

ΚΦΕ 60

ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΙΣΤΟΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ  
ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2014-2015

Δημήτριος Κολιόπουλος

2<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ISAAC NEWTON”**



Αναστάσιος Νέζης

ΑΜ: 81717

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα .....	σελ. 2
1α. Επιστημονική διαμάχη Νεύτωνα - Hooke .....	σελ. 3
Βιβλιογραφία 1α.....	σελ. 4
1β. Επιστημονική διαμάχη Νεύτωνα – Huygens .....	σελ. 5
Βιβλιογραφία 1β .....	σελ. 6
2α. Hypotheses non Fingo .....	σελ. 7
Βιβλιογραφία 2α .....	σελ. 8
2β. Αξιοματική Σύστημα Μηχανικής και Απόλυτος Χώρος & Χρόνος .....	σελ. 9
Βιβλιογραφία 2β .....	σελ. 9
Παράρτημα: το 1666 .....	σελ. 10



## ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΑΧΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΤΩΝΑ...

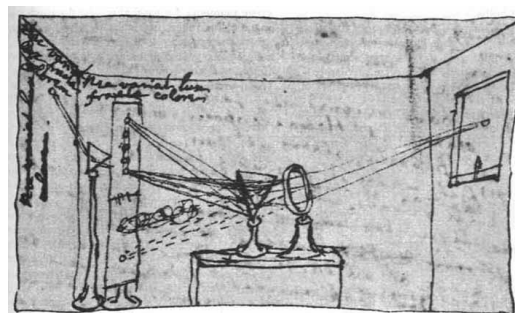
### ...ΜΕ ΤΟΝ HOOKE:

Πολλοί αναφέρονται στον Robert Hooke (1635-1703) ως η Νέμεσις του Νεύτωνα. Το αντίπαλον δέος, που ως μεγαλύτερος και ισχυρότερος στους ακαδημαϊκούς κύκλους, έκανε... τη ζωή του Νεύτωνα αρκετά δύσκολη. Σε αυτό βέβαια δεν συνετέλεσε μόνο η επιθετικότητα του Hooke αλλά κυρίως ο ιδιόρρυθμος (εντός ή εκτός εισαγωγικών) χαρακτήρας του ίδιου του Νεύτωνα.

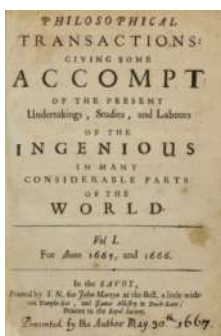


Δύο ήταν οι βασικοί πυλώνες της διαμάχης Newton-Hooke:

Αρχικά το "φως". Το 1662 ο Νεύτωνα κάνει τα πρώτα του πειράματα για το φως στις αίθουσες του Trinity College, του Cambridge. Κατασκευάζει το πρώτο κατοπτρικό τηλεσκόπιο



και καταλήγει σε διάφορα συμπεράσματα σχετικά με τη σύνθεση του λευκού φωτός χρησιμοποιώντας πρίσματα. Δημοσιεύει τα συμπεράσματα αυτά στο περιοδικό Philosophical Transactions of the Royal Society.

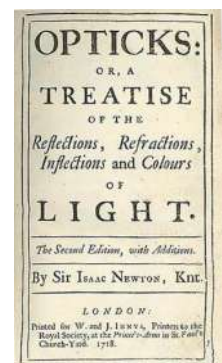


Εδώ έχουμε την πρώτη άμεση αντίδραση από τον Hooke. Απορρίπτει τη σωματιδιακή θεωρία του φωτός που προτείνει ο Νεύτωνα, θεωρώντας ότι το φως είναι μια ταλάντωση που διαδίδεται (με τη βοήθεια ενός μέσου) ως μια σειρά μετώπων κύματος. Δεν μπορεί όμως να εξηγήσει το φαινόμενο της πόλωσης και έτσι ο Νεύτωνα επανέρχεται επιχειρηματολογώντας υπέρ της σωματιδιακής φύσης (υποστηρίζοντας μια θεωρία παρόμοια με αυτή που είχε προτείνει ο Descartes). Η παρατεταμένη, δημόσια αντιπαράθεσή τους ενοχλεί τόσο πολύ τον Νεύτωνα, με αποτέλεσμα να αποσυρθεί από το 1678 έως το 1684.

Παθαίνει τον πρώτο του νευρικό κλονισμό και αρνείται να δημοσιεύσει οτιδήποτε άλλο. Ασχολείται με την Αλχημεία και τη χρονολόγηση βιβλικών γεγονότων. Τελικά, το 1704, αμέσως μετά τον θάνατο του Hooke, επανέρχεται δημοσιεύοντας όλη του την έρευνα για το φως, στο βιβλίο του "Opticks".

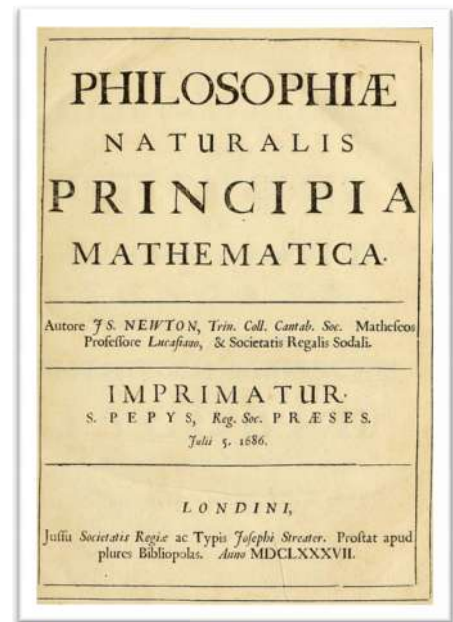
Ο δεύτερος πυλώνας της αντιπαράθεσης με τον Hooke ήταν η "βαρύτητα". Το 1679 ο Hooke θέτει το πρόβλημα προσδιορισμού της τροχιάς ενός πλανήτη, ο οποίος κινείται με κεντρική δύναμη, αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από το ελκτικό κέντρο. Hooke, Halley και Wren δεν καταφέρνουν να βρουν λύση. Την ίδια εποχή που ο Νεύτωνα μιλάει για

μια απωθητική φυγόκεντρο δύναμη, ο Hooke μιλάει για ελκτική δύναμη. Σε γράμμα που στέλνει στον Νεύτωνα το 1679 ρωτάει τη γνώμη του, για την υπόθεση: *ελκτική δύναμη και τροχιά ως συνδυασμός α) της ευθύγραμμης εφαπτομενικής κίνησης και β) της πτώσης προς το κέντρο έλξης*. Ο Νεύτωνα απαντάει (αδιαφορώντας για την υπόθεση αυτή) ότι έχει τη λύση



σε ένα άλλο πρόβλημα: της τροχιάς κατά την ελεύθερη πτώση ενός σώματος, στο περιστρεφόμενο πλαίσιο της Γης. Ξεκινάει μια νέα αντιπαράθεση, με τον Hooke να διαφωνεί εκ νέου. Τελικά ο Νεύτωνας ξαναστρέφει το ενδιαφέρον του πάλι στη βαρύτητα.

Ο Halley επισκέπτεται τον Νεύτωνα, θέτοντάς του το ερώτημα προσδιορισμού της πλανητικής τροχιάς. Η, χωρίς απόδειξη, απάντηση του Νεύτωνα είναι “έλλειψη” και μετά από πιέσεις του Halley, ολοκληρώνει τη θεωρία του περί τροχιάς. Δημοσιεύει τα παραπάνω στο περίφημο βιβλίο του *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Ταυτόχρονα αποδεικνύει τους νόμους του Kepler που μέχρι τότε ήταν μόνο παρατηρησιακοί νόμοι. Ακολουθεί σειρά διενέξεων με τον Hooke, ο οποίος τον κατηγορεί για λογοκλοπή. Κανείς όμως δεν λαμβάνει σοβαρά τις κατηγορίες αυτές, λόγω της άμεσης αναγνώρισης των Principia ως «έργο απαράμιλλης επιστημονικής ευφυΐας». Η πίεση για την συγγραφή των Principia και η αντιπαράθεση που ακολούθησε, έφεραν στον Νεύτωνα έναν δεύτερο νευρικό κλονισμό.



### Βιβλιογραφία

❖ Η απάντηση στηρίζεται στα:

1. Κ. Γαβρόγλου «Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας», ΕΑΠ 2003
2. J. Cushing «Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική», Leader Books 2003

### ...ΜΕ ΤΟΝ HUYGENS:

Και με τον Christiaan Huygens (1629-1695) δύο ήταν οι βασικοί πυλώνες αντιπαράθεσης: αρχικά το “φως” και στη συνέχεια, μετά την έκδοση των Principia, η “βαρύτητα”.

Σχετικά με το “φως” ο Huygens εναντιώνεται στη σωματιδιακή φύση που προτείνει (αν και όχι σαφώς) ο Νεύτωνας. Στηρίζεται στην εξής υπόθεση: δύο διασταυρούμενες δέσμες φωτός δεν αλληλεπιδρούν στο σημείο τομής τους. Το ίδιο κάνουν και τα κύματα, ενώ αν σκεφτούμε σωματίδια, σίγουρα καταλήγουμε στον διασκορπισμό τους, άρα στην περίπτωση του φωτός, στη διασπορά του. Υποστηρίζει στη συνέχεια λανθασμένα ότι το φως είναι διαμήκη κύματα.

Η θεωρία του Huygens δεν γίνεται δεκτή από την επιστημονική κοινότητα. Ένας από τους βασικούς λόγους είναι η... βαρυτική θεωρία του Νεύτωνα!

Και να γιατί: η βαρυτική θεωρία γίνεται δεκτή με ενθουσιασμό. Σε αυτή τη θεωρία υποστηρίζεται η *δράση από απόσταση*.

Άρα η μη αναγκαιότητα ύπαρξης αιθέρα. Και χωρίς αιθέρα (ελαστικό μέσο) οι διαταραχές, όπως το φως, μπορούν να διαδοθούν μόνο ως σωματίδια (νευτωνική προσέγγιση) και όχι ως κύματα. Έπρεπε (δυστυχώς!) να περάσουν αρκετά χρόνια μέχρι ο Maxwell να απαλλάξει τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από την ύπαρξη ελαστικού μέσου...

Στη συνέχεια, όπως είπαμε, έχουμε τη διαμάχη για τη “βαρύτητα”, αλλά και με άλλα τμήματα στα Principia:

Ο 3<sup>ος</sup> νόμος (δράσης – αντίδρασης) μπορεί να θεωρηθεί ως επέκταση στον κλάδο της Μηχανικής, των εργασιών του Huygens για τις μεταβολές της κίνησης κατά την κρούση [Westfall, 1995].

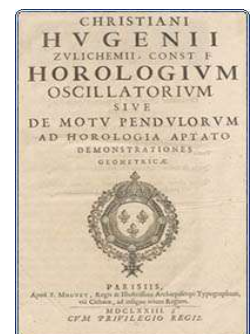
Στο βιβλίο-1 των Principia, αποδεικνύει ότι ο 2<sup>ος</sup> νόμος του Kepler απαιτεί κεντρική δύναμη, ο δε 1<sup>ος</sup> απαιτεί επιπλέον δύναμη αντιστρόφου τετραγώνου. Χρησιμοποιεί τον τύπο  $a_k = v^2 / R$

της κεντρομόλου επιτάχυνσης. Ο τύπος όμως αυτός, είχε δοθεί πρώτη φορά από τον Huygens χωρίς απόδειξη το 1673, στο “Horologium Oscillatorium”. Η απόδειξη δημοσιεύεται το 1703 στο “De Vi Centrifuga”, ενώ από το 1669 είχε στείλει αντίγραφο του έργου του στον γραμματέα της Royal Society, H. Oldenburg. Βλέπουμε λοιπόν μια *χρονολογική κούρσα*: το 1673 ο Huygens διατυπώνει τον τύπο της κεντρομόλου επιτάχυνσης, το 1687 ο Νεύτων τον χρησιμοποιεί στα Principia, το 1703 ο Huygens δημοσιεύει την απόδειξή του. Φυσικά στα Principia δεν γίνεται αναφορά στο όνομα του Huygens.

Μία ακόμη αντιπαράθεση έχει να κάνει με τον ορισμό του κέντρου καμπυλότητας της τροχιάς: ο Huygens δίνει σαφή ορισμό το 1659. Ο Νεύτωνας διατυπώνει (ανεξάρτητα) το ίδιο το 1665. Ο Huygens τελικά το δημοσιεύει το 1673 (στο “Hor.Osc.”).

Τέλος, αντιπαράθενται για την ύπαρξη ή μη του κενού [Αραμπατζής, κ.α., 1999].

Βλέπουμε λοιπόν ότι οι διαμάχες αυτές οδήγησαν την επιστήμη και τη γνώση πολλά βήματα εμπρός. Βήματα προόδου που έστρωσαν το δρόμο για την καθολική επικράτηση της επιστημονικής σκέψης, έναντι των “υποθέσεων” και των δεισιδαιμονιών. Ο καθένας από την πλευρά του πρόσθετε ένα λιθαράκι στο επιστημονικό οικοδόμημα το οποίο, με αρχιτέκτονα τον Νεύτωνα, έφτασε από το σχεδόν μηδέν σε μεγάλα ύψη μέσα σε λίγα χρόνια. Οι διαμάχες του για τη βαρύτητα οδήγησαν στον νόμο της παγκόσμιας έλξης που ολοκληρώνει τα



Principia [παραπομπή στο τέλος της εργασίας]. Οι διαμάχες του για το φως οδήγησαν στην (για πρώτη φορά) αιτιολογημένη σωματιδιακή φύση.

### Βιβλιογραφία

❖ Η απάντηση στηρίζεται στο:

1. J. Cushing «Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική», Leader Books 2003

❖ Τα επιπλέον στοιχεία προέρχονται από:

2. [Westfall, 1995] R. Westfall «Η Συγκρότηση της Σύγχρονης Επιστήμης», ΠΕΚ 1995

3. [Αραμπατζής, κ.α., 1999] Θ. Αραμπατζής, Κ. Γαβρόγλου, Δ. Διαλέτης, Γ. Χριστιανίδης, Ν. Κανδεράκης, Σ. Βερνίκος «Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας», ΟΕΔΒ 1999

## HYPOTHESES NON FINGO

Η φράση «δεν καταστρώνω (ούτε επινοώ) υποθέσεις» εμφανίζεται στο Γενικό Scholium (ή Υπόμνημα), στο τέλος των Principia:



*“δεν καταστρώνω καμία υπόθεση, διότι οτιδήποτε δεν συνάγεται από τα φαινόμενα μπορεί να ονομάζεται υπόθεση και οι υποθέσεις, είτε μεταφυσικές, είτε φυσικές, είτε βασισμένες σε απόκρυφες ιδιότητες, είτε σε μηχανικές, δεν έχουν θέση στην πειραματική φιλοσοφία. Σε αυτή τη φιλοσοφία συνάγονται συγκεκριμένες προτάσεις από τα φαινόμενα και, κατόπιν, καθίστανται γενικές διαμέσου της επαγωγής”.*

Επίσης εμφανίζεται και στο “Optiks”.

Μια πρώτη ερμηνεία που συνήθως εμφανίζεται είναι ότι η μοναδική δραστηριότητα της επιστήμης είναι η εξαγωγή νόμων με επαγωγικό τρόπο. Δηλαδή η εξαγωγή νόμων από εξέταση των φαινομένων, χωρίς αναζήτηση απόμακρων αιτιών, υποθέσεων ή εξηγήσεων που δεν άπτονται των αισθήσεών μας.

Μια δεύτερη, πιο αναλυτική, ερμηνεία είναι πως υπάρχουν τρία διαφορετικά επίπεδα στην επιστημονική ανάλυση:



-το μαθηματικό: ανάλυση υποθέσεων και αξιωμάτων

-το φυσικό: σύγκριση με τα δεδομένα των πειραμάτων για να αποφασίσουμε ποια από τα αξιώματα ή τους νόμους αντιστοιχούν στη “φύση”.

-το φιλοσοφικό: αναζήτηση των αιτιών των νόμων στους οποίους καταλήξαμε στο προηγούμενο επίπεδο.

Η παραπάνω ερμηνεία προκύπτει από το απόσπασμα των Principia:

*“Στα μαθηματικά πρέπει να θεωρούμε το μέγεθος των δυνάμεων με βάση τις ποσότητες που προκύπτουν από οποιοσδήποτε υποθετικές συνθήκες. Στη συνέχεια, όταν μπαίνουμε στο χώρο της φυσικής, συγκρίνουμε αυτές τις ποσότητες με τα φαινόμενα της Φύσης, έτσι ώστε να μπορούμε να γνωρίζουμε ποιες συνθήκες αυτών των δυνάμεων ανταποκρίνονται στα διάφορα είδη ελκόμενων σωμάτων. Και, έχοντας κάνει αυτή την προπαρασκευή, επιχειρηματολογούμε με μεγαλύτερη ασφάλεια με τα φυσικά είδη, τις αιτίες και τις αναλογίες των δυνάμεων”.*

Προσπαθεί λοιπόν να αναζητήσει τις αιτίες, όχι κάνοντας υποθέσεις, αλλά αναλύοντας «μαθηματικά» και ελέγχοντας «φυσικά» τα φαινόμενα. Αποτέλεσμα αυτής της βαθιάς πεποίθησης είναι να γράφει στο τέλος του Scholium:

*“όμως μέχρι τώρα δεν έχουμε κατορθώσει να ανακαλύψουμε την αιτία αυτών των ιδιοτήτων της βαρύτητας από τα φαινόμενα και δεν κάνω καμία υπόθεση”.*

Να σημειώσουμε επίσης ότι την πεποίθησή του αυτή, την υπερασπίζονταν σε κάθε περίπτωση. Όπως για παράδειγμα όταν ο μαθηματικός Pardies αναφέρθηκε στη θεωρία του

για τα χρώματα ως «πολύ μεγαλοφυή υπόθεση», ο Νεύτωνας αμέσως τον διόρθωσε λέγοντας με έμφαση ότι υπήρχε πειστική πειραματική μαρτυρία, άρα δεν επρόκειτο για υπόθεση. [Losee, 2010]

Η ρήση “Hypotheses non Fingo” έρχεται σε αντίθεση με τη δεύτερη (ίσως μεγαλύτερη σε χρονική έκταση) πλευρά του χαρακτήρα του, αυτή του αποκρυφιστή – αλχημιστή. Είναι απορίας άξιο, πως ο Νεύτωνας καταφέρνει να διαχωρίσει πλήρως τις δύο πλευρές και να μην εμπλέξει τη δεύτερη στα επιστημονικά του κείμενα.

### Βιβλιογραφία

❖ *Η απάντηση στηρίζεται στο:*

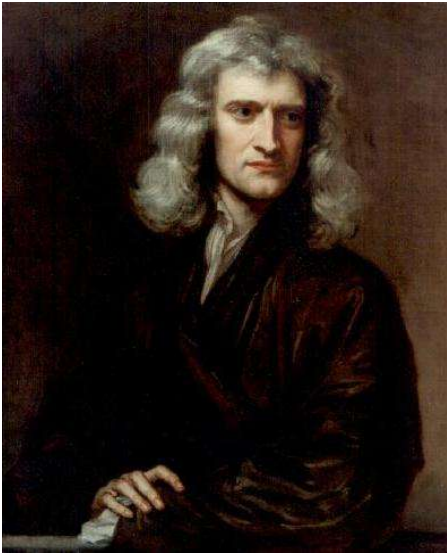
1. J. Cushing «Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική», Leader Books 2003

❖ *Τα επιπλέον στοιχεία προέρχονται από:*

2. [Losee, 2010] J. Losee «*A Historical Introductions to the Philosophy of Science*» 4<sup>th</sup> Edition, Oxford University Press 2010



## ΑΞΙΩΜΑΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΛΥΤΟΣ ΧΩΡΟΣ & ΧΡΟΝΟΣ



Προκειμένου ο Νεύτωνας να συσχετίσει την αξιωματική μέθοδο (από την οποία προέκυψαν οι τρεις νόμοι της κίνησης) με τις παρατηρήσεις των φαινομένων επιλέγει κάποιες αντιστοιχίες. Έτσι μετατρέπει τις προτάσεις που σχετίζονται με τα απόλυτα χωρικά και χρονικά διαστήματα σε προτάσεις που αφορούν σχετικά, δηλαδή μετρούμενα, διαστήματα.

Δέχεται λοιπόν για το χώρο: ως κέντρο μέτρησης του απολύτου χώρου το ακίνητο κέντρο του ηλιακού συστήματος. Θεωρεί την ύπαρξη του απολύτου χώρου ως μια λογική και οντολογική αναγκαιότητα. Κάτι που υπάρχει ανεξάρτητα από τα υλικά αντικείμενα που υπάρχουν μέσα του. Συμπληρωματικά ορίζει τον σχετικό χώρο ως αυτόν που προσδιορίζεται από τη θέση των αντικειμένων. [Cushing, 2003]

Έτσι εφαρμόζει την αξιωματική μέθοδο για τις πραγματικές κινήσεις σε ένα σύστημα συντεταγμένων με αρχή το κέντρο του ηλιακού συστήματος.

Για τον χρόνο όμως: δεν καθορίζει κάποιο περιοδικό φαινόμενο (ή διαδικασία) μέτρησης του απολύτου χρόνου. Συνδέει τη μέτρηση του χρόνου με τα όργανα μέτρησης και με το γεγονός που μετράει. Αναφέρει την έννοια της «κανονικότητας» στη μέτρηση, θεωρώντας το καταλληλότερο «μέτρο του χρόνου» αυτό που δίνει «πιο κανονική» μέτρηση. Για παράδειγμα, προσπαθώντας να μετρήσει τις κινήσεις σφαιρών, σε κεκλιμένα επίπεδα, θεωρεί καταλληλότερο το εκκρεμές από τη ροή νερού, που είχε χρησιμοποιήσει ο Γαλιλαίος αρκετά χρόνια πριν.

### Βιβλιογραφία

❖ *Η απάντηση στηρίζεται στο:*

1. J. Losee «*A Historical Introductions to the Philosophy of Science*» 4<sup>th</sup> Edition, Oxford University Press 2010

❖ *Τα επιπλέον στοιχεία προέρχονται από:*

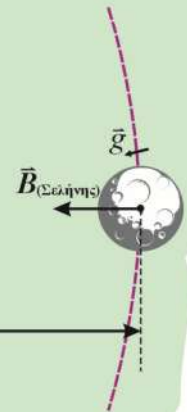
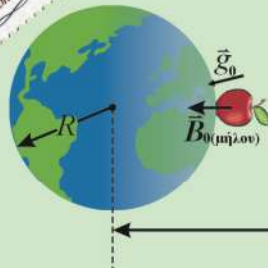
2. [Cushing, 2003] J. Cushing «*Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική*», Leader Books 2003

**Παράρτημα:**

το παρακάτω προέρχεται από το βιβλίο της Φυσικής Α' Λυκείου των Α. Κασσέτα, Ν. Δαπόντε, Σ. Μουρίκη και Μ. Σκιαθίτη για τα Ενιαία Πολυκλαδικά Λύκεια, ΟΕΔΒ, 1997. Το βρήκα στις σημειώσεις μου και νομίζω ότι έχει αρκετό ενδιαφέρον...

**...το 1666 ο Νεύτωνας έκανε τις εξής σκέψεις:**

→ Ήξερε από τον Robert Hooke ότι η βαρύτητα “πέφτει” σύμφωνα το νόμο:  $1/r^2$



→ Αφού η Σελήνη βρίσκεται 60 φορές μακρύτερα από το μήλο θα δέχεται  $1/60^2$  μικρότερη βαρύτητα:

$$g = \frac{1}{60^2} g_0 = \frac{1}{3600} g_0 = \frac{1}{3600} 9,81 = 2,72 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

→ Ήξερε επίσης ότι η περίοδος περιστροφής της Σελήνης (κύκλος του Φεγγαριού) είναι 27,33 ημέρες περίπου. Εφαρμόζοντας εξισώσεις ΟΚΚ, υπολόγισε:

$$a_K = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = \frac{4\pi^2 60R}{T^2}$$

$$\pi = 3,14$$

$$R = 6.400 \text{ km} = 6.400.000 \text{ m}$$

$$T = 27,33 \text{ d} = 27,33 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ sec}$$

$$\Rightarrow a_K = 2,71 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

→ Αυτή η πολύ καλή “σύμπτωση” τον έπεισε να συνεχίσει τη σκέψη ότι η βαρύτητα “λειτουργεί” και σε πολύ μακρινές (από την επιφάνεια της Γης) αποστάσεις και... ..