a fer, els gràfics permeten de plasmar les dades d'un problema, reproduïxen a escala un ventall de magnituds, ajuden a la construcció de tota mena de models.

És possible que la capacitat auxiliar dels gràfics es degui primàriament a les tendències espontànies que fan que un hom imagini una església, una plaça, casa seva, mentre que fa ommissió d'una qualsevol consideració d'una escala. Car la preferència d'unes mides formaria part del repertori d'ocupacions d'aquest caire, i versemblantment fóra la manera escaient i quotidiana de dur a col·lació elements representatius en els processos de coneixement.

La formació d'esquemes representatius fóra anterior doncs a qualsevol estudi de l'escala a seguir.

D'altra banda la reducció de la mida possibilitaria el moment representatiu inclòs en una qualsevol classe de consideració: l'ésser humà pensa en general ajudat per representacions, i sovint no podria fer-ho d'una altra manera (com es pensaria la distribució de l'espai d'un pis, d'una ciutat, del sistema solar, etc.?). Hi ha el suport dels gràfics (i de les maquetes) a l'activitat intel·lectual.

Tanmateix un hom no enllesteix l'ocupació pel que hi ha de representat en tant que tal, sinó pel fet que el pensa, el representat. L'esquema del pis té sentit perquè un hom l'entén, sap què és un pis o

el seu pis, n'ha recorregut, hi ha viscut. Les discussions i les avaluacions no són dels escrits gràfics, sinó d'allò que representen, els afers mateixos tal i com és possible de fer-ho.

Per això els gràfics, els esquemes, els projectes, s'han de considerar elements auxiliars del pensament. No impedeixen de cap manera la discussió genuïna del que sigui perquè no substitueixen allò de què són auxiliars: fan de crossa del pensament pel fet que necessita representació i que sovint no sap fer-ho, això de pensar, sense l'ajut de la representació. Els gràfics passen com a elements representatius, allò que basta per a anar pensant.

§2. Simplificació i idealització en la cinemàtica.

En cinemàtica es pensa idealment i, es podria dir també, simplificadament.

1. D'una banda hi ha una consideració a partir del que permet el domini quantitatiu i el càlcul des d'això o allò (recorreguts, quantitats de temps físic, de les velocitats, etc.)

I es pot fer també gaudint d'una representació, i especialment a través de la geometria.

Llavors allò geomètric és un útil del que es pensa i es calcula. La geometrització comporta una plasmació i alhora la comprensió simplificadora de tot el grafisme. Les definicions bàsiques euclidianes palesen que es desconsideren tots aquells afers que més aviat complicarien l'estudi. En geometria s'idealitza sols per simplificació.

El pensament cinemàtic pot estar doncs idealitzat representativament i rebre el suport del gràfic, i el càlcul es descabdella en paral·lel amb unes tals circumstàncies.

2. Els moviments elementals estudiats són ideals també en una accepció diferent de la geometria: ho són perquè pressuposen uniformitat sense irregularitats i pel fet obvi que no s'observen en la natura.

A més a més cal considerar en especial els temps físics dels rellotges, que pressuposen diferents nivells de complicació, i com a mínim inclouen el pensament d'un procés regular.

3. Es pot fer desatendre un qualsevol factor que pot introduir algun correctiu que complicaria la narració, i obligaria a digressions: si es tracta d'estudiar un moviment no cal considerar les friccions (n'hi ha un estudi a part coherent amb això), àdhuc els cossos no elementals (es fa una cinemàtica de la partícula). Es tracta arreu d'una simplificació.

Això, i d'altres, es deu al fet de les limitacions de l'ocupació humana, altrament fóra impossible cap disciplina o saber, o com a mínim faria difícil que s'anés descabdellat més i més.

Car l'ésser humà es llença a l'estudi amb l'esperança de poder explicar en un altre moment les llacunes que inevitablement apareixen i ha d'apuntar un seguit de consideracions en una direcció deixant de banda obstacles que no es deuen al mateix objecte d'estudi.

4. S'hi recull les simplificacions i idealitzacions, i la mateixa experiència de moviment.

Es pensa, per exemple, el moviment de caiguda, el d'una bala de canó disparada. Ocorre que ha de diferir-ne la comprensió immediata a favor d'una simplificació, que rep un càlcul, que manté una significació natural, que es pensa com a quelcom abastable, etc., per la incapacitat de fer-ho altrament. Però la mirada final retorna al pensament d'allò que es vol comprendre.

Certament el procés simplificador i idealitzador de la cinemàtica, i l'elaboració que procura, poden ser objecte de noves subsumpcions en una comprensió més global dels afers, de manera que hi podria haver una presentació de la disciplina, no ja axiomatitzada, sinó formant part d'un cos doctrinal des de les partícules i els seus sistemes, o des d'altres supòsits que no són ja els clàssics.

§3. El càlcul en la cinemàtica.

Ocorre que en un moviment uniforme es podria pensar en una quantitat durant el seu transcurs, o en les corresponents d'un moviment amb velocitat mitjana – i al costat seu una quantitat del temps físic. En general: es pot comprometre un compte amb el compte del temps físic.

Amb els altres moviments s'inaugura un nou reguitzell de consideracions. El càlcul infinitesimal dels límits passa a ser un mitjà insubstituïble.

Galileu no va descobrir la proporcionalitat de les quantitats de la velocitat en un moviment uniformement accelerat respecte de les del temps físic sense rumiar moltes coses (quantitats mesurades en plans inclinats, domini de les proporcions, estratègies geomètriques i analítiques).

Hi ha un ús reiteratiu dels afers en una nova direcció: es domina el càlcul perquè es respecta el procediment, es va complicant en la mesura que és possible d'abastar una combinació de símbols i de fórmules respecte de la qual els altres símbols i fórmules esdevenen casos particulars, i s'estenen les troballes d'un qualsevol nivell a nous problemes i a noves maneres d'entomar una qüestió plantejada.

En especial el límit hi té un paper rellevant, s'hi proposa un salt, que es comprèn, tot plegat una reelaboració si més no d'interès per a l'estudi natural.

I l'autonomia de les diferents disciplines formals, i en especial del càlcul, permet la discussió dels seus orígens.

Compti's les vegades que un rellotge d'arena s'ha acabat. Es tracta d'una experiència, que com a mínim suposa el traspàs finalitzat d'arena que serveixi com a inici del compte. Cada unitat és aquí una manera simplificada d'esmentar un procés. Hi ha un tot que no permet tal qual de descompartir un univers formal i un de natural. No hi ha res quantitatiu (en els casos elementals) separat de l'entitat dels afers. La quantitat (elemental) forma part de l'activitat ocupacional i es refereix a les coses i als esdeveniments.

L'autonomia del càlcul no prové pas doncs de la manera de dar-se la quantitat en tot allò que és elemental, sinó de la circumstància del

tractament singular pel qual hi ha una reiteració, una autonomització, i una formalització.

L'autonomia formal, exigent i disciplinada, per tots cantons i en els seus orígens ha de considerar-se una aproximació consirosa de quelcom. Al nivell que és autònoma no atén als seus orígens: la pista formal no impedeix l'ús correcte de símbols i de fórmules.

Si un hom ara hagués de contestar de què parla el càlcul, la resposta hauria d'estar d'acord amb tot això: només es pot respondre que es tracta d'una resultant de les coses i dels esdeveniments, l'exercici de la qual esdevé autònoma perquè no se la pot pensar altrament.

En una certa accepció la cinemàtica pot moure's dins d'aquests paràmetres mentre es pensa els afers naturals.

El cos de la cinemàtica és doncs un tot complex basat en una quantificació, que manté un sentit natural, i que necessita del càlcul.

§4. L'estudi de la cinemàtica.

La cinemàtica, que es descabdella en diferents tipus de moviment d'acord amb les simplificacions del cas, calculant això o allò, va palesant arreu una específica manera de treballar.

D'una banda suposa l'observació de prou moviments i àdhuc el fet d'haver provat de fer-ne experiències amb algun tipus de control.

Llur aproximació podria fer-se en termes descriptius, i una primera quantificació entraria en una tal esforç

Fet i fet la regularitat dels moviments celestes ja podrien haver suggerit la concepció d'un moviment uniforme. Sigui com sigui, un moviment uniforme, se'l pensaria amb idealitat i simplicitat a partir del que suggereix la mateixa natura.

Independentment de com es portà a col·lació un moviment uniformement accelerat, se'l rumia en aquests termes d'idealitat i de simplicitat, i suposà en Galileu mesures experimentals prèvies del moviment de caiguda.

Les consideracions d'aquests, i d'altres, moviments, acompanyades per les degudes al rellotge, mentre conserven un tractament quantitatiu, es descabdellen amb idealitat i simplicitat

geomètrica o analítica. Es pensa així allò que és més complicat. Es tracta, en un tal pla, quelcom que pot ser suggerit per afers naturals.

És la nostra manera d'apropar-nos al fenòmens a partir d'idealitats, de simplicitats i de formalitats (necessitem molt aviat els diferents càlculs).

Tanmateix no hi hauria hagut cap altra manera de referir-nos-hi, a l'experiència efectiva dels moviments, quan l'esforç raïa a mirar si n'hi havia una comprensió precisa, quelcom que demana la conservació d'unes relacions numèriques (recordi's l'exemple de les fotografies).

Des d'aquest punt de vista la cinemàtica és la nostra manera de poder comprendre els moviments naturals efectius. No se l'ha abastat com a quelcom instrumental, sinó com el camí de comprensió dels fenòmens naturals, en una gènesi on ha intervingut tant el coneixement natural com un pensament actiu. Els orígens de tot es troben en els afers efectius: no els podem comprendre, però, sense un treball de pensament, amb l'adquisició prèvia d'un domini del càlcul.

Es tracta de la nostra manera de pensar els moviments naturals, no pas perquè bastim una xarxa útil pe agafar-los, sinó perquè va essent l'única manera possible de pensar-los, de comprendre'ls, i de fer-ho també de les relacions d'uns moviments i d'altres.

La cinemàtica neix des del fenòmens naturals, pensa en una simplificació i idealització d'aquests fenòmens, arriba a l'autonomia formal, i encara aquí el supòsit remet a aquells fenòmens en origen, i recau finalment als fenòmens naturals.