**Ύλη, Βάρος και Βαρύτητα στον Ατομισμό του Δημόκριτου, Λευκίππου και Επίκουρου**

**Άρθρο σε εξέλιξη**

Ξενοφών Διον. Μουσάς

Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής, Τμήμα Φυσικής

Σχολή Θετικών Επιστημών,

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Οι αρχαίοι Έλληνες ατομικοί φιλόσοφοι —ο Λεύκιππος, ο Δημόκριτος και αργότερα ο Επίκουρος—ανέπτυξαν μια υλιστική κοσμοθεωρία βασισμένη σε αδιαίρετα άτομα που κινούνται μέσα στο κενό. Ωστόσο, υπήρχαν σημαντικές διαφορές στις απόψεις τους σχετικά με τη φύση της ύλης, το βάρος και τη βαρύτητα, ειδικά μεταξύ του αιτιοκρατικού (ντετερμινιστικού) μοντέλου του Δημόκριτου και του Λευκίππου και της εισαγωγής του βάρους και της παρέγκλισης από τον Επίκουρο. Παρουσιάζεται συγκριτική ανάλυση και πιθανές σχέσεις με την σύγχρονη φυσική.

**1. Ύλη και Άτομα**

**Λεύκιππος & Δημόκριτος**

* Η ύλη αποτελείται από **αδιαίρετα άτομα** που διαφέρουν μόνο σε **σχήμα, μέγεθος και κίνηση**.
* Τα άτομα δεν έχουν **εγγενές βάρος**—κινούνται λόγω μηχανικής αιτιότητας και εξωτερικών παραγόντων.
* Το **κενό είναι απαραίτητο** για την κίνηση: χωρίς αυτό, τα άτομα δεν θα μπορούσαν να κινούνται ή να σχηματίζουν σώματα.

**Επίκουρος**

* Συμφωνεί ότι τα άτομα είναι **αδιαίρετα και αιώνια**, αλλά προσθέτει ένα νέο χαρακτηριστικό: **το βάρος.**
* Όλα τα άτομα κινούνται **φυσικά προς τα κάτω** λόγω μιας έμφυτης βαρύτητας.
* **Τη φύση των ατόμων**: Τα άτομα είναι απλά και αδιαίρετα.
* Εισάγει την **παρέγκλιση (παρέγκλισις),** μια **μικρή, αυθαίρετη απόκλιση** της κίνησης των ατόμων, επιτρέποντας την ελεύθερη βούληση.

### Σημασία των όρων

Ας εξετάσουμε ένα ενδιαφέρον απόσπασμα που περιλαμβάνει όλους τους όρους που σχετίζονται με τα «είδη» κινήσεως.

Aëtius Doxogr., De placitis reliquiae (Stobaei excerpta) (0528: 001) “Doxographi Graeci”, Ed. Diels, H. Berlin: Reimer, 1879, Repr. 1965. Page 311, line 15 κινεῖσθαι δὲ τὰ ἄτομα τότε μὲν κατὰ στάθμην τότε δὲ κατὰ παρέγκλισιν, τὰ δὲ ἄνω κινούμενα κατὰ πληγὴν καὶ ἀποπαλμόν.

Joannes Stobaeus Anthologus, Anthologium (2037: 001) “Ioannis Stobaei anthologium, 5 vols.”, Ed. Wachsmuth, C., Hense, O. Berlin: Weidmann, 1–2:1884; 3:1894; 4:1909; 5:1912, Repr. 1958. Book 1, chapter 14, section 1f, line 10 Ἐπίκουρος ἀπερίληπτα εἶναι τὰ <ἄτομα> σώματα. καὶ τὰ πρῶτα δὲ ἁπλᾶ· τά τε ἐξ ἐκείνων συγκρίματα βάρος ἔχειν. Κινεῖσθαι δὲ τὰ ἄτομα τότε μὲν κατὰ στάθμην, τότε δὲ κατὰ παρέγκλισιν· τὰ δὲ ἄνω κινούμενα κατὰ πληγὴν καὶ ἀποπαλμόν.

Δημόκριτος τὰ πρῶτά φησι σώματα (ταῦτα δ' ἦν τὰ ναστά) βάρος μὲν οὐκ ἔχειν, κινεῖσθαι <δὲ> κατ' ἀλληλοτυπίαν ἐν τῷ ἀπείρῳ. Δυνατὸν εἶναι κοσμιαίαν ὑπάρχειν ἄτομον.

Βασισμένοι σε αυτήν την μικρήν φράση προτρίνουμε ότι ο Επίκουρος χρησιμοποιεί αυτούς τους όρους με την ακόλουθη σημασία.

1. *Παρέγκλισις* σημαίνει φυσικά απόκλιση, πιθανώς από την ευθύγραμμη ισοταχή κίνηση, ίσως και από την κυκλική(;) τροχιά ενός πλανήτη, όπως φαίνεται από το κείμενο του Βέτιου Ουάλη, το οποίο αναφέρεται στην μη ισοταχή κίνηση του Ηλίου.[[1]](#footnote-1)
2. *κατὰ στάθμην* σημαίνει ευθύγραμμη ισοταχή κίνηση. Πιθανώς σε οριζόντιο επίπεδο, χωρίς τριβή.
3. *πληγὴ* μπορεί να ερμηνευτεί ως θετική ώθηση, Αύξηση της ορμής ενός σώματος [στα γαλλικά percussion (κτύπημα), ή impulsion]
4. *ἀποπαλμός* ως αρνητική ώθηση, μείωση της ορμής ενός σώματος [στη ρωσική η ώθηση ονομάζεται παλμός δύναμης, ]

Αυτό και άλλα παρόμοια κείμενα του Επικούρου και οι όροι που χρησιμοποιούνται δείχνουν ότι προτείνει αντιλήψεις που τελικά οδήγησαν τον Newton στην διατύπωση των νόμων της κίνησης, της δυναμικής.

Ο Ιωάννης Φιλόπονος μελετά τις κινήσεις και εισάγει την έννοια της ώθησης και της ορμής. Εισάγει την αντίληψη ότι αν εφαρμοσθεί μια δύναμη για ένα χρονικό διάστημα αλλάζει την κίνηση του σώματος. Ονομάζει το φυσικό μέγεθος *ενέργεια.*

Χρησιμοποιεί τους όρους:

* ἐνέργεια (energeia): Often translated as "energy" or "force in action," this term was used to describe the internal property imparted to an object that enables it to move.
* δύναμις (dynamis): Meaning "potential" or "power," this term was used in the context of the capacity of an object or force to cause motion.
* κίνησις (kinesis): This term refers to "motion" or "movement" in general, encompassing both natural and forced motion.
* ἀντίστασις (antistasis): Used to describe "resistance," particularly the opposition encountered by a moving object from the medium or other forces.
* ὁρμή (horme): Meaning "impulse" or "initial push," this term was used to describe the force that initiates motion.
* ταχύτης (tachytēs), which translates to "swiftness" or "speed" in English. He used this term when discussing the rate of motion or the speed of an object, often in relation to the forces acting upon it.

Κατά τον 14ο αιώνα εισάγεται από τον Jean Buridan (Buridanus) ο όρος impetus για την ώθηση και βαθμιαία γίνεται εισαγωγή και διάκριση των εννοιών της ώθησης, της ορμής, ενέργειας βλημάτων ή πλανητών. Impetus στα λατινικά σημαίνει πλήξη, κτύπημα, επίθεση, συνεπώς είναι η λέξη *πληγή* του Επίκουρου.

Isaac Newton wrote his *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1687) in Latin, using specific Latin terms for the key concepts of mechanics. Here are the Latin terms Newton used for speed, velocity, acceleration, force, momentum, energy, and impulse, along with relevant quotations from the *Principia*:

1. **Speed (Celeritas)**
   * Newton often used *celeritas* for speed in general contexts. Newton sometimes used velocitas interchangeably with celeritas, especially when emphasizing directional motion
   * Example: *"Celeritates, quibus corpora moventur, vel sunt æquales, vel in data ratione inæquales."* ("The speeds with which bodies move are either equal or unequal in a given ratio.")
   * Example: *"Vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum."*  
     (Here, "movendi uniformiter in directum" implies uniform velocity in a straight line.)
2. **Acceleration (Acceleratio)**
   * Newton explicitly defines acceleration as *acceleratio*.
   * Example: *"Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ, & fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur."* ("The change of motion is proportional to the applied motive force and occurs in the straight line in which that force is impressed.")
   * Acceleration is implicitly part of "mutatio motus" (change in motion).
3. **Force (Vis, Vis motrix, Vis impressa, Vis centripeta, etc.)**
   * Newton systematically defines force as *vis*, and he distinguishes different types of force:
     + *Vis insita* (inherent force, inertia)
     + *Vis impressa* (impressed force)
     + *Vis motrix* (motive force)
     + *Vis centripeta* (centripetal force)
   * Example: *"Vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum."* ("Inherent force is the power of resisting, by which every body, so far as it is able, perseveres in its state of rest or of uniform motion in a straight line.")
4. **Momentum (Momentum, Quantitas motus)**
   * Newton defines momentum as *quantitas motus* (quantity of motion), which is proportional to mass and velocity.
   * Example: *"Quantitas motus est mensura ejusdem orta ex velocitate et quantitate materiæ conjunctim."* ("The quantity of motion is the measure of the same arising from the velocity and the quantity of matter jointly.")
5. **Energy (Newton does not use a term equivalent to modern kinetic energy, but he discusses vis viva and vis mortua)**
   * Newton does not use a direct equivalent of *energy* in the modern sense, but the closest related terms are *vis viva* (living force, akin to kinetic energy in Leibniz's formulation) and *vis mortua* (dead force, potential energy).
6. **Impulse (Impulsus, ictus)**
   * Newton refers to impulse using *impulsus* (derived from *impellere*, to push) and sometimes *ictus* (stroke, impact).
   * Example: *"Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressæ."* ("The change of motion is proportional to the applied motive force.")
     + This implies impulse changes when force is applied over time.

**Σύγκριση με τη Σύγχρονη Φυσική**

* Τα άτομα **δεν είναι αδιαίρετα**· αποτελούνται από **πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια**.
* **Η ισοδυναμία μάζας-ενέργειας (E = mc²)** δείχνει ότι η ύλη και η ενέργεια είναι αλληλομετατρέψιμες.
* Σε αντίθεση με την επικούρεια θεωρία, η σύγχρονη φυσική **δεν αποδίδει φυσική κίνηση προς τα κάτω** στα στοιχειώδη σωματίδια.

**3. Βαρύτητα και Αιτία της Κίνησης**

**Λεύκιππος & Δημόκριτος**

* Τα άτομα κινούνται **αιώνια και τυχαία** προς όλες τις κατευθύνσεις μέσα στο κενό.
* Δεν υπάρχει **απόλυτη "άνω" ή "κάτω" κατεύθυνση**, και η κίνηση δεν προκαλείται από το βάρος αλλά από **μηχανικές συγκρούσεις**.
* Οι ιδιότητες της ύλης προκύπτουν από **τον τρόπο που τα άτομα συνδυάζονται, όχι από το βάρος τους**.
* Υπάρχει η αντίληψη της βαρύτητας ως δύναμης από απόσταση και εμφανώς η βαρυτική έλξη των άστρων στην Γη. Η παγκόσιμα έλξη φθίνει με την απόσταση.
* Η κίνηση των ατόμων είναι **αιώνια και καθοδηγείται από μηχανική αναγκαιότητα (νόμους της φυσικής)**.
* Τα άτομα κινούνται σε ευθείες γραμμές **μέχρι να συγκρουστούν**, σχηματίζοντας νέα σώματα.
* Ο κόσμος σχηματίζεται φυσικά μέσω **δίνης,** όπου τα άτομα οργανώνονται σύμφωνα με το μέγεθος και το σχήμα τους.

**Επίκουρος**

* Τα άτομα πέφτουν προς τα κάτω, αλλά η **παρέγκλιση** επιτρέπει την **σύνδεση και τον σχηματισμό αντικειμένων**.
* Η παρέγκλιση εισάγει ένα **στοιχείο μη αιτιοκρατίας**, επιτρέποντας την **ελεύθερη βούληση**.
* Τα άτομα **πέφτουν φυσικά προς τα κάτω** λόγω του βάρους τους.
* Η **παρέγκλιση** επιτρέπει στα άτομα να συγκρούονται και να σχηματίζουν αντικείμενα, αποτρέποντας μια αέναη πτώση.
* Τα **βαρύτερα άτομα κινούνται ταχύτερα** και συναντούν άλλα άτομα πιο εύκολα.

**Σύγκριση με τη Σύγχρονη Φυσική**

* **Νεύτωνας:** Η κίνηση ακολουθεί **τους νόμους της αδράνειας και της βαρύτητας**.
* **Αϊνστάιν:** Η βαρύτητα είναι η **καμπύλωση του χωροχρόνου** από τη μάζα.
* **Κβαντομηχανική:** Τα στοιχειώδη σωματίδια κινούνται **πιθανοκρατικά** και **όχι αυστηρά ντετερμινιστικά**.
* **Νεύτωνας (1687):** Τα σώματα πέφτουν λόγω **της αμοιβαίας έλξης μεταξύ των μαζών**, όχι λόγω μιας εγγενούς κίνησης προς τα κάτω.
* **Αϊνστάιν (1915):** Η βαρύτητα δεν είναι δύναμη αλλά **καμπύλωση του χωροχρόνου** λόγω της μάζας.
* **Κβαντική φυσική:** Τα στοιχειώδη σωματίδια δεν έχουν καθορισμένες τροχιές αλλά κινούνται **πιθανοκρατικά**.

**Ανάλυση: Δημόκριτος, Επίκουρος και η Σύγχρονη Αντίληψη της Βαρύτητας**

**«Οὐδὲν χρῆμα κατ’ ἀλήθειαν ἔχει βάρος, ἀλλὰ κατὰ θέσιν καὶ νόμον.»**

**Ψευδο-Πλούταρχος, *Περὶ τῶν ἐν Ἡρακλείτῳ*, 8**  
*(“Nothing has weight in truth, but only by position and law.”)*

Αυτό το απόσπασμα είναι **κρίσιμο** γιατί προαναγγέλλει δύο βασικές αρχές της σύγχρονης φυσικής:

* **Το βάρος εξαρτάται από τη θέση (θέσιν)**
  + Στη Νευτώνεια φυσική, η δύναμη της βαρύτητας εξαρτάται από την απόσταση RR από το βαρυτικό κέντρο και ακολουθεί τον νόμο: F=GmMR2F = \frac{G m M}{R^2}
  + Στη Γενική Σχετικότητα, η βαρύτητα προκύπτει από την **καμπυλότητα του χωροχρόνου**, η οποία εξαρτάται από τη θέση της μάζας.
* **Το βάρος εξαρτάται από τον νόμο (νόμον)**
  + Η εξήγηση της βαρύτητας εξαρτάται από το μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιούμε:
    - Στον **Νεύτωνα**, η βαρύτητα είναι δύναμη που δρα από απόσταση.
    - Στον **Αϊνστάιν**, η βαρύτητα είναι αποτέλεσμα της γεωμετρίας του χωροχρόνου.
    - Σε θεωρίες όπως η **κβαντική βαρύτητα βρόχων** ή οι **χορδές**, η βαρύτητα προκύπτει από διαφορετικές θεμελιώδεις αρχές.

Ορίστε η ελληνική μετάφραση της προηγούμενης απάντησής μου:

**Η Κινηματική του Επίκουρου και τα Κύρια Χαρακτηριστικά της**

1. **Τα άτομα πέφτουν φυσικά λόγω του βάρους τους**
   * Ο Επίκουρος υποστήριξε ότι όλα τα άτομα κινούνται προς τα κάτω λόγω της βαρύτητας (*βάρους ῥοπῇ*).
   * Αυτό προϋποθέτει μια φυσική, ομοιόμορφη κατεύθυνση κίνησης.
2. **Η *παρέγκλισις* επιτρέπει την αλληλεπίδραση**
   * Χωρίς μια ελάχιστη, αυθόρμητη απόκλιση (*παρέγκλισις*), τα άτομα δεν θα συγκρούονταν ποτέ.
   * Αυτή η έννοια εισάγει την μη-αιτιοκρατία (μη ντετερμινιστική κίνηση), επιτρέποντας τις αλληλεπιδράσεις.
3. **Η παρέγκλιση αποτρέπει την αιώνια ελεύθερη πτώση**
   * Αν τα άτομα έπεφταν μόνο κατακόρυφα, δεν θα μπορούσαν ποτέ να συνδυαστούν.
   * Η παρέγκλιση οδηγεί σε αλληλεπιδράσεις, συγκρούσεις και στη δημιουργία σύνθετων δομών.
4. **Τα βαρύτερα άτομα κινούνται ταχύτερα**
   * Ο Επίκουρος υποστήριξε ότι τα βαρύτερα άτομα κινούνται γρηγορότερα και έτσι αλληλεπιδρούν πιο συχνά.
   * Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την αριστοτελική φυσική, αλλά προοικονομεί μεταγενέστερες έννοιες μάζας και κίνησης.
5. **Η παρέγκλιση και η ελεύθερη βούληση**
   * Η παρέγκλιση εισάγει ένα στοιχείο τυχαιότητας, καθιστώντας το σύμπαν μη αυστηρά ντετερμινιστικό.
   * Αυτή ήταν η απάντηση του Επίκουρου στο πρόβλημα της αναγκαιότητας, επιτρέποντας την ύπαρξη ελεύθερης βούλησης.

**Η Πιθανή Χρήση Επικουρείων Ιδεών από τον Φιλόπονο**

Οι βασικές κριτικές του Φιλόπονου εναντίον του Αριστοτέλη – ιδιαίτερα σχετικά με την κίνηση – μπορούν να συνδεθούν με την επικουρείων καταβολών φυσική:

1. **Απόρριψη της Θεωρίας Κίνησης του Αριστοτέλη**
   * Ο Αριστοτέλης υποστήριζε ότι η κίνηση απαιτεί συνεχή εξωτερική ώθηση.
   * Ο Φιλόπονος, όπως και ο Επίκουρος, υποστήριξε ότι τα αντικείμενα έχουν μια εσωτερική αρχή κίνησης, που θυμίζει την έννοια της *παρέγκλισις* ως αυτοκαθοδηγούμενη κίνηση.
2. **Ομοιόμορπη Επιτάχυνση και Φυσική Κίνηση**
   * Ο Φιλόπονος ισχυρίστηκε ότι τα αντικείμενα πέφτουν με τον ίδιο ρυθμό, ανεξάρτητα από το βάρος τους, αντικρούοντας τον Αριστοτέλη.
   * Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη διδασκαλία του Επίκουρου ότι τα βαρύτερα άτομα κινούνται ταχύτερα, αλλά ευθυγραμμίζεται με τη γενικότερη επικουρείων αρχή της κίνησης που βασίζεται σε εσωτερικές ιδιότητες.
3. **Επιρροή στη Μετέπειτα Σκέψη**
   * Η θεωρία της ορμής του Φιλόπονου (που αργότερα εξελίχθηκε από τον Buridan) μοιάζει με το επιχείρημα του Επίκουρου ότι η ατομική κίνηση δεν απαιτεί συνεχή εξωτερική δύναμη.
   * Αν ο Φιλόπονος επηρεάστηκε έμμεσα από τις ιδέες του Επίκουρου, τότε οι απόψεις του θα μπορούσαν να έχουν λειτουργήσει ως μεταβατικό στάδιο προς τη μηχανική φυσική του Γαλιλαίου και του Νεύτωνα.

**Διάβασε ο Φιλόπονος τον Επίκουρο;**

Δεν υπάρχουν άμεσες αναφορές του Φιλόπονου στον Επίκουρο, αλλά είναι πιθανό να γνώριζε τις ιδέες του μέσω των εξής πηγών:

* **Στωικών και Νεοπλατωνικών σχολιαστών**, οι οποίοι διέσωσαν και απέρριπταν την επικουρείων φυσική.
* **Αριστοτελικών κριτικών**, όπου η επικουρείων φυσική θα είχε αναφερθεί ως αντίπαλη θεωρία.
* **Χριστιανικής θεολογίας**, η οποία είχε περίπλοκη σχέση με τον επικουρειανισμό λόγω της ατομικής θεωρίας και της απόρριψης της θείας πρόνοιας.

**Δημόκριτος, Επίκουρος και Φιλόπονος για την Κίνηση: Μια Ομαλή Απόκλιση, Όχι Τυχαιότητα**

**1. Ο Ατομισμός και η Κίνηση στον Δημόκριτο**

Ο Δημόκριτος (περ. 460–370 π.Χ.) διατύπωσε μία αμιγώς μηχανιστική θεώρηση του κόσμου:

* **Άτομα και Κενό:** Το σύμπαν αποτελείται από αδιαίρετα άτομα που κινούνται στο κενό.
* **Έμφυτη Κίνηση:** Τα άτομα κινούνται συνεχώς από τη φύση τους.
* **Απόκλιση ως Φυσική Ιδιότητα:** Η κίνηση δεν είναι εντελώς τυχαία, αλλά ακολουθεί μια δομημένη μορφή.
* **Σχηματισμός Κόσμων:** Η αλληλεπίδραση των ατόμων μέσω σταθερών κινήσεων δημιουργεί τα ουράνια σώματα.

**2. Ο Επίκουρος και η Ομαλή Παρέγκλιση**

Ο Επίκουρος (341–270 π.Χ.) εισήγαγε την ιδέα της παρέγκλισης:

* **Καθοδική Κίνηση:** Τα άτομα πέφτουν λόγω εγγενούς ιδιότητας.
* **Παρέγκλιση ως Ομαλή Απόκλιση:** Η κίνηση δεν είναι ξαφνική ή χαοτική αλλά μια ομαλή μεταβολή.
* **Εξασφάλιση Ελεύθερης Βούλησης:** Η παρέγκλιση εμποδίζει την απόλυτη ντετερμινιστική αλληλουχία γεγονότων.

**3. Ο Φιλόπονος και η Κινηματική**

Ο Ιωάννης Φιλόπονος (περ. 490–570 μ.Χ.) εισήγαγε καινοτομίες στη φυσική:

* **Αρχή της Ορμής:** Η κίνηση συνεχίζεται χωρίς συνεχή εξωτερική δύναμη (Newton).
* **Επιτάχυνση Πτώσης:** Όλα τα σώματα πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση (Galileo).
* **Κριτική της Αριστοτελικής Φυσικής:** Όπως και ο Επίκουρος, αμφισβήτησε την ανάγκη για "φυσικούς τόπους."

**4. Η Λατινική Παρερμηνεία της Παρέγκλισης**

* **Η ελληνική λέξη παρέγκλισις σημαίνει "απόκλιση" και όχι "τυχαία μεταβολή".**
* **Ο Λουκρήτιος πιθανώς ερμήνευσε την παρέγκλιση πιο στοχαστικά.**
* **Οι Ρωμαίοι, αν και γνώριζαν άριστα τα ελληνικά, δεν είχαν το ίδιο επίπεδο φυσικομαθηματικής σκέψης.**

Έτσι, η παρέγκλιση ίσως πρέπει να θεωρηθεί ως συνεχής μεταβολή της κίνησης και όχι ως στοχαστική παρέμβαση.

**4. Συγκριτικός Πίνακας: Ύλη, Βάρος και Βαρύτητα στον Ατομισμό**

| **Χαρακτηριστικό** | **Λεύκιππος & Δημόκριτος** | **Επίκουρος** | **Σύγχρονη Φυσική** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Φύση των Ατόμων** | Αδιαίρετα, διαφέρουν σε σχήμα & μέγεθος, κινούνται στο κενό. | Αδιαίρετα, έχουν βάρος και φυσική κίνηση προς τα κάτω. | Αποτελούνται από κβάρκ και ηλεκτρόνια, αλληλεπιδρούν μέσω δυνάμεων. |
| **Αιτία Κίνησης** | Τυχαία κίνηση προς κάθε κατεύθυνση, μηχανικές συγκρούσεις. | Φυσική πτώση + παρέγκλιση επιτρέπει τις συγκρούσεις. | Αδράνεια, βαρυτική έλξη, κβαντομηχανική αβεβαιότητα. |
| **Κενό (Χώρος)** | Απαραίτητο για την κίνηση, η κίνηση είναι αιώνια. | Το κενό είναι απαραίτητο, αλλά τα άτομα πέφτουν προς τα κάτω. | Ο χωροχρόνος είναι δυναμικός και καμπυλωμένος από τη μάζα. |
| **Βάρος των Ατόμων** | Δεν έχουν βάρος, η κίνηση είναι αιτιοκρατική. | Τα άτομα έχουν βάρος, το οποίο προκαλεί κίνηση προς τα κάτω. | Η μάζα είναι θεμελιώδης ιδιότητα, η βαρύτητα είναι καμπύλωση χωροχρόνου. |
| **Σχηματισμός Κόσμου** | Δίνη ταξινομεί τα άτομα και σχηματίζει κόσμους. | Η παρέγκλιση επιτρέπει τη δημιουργία κόσμων. | Big Bang, κοσμικός πληθωρισμός, δομή από τη βαρύτητα. |
| **Ελεύθερη Βούληση** | Όχι—όλα καθορίζονται από φυσική αναγκαιότητα. | Ναι—η παρέγκλιση εισάγει ελευθερία. | Η κβαντομηχανική υποδηλώνει θεμελιώδη απροσδιοριστία. |

**5. Συμπέρασμα**

* Ο Δημόκριτος και ο Λεύκιππος έθεσαν τις βάσεις για την υλιστική επιστήμη, απορρίπτοντας τις θεϊκές αιτίες.
* Ο Επίκουρος εισήγαγε το βάρος και την παρέγκλιση, προσπαθώντας να εξηγήσει την κίνηση και την ελεύθερη βούληση.
* Η σύγχρονη φυσική επιβεβαιώνει τη βασική ατομική θεωρία, αλλά διαψεύδει την **αδιαιρετότητα των ατόμων** και τη **φυσική πτώση των σωματιδίων**.
* Το πέρασμα από **τον αυστηρό αιτιοκρατισμό του Δημόκριτου** στη **μη αιτιοκρατία του Επίκουρου** προαναγγέλλει τη μετάβαση από τον **κλασικό ντετερμινισμό στη σύγχρονη κβαντομηχανική**.

**Δημόκριτος vs. Νεύτων και Αϊνστάιν**

| **Θεωρία** | **Δημόκριτος** | **Επίκουρος** | **Νεύτων** | **Αϊνστάιν** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Βαρύτητα** | Δεν υπάρχει. Η κίνηση προκαλείται από συγκρούσεις ατόμων. | Η βαρύτητα είναι εγγενής στα άτομα, προκαλεί πτώση. | GmMR2\frac{G m M}{R^2}, δύναμη εξ αποστάσεως. | Καμπύλωση χωροχρόνου. |
| **Εξάρτηση από τη θέση** | Όχι. Όλα τα άτομα κινούνται τυχαία στο κενό. | Ναι, το βάρος εξαρτάται από τη θέση. | Ναι, η δύναμη μειώνεται με το τετράγωνο της απόστασης. | Ναι, η βαρύτητα καθορίζεται γεωμετρικά από τη θέση των μαζών. |
| **Εξάρτηση από τον νόμο** | Όχι. Δεν υπάρχει μαθηματική σχέση για τη βαρύτητα. | Ναι, το βάρος ακολουθεί φυσικούς νόμους. | Ναι, η σχέση GmMR2\frac{G m M}{R^2} καθορίζει τη βαρύτητα. | Ναι, οι εξισώσεις πεδίου του Αϊνστάιν καθορίζουν τη γεωμετρία του σύμπαντος. |

Ο Δημόκριτος έχει εν δυνάμει την έννοια βαρύτητας όπως ο Επίκουρος. Ωστόσο, η φράση του **«οὐδὲν χρῆμα κατ’ ἀλήθειαν ἔχει βάρος, ἀλλὰ κατὰ θέσιν καὶ νόμον»** είναι εντυπωσιακά σύμφωνη με τη σύγχρονη φυσική, αφού:

* **Το βάρος εξαρτάται από τη θέση**, όπως στη Νευτώνεια (απόσταση) και Αϊνσταϊνική φυσική (θέση και καμυλότητα).
* **Η βαρύτητα εξαρτάται από τον νόμο**, δηλαδή από το μοντέλο που χρησιμοποιούμε για να την περιγράψουμε.

Αυτό δείχνει ότι η ατομική θεωρία είχε **φιλοσοφικές διαισθήσεις** που συνδέονται με τις θεμελιώδεις αρχές της σύγχρονης φυσικής!

**Ερμηνεία του κειμένου (Ελληνικά):**

Ο απόσπασμα από τον **Ψευδο-Πλούταρχο, Placita Philosophorum (883B, γραμμή 1)** συνοψίζει την **ατομική θεωρία του Επίκουρου**, περιγράφοντας τη φύση και την κίνηση των ατόμων.

**Μετάφραση:**  
*"Ο Επίκουρος θεωρούσε ότι τα σώματα είναι †ακαθόριστα† και ότι τα πρωταρχικά στοιχεία είναι απλά †· όλα τα σύνθετα σώματα που προέρχονται από αυτά έχουν βάρος. Τα άτομα κινούνται άλλοτε σε ευθεία γραμμή, άλλοτε με παρέγκλιση (παρέγκλισις), και εκείνα που κινούνται προς τα πάνω το κάνουν λόγω πρόσκρουσης (πληγή) ή παλμικής κίνησης (παλμός)."*

Το κείμενο αναφέρεται σε:

1. **Την κίνηση των ατόμων**: Κινούνται σε **ευθεία γραμμή**, αλλά και με **παρέγκλιση (παρέγκλισις)**, που εξηγεί τον ρόλο της τυχαιότητας και της ελεύθερης βούλησης στη φύση.
2. **Την επίδραση πρόσκρουσης και παλμού**: Ορισμένα άτομα κινούνται προς τα πάνω εξαιτίας **συγκρούσεων (πληγή)** ή **παλμικής κίνησης (παλμός)**, κάτι που δείχνει αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους μέσω μηχανικών δυνάμεων.

Αυτό το απόσπασμα είναι σημαντικό γιατί περιγράφει τη θεωρία της **παρέγκλισης** του Επίκουρου, που εισάγει την έννοια της τυχαιότητας στην κίνηση των ατόμων, διαφοροποιώντας τον Επίκουρο από την αυστηρά μηχανιστική θεώρηση του Δημόκριτου.

Newton does not explicitly reference John Philoponus (c. 490–570 AD) in the *Principia Mathematica* or his major works. However, Philoponus' critique of Aristotelian physics, particularly his ideas on impetus and the refutation of Aristotle's theory of motion, align with key aspects of Newtonian mechanics. There are indirect indications that Newton may have been influenced by Philoponus’ ideas, possibly through intermediary sources such as Galileo, Descartes, or medieval scholars like Buridan and Oresme.

**Possible Indirect Influence of Philoponus on Newton**

1. **Refutation of Aristotelian Physics**
   * Philoponus argued that an external force (impetus) continues to act on a body after the initial application, opposing Aristotle’s claim that motion ceases when the mover stops. This anticipates Newton’s **First Law of Motion** (inertia).
   * *Philoponus (Commentary on Aristotle’s Physics)*:
     + *“If something is moving, then there must be something in it that keeps it moving.”*
     + *“A projectile continues its motion after leaving the thrower’s hand because of an inherent force.”*
   * Newton’s **First Law**:
     + *“Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.”*  
       (“Every body perseveres in its state of rest or uniform motion in a straight line unless compelled to change that state by external forces.”)
2. **Free Fall and Acceleration**
   * Philoponus proposed that all bodies fall at the same rate in a vacuum, anticipating Galileo’s experiments.
   * Newton’s **Law of Universal Gravitation** builds on Galileo’s results, which, in turn, were influenced by Philoponus’ critique of Aristotle.

**Did Newton Read Philoponus?**

There is no direct citation of Philoponus in Newton’s works, but there are pathways through which Newton could have encountered his ideas:

* **Medieval Transmission**: Philoponus’ work influenced Islamic and Latin medieval scholars, including Buridan and Oresme, who discussed impetus theory.
* **Galileo’s References**: Galileo indirectly echoes Philoponus’ arguments against Aristotle in *Two New Sciences*, and Newton read Galileo extensively.
* **Jesuit and Scholastic Writings**: Newton was familiar with Scholastic philosophy, which preserved discussions of Philoponus' impetus theory.

**Conclusion**

Newton does not directly reference Philoponus, but the continuity of ideas—from Philoponus' critique of Aristotle, through medieval impetus theory, to Galileo—suggests an indirect intellectual link. Would you like references to secondary sources discussing Philoponus' influence on later physics?

1. Vettius Valens Astrol., Anthologiarum libri ix Page 314, line 22 καὶ γὰρ ὁ Ἥλιος μίαν μὲν μοῖραν ἡμερονυκτίῳ διέρχεται, ἀλλ' οὐχὶ τὰ αὐτὰ τοῖς τότε γεννωμένοις ἀποτελεῖ διὰ τὰς στιγμιαίας καὶ ὡριαίας παρεγκλίςεις., βλ. Page 342, line 11, Page 343, line 7, [↑](#footnote-ref-1)