



Ιστορία της Φιλοσοφίας της Επιστήμης

**Η Επιστημονική Επανάσταση
του 17^{ου} αιώνα & το
Πρόβλημα της Μεθόδου II:**

**Isaac Newton: Η κριτική στον
Descartes και η 'παραγωγή
από τα φαινόμενα'**

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

^{Autore} ¹⁶⁸⁶ J. S. NEWTON ^{Equit. Cantab.} Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos
Professore Lucasiano, & Societatis Regiæ Sodali.
et Societatis Regiæ Societatis præside

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud
plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

Όσοι έχουν ασχοληθεί με τη φυσική φιλοσοφία συνοψίζονται, κατά κύριο λόγο, σε τρεις κατηγορίες. Ορισμένοι από αυτούς αποδίδουν στα διάφορα γένη πραγμάτων ιδιαίτερες και απόκρυφες ιδιότητες, σύμφωνα με τις οποίες υποτίθεται ότι τα φαινόμενα των συγκεκριμένων σωμάτων λαμβάνουν χώρα με κάποιον άγνωστο τρόπο. Σ' αυτή την αρχή στηρίζεται ολόκληρη η διδασκαλία των Σχολαστικών, οι οποίοι έλκουν την καταγωγή τους από τον Αριστοτέλη και από τους Περιπατητικούς. Αυτοί ισχυρίζονται ότι οι ποικίλες εκδηλώσεις των σωμάτων προκύπτουν από τις ιδιαίτερες φύσεις¹ τους. Δεν μας λένε, όμως, από πού τα σώματα αυτά αποκτούν τούτες τις φύσεις· και επομένως δεν μας λένε τίποτα. Και καθώς είναι απασχολημένοι αποκλειστικά με το να δίνουν ονόματα στα πράγματα και όχι να ερευνούν τα πράγματα καθεαυτά, έχουν επινοήσει, θα μπορούσαμε να πούμε, έναν φιλοσοφικό τρόπο ομιλίας αλλά δεν μας οδηγούν στην αληθή φιλοσοφία.

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή μεθοδολογία

-κριτική στους Καρτεσιανούς [Roger Cotes, Preface to the second edition of the Principia 1713]:

«Συνιστά μια βελτίωση σε σχέση με την **Αριστοτελική** σύλληψη, αλλά και πάλι δεν ικανοποιεί τις επιστημονικές αξιώσεις που απαιτούνται (από τον Νεύτωνα). Γιατί; Γιατί βασίζεται σε **θεωρητικές και αθεμελίωτες υποθέσεις** για τις ιδιότητες των **μη παρατηρήσιμων σωματιδίων**. Και ακόμη και αν προχωρά με **αυστηρές αποδείξεις στη βάση μηχανικών νόμων**, η ίδια η **χρήση των υποθέσεων ως προκειμένων** κάνει τις θεωρίες να είναι περισσότερο σαν ένα παραμύθι παρά μια **αληθινή ιστορία**».

-> οι Καρτεσιανοί, αν και επιζητούν **αποδείξεις** των φαινομένων βασισμένες σε **μηχανικούς νόμους**, χρησιμοποιούν ως προκειμένες (εκτός από τους νόμους) **μη βέβαιες υποθέσεις**

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή μεθοδολογία

Cotes, Preface:

«Εκείνοι οι οποίοι λαμβάνουν τη θεμελίωση των θεωρήσεών τους από υποθέσεις, ακόμη και αν μετά προχωρούν πιο αυστηρά σύμφωνα με μηχανικούς νόμους, αυτό που κυρίως κάνουν είναι ότι βάζουν μαζί ένα **ρομάντζο** [δηλαδή ένα παραμύθι], γλαφυρό και γοητευτικό ίσως, αλλά οπωσδήποτε ρομάντζο».

-ποια είναι όμως η εναλλακτική;

Γι' αυτό τον λόγο κάποιοι άλλοι σκέφτηκαν ότι θα μπορούσαν να πετύχουν καλύτερα αποτελέσματα με το να αφήσουν κατά μέρος αυτό το άχρηστο συνονθύλευμα λέξεων. Θεωρούν ότι η ύλη είναι ομοιογενής και ότι η ποικιλία των μορφών που απαντάται στα σώματα προκύπτει από ορισμένες πολύ στοιχειώδεις και απλές σχέσεις μεταξύ των σωματιδίων από τα οποία αυτά αποτελούνται. Και, προχωρώντας από τα απλά πράγματα στα συνθετότερα, σίγουρα προχωρούν σωστά, αρκεί να μην εννοούν με αυτές τις πρωταρχικές σχέσεις τίποτα πέρα από τις σχέσεις που η ίδια η Φύση έχει δημιουργήσει. Μα όταν παίρ-

νον την πρωτοβουλία να επινοήσουν, κατά το κέφι τους, άγνωστες οντότητες και μεγέθη και αβέβαιες καταστάσεις και κινήσεις των μερών υποθέτοντας, επιπλέον, ότι υπάρχουν απόκρυφα ρευστά που διαπερνούν ελεύθερα τους πόρους των σωμάτων και είναι εφοδιασμένα με απόλυτη λεπτότητα και αναδύονται πραγματοποιώντας απόκρυφες κινήσεις, τότε ξεστρατίζουν σε όνειρα και χίμαιρες και απαρνούνται την αληθή σύνθεση των πραγμάτων, η οποία, βεβαίως, δεν πρέπει να συνάγεται από εσφαλμένες συσχετίσεις, τη στιγμή που μόλις και μετά βίας μπορούμε να την προσεγγίσουμε με τις πλέον ακριβείς παρατηρήσεις. Εκείνοι που θέτουν υποθέσεις ως πρώτες αρχές του στοχασμού τους, μολονότι στη συνέχεια συνάγουν συμπεράσματα με τη μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτές τις αρχές, δημιουργούν ένα αφήγημα, που αν και είναι ευφυές, ωστόσο παραμένει φανταστικό.

Huygens, Treatise on Light 1690 (Preface)

“One finds in this subject a kind of demonstration which does not carry with it so high a degree of certainty as that employed in geometry ; and which differs distinctly from the method employed by geometers in that they prove their propositions by well-established and incontrovertible principles, while here principles are tested by the inferences which are derivable from them. The nature of the subject permits of no other treatment. **It is possible, however, in this way to establish a probability which is little short of certainty. This is the case when the consequences of the assumed principles are in perfect accord with the observed phenomena, and especially when these verifications are numerous; but above all when one employs the hypothesis to predict new phenomena and finds his expectations realized**”.

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή μεθοδολογία

Cotes, Preface:

«Απομένει τότε ο τρίτος τύπος, δηλαδή εκείνοι των οποίων η φυσική φιλοσοφία βασίζεται στο πείραμα. Μολονότι και αυτοί θεωρούν ότι οι **αιτίες** όλων των πραγμάτων συνάγονται από τις απλούστερες δυνατές αρχές, οι ίδιοι δεν δέχονται τίποτα ως αρχή το οποίο να μην έχει προηγουμένως αποδειχθεί πλήρως από φαινόμενα. **Δε μηχανεύονται υποθέσεις.**

Επομένως αυτοί προχωρούν με μία διπλή μέθοδο, αναλυτική και συνθετική. Από ορισμένα επιλεγμένα φαινόμενα παράγουν μέσω της ανάλυσης τις δυνάμεις της φύσης και τους απλούστερους νόμους αυτών των δυνάμεων. Και από εκεί στη συνέχεια δίνουν τη συγκρότηση των υπολοίπων φαινομένων μέσω σύνθεσης».

Μένει, λοιπόν, η τρίτη κατηγορία, όσων κατέχουν την πειραματική φιλοσοφία. Αυτοί συνάγουν τα αίτια όλων των πραγμάτων από όσο το δυνατόν απλούστερες αρχές· δεν λαμβάνουν, όμως, ως αρχή τίποτα που να μην αποδεικνύεται από τα φαινόμενα. Δεν διατυπώνουν υποθέσεις ούτε τις εισάγουν στη φιλοσοφία παρά μόνο ως ερωτήματα, η αλήθεια των οποίων μπορεί να αμφισβητηθεί. Προχωρούν, επομένως, με μια διττή μέθοδο, συνθετική και αναλυτική. Από ορισμένα επιλεγμένα φαινόμενα οδηγούνται διά της αναλύσεως στις δυνάμεις της Φύσεως και στους απλούστερους νόμους των δυνάμεων αυτών· και από εκεί, διά της συνθέσεως, καταδεικνύουν τη διάρθρωση και όλων των υπολοίπων [φαινομένων]. Αυτός είναι ο ασυγκρίτως καλύτερος τρόπος του φιλοσοφείν, τον οποίο ο διάσημος συγγραφέας μας δικαιοτάτα ασπάστηκε, προκρίνοντάς τον από τους υπολοίπους, και θεωρώντας ότι αυτόν και μόνο αξίζει να καλλιεργήσει και να κοσμήσει με τα έξοχα έργα του. Ένα λαμπρό παράδειγμα αυτού του τρόπου μάς το έδωσε με την ερμηνεία του Συστήματος του Παντός, την οποία συνήγαγε με εξαιρετική επιτυχία από τη θεωρία της Βαρύτητας. Το ότι η ιδιότητα της Βαρύτητας υπάρχει σε όλα τα σώματα και άλλοι το είχαν υποπτευθεί ή φανταστεί πριν από εκείνον, όμως αυτός ήταν ο μόνος και ο πρώτος φιλόσοφος που μπόρεσε να το αποδείξει από τα φαινόμενα και να το καταστήσει σταθερό θεμέλιο των πλέον ευγενών στοχασμών.

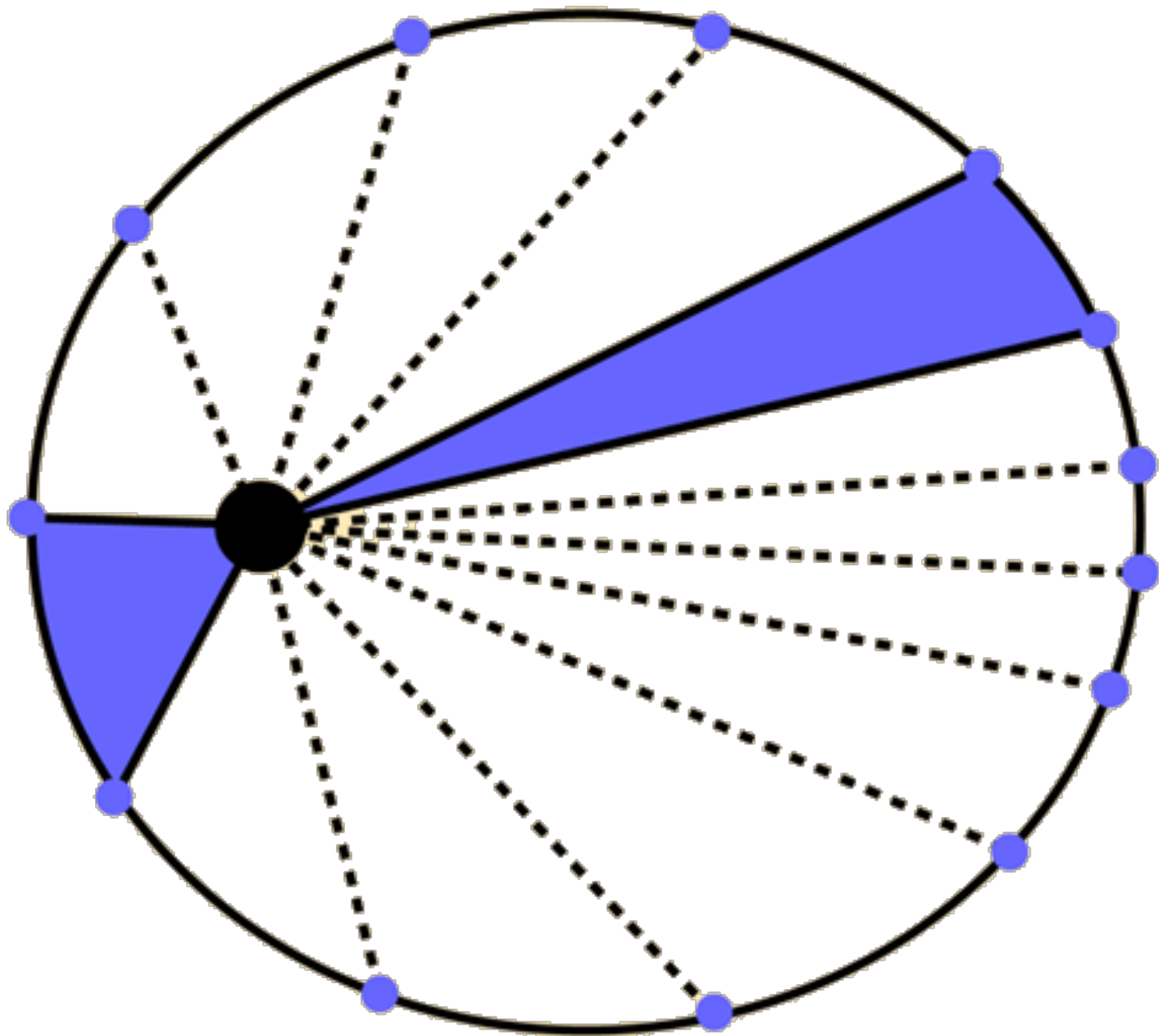
1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή μεθοδολογία

-> ο χώρος μεταξύ θεμελιωδών νόμων και φαινομένων δεν γεμίζει με υποθέσεις (όπως στον Descartes), αλλά με περαιτέρω νόμους, που έχουν παραχθεί από τα φαινόμενα

-> η πειραματική φιλοσοφία του Ν αντιστρέφει τη σειρά της απόδειξης:

Descartes: Νόμοι & Υποθέσεις → φαινόμενα

Newton: Νόμοι & φαινόμενα → περαιτέρω νόμοι



Νόμος των εμβαδων του Κεπλερ (φαινόμενο)
& Νόμοι της κίνησης ανν κεντρομόλος
(centripetal) δύναμη

Ο Ν αποδεικνύει: Centripetal force iff area law

Book 1, Proposition 1: if cp force, then area law

Book 1, Proposition 2: if area law, then cp force

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή μεθοδολογία

-> ο Νεύτωνας στοχεύει σε **μεγαλύτερο βαθμό βεβαιότητας** σε σχέση με τους καρτεσιανούς

Cotes, Preface:

«Η ίδια κριτική ή κάτι παρόμοιο ισχύει και για εκείνους τους φιλοσόφους που έχουν υποστηρίξει ότι οι ουρανοί είναι γεμάτοι με μια ορισμένη **πιο λεπτή ύλη, η οποία κινείται αδιάκοπα σε δίνες**. Διότι ακόμη και αν οι φιλόσοφοι αυτοί μπορούν να εξηγήσουν τα φαινόμενα με τη **μεγαλύτερη ακρίβεια στη βάση των υποθέσεών τους**, δεν μπορεί ωστόσο να πει κανείς ότι θα μας έχουν δώσει μια **αληθινή φιλοσοφία** και ότι θα έχουν βρει τις **αληθινές αιτίες** των ουρανίων κινήσεων μέχρι να **αποδείξουν** είτε ότι οι αιτίες αυτές πράγματι υπάρχουν ή ότι τουλάχιστον δεν υπάρχουν οι άλλες».

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

-στο χειρόγραφο **De Gravitatione** ο Ν αναπτύσσει 3
'αντιφάσεις' της καρτεσιανής θεωρίας της κίνησης, και 8
προβλήματα

-background: 2 έννοιες κίνησης στον Descartes
[Principia του Desacrtes βιβλίο 2, πρόταση24] **Τι είναι η
κίνηση υπό τη συνηθισμένη έννοια.**

*«όπως κοινώς αναφέρεται, δεν είναι τίποτα άλλο από την
ενέργεια δια της οποίας ένα σώμα μεταβαίνει από έναν τόπο σε
έναν άλλο»..*

[2, 25] **Τι είναι η κίνηση υπό την ορθή έννοια.**

*«η μεταφορά ενός μέρους της ύλης, ή ενός σώματος, από τη
γειννίαση με τα σώματα με τα οποία έχει άμεση επαφή και που
παρατηρούνται εν ηρεμία, στην εγγύτητα με άλλα σώματα».*

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

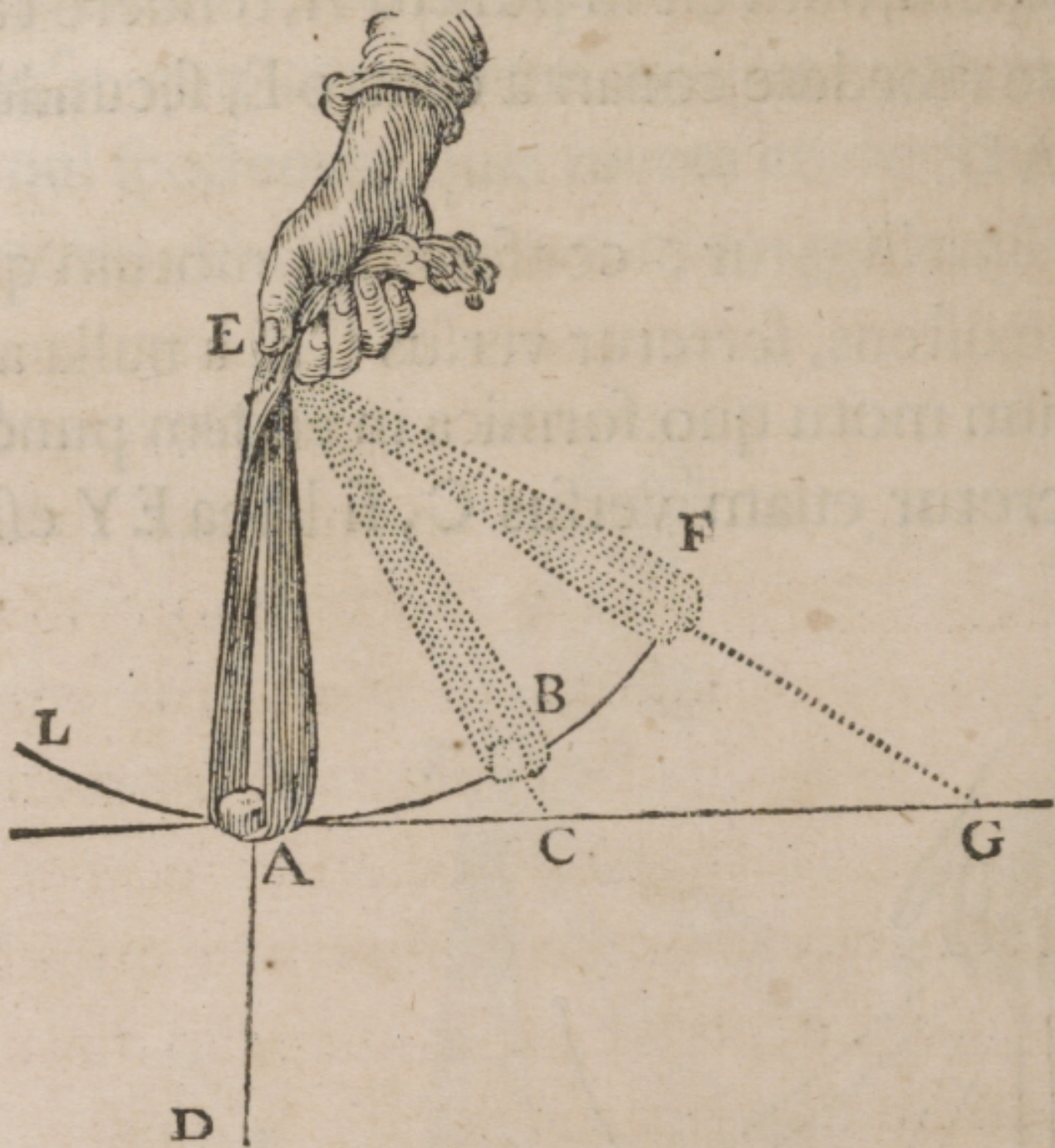
1η αντίφαση

-γη και πλανήτες **δεν κινούνται** σύμφωνα με
φιλοσοφική έννοια κίνησης
-αλλά ο D τους αποδίδει μια **τάση απομάκρυνσης**
(tendency to recede) από τον ήλιο
(με μια παρόμοια **τάση** της **περιστρεφόμενης δίνης**
ισορροπούν σε συγκεκριμένες αποστάσεις)

Φυγόκεντρος δύναμη

N:

Τότε, τι; Θα πρέπει η τάση αυτή να συναχθεί από τη
(σύμφωνα με Descartes) **αληθινή και φιλοσοφική**
ηρεμία των πλανητών ή μάλλον από την **κοινή και μη**
φιλοσοφική κίνησή [τους];



1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

1ο πρόβλημα:

-κίνηση με την αυστηρή έννοια μπορεί να αποδοθεί μόνο στην **εξωτερική επιφάνεια** του σώματος (ούτε στα εσωτερικά σωματίδια, ούτε στα εσωτερικά μέρη εξωτερικών σωματιδίων)

-το σώμα δεν κινείται! (παρά μόνο μέσω **συμμετοχής** στην κίνηση της **εξωτερικής επιφάνειας**)

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

8ο πρόβλημα -> αυτό αποτελεί τη σημαντικότερη δυσκολία που αναφέρει ο Ν

N: «ότι ο παραλογισμός (**absurdity**) αυτής της θέσης μπορεί να αποκαλυφθεί πλήρως (**in full measure**)»:

-στην καρτεσιανή θεωρία **δεν μπορεί να υπάρχει κίνηση!!**

-> για να υπάρχει **κίνηση** πρέπει το σώμα να έχει **καθορισμένη ταχύτητα** και **καθορισμένη κατεύθυνση**

-> αλλά η καρτεσιανή θεωρία έχει ως συνέπεια ότι ένα κινούμενο σώμα

i) **δεν έχει καθορισμένη ταχύτητα**

ii) **ούτε καθορισμένη κατεύθυνση**

iii) **ούτε καθορισμένη ευθεία** πάνω στην οποία κινείται

-> επίσης, δεν μπορεί να λεχθεί ότι η **ταχύτητα** ενός σώματος που κινείται χωρίς αντίσταση είναι **ομοιόμορφη**, ούτε η **ευθεία** πάνω στην οποία κινείται ότι είναι **ευθεία**

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

Εξήγηση:

-> όταν ολοκληρωθεί μια κίνηση, είναι αδύνατο να δοθεί ο **τόπος** που το σώμα βρισκόταν στην αρχή της κίνησης (αφού η θέση ορίζεται με βάση τα περιβάλλοντα σώματα)

-> που ήταν ο Δίας πριν ένα χρόνο;

-δεν υπάρχει διαδικασία για να απαντηθεί αυτό από τον Καρτεσιανό

[N: με βάση θέση απλανών, **σφάλμα αρκετών μιλίων**]

«εάν κάποιος παρακολουθήσει τη θεώρηση του Descartes, **ούτε ο ίδιος ο Θεός** δεν θα μπορούσε να ορίσει την **παρελθούσα θέση** οποιουδήποτε κινούμενου σώματος με τρόπο **ακριβή και γεωμετρικό** τώρα που επικρατεί **μια νέα κατάσταση πραγμάτων**, εφόσον, εάν ληφθούν υπόψιν οι **αλλαγμένες θέσεις των σωμάτων**, **ο τόπος δεν υπάρχει πλέον στη φύση**».

1. Κριτική του Νεύτωνα στον Descartes: κριτική στην καρτεσιανή θεωρία κίνησης

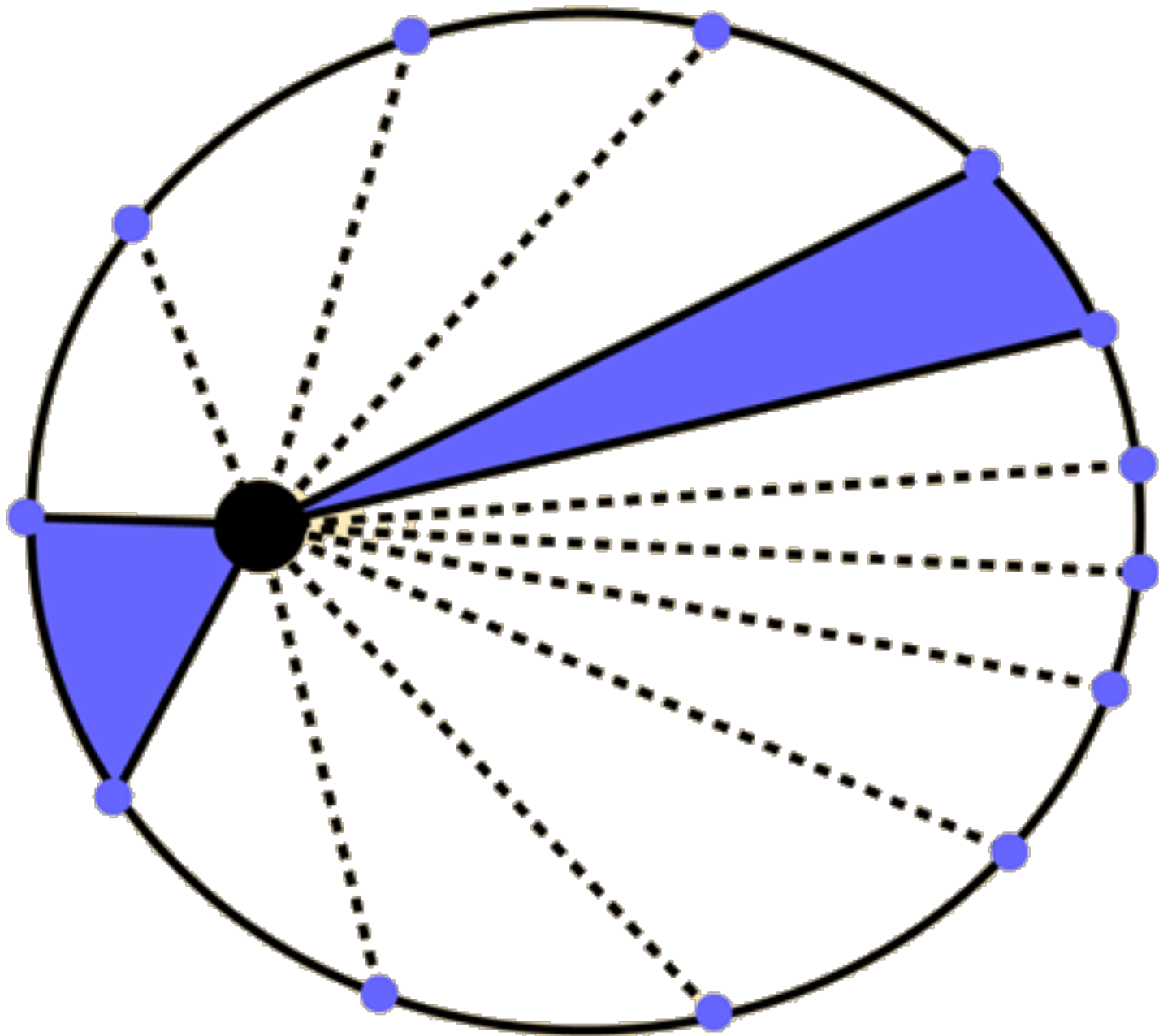
-αλλά αφού δεν υπάρχει πια ο αρχικός τόπος, ο χώρος που έχει διανυθεί από το κινούμενο σώμα, χωρίς **αρχή**, δεν έχει και **μήκος**
-> και άρα δεν έχει **ταχύτητα**

-αλλά όχι μόνο δεν έχει αρχή, αλλά δεν έχει και **ενδιάμεσα** μέρη
-> άρα δεν υπάρχει χώρος που διανύθηκε, και άρα δεν υπάρχει **κίνηση**

Έπεται **αναμφίβολα** ότι η καρτεσιανή κίνηση **δεν είναι κίνηση**, διότι δεν έχει καμία **ταχύτητα**, κανέναν **προορισμό**, και δεν υπάρχει **κανένας χώρος ή απόσταση** που να διανύεται από αυτή.

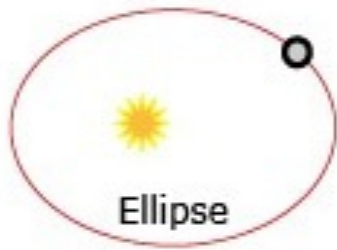
-> Έτσι είναι αναγκαίο ο ορισμός των θέσεων (**places**) και επομένως της **τοπικής κίνησης**, να αναφέρεται σε **κάποιο ακίνητο ον όπως η έκταση μόνο ή ο χώρος εφόσον θεωρείται κάτι πραγματικά διακριτό από τα σώματα.**



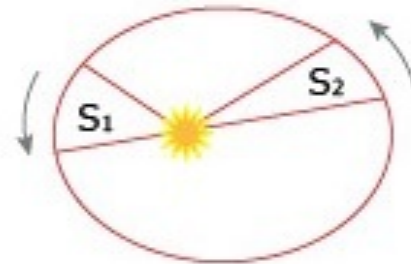


Kepler's laws

1st Law

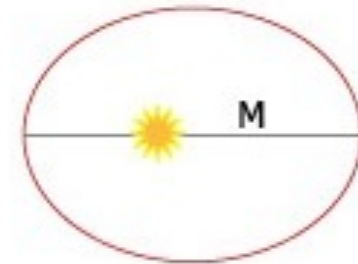


2nd Law



Equal area in the same time
area $S_1 = \text{area } S_2$

3rd Law



P: period (the time for one cycle)
M: length of the major axis

P^2/M^3 is the same for all planets

2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα (‘υποθέσεις’ στην 1η έκδοση, ‘φαινόμενα’ στην 2η) & οι iff-laws

Εμπειρικές δομές

Φαινόμενο 1: Η ακτίνα που ενώνει τους δορυφόρους του Δία με το κέντρο του Δία, διαγράφει περιοχές ανάλογες των χρόνων, και οι περιοδικοί τους χρόνοι – ενώ οι απλανείς αστέρες είναι σε ηρεμία – είναι όσο η $3/2$ δύναμη των αποστάσεών τους από το κέντρο.

Φαινόμενο 2: Η ακτίνα που ενώνει τους δορυφόρους του Κρόνου με το κέντρο του Κρόνου, διαγράφουν περιοχές ανάλογες των χρόνων, και οι περιοδικοί τους χρόνοι – ενώ οι απλανείς αστέρες είναι σε ηρεμία – είναι όσο η $3/2$ δύναμη των αποστάσεών τους από το κέντρο.

Φαινόμενο 3: Οι τροχιές των πέντε κύριων πλανητών – Ερμής, Αφροδίτη, Άρης, Δίας και Κρόνος – εγκυκλώνουν τον ήλιο.

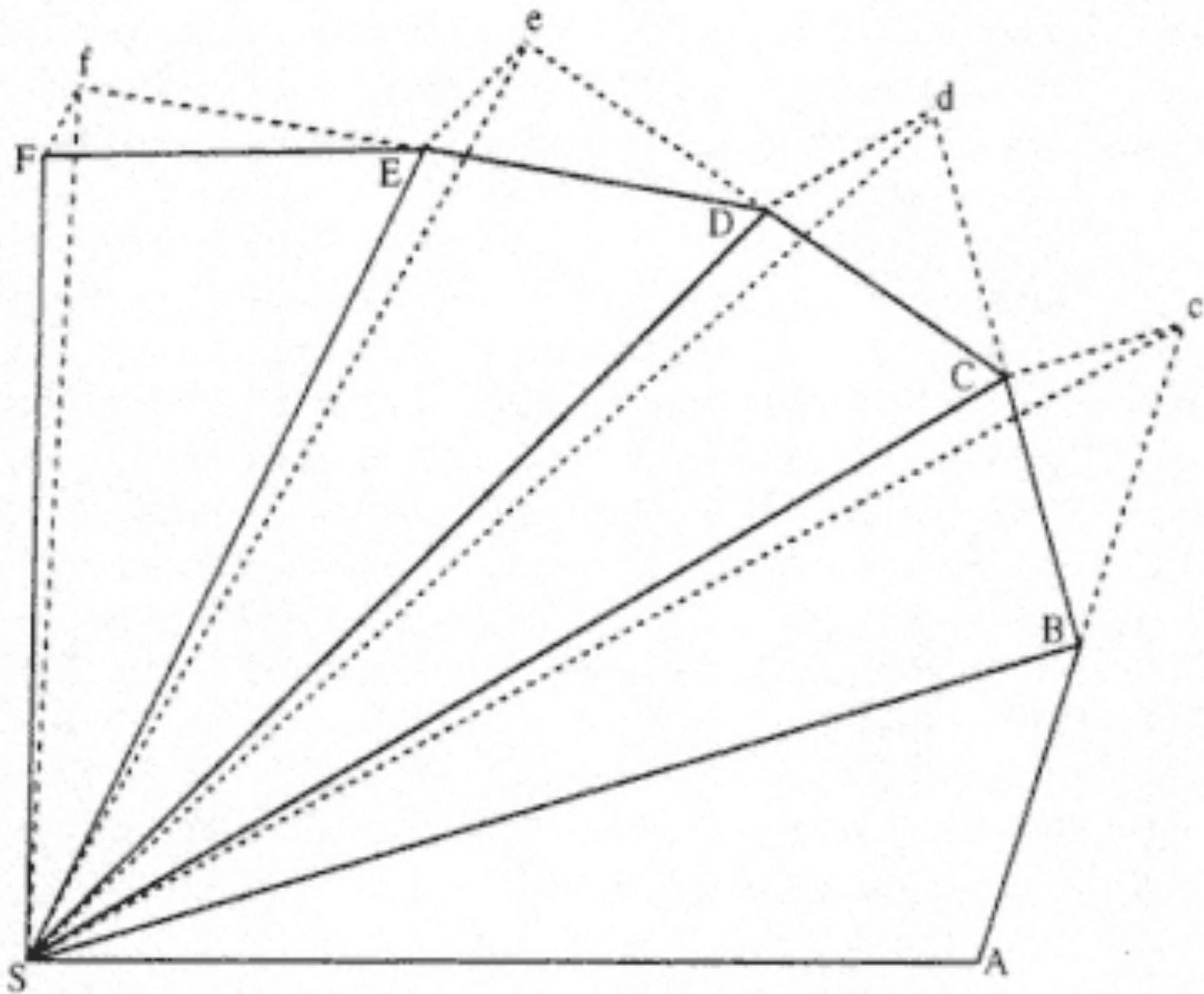
2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

Φαινόμενο 4: Οι περιοδικοί χρόνοι των πέντε κύριων πλανητών και είτε του ήλιου γύρω από τη γη είτε της γης γύρω από τον ήλιο – ενώ οι απλανείς αστέρες είναι σε ηρεμία – είναι όσο η $3/2$ δύναμη των μέσων αποστάσεών τους από τον ήλιο.

Φαινόμενο 5: Η ακτίνα που ενώνει τους κύριους πλανήτες με τη γη, διαγράφει περιοχές που δεν είναι καθ' οιονδήποτε τρόπο ανάλογες των χρόνων, αλλά η ακτίνα που τους ενώνει με τον ήλιο διαγράφει περιοχές ανάλογες των χρόνων.

Φαινόμενο 6: Η ακτίνα που ενώνει τη σελήνη με το κέντρο της γης διαγράφει περιοχές ανάλογες των χρόνων.

Principia, Book 1, Proposition 1





2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

Ο Ν αποδεικνύει: Centripetal force iff area law

Book 1, Proposition 1: if cp force, then area law

Book 1, Proposition 2: if area law, then cp force

-Αν ο Ν χρησιμοποιούσε Υ-Π μέθοδο, θα έμενε στην πρώτη πρόταση

-> If cp force, then area law; τα φεγγάρια του Δία ικανοποιούν το area law; άρα η cp-force επικυρώνεται

-> αλλά αυτό δεν αποτελεί παραγωγή από τα φαινόμενα!

-για να έχουμε παραγωγή χρειαζόμαστε και την πρόταση 2 -έτσι μπορεί να **αποδειχθεί** η ύπαρξη της κεντρομόλου δύναμης στα φεγγάρια του Δία

-> αποκλεισμός εναλλακτικών εξηγήσεων για το area law

2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

-> ο Ν πηγαίνει πέρα από την Υ-Π μέθοδο

-> αν τα φαινόμενα ήταν **διαφορετικά**, οι νόμοι θα ήταν **διαφορετικοί** (συγκρίνετε με υποθέσεις Descartes)

-> το ίδιο ισχύει και για τον 'αρμονικό νόμο'.

Proposition 4, Corollary 6:

“Εάν οι περιοδικοί χρόνοι είναι όσο οι ακτίνες στην $3/2$ δύναμη, και επομένως οι ταχύτητες αντιστρόφως ανάλογες προς τις τετραγωνικές ρίζες των ακτινών, οι κεντρομόλες δυνάμεις θα είναι αντιστρόφως ανάλογες προς τα τετράγωνα των ακτινών, και αντίστροφα”.

2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

-> το ίδιο ισχύει και για τον 'αρμονικό νόμο'.

-> αν κεντρομόλος δύναμη $\sim 1/r^2$, τότε αρμονικός νόμος

-> αν αρμονικός νόμος, τότε κεντρομόλος δύναμη $\sim 1/r^2$

2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

If and only if laws:

κεντρομόλος δύναμη	<u>αν και μόνο αν</u>	νόμος εμβαδών
δύναμη $\sim 1/r^2$	<u>αν και μόνο αν</u>	αρμονικός νόμος

2. Τα φαινόμενα του Νεύτωνα & οι iff-laws

«Χρησιμοποιώ εδώ τη λέξη «έλξη» υπό μία γενική έννοια για οποιαδήποτε προσπάθεια των σωμάτων να προσεγγίσουν το ένα το άλλο, είτε αυτή η προσπάθεια συμβαίνει ως αποτέλεσμα της δράσης των σωμάτων να έλκονται το ένα προς το άλλο είτε [ως αποτέλεσμα] της δράσης του ενός πάνω στο άλλο μέσω πνευμάτων που εκπέμπονται, είτε προκύπτει από τη δράση του αιθέρα ή του αέρα ή οποιουδήποτε άλλου μέσου – ενσώματου ή ασώματου – που με οποιονδήποτε τρόπο ωθεί το ένα προς το άλλο τα σώματα που πλέουν μέσα σε αυτό [το μέσο]».

-> το 'αντίτιμο' για την αυξημένη βεβαιότητα που πετυχαίνει ο Ν: περαιτέρω υποθέσεις για τις αιτίες των φαινομένων δεν γίνονται δεκτές.

3. Οι νόμοι της κίνησης

Νόμος 1 Κάθε σώμα διατηρεί στην κατάσταση ηρεμίας του ή στην κατάσταση της ομαλής ευθύγραμμης κίνησης, εκτός στο βαθμό που αναγκάζεται να αλλάξει την κατάστασή του από τις δυνάμεις που επιδρούν σε αυτό.

Νόμος 2 Μια μεταβολή στην κίνηση είναι ανάλογη προς την κινητήρια δύναμη που επιδρά και λαμβάνει χώρα κατά μήκος της ευθείας γραμμής στην οποία ασκείται αυτή η δύναμη.

Νόμος 3 Σε κάθε δράση υπάρχει πάντοτε μια αντίθετη και ίση αντίδραση. Με άλλα λόγια, οι δράσεις δυο σωμάτων το ένα στο άλλο είναι πάντοτε ίσες και πάντοτε αντίθετες στην κατεύθυνσή τους.

3. Οι νόμοι της κίνησης

Cotes, Preface:

“Είναι έργο της πραγματικής φιλοσοφίας να αντλεί τις φύσεις των πραγμάτων από αιτίες που υπάρχουν πραγματικά, και να **αναζητά εκείνους τους νόμους με τους οποίους ο ανώτατος τεχνίτης** θέλησε να εδραιώσει την πιο όμορφη αυτή φύση του κόσμου, και **όχι εκείνους τους νόμους με τους οποίους θα μπορούσε να το είχε κάνει, εάν έτσι τον ευχαριστούσε**».

-> οι νόμοι δεν βρίσκονται **a priori**, αλλά με **εμπειρική έρευνα**

3. Οι νόμοι της κίνησης

Cotes:

«Από την πηγή αυτή [την τέλεια ελεύθερη βούληση του Θεού], έχουν προέλθει όλοι οι νόμοι που ονομάζονται νόμοι της φύσης, όπου εμφανίζονται σίγουρα πολλά ίχνη της υψηλότερης σοφίας, αλλά **όχι και ίχνη αναγκαιότητας**. Ως εκ τούτου δεν θα πρέπει να αναζητούμε αυτούς τους νόμους χρησιμοποιώντας αναξιόπιστες εικασίες, αλλά να τους μαθαίνουμε **παρατηρώντας και εκτελώντας πειράματα**».

-> Πώς όμως ακριβώς φτάνουμε στους θεμελιώδεις νόμους;

Newton to Cotes, 28 March 1713

“... στη γεωμετρία η λέξη «υπόθεση» δεν θεωρείται υπό τόσο ευρεία έννοια ώστε να συμπεριλαμβάνει τα αξιώματα και τις αρχές, έτσι στην πειραματική φιλοσοφία δεν θεωρείται υπό τόσο ευρεία έννοια ώστε να συμπεριλαμβάνει τις πρώτες αρχές ή αξιώματα που αποκαλώ τους νόμους της κίνησης. Οι αρχές αυτές παράγονται από τα φαινόμενα και γίνονται γενικές μέσω της επαγωγής: που είναι και η ανώτερη απόδειξη που μπορεί να έχει μια πρόταση σε αυτή τη φιλοσοφία. Και η λέξη «υπόθεση» χρησιμοποιείται εδώ από εμένα για να δηλώσει μόνο μια τέτοια πρόταση που δεν είναι **ούτε φαινόμενο ούτε παράγεται από οποιαδήποτε φαινόμενα αλλά που προϋποτίθεται ή εικάζεται χωρίς καμία πειραματική απόδειξη**.

Τώρα, η αμοιβαία και αμοιβαίως ισοδύναμη έλξη των σωμάτων είναι ένα σκέλος του τρίτου νόμου της κίνησης και το πώς αυτό το σκέλος παράγεται από τα φαινόμενα μπορείτε να το δείτε στο τέλος των πορισμάτων για τους νόμους της κίνησης, σελ. 22. Εάν ένα σώμα έλκει ένα άλλο σώμα πλησίον αυτού και **δεν έλκεται αμοιβαία από το άλλο**: το ελκυόμενο σώμα θα κατευθύνει το άλλο προς αυτό και **θα φύγουν και τα δύο μαζί με μία επιταχυνόμενη κίνηση στο άπειρο**, όπως θα γινόταν από μια **αυτο-κίνητη αρχή, σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο της κίνησης**, ενώ **δεν υπάρχει κανένα τέτοιο φαινόμενο σε όλη τη φύση**».

Principia, Scholium to Laws:

«Οι αρχές τις οποίες έχω θέσει γίνονται δεκτές από τους μαθηματικούς και **επιβεβαιώνονται από πολλών ειδών πειράματα.**

Μέσω των δύο πρώτων νόμων και των δυο πρώτων πορισμάτων ο Γαλιλαίος βρήκε ότι η **πτώση των βαριών σωμάτων είναι ανάλογη με το τετράγωνο του χρόνου** και ότι η κίνηση των βλημάτων είναι **παραβολική, όπως επιβεβαιώνεται και από το πείραμα**, εκτός από τις περιπτώσεις εκείνες όπου οι κινήσεις αυτές επιβραδύνονται κάπως από την αντίσταση του αέρα».

Newton, unsent letter to Cotes, March 1713

«Μου αρέσει το σχέδιό σου να προσθέτεις κάτι πιο συγκεκριμένο σε σχέση με **τον τρόπο του φιλοσοφείν των *Principia*** και πού αυτός διαφέρει από τη μέθοδο άλλων, στο ότι παράγει, δηλαδή, αποτελέσματα με μαθηματικό τρόπο από αρχές οι οποίες απορρέουν από φαινόμενα μέσω επαγωγής.

Οι αρχές αυτές είναι οι τρεις νόμοι της κίνησης. Και οι νόμοι αυτοί με το να παράγονται από φαινόμενα μέσω επαγωγής και να υποστηρίζονται με το λόγο και τους τρεις γενικούς κανόνες του φιλοσοφείν διακρίνονται από τις υποθέσεις και θεωρούνται ως αξιώματα. Πάνω σε αυτούς θεμελιώνονται όλες οι προτάσεις στο πρώτο και το δεύτερο βιβλίο. Και αυτές οι προτάσεις στο τρίτο βιβλίο εφαρμόζονται στις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων.»

-Πώς τα φαινόμενα υποστηρίζονται με το Λόγο και τους κανόνες του φιλοσοφείν;

Κανόνας 3

«Αυτές οι **ποιότητες** των σωμάτων που **δεν μπορούν να αυξηθούν και να μειωθούν** και που ανήκουν σε όλα τα σώματα επί των οποίων μπορούν να εκτελούνται πειράματα, θα πρέπει να εκλαμβάνονται ως ποιότητες όλων των σωμάτων καθολικά».

-ο κανόνας αυτός λειτουργεί ως αρχή-γέφυρα και **επιτρέπει την επαγωγή**

Unsent letter to Cotes:

«Κατά την επιχειρηματολογία για οποιαδήποτε αρχή ή πρόταση από φαινόμενα μέσω επαγωγής, **δεν λαμβάνονται υπόψιν υποθέσεις**. Το επιχείρημα διατηρεί την ισχύ του μέχρι να μπορεί να παραχθεί κάποιο φαινόμενο εναντίον του. Το επιχείρημα αυτό διατηρεί την ισχύ του στη βάση του **τρίτου κανόνα του φιλοσοφείν**. Και εάν παραβιάσουμε αυτό τον κανόνα, **δεν μπορούμε να επιβεβαιώσουμε κανέναν γενικό νόμο της φύσης: δεν μπορούμε ούτε καν να δηλώσουμε ότι όλη η ύλη είναι αδιαπέραστη**».

-Ο **κανόνας 3** είναι αυτό που **κάνει δυνατούς τους νόμους** (αλλά βασίζονται και σε πειράματα)

Unsent letter to Cotes, Κανόνας 4:

«Η Πειραματική Φιλοσοφία ανάγει τα φαινόμενα σε γενικούς νόμους και κοιτάζει οι κανόνες να είναι γενικοί όταν αυτοί **ισχύουν γενικά στα φαινόμενα. Δεν αρκεί να προβάσουμε την ένσταση ότι **μπορεί να συμβεί ένα αντίθετο φαινόμενο**, αλλά για να κάνουμε μια νομιμοποιημένη ένσταση, **ένα αντίθετο φαινόμενο θα πρέπει πράγματι να παραχθεί**.**»

Η Υποθετική Φιλοσοφία συνίσταται σε **φανταστικές εξηγήσεις** των πραγμάτων και **φανταστικά επιχειρήματα** υπέρ ή εναντίον τέτοιων εξηγήσεων, ή εναντίον των επιχειρημάτων πειραματικών φιλοσόφων που θεμελιώνονται στην επαγωγή».

Ο Κανόνας 4 στα Principia:

«Στην πειραματική φιλοσοφία, προτάσεις οι οποίες προκύπτουν από φαινόμενα μέσω επαγωγής θα πρέπει να θεωρούνται είτε απολύτως (exactly) είτε σχεδόν (very nearly) αληθείς ανεξάρτητα από οποιαδήποτε αντίθετη υπόθεση, και μέχρι κάποια άλλα φαινόμενα να καταστήσουν αυτές τις προτάσεις είτε πιο ακριβείς είτε υποκειμένες σε εξαιρέσεις.»

-> αυτό ισχύει και για τους νόμους

«Δεν έχω μπορέσει μέχρι στιγμής να παραγάγω από φαινόμενα το λόγο για αυτές τις ποιότητες της βαρύτητας, και δεν κάνω υποθέσεις. Γιατί ό,τι δεν παράγεται από τα φαινόμενα θα πρέπει να αποκαλείται υπόθεση. Και οι υποθέσεις, είτε μεταφυσικές είτε φυσικές, είτε στηριζόμενες σε απόκρυφες ποιότητες, είτε μηχανικές, δεν έχουν θέση στην πειραματική φιλοσοφία. Σε αυτή την πειραματική φιλοσοφία, οι προτάσεις παράγονται από τα φαινόμενα και γίνονται γενικές μέσω επαγωγής. Η αδιαπερατότητα, η κινητικότητα, και η ορμή των σωμάτων, και οι νόμοι της κίνησης και ο νόμος της βαρύτητας έχουν ανακαλυφθεί με αυτή τη μέθοδο. Και είναι αρκετό το ότι η βαρύτητα υπάρχει πράγματι και δρα σύμφωνα με τους νόμους τους οποίους έχουμε θέσει και αρκεί για να εξηγήσουμε όλες τις κινήσεις των ουρανίων σωμάτων και της θάλασσάς μας».

[Newton, General Scholium]