

## ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΤΟΜΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ\*

ΙΩΑΝΝΗ Π. ΠΑΝΕΡΗ

Η δημοκρίτεια ορολογία δείχνει —στό βαθμό που μας σώθηκε και στο βαθμό που μπορέσαμε να την καταλάβουμε— πώς ο φιλόσοφος συνέλαβε την πραγματικότητα του κόσμου.

Η μελέτη χαρακτηριστικών όρων της ατομικής θεωρίας του Αβδηρίτη είναι πολλαπλά χρήσιμη στην έρευνα: 1) Μας βοηθά στον έλεγχο της παράδοσης της διδασκαλίας του. 2) Μας δείχνει, ως ένα βαθμό, την εξάρτηση και την πρωτοτυπία του. 3) Μας δίνει το βαθμό στον οποίο η ορολογία του —η γλώσσα του γενικότερα— μπόρεσε να εκφράσει το στοχασμό του. 4) Μας βοηθά στον εντοπισμό και, όσο μπορούμε, στη συστηματική προσέγγιση ή κάλυψη προβλημάτων ή κενών της θεωρίας του, που μπορεί να οφείλονται στην ελλιπή παράδοσή της, σε μια ιδιόρρυθμη φιλοσοφική δεοντολογία ή σε κάποιες αδυναμίες να εκφράσει αυτά που σκέφτηκε ή σε κάποιες άλλες αδυναμίες να δουλέψει ως τα έσχατα όρια τη θεωρία του. 5) Θέτει ξανά και προσπαθεί να προσεγγίσει ερμηνευτικά το πρόβλημα της εξέλιξης του δημοκρίτειου στοχασμού. 6) Πιο ειδικά θέτει ξανά και προσπαθεί να παλέψει το πρόβλημα κάποιας πιθανής αναθεώρησης της ατομικής θεωρίας του —πρόβλημα που πρώτος έθεσε ο καθηγητής Κ. Βουδούρης στην ανακοίνωσή του στο Α' Διεθνές Συνέδριο για το Δημόκριτο στην Ξάνθη τον Οκτώβριο του 1983<sup>1</sup>.

Α' Αρχίζουμε με τον όρο *ῥυθμός* ή *ῥυσμός*<sup>2</sup>. Εδώ ξαναπιάνουμε και προεκτείνουμε τον προβληματισμό παλιότερης εργασίας μας<sup>3</sup> προσθέτοντας πολλές νέες ερμηνευτικές προσεγγίσεις. Η έννοια *ῥυθμός* πιστεύουμε ότι έφτασε πρώτα στο Λεύκιππο και ύστερα στο Δημόκριτο ξεκινώντας όχι από τον Αισχύλο, όπου δήλωνε την μορφή των κυμάτων<sup>4</sup>, ούτε από την ηροδότεια ιδέα ότι η τροποποίηση των φοινικικών γραμμάτων από τους Έλληνες είναι μία *μεταρρυθμισίς*<sup>5</sup>, άρα αλλαγή σχήματος, όπως δέχονται οι Schroeder<sup>6</sup> και Freitz<sup>7</sup>. Πιστεύουμε ότι ο όρος *ῥυθμός* ήρθε στους πρώτους Ατομικούς από τη διδασκαλία του Πυθαγόρα, όπου ο *ῥυθμός*, εκτός από το μουσικό περιεχόμενό του, έχει και κοσμολογικό, σύμφωνα και με την πληροφορία του Ιππόλυτου: *Πυθαγόρας (...) τῶν ἑπτὰ ἄστρον πρώτος τήν κίνησιν εἰς ῥυθμόν καί μέλος ἀνήγαγεν*<sup>8</sup>. Υπέρ της άποψής μας αυτής συνηγορούν και τα εξής: 1) Στην πυθαγόρεια διδασκαλία ο *ῥυθμός* σημαίνει σχήμα και κίνηση στον κοσμολογικό τομέα· περίπου αυτά και άλλα ακόμα, όπως θα δούμε, σημαίνει ο όρος στο Δημόκριτο. 2) Η σχέση του Δημόκριτου με την πυθαγόρεια διδασκαλία και τους Πυθαγόρειους δίνει ένα ευρύτερο φάσμα συγγενειών: α) Παραλληλίζεται από τον Αριστοτέλη η δημοκρίτεια συμπλοκή των ατόμων με τη συμπλοκή των πυθαγόρειων αριθμών<sup>9</sup>, έτσι που βεβαιώνεται ό,τι σχετικό με την πυθαγόρεια δομή του κόσμου μας δίνει ο Ιππόλυτος<sup>10</sup>. β) Μαρτυρούνται σχέσεις του Δημόκριτου με Πυθαγορείους και μάλιστα με το Φιλόλαο<sup>11</sup>. γ) Έχει συγγραφεί από τον Αβδηρίτη ειδικό έργο με τον τίτλο *Πυθαγόρης*<sup>12</sup> και άλλο έργο με τον τίτλο *Περί ῥυθμῶν καί ἁρμονίας*<sup>13</sup>, στα οποία πρέπει να έλαβε υπόψη του τη σχετική πυθαγόρεια διδασκαλία.

Έτσι πιστεύουμε ότι ο Δημόκριτος τον όρο *ῥυθμός* τον πήρε από την πυθαγόρεια

διδασκαλία.

Ας δούμε το περιεχόμενο του όρου *ρυθμός* στο Δημόκριτο. Ο *ρυθμός*, η *τροπή*, και η *διαθιγή*<sup>14</sup> είναι αποδεκτές ως οι τρεις ιδιότητες των ατόμων (οι πρωταρχικές ιδιότητες, όπως ονομάστηκαν από τον Locke και μετά). Σύμφωνα με την ερμηνεία που επέβαλε ο Αριστοτέλης, ο *ρυθμός* σημαίνει *σχῆμα*, ενώ η *τροπή* σημαίνει *θέσις* και η *διαθιγή τάξις*<sup>15</sup>. Και οι τρεις ιδιότητες με την αριστετελική ορολογία χαρακτηρίζονται *συμβεβηκότα* από τον Αέτιο<sup>16</sup>.

Αναλύοντας τον όρο *ρυθμός* δεχόμαστε ότι σημαίνει πρώτα-πρώτα γενικά σχῆμα, με την έννοια δηλαδή ότι άλλο σχῆμα είναι το σφαιρικό, άλλο το πολυγώνιο, άλλο το κυβικό κ.λ.π.

Αφού όμως το σχῆμα, με την πιο πάνω έννοια, είναι αποτέλεσμα της δεδομένης δομής της ύλης μέσα στο άτομο, ο *ρυθμός* πρέπει να κλείνει ως όρος μέσα του κι αυτή τη σημασία, της εσωτερικής δομής της ύλης. Έτσι όμως ο *ρυθμός* από την ιδιότητα του ατόμου πάει να γίνει *ουσία*, να ταυτισθεί με το άτομο — αλλά στο πρόβλημα αυτό θα επανέλθουμε.

Ο *ρυθμός* σημαίνει ακόμα μέγεθος, αφού με την αυστηρή έννοια του σχήματος άλλο σχῆμα είναι, π.χ., ένα μικρό σφαιρικό άτομο και άλλο ένα μεγάλο σφαιρικό άτομο.

Ο Σιμπλίκιος σχολιάζοντας μαρτυρίες του Αριστοτέλη μας πληροφορεί: *παντοῖα σχήματα κατά μέγεθος διαφοραῖ*<sup>17</sup>. Οι διαφορές αυτές του μεγέθους πρέπει, πιστεύω, να εξειδικεύονται και στη διαφορά ως προς το μέγεθος ατόμων της ίδιας γενικής στο σχῆμα οικογένειας, όπως είπαμε πιο πάνω: π.χ στη διαφορά ενός μικρού και ενός μεγάλου σφαιρικού ατόμου.

Το μέγεθος στη συνέχεια συνεπάγεται βάρος, αφού τα άτομα είναι ομοούσια· έτσι π.χ. ένα μεγαλύτερο σφαιρικό άτομο είναι βαρύτερο από ένα μικρότερο σφαιρικό. Ο Αριστοτέλης θα πει: *βαρύτερόν γε κατά τήν ὑπεροχήν φησιν Δημόκριτος εἶναι ἕκαστον τῶν ἀδιαιρέτων*<sup>18</sup>. Το βάρος είναι πια παραδεκτό ως ιδιότητα των δημοκριτείων ατόμων και δεν αποτελεί επικούρεια επινόηση. Η πληροφορία του Αέτιου για το αντίθετο<sup>19</sup> συντρίβεται πια από το πλήθος πολύ πιο παλιών<sup>20</sup> μαρτυριών του Αριστοτέλη<sup>21</sup> και του Θεόφραστου<sup>22</sup> και ακόμα του Σιμπλίκιου<sup>23</sup>, που, μόλο που είναι πολύ μεταγενέστερος (του δού αιώνα μ.Χ.), διακρίνεται για το συνεπή σχολιασμό του στον Αριστοτέλη και για τις ακριβείς και πλούσιες πληροφορίες του και τα αποσπάσματα των Προσωκρατικών που μας διέσωσε. Η σύγχρονη έρευνα δε μπορεί πια ν'αμφισβητήσει με σοβαρά επιχειρήματα την παραδοχή του βάρους των ατόμων από το Δημόκριτο<sup>24</sup>.

Ως εδώ είδαμε ότι ο *ρυθμός* σημαίνει: 1) Εξωτερικό σχῆμα (π.χ. σφαιρικό, κυβικό κ.λ.π.). 2) Μέγεθος (π.χ. μικρότερο-μεγαλύτερο γενικά, μικρότερο σφαιρικό-μεγαλύτερο σφαιρικό κ.λ.π.). 3) Βάρος (π.χ. βαρύ-ελαφρό γενικά, βαρύτερο σφαιρικό-ελαφρότερο σφαιρικό κ.λ.π.). 4) Εσωτερική δομή της ύλης —δεδομένη μαζί με το άτομο—, ώστε να προκύψουν το σχῆμα, το μέγεθος και το βάρος με το πνεύμα που μιλήσαμε ως τώρα.

Συνέπεια όλων των παραπάνω είναι η κίνηση των ατόμων, μία ακόμα ιδιότητα που εκφράζει ο *ρυθμός*: Όταν το πρόγραμμα των κινήσεων ενός ατόμου συσσωρευτικά καθορίζεται παραδοσιακά από το βάρος του<sup>25</sup> στην προκοσμική κίνηση, το βάρ-

ρος προϋποθέτει τις πιο πάνω ιδιότητες του *ρhythμού* (δηλαδή: ύλη δομημένη, ώστε να έχει κάποιο σχήμα, κάποιο μέγεθος, κάποιο βάρος, ανάλογη κίνηση): ταῦτα (sc. τα άτομα) (...) κατά τήν ἐν αὐτοῖς βαρύτητα κινούμενα (...) διά τοῦ κενού<sup>26</sup>. Η παραδοχή της βαρύτητας επιβάλλει την αποδοχή της πτώσης στο κενό (θεωρία του Zeller)<sup>27</sup> και όχι την οριζόντια κίνηση (θεωρία του Brieger)<sup>28</sup> στην προκοσμική κίνηση.

Εδώ όμως μας αφήνουν ή συγκρούονται ή αμφισβητούνται οι αρχαίες πληροφορίες και πρέπει να επιχειρήσουμε μία ερμηνεία πέρ' από το σημείο που μας άφησαν ο Zeller και ο Hildebrandt.

Ο καθηγητής Μουρελάτος στο Α' Διεθνές Συνέδριο για το Δημόκριτο υποστήριξε ότι η κίνηση των ατόμων ακολουθεί αυστηρό μηχανιστικό και αιτιοκρατικό σύστημα και ότι το ρεπερτόριο των κινήσεων των ατόμων, που είναι μονάδες υλικές και μονάδες μορφής, προγραμματίζεται από το σχήμα και το μέγεθός τους<sup>29</sup>.

Εμείς δεχόμαστε τις απόψεις αυτές και μαζί τις αναγωγές και τις αναλύσεις που προτείνουμε: το σχήμα, το μέγεθος, το βάρος, η κίνηση και ακόμα η εσωτερική δομή της ύλης, κλείνονται στην έννοια του *ρhythμού*.

Ο Δημόκριτος σε αποσπάσματά του εννοεί με τον *ρhythμόν*, εκτός των άλλων, και τη δομή των ατόμων μέσα στα συγκρίματα (απ. 33 κ.α.). Πιστεύουμε ότι αναλογικά μπορούμε να δεχτούμε μία ανέκαθεν δομή απαραίτητης ποσότητας της ύλης μέσα στο άτομο, προσιτή μόνο στη νόηση (την *γνησίην γνώμην* θα έλεγε ο Αβδηρίτης), ώστε να προκύψουν το σχήμα, το μέγεθος, το βάρος, η προγραμματισμένη κίνηση. Έτσι ο *ρhythμός* δηλώνει ό,τι χρειάζεται για την ερμηνεία της συμπεριφοράς των ατόμων σύμφωνα με τις αρχές της ελαστικής κρούσης της μηχανιστικής φυσικής· δηλώνει ότι το άτομο είναι μονάδα υλομορφική: έχει ύλη+μέγεθος (=μάζα), βάρος+κίνηση (= ταχύτητα), μπορεί μηχανιστικά να υπολογισθεί η κινητική συμπεριφορά του (=ορμή). Με τα στοιχεία όμως αυτά (βαρύτης, *ροπή* ή *δρμή τῆς φορᾶς*) ξεκίνησε η νεότερη μηχανιστική ερμηνεία της κίνησης των σωμάτων (η "*vis inertiae*" του Newton Definitio III)<sup>30</sup>, που έχει τις αφετηρίες της στο Δημόκριτο, όπως κάπως ακαθόριστα υποστηρίζει ο Löbl<sup>31</sup>. Εμείς θα επιχειρήσουμε μία ερμηνεία της κίνησης των δημοκρεϊών ατόμων με βάση τις αρχές ορμής και κρούσης της μηχανιστικής φυσικής, γιατί πιστεύουμε, όπως θα φανεί στη συνέχεια, ότι αυτή ως ιδέα ήταν η κινητική συμπεριφορά των ατόμων σύμφωνα με τις πληροφορίες που έφτασαν ως εμάς και οι οποίες έδωσαν αφετηρίες στη νεότερη μηχανιστική φυσική για επαλήθευση και συνέχιση της δημοκρεϊας σύλληψης.

Αν δώσουμε με αριθμούς τη μάζα και την ταχύτητα των ατόμων, θα μπορέσουμε να υπολογίσουμε με ακρίβεια τις γωνίες απόκλισης και την ταχύτητά τους μετά την πρόσκρουση σε κάθε περίπτωση. Αρκεί να εφαρμόσουμε τις αρχές ορμής και ελαστικής κρούσης (στερεών) (όχι πλαστικής κρούσης) της μηχανιστικής - αιτιοκρατικής φυσικής, όπου έχουμε κυρίως τον εξής τύπο: ορμή=μάζα×ταχύτητα ( $j=mxu$ ).

Τη δυνατότητα μιας τέτοιας ερμηνείας μας δίνουν οι πληροφορίες του Θεόφραστου (*Περί αἰσθ.* 71, βλ. Löbl 186) και του Σιμπλίκιου (*Φυσ.* 693, 13 και 672, 12), όπου η *ροπή* και η *δρμή τῆς φορᾶς* εξαρτώνται από το μέγεθος και τη βαρύτητα, που σημαίνει από τη μάζα και την ταχύτητα, αφού βαρύτητα σημαίνει κίνηση. Ο Θεόφραστος (*Περί αἰσθήσ.* 71) μας πληροφορεί *τό γε βαρύ καί κοῦφον, όταν διορίζῃ τοῖς μεγέθεσιν, ἀνάγκη τά ἀπλᾶ πάντα τήν αὐτήν ἔχειν δρμήν τῆς φορᾶς, ὥστε μιᾶς τινός*

ἂν ὕλης εἶη καὶ τῆς αὐτῆς φύσεως. Καὶ ὁ Σιμπλίκιος (φυσ. 693, 13): πάντα (...) μίαν ἔξει φυσικὴν ῥοπὴν, ἢ πλείω ἢ ἐλάττω ταύτην, οὐ μὴν διάφορον κατ' εἶδος, εἴπερ ἔν τὸ ὑποκείμενον. (Οπ. 679, 19:) εἰ δέ μή αἱ ῥοπαὶ τοῖς σώμασιν εἰσιν αἰτίαι τῆς κινήσεως τῆς ἐν τῷ κενῷ, οὐδ' ἂν κινοῖτο τὴν ἀρχὴν ἐν τῷ κενῷ τὰ σώματα.

Απὸ τα πιο πάνω προκύπτει ὅτι «ορμή» τῆς Μηχανιστικῆς Φυσικῆς εκφράζει τὴν ῥοπὴν ἢ ὄρμην τῆς φορᾶς τῶν ατόμων, που ενυπάρχει σ' αὐτὰ (πρβλ. Newton: vis inertiae), καὶ εξαρτάται ἀπὸ τὸ μέγεθος καὶ τὸ βάρος τους, δηλαδὴ ἀπὸ τὴ μάζα τους καὶ ἀπὸ τὴν ταχύτητά τους (ὄρμην πλείω ἢ ἐλάττω), συνάρτηση καὶ αὐτὴ τῆς μάζας τῶν ατόμων. Ἀπὸ τις πιο πάνω πληροφορίες στὴν πρώτη ἢ ὄρμη τῆς φορᾶς σημαίνει, πιστεύω, ἐιδικότερα ταχύτητα, στὴ δευτέρη καὶ στὴν τρίτη σημαίνει «ορμή» ὅπως στὴ Μηχανιστικὴ Φυσικὴ. Εφαρμογές με σχήματα καὶ ἀριθμοὺς θὰ δώσουμε πιο κάτω, στὴ μελέτη τοῦ δῖνου, που εἶναι πιο πρόσφορος γιὰ τὴ μελέτη τῆς κινητικῆς συμπεριφορᾶς τῶν ατόμων καὶ τὴν επαλήθευση τῆς δημοκρίτειας μεταφυσικῆς σύλληψης.

Ὁ ρυθμός, συμπεραίνουμε, εἶναι ἕνας φοβερὰ δυναμικὸς ὅρος, ὅπως τὸν χρησιμοποιεῖ ὁ Δημόκριτος. Πιο περιεκτικὰ εἶναι: ὕλη + κίνηση προγραμματισμένη μηχανιστικὰ καὶ αιτιοκρατικὰ.

Μέσα στὸν δῖνον ἡ συμπεριφορὰ τῶν ατόμων καθορίζεται ἐπίσης ἀπὸ τὸν ρυθμόν, δηλαδὴ τις διαδικασίες ορμῆς καὶ κρούσης που θὰ δούμε πιο κάτω.

Πιο απλά: ἡ λειτουργία τοῦ ρυθμοῦ τῶν ατόμων ὕστερ' ἀπὸ μίαν σειρά ορμῶν καὶ κρούσεων μέσα στὸν δῖνον θὰ ὁδηγήσει τὰ ἄτομα σὲ κάποια σημεία, ὅπου αναγκαστικὰ θὰ σταματήσουν «χτισμένα» στὸ «σωρό» τῶν ατόμων· ἡ στάση (τροπή: ὀρθιο, πλαγιαστό κ.λ.π.) καὶ ἡ σειρά (= διαθιγή: στὴ βάση τοῦ «σωροῦ», στὴν κορυφή, στὸ κέντρο, ὅπου αλλοῦ μέσα στὸ σύκριμα τῶν ατόμων) που θὰ πάρει τὸ ἄτομο θὰ εξαρτηθοῦν ἀπὸ τὸν ρυθμόν τοῦ πάλι (ἀπὸ τὸ βάρος, τὸ σχῆμα τοῦ καὶ τὴν κίνησή τοῦ), καθὼς θὰ ἔχει παλέψει τὸ ἄτομο με τὰ ἄλλα μέσα στὸν δῖνον. Μέσα στὸν δῖνον ἐτσι εμφανίζονται ἡ τροπή καὶ ἡ διαθιγή τῶν ατόμων. Ὅμως οἱ δύο αὐτὲς ιδιότητες εἶναι ἀπόρροιες τοῦ ρυθμοῦ: Μέσα στὴν ποικιλία τῶν ατόμων ἕνα βαρὺ ἄτομο θὰ κατέβει χαμηλὰ, ἕνα ελαφρὸ θ' ανυψωθεῖ ἢ θὰ εκτιναχθεῖ στὸ κενό. Δύο ὅμοια ἄτομα θὰ πάνε μαζί, δύο ἀνόμοια θὰ χωρίσουν κ.λ.π. Ἄρα ἡ τροπή καὶ ἡ διαθιγή εἶναι συνέπειες τοῦ ρυθμοῦ. Δηλαδὴ οἱ συμπεριφορές τοῦ ατόμου ὡς τροπή καὶ διαθιγή καθορίζονται ἀπὸ τὸν ρυθμόν τοῦ, καθὼς τὸ ἄτομο υπακούοντας μηχανιστικὰ καὶ αιτιοκρατικὰ στὸν ρυθμόν τοῦ σὲ κάθε μίαν ἀπὸ τις ἀπειρες θέσεις καὶ διατάξεις τοῦ εἶναι αναγκασμένο νὰ συμπεριφερθεῖ μόνο ὅπως συμπεριφέρθηκε. Ἐτσι ὁ ρυθμός καθορίζει τὴν τροπήν καὶ τὴν διαθιγήν.

Ἡ τροπή καὶ ἡ διαθιγή εἶναι ἀπειρες γιὰ διαφορετικὰ συγκρίματα γιὰ τὸ ἴδιο ἄτομο· δὲν ἀποτελοῦν μόνιμες ιδιότητες τοῦ ατόμου αὐτὲς καθ' ἑαυτὲς, παρὰ μόνο ἀν αξιολογηθοῦν ὡς συνέπειες τοῦ ρυθμοῦ. Ἐτσι ἡ τροπή καὶ ἡ διαθιγή ἀλλάζουν σὲ κάθε περιπλοκήν. Ὁ ρυθμός ὅμως εἶναι πάντοτε ὁ ἴδιος γιὰ τὸ ἴδιο ἄτομο ὡς δομημένη ὕλη με σχῆμα, μέγεθος, βάρος, κίνηση αιτιοκρατικὰ καὶ μηχανιστικὰ προγραμματισμένη. Αὐτὴν τὴν προγραμματισμένη κινούμενη, σχηματισμένη καὶ σχηματοποιῶ ὕλη ἤθελε ν' ἀποδώσει ὁ Δημόκριτος με τὸν ρυθμόν (ἀπὸ τὸ ῥέω, ἀπὸ ὅπου καὶ ῥύμη = ορμή, φορὰ σώματος, ἀφοῦ ὁ ρυθμός καὶ γιὰ τὸν Πλάτωνα (Νόμ. 665 a) ὀρίζεται: ἢ τῆς κινήσεως τάξις).

Αν δεχτούμε ότι ο *ρυθμός* (ως σχήμα, μέγεθος κλπ.) δεν μπορεί να νοηθεί παρά μόνο ως ανέκαθεν δομημένη ύλη, δομημένη διαφορετικά για κάθε άτομο, αλλά με αποκλειστικότητα για το ίδιο άτομο, τότε ο *ρυθμός* καλύπτει ή εγγίζει την *ουσίαν* του ατόμου, παύει να είναι *συμβεβηκός*. Αντίθετα, αν εννοήσουμε τον *ρυθμόν* μόνο ως εξωτερική μορφή<sup>32</sup> ξεκομμένη από την ύλη, τότε προσκρούουμε στις μαρτυρίες που θα δούμε πιο κάτω, όπου ο *ρυθμός* (και συνωνυμικά η *ιδέα* ή το *σχήμα*) δένουν —για να το πω έτσι— το περίβλημα με το περιβαλλόμενο και δε δίνουν σχήματα κενά από ουσίαν. Ο Δημόκριτος «είδε» τα άτομα ως μάζα (μορφοποιημένη ύλη και στη συνέχεια μορφοποιό). Αυτή την έννοια είχε ο *ρυθμός*.

Έφτανε, μπορούμε να πούμε, ο Δημόκριτος ν' αποκαλέσει τα άτομα *ρυθμούς*, χωρίς η υπόλοιπη κοσμογονική διαδικασία να μειωθεί. Κάτι τέτοιο όμως δε μπορούσε ή δεν έπρεπε να οδηγήσει στην κατάργηση της πιο μεγάλης επινόησής του, του όρου *άτομον*.

Συμπεραίνουμε ότι αρχικά ο Δημόκριτος απέδωσε στα άτομα τις τρεις ιδιότητες, τον *ρυθμόν* την *τροπήν* και την *διαθιγήν*. Προχωρώντας όμως όλο και ανακάλυπτε τις πολλαπλές δυνατότητες του *ρυθμού*, ώστε, αναθεωρώντας μερικά τη θεωρία του, έφτασε στο σημείο να ονομάζει τα άτομα συνωνυμικά *ρυθμούς*, παραμερίζοντας ως παροδικές ιδιότητες, *συμβεβηκότα*, την *τροπήν* και την *διαθιγήν*. Υπέρ της άποψής μας αυτής συνηγορεί το πλήθος των περιπτώσεων, όπου το άτομο ονομάζεται, σύμφωνα με τις αρχαίες πληροφορίες, συνωνυμικά *ρυθμός*, ή *σχήμα* ή *ιδέα* (= μορφή), ενώ ποτέ το άτομο δεν ονομάζεται *τροπή* ή *διαθιγή*. Ένδεικτικά αναφέρουμε: *διά παντός δύνασθαι διαδύνειν τούς τοιούτους ρυθμούς* (Αριστοτ. *Περί ψυχ.* 403 b 28, L 443), *τά πρώτα σχήματα* (Αριστοτ. *Περί άναπν.* 471 b, 30, L 445), *ποιήσαντες τά σχήματα* (Αριστοτ. *Περί γενέσ. κ. φθορ.* 315 b, 6, L 240) *ιδέα* = *τό ελάχιστον σῶμα* (Ησύχιος, L 198), *δῖνον (...)* *παντοίων ιδεῶν* (Σιμπλ. *Φυσ.* 327, 24, L 288).

Χαρακτηριστικά ο όρος *άτομον* γίνεται επιθετικός προσδιορισμός στη συνώνυμη του *ρυθμού* *ιδέαν*: *σφαιρικάς ιδέας* (Αέτιος VII 3, 5, L 198), *άτόμους ιδέας* (Πλούτ. *Πρός Κολώτ.* 8 p. 1110, F, L 198).

Την πιο πάνω πρόταξη του *ρυθμού* και των συνωνύμων του (*σχήμα*, *ιδέα*), τήν συνωνυμική ταύτισή του με το άτομο και την έκφραση με τον *ρυθμόν* της πολλαπλής κοσμικής διαδικασίας που επιχειρήσαμε να παρουσιάσουμε πρέπει να θεωρήσουμε ως μερική αναμόρφωση της θεωρίας του Δημόκριτου ή μερική αναθεώρηση. Η αναθεώρηση αυτή μπορεί να αναπτυσσόταν στα έργα του Αβδηρίτη «*Περί τῶν διαφερόντων* (ή διαφόρων ή διαφορῶν) *ρυσμῶν*» (Διογ. Λ. IX 47), «*Περί άμειψιρυσμιῶν*» (Διογ. Λ. όπ.) και «*Περί ιδεῶν*» (Σέξτ. *Πρός Μαθημ.* VII 137 = DK 6 = L XVI).

Β' Έτεῆ<sup>33</sup>. Η χρήση της δοτικής (*έτεῆ*) είναι δημοκρίτεια επινόηση: «*έτεῆ*» καλεῖ παρά τό «*έτεόν*», *ῶπερ άληθές δηλοῖ, ποιήσας τοῦνομα*<sup>34</sup>. Επίσης η δοτική νόμω είναι δική του επινόηση, για να δηλώσει τη συμβατικότητα του κόσμου του γίνεσθαι: *τό γάρ δή «νόμω» ταυτό βούλεται τῶ οῖον «νομιστί» καί «πρός ήμᾶς», οὔ κατ' αὐτῶν τῶν πραγμάτων τήν φύσιν*<sup>35</sup>. Κάτω από τό *έτεῆ* συστεγάζονται το *άτομον*, που είναι δέν, και το κενόν, που είναι μηδέν, αλλά έχει μία ιδιόρρυθμη ύπαρξη (για την οποία διαμαρτύρεται ο Αριστοτέλης)<sup>36</sup>. Έχουμε λοιπόν: «*νόμω γάρ χροιή, νόμω γλυκύ κ.λ.π. έτεῆ δ' άτομα καί κενόν*»<sup>37</sup>. Αν αληθεύει η πληροφορία του Σιμπλίκιου που σχολιά-

ζει τον Αριστοτέλη, ο Δημόκριτος χαρακτήρισε οὐσίαν και ὄν μόνο το ἄτομο: προσαγορεύει δέ (...) τῶν δέ οὐσιῶν ἐκάστην τῷ τε δένι καί τῷ ναστῷ καί τῷ ὄντι<sup>38</sup>. Πουθενά αλλοῦ το κενόν δεν χαρακτηρίζεται οὐσία ἢ ὄν ἢ εἶναι εκτός από το απόσπασμα DK 156, όπου ο Πλούταρχος επικρίνει τον Κολώτη: ὁ Κολώτης ἐσφάλῃ περί λέξιν τοῦ ἀνδρός, ἐν ἣ διορίζεται μή μᾶλλον τό δέν ἢ τό μηδέν εἶναι. Πιστεύω ὅτι η πιο πάνω συστέγαση των ατόμων και του κενού κάτω από το εἶναι (και ὅποια ἄλλη τυχόν μας διαφεύγει) δεν εκφράζει το Δημόκριτο, ὅτι αποτελεί περιπατητικό ἀπόηχο ἢ πιο πάνω χρήση του εἶναι και ὅτι ο Αβδηρίτης δεν τόλμησε να χαρακτηρίσει το κενόν ως οὐσίαν ἢ εἶναι, ἀλλά ως μία πραγματικότητα νοητή μόνο σε συσχέτιση με τα ἄτομα. Ἐτσι δικαιολογεῖται η σκόπιμη, πιστεύω, ἀποφυγή του ὄρου εἶναι και η ἀντικατάστασή του από τον ὄρο ἐτεῖῃ (= ἀληθῶς, πραγματικῶς)<sup>39</sup>, που εἶναι τόσο συχνός σε γνήσια γνωσιολογικά και οντολογικά ἀποσπάσματα του<sup>40</sup>, επειδή το κενόν δεν μπορούσε, να θεωρηθεῖ αυτοτελῆς οὐσία. Επισημαίνει ο Πλούταρχος ὅτι το κενόν ἔχει μία ιδιόρρυθμη δική του ὑπαρξη —συνάρτηση των ατόμων συμπληρώνουμε εμεῖς: τούτου (sc. του κενού) φύσιν τινά καί ὑπόστασιν ἰδίᾳ ἔχοντος<sup>41</sup>. Ἐνώ τα ἄτομα δεν ἔχουν κάποια φύση, εἶναι η φύση: ταῦτα γάρ (sc. τα ἄτομα) ἐκεῖνοι φύσιν ἐκάλουν<sup>42</sup>.

Ἄν κριθεῖ οντολογικά το κενόν ισχύουν τα σχόλια του Αλεξάνδρου<sup>43</sup> στα *Μετά φυσικά* του Αριστοτέλη, όπου μιλά για το Δημόκριτο: τό κενόν μή ὄν (...) τό γάρ κενόν οὐ σῶμα. Τελικά: Ο Δημόκριτος υποχρεωμένος να πάρει μια θέση ἀπέναντι στο παρμενίδειο εἶναι, να φτιάξει τον κοσμο του από ἄτομα καί κενόν, βγήκε, πιστεύουμε, από το πιο πάνω οντολογικό ἀδιέξοδο συστεγάζοντας προσεκτικά τα ἄτομα και το κενόν ὄχι κάτω από το εἶναι ἀλλά κάτω από το ἐτεῖῃ. Ὡστόσο νομίζουμε ὅτι ο ὄρος ἐτεῖῃ δίνει στα ἄτομα λιγότερα ἀπ' ὅσα οντολογικά τους ἀνήκουν και στο κενόν περισσότερα. Το ἴδιο φυσικά συμβαίνει και με την ἀπόδοση του ὄρου ως ἀλήθεια ἢ πραγματικότητα.

Γ' Δῖνος. Ὡς ὄρος και ως νόημα —στις γενικές του γραμμές— ἔχει τη γνωστή προδημοκρίτεια παράδοση<sup>44</sup>. Ἴδια και ο ὄρος —ἀρχή ὁμοιον-ὁμοίω<sup>45</sup>. Η ελλιπής παράδοση της ἀρχαίας ἀτομικής θεωρίας και, ὅπως πιστεύουμε, και η ελλιπής ἐπεξεργασία ἀπό το Δημόκριτο των ὄρων δῖνος<sup>46</sup> και ὁμοιον-ὁμοίω<sup>47</sup> ἔχουν οδηγήσει στην ποικιλία των ἐρμηνειῶν σχετικά με την ἐναρξη, το σχῆμα του δίνου, την κίνηση των ατόμων μέσα στον δῖνον καθώς και στη λειτουργία μέσα σ' αὐτόν της ἀρχῆς ὁμοιον-ὁμοίω<sup>48</sup>.

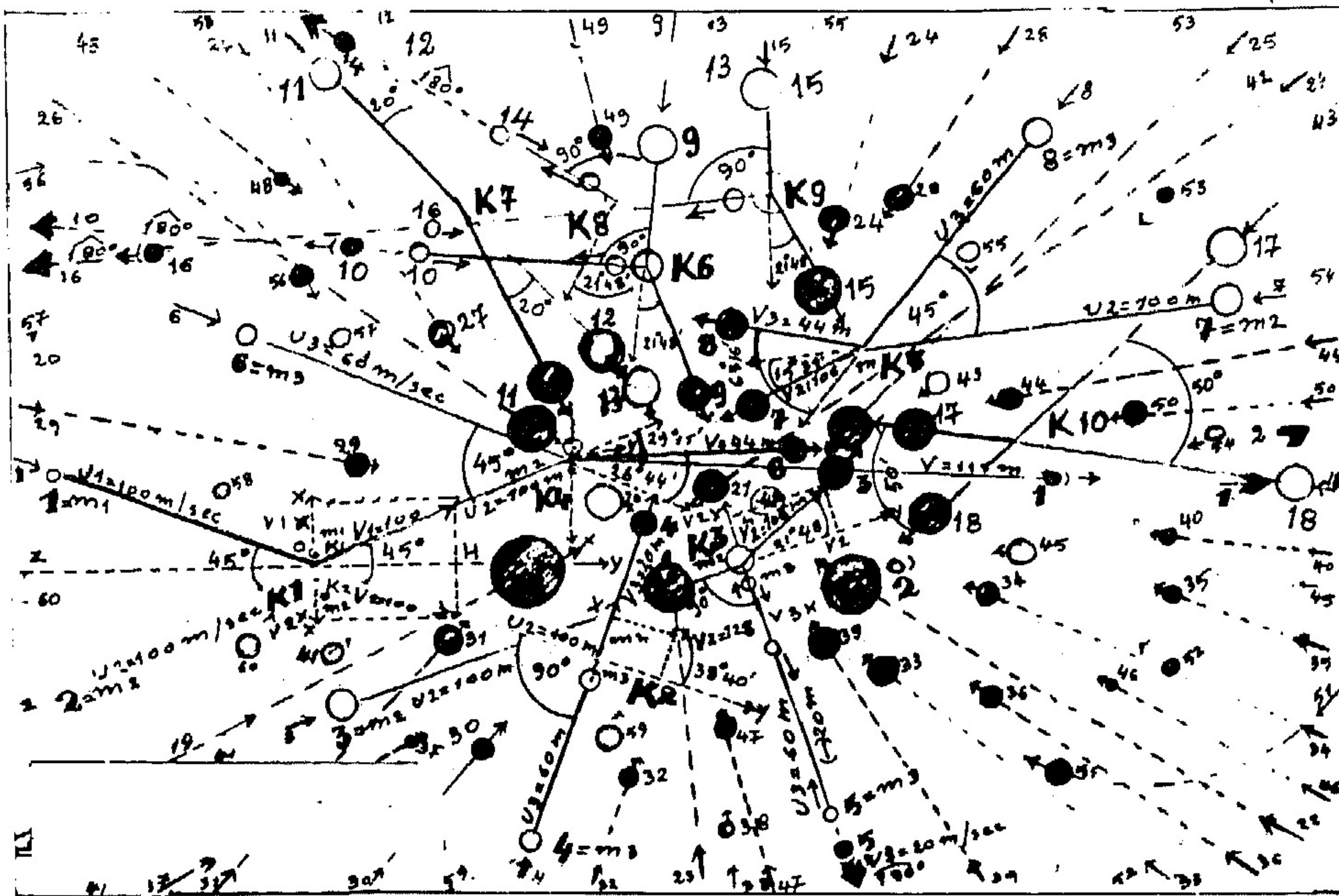
Ἀπό τις πληροφορίες, λίγες και ἀντιφατικές, που ἔχουμε<sup>49</sup> προκύπτει γενικά, ἀκαθόριστα και συγκεχυμένα ὅτι μέσα στον δῖνον λειτουργοῦν: 1) το βάρος των ατόμων, που τα οδηγεί προς το κέντρο του, και 2) η ομοιότητά τους, που τα συνδέει μεταξύ τους.

Ἄν ληφθεῖ ὑπ' ὄψη ξεχωριστά το βάρος και ξεχωριστά η ομοιότητα των ατόμων, τότε προκύπτει το ἐρώτημα: Πως θα μπορέσουν να φτάσουν στο μέσο —ἢ περίπου στο μέσο— του δίνου ἄτομα με μεγάλο βάρος, ἀλλά διαφορετικό σχῆμα, ἢ γιατί ὁμοια ἄτομα πάνε μαζί (ἔστω και στις παρυφές, ἀν εἶναι μικρά και δεν ἐκτιναχθοῦν στο κενό). Νομίζω ὅτι η ὑπαγωγή του βάρους και του σχήματος στον ῥυθμόν των ατόμων μας βοηθά να δώσουμε μια ἐρμηνεία: Δηλαδή ο ῥυθμός του ατόμου (ως σχῆμα, βάρος, κίνηση) ἐπιβάλλει αιτιοκρατικά και μηχανιστικά την τροπήν και την

διαθιγὴν που θα πάρει το άτομο ὕστερ' ἀπὸ τις συγκρούσεις μέσα στον δῖνον.

Πιο διεξοδικά: Σε κάποια περιοχή του απείρου χώρου («ἀποτομήν (...) ἀπὸ τοῦ ἀπείρου»<sup>50</sup>) βρέθηκε μία συστάδα ατόμων. Αυτὴ ἡ συστάδα, σαν ν' ἀποτελεῖ μάζα, ἔλκει ὅσα άτομα βρίσκονται σε κάποια ἀπόσταση ἀπὸ αὐτήν. Τα ἐλκόμενα άτομα ἀναγκασμένα ἀπὸ τὴ βαρῦτητά τους (ἀπὸ τον ῥυθμὸν τους: μάζα-βάρος-κίνηση) εἰσπορμούν στη συστάδα καὶ ἀρχίζει ὁ δῖνος με τις συγκρούσεις («στασιάζειν»: Ἀριστοτέλης<sup>51</sup>).

Στο σχῆμα που ἐκπονήσαμε δίνουμε μὴ φάση, ἀναγκαστικὰ τῆς ἀρχῆς, του δῖνου, ὅπου ταυτόχρονα, ὑπακούοντας στον ῥυθμὸν τους καὶ στη μηχανιστικὴ αἰτιότητα τῆς ἐλαστικῆς κρούσης που εἶδαμε (Ὁρμὴ = μάζα × ταχύτητα:  $j = mxu$ ), εἰσπορμούν ἐλκόμενα ἀπὸ τὴ συστάδα των ατόμων (μάζα) καὶ συγκρούονται άτομα με διάφορες συνθήκες. Δίνουμε πρῶτα περιγραφικὰ τις κρούσεις (K) καὶ ὕστερα με υπολογισμοὺς ἀκριβεῖς. Τα άτομα μετὰ τὴν κρούση βρίσκονται πᾶνω στὴν ἀκριβῆ τροχιά τους, ὄχι ὅμως καὶ στὴν ἀκριβῆ ἀπόσταση ἀπὸ τὸ σημεῖο κρούσης, γιατί θα κάλυπταν τα σημεῖα ὅπου σημειώνουμε τους υπολογισμοὺς· σ' αὐτὸ μας οδήγησε τὸ ἀδιαχώρητο του σχήματος. Πάντως καὶ οἱ ταχύτητες γράφονται με ἀκρίβεια.



ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΙΝΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΥ (ΚΑΤΑ Ι. ΠΑΝΕΡΗ)

- 1) K: κρούση, 2) M: μάζα του ατόμου, 3) U: ταχύτητα πριν από την κρούση, 4) V: ταχύτητα μετά την κρούση, 5) X: άξονας των x ή διάκεντρος, 6) k1, k2: κέντρα των σφαιρών, 7) y: άξονας κάθετος στον x, 8) O: θέση από την οποία πέρασε το άτομο που συγκρούστηκε, 9) I: τροχιά ατόμων που εκτινάσσονται «εις τό ἔξω κενόν».

α) *Πρώτη κρούση (K1): Περιγραφή.* Τα άτομα 1(m2) και 2(m2) με ίση μάζα ( $m_1=m_2$ ) και ταχύτητα ( $v_1=v_2=100\text{m/sec}$ ) συγκρούονται πλάγια (γωνία  $45^\circ$  εδώ). Μετά την κρούση οι ταχύτητες δεν αλλάζουν ( $V_1=V_2=100\text{m/sec}$ ) και τα άτομα 1 και 2 εκτρέπονται σχηματίζοντας με την τροχιά τους και πάλι γωνία  $45^\circ$ , κατά κορυφήν ως προς τη γωνία πρόσπτωσης· η ΖΗ διχοτομεί και τις δύο γωνίες.

*Απόδειξη:* Στην πλάγια ελαστική κρούση κατά τον άξονα Y (ZH) τον κάθετο στον άξονα X, στη διάκεντρο K1K2, όπου K1 και K2 αντίστοιχα τα κέντρα των δύο σφαιρών 1 (m1) και 2 (m2), οι ορμές των σφαιρών διατηρούνται σταθερές, επειδή οι δυνάμεις κρούσης αναπτύσσονται μόνο κατά τον άξονα OX (δηλαδή τη διάκεντρο K1K2) και οι σφαίρες είναι λείες (ελαστική κρούση). Έτσι  $U_{1y}=V_{1y}$  και  $U_{2y}=V_{2y}$  (δηλαδή κατά τον άξονα y οι ταχύτητες μετά την κρούση δεν άλλαξαν). Σύμφωνα με το θεώρημα διατήρησης της ορμής ( $\vec{j}=m \times \vec{v}$ ) κατά τον άξονα OX έχουμε  $m_1u_{1x}+m_2u_{2x}=m_1V_{1x}+m_2V_{2x}$  (εξίσωση 1). Ο συντελεστής κρούσης (K, που στην ελαστική κρούση ισούται με 1):

$$K = - \frac{V_{1x}-V_{2x}}{U_{1x}-U_{2x}}$$

(εξίσωση 2, που προκύπτει από την αρχή διατήρησης της κινητικής ενέργειας και μετά την ελαστική κρούση).

Έχουμε  $V_{1x} = U_{2x}$ ,  $V_{2x} = U_{1x}$  (οι σφαίρες μετά την κρούση αντάλλαξαν την ταχύτητά τους). Επειδή οι συνιστώσες  $V_{1x} = V_{2x}$  και  $V_{1y} = V_{2y}$ , έχουμε  $V_1 = V_2$  (βλ. και το σχήμα στην κρούση K1).

β) *Δεύτερη κρούση (K2): Περιγραφή:* Το άτομο 2 (m2) συνεχίζοντας την κίνησή του μετά την πρώτη κρούση (K1) με ταχύτητα  $100\text{m}$  ( $u_2=100\text{m/sec}$ ) συγκρούεται στο σημείο K2 με γωνία  $90^\circ$  με το άτομο 4 (m3), που κινείται με ταχύτητα  $60\text{m}$  ( $U_3=60\text{m/sec}$ ) και είναι σε μάζα διπλάσιο από το άλλο ( $m_3 = 2m_2$ ). Μετά την κρούση το άτομο 4 θα συνεχίσει την κίνησή του στην ίδια κατεύθυνση με ταχύτητα ( $V_3$ )  $20\text{m/sec}$ , ενώ το άτομο 2 θα αποκλίσει από την αρχική του διεύθυνση κατά  $38^\circ 40'$  και θα κινείται τώρα με ταχύτητα ( $V_2$ )  $128\text{m/sec}$  (σύμφωνα και με το σχήμα εκτινάσσεται στο «έξω κενόν»).

*Απόδειξη:* α) Στον άξονα X έχουμε την εξίσωση (1)  $m_3U_{3x} + m_2 \cdot 0 = m_3V_{3x} + m_2V_{2x}$ ,  $2m_2U_{3x} = 2m_2V_{3x} + m_2V_{2x}$ ,  $2U_{3x} = 2V_{3x} + V_{2x}$ , β) Συντελεστής κρούσης:

$$K = - \frac{V_{3x}-V_{2x}}{U_{3x}-U_{2x}},$$

$$\text{Δηλαδή } 1 = - \frac{V_{3x}-V_{2x}}{U_{3x}-U_{2x}} \Rightarrow 1 = - \frac{V_{3x}-V_{2x}}{U_{3x}}, U_{3x} = -V_{3x}+V_{2x} \cdot 2$$

(εξίσωση 2).

Αφαιρούμε κατά μέλη την (2) από την (1):

$$U_{3x}=3V_{3x} \Rightarrow V_{3x} = \frac{U_{3x}}{3} = \frac{60}{3} = 20\text{m/sec}$$

(μετά την κρούση ταχύτητα του σώματος  $m_3$  (άτομο 4) στην ίδια κατεύθυνση).

$$V_{2x}=U_{3x}+V_{3x}=U_{3x} + \frac{U_{3x}}{3} + \frac{4U_{3x}}{3} = 4 \frac{60}{3} = 80 \text{ m/sec},$$

$$V_2' = \sqrt{V_2^2 + V_{2x}^2} = \sqrt{80^2 + 100^2} = \sqrt{6.400 + 10.000} = \sqrt{16.400} \approx 128\text{m/sec}$$



(ταχύτητα του ατόμου 2 (m2) μετά την κρούση με τη μέγιστη προσέγγιση (=) που δίνουν οι αριθμοί).

$$\epsilon\phi\phi. = \frac{80}{100} = 0,8 \Rightarrow \phi \approx 38^\circ 40'$$

(απόκλιση του ατόμου 2 (m2) από την αρχική διεύθυνση).

γ) Τρίτη κρούση (K3). Περιγραφή: Τα άτομα 3 (m2) και 5 (m3) έχουν το πρώτο διπλάσια μάζα από το δεύτερο (m2 = 2m3), ταχύτητες αντίστοιχα 100m/sec και 60m/sec και συγκρούονται με γωνία 90°. Μετά την κρούση το άτομο 3 (m2) αποκτά ταχύτητα (V12) 106m/sec (με μέγιστη προσέγγιση: =) και εκτροπή 21° 48', ενώ το άτομο 5 (m3) εκτρέπεται με γωνία 180° (κινείται ακριβώς στην αντίστροφη κατεύθυνση) και με ταχύτητα 20m/sec – εκτινάσσεται κι αυτό στο «έξω κενόν».

Απόδειξη: Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ορμής πάνω στον άξονα των X έχουμε την εξίσωση (1): m3U3x + m2.0 = m3V3x + m2V2x, m3U3x = m3V3x + 2m3V2x, U3x = V3x + 2V2x. Και από το συντελεστή κρούσης:

$$K = - \frac{V3x - V2x}{U3x - U2x} \Rightarrow 1 = - \frac{V3x - V2x}{U3x}, U3x = -V3x + V2x \quad (2).$$

Προσθέτουμε κατά μέλη τις (1) και (2) και έχουμε:

$$V2x = \frac{2}{3} U3x = \frac{2}{3} 60 = 40\text{m/sec}$$

ταχύτητα του m2 στον άξονα των X).

Από την εξίσωση (2), αν αντικαταστήσουμε το V2x, έχουμε:

$$V3x = V2x - U3x = \frac{2}{3} U3x - U3x = - \frac{U3x}{3} = - \frac{60}{3} = -20 \text{ m/sec,}$$

(ταχύτητα του ατόμου 5 μετά την κρούση). Το σημείο σημαίνει ότι η σφαίρα 5 (m3) θα εκτραπεί κατά 180°. Η μεγάλη σφαίρα (άτομο 3) θ' αποκτήσει ταχύτητα:

$$V'2 = \sqrt{V2^2 + V2^2x} = \sqrt{100^2 + 40^2} = \sqrt{10.000 + 1.600} = \sqrt{11.600} \approx 106\text{m/sec}$$

(συνισταμένη των 40 και 100) και θα εκτραπεί από την αρχική διεύθυνση κατά γωνία 21° 48', που υπολογίζεται:

$$\epsilon\phi\phi. = \frac{40}{100} = 0,4 \Rightarrow \phi \approx 21^\circ 48'$$

δ) Τέταρτη κρούση (K4). Περιγραφή: Το άτομο 1 (m2) μετά την κρούση 1 (K1) με ταχύτητα 100m/sec συγκρούεται με γωνία 45° στο σημείο K4 με το άτομο 6 (m3), που έχει διπλάσια μάζα και κινείται με ταχύτητα 60m/sec. Μετά την κρούση το άτομο 1 έχει εκτροπή 29° 15 και ταχύτητα 115m/sec, ενώ το άτομο 6 εκτροπή 26° 44' και ταχύτητα 44m/sec.

Απόδειξη: Την ταχύτητα U3 (του ατόμου 6 : m3) την αναλύουμε σε δύο συνιστώσες την U3x και U3y. Εφαρμόζοντας και πάλι την αρχή  $\vec{j} = m \times \vec{v}$  έχουμε

$$m3U3x + m2U2x = m3V3x + m2V2x, 2U3x = 2V3x + V2x \quad (1).$$

Συντελεστής κρούσης:

$$1 = - \frac{V3x - V2x}{U3x - U2x} \Rightarrow U3x = -V3x + V2x \quad (2).$$

Αφαιρούμε από την (1) την (2) και έχουμε:

$$U_{3x} = 3V_{3x} \Rightarrow V_{3x} = \frac{U_{3x}}{3} = \frac{60 \frac{\sqrt{2}}{2}}{3} = 10\sqrt{2} \text{ m/sec}$$

$$\text{καί } V_{2x} = \frac{4U_{3x}}{3} = 40\sqrt{2} \text{ m/sec}$$

Η συνισταμένη ταχύτητα του σώματος 1:

$$V'_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \sqrt{100^2 + (40\sqrt{2})^2} = \sqrt{10.000 + 3.200} = \sqrt{13.200} \approx 115 \text{ m/sec}$$

Η εκτροπή του σώματος 1:

$$\epsilon\phi\phi_1 = \frac{40\sqrt{2}}{100} = \frac{4 \cdot 1,4}{10} = \frac{5,6}{10} = 0,56 \Rightarrow \phi_1 = 29^\circ 15'.$$

Ταχύτητα του ατόμου 6:

$$V_3 = \sqrt{V_{3x}^2 + V_{3y}^2} = \sqrt{(10\sqrt{2})^2 + (60 \frac{\sqrt{2}}{2})^2} = \sqrt{100 \cdot 2 + 900 \cdot 2} = \sqrt{200 + 1.800} = \\ = \sqrt{2.000} \approx 44 \text{ m/sec.}$$

Εκτροπή του ατόμου 6:

$$\epsilon\phi\phi_2 = \frac{10\sqrt{2}}{30\sqrt{2}} = 0,33 \Rightarrow \phi_2 = 18^\circ 16', \phi_3 = 45^\circ - 18^\circ 16' = 26^\circ 44'.$$

ε) Πέμπτη κρούση (Κ5). Περιγραφή: τα άτομα 7 (m2) με ταχύτητα 100m/sec και 8 (m3) με ταχύτητα 60m/sec συγκρούονται με γωνία 45° στο σημείο Κ5. Μετά την σύγκρουση το m2 έχει ταχύτητα 106m/sec και εκτροπή 15° 39', ενώ το m3 ταχύτητα 44m/sec και εκτροπή 63° 16'. (m2 = 2m3).

Απόδειξη: Αναλύουμε την U3 σε δύο συνιστώσες:

$$U_{3x} = U_3 \text{ συν } 45^\circ, U_{3x} = 60 \frac{\sqrt{2}}{2} = 30\sqrt{2} \text{ m/sec, } U_{3y} = 60 \frac{\sqrt{2}}{2} = 30\sqrt{2} \text{ m/sec,}$$

$$m_3 U_{3x} + m_2 \cdot 0 = m_3 V_{3x} + m_2 V_{2x}, \quad m_3 U_{3x} = m_3 V_{3x} + 2m_3 V_{2x}, \quad U_{3x} = V_{3x} + 2V_{2x} \quad (1).$$

$$1 = -\frac{V_{3x} - V_{2x}}{U_{3x} - U_{2x}} = -\frac{V_{3x} - V_{2x}}{U_{3x}} \quad U_{3x} = -V_{3x} + V_{2x} \quad (2).$$

Προσθέτουμε κατά μέλη τις (1) και (2):

$$2U_{3x} = 3V_{2x} \Rightarrow V_{2x} = \frac{2}{3} U_{3x} = \frac{2}{3} 30\sqrt{2} = 20\sqrt{2} \text{ m/sec} \quad (3).$$

Από τη (2) έχουμε:

$$V_{3x} = -U_{3x} + V_{2x} = -U_{3x} + \frac{2}{3} U_{3x} = -\frac{1}{3} U_{3x} = -\frac{30\sqrt{2}}{3} = -10\sqrt{2} \text{ m/sec} \quad (4).$$

Μετά την κρούση η m2 σφαίρα έχει συνισταμένη ταχύτητα:

$$V'_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \sqrt{100^2 + 400 \cdot 2} = \sqrt{10.000 + 800} = \sqrt{10.800} \approx 106 \text{ m/sec}$$

και εκτροπή  $15^\circ 39'$ , που προκύπτει:

$$\epsilon\phi\phi_2 = \frac{20\sqrt{2}}{100} = 0,28 \Rightarrow \phi_2 = 15^\circ 39'.$$

Η m3 σφαίρα μετά την κρούση έχει ταχύτητα:

$$V_3 = \sqrt{U_3^2 y + V_3^2 x} = \sqrt{(30\sqrt{2})^2 + (10\sqrt{2})^2} = \sqrt{900 \cdot 2 + 100 \cdot 2} = \sqrt{1.800 + 200} = \sqrt{2.000} \approx 44 \text{ m/sec.}$$

Και εκτροπή:

$$\epsilon\phi\phi = \frac{10\sqrt{2}}{30\sqrt{2}} = \frac{1}{3} = 0,33 \Rightarrow \phi = 18^\circ 16', \phi_3 = 45^\circ + \phi = 45^\circ + 18^\circ 16' = 63^\circ 16'.$$

στ) Υπόλοιπες κρούσεις: Κρούσεις K6 όπως K3, K7 όπως K1, K8 όπως K3 και K6, K9 όπως K3 και K6 και K8, K10 όπως K1 και K7.

ζ) Χωρίς κρούση έχει φτάσει ή φτάνει στον δῖνον ένας αριθμός ατόμων, που σημειώνονται στο σχέδιο (άτομα 19-60).

#### Συμπεράσματα - σκέψεις

1. Με τις περιγραφές, τις αποδείξεις και τις απεικονίσεις των κρούσεων που δώσαμε επιδιώξαμε μια επαλήθευση της συμπεριφοράς των ατόμων σύμφωνα με την αιτιοκρατία που από τον Δημόκριτο πέρασε στη νεότερη μηχανιστική φυσική ως ἔλξη των ατόμων από τη συστάδα των ατόμων (ως μάζας) που βρέθηκαν σε κάποια περιοχή του απείρου και με εφαρμογή του νεότερου τύπου της ορμής ( $j = m\chi u$ ), όπως υποστηρίξαμε μελετώντας τον ρυθμόν.
2. Με την απεικόνιση του δίνου (σε μια φάση αναγκαστικά όχι προχωρημένη) επιδιώξαμε: α) την απόδοση μιας εικόνας του δίνου, β) την επιβεβαίωση του ρόλου του ρυθμοῦ των ατόμων (τα μεγάλα παραμένουν στον δῖνον, τα μικρά εκτινάσσονται στο «ἔξω κενόν» κλπ., γ) την απόδειξη του αυστηροῦ προγραμματισμοῦ που κλείνει ο ρυθμός, μελετημένη με σχήματα και αριθμούς μέσα στον δῖνον.
3. α) Φυσικά δεν ήταν δυνατό να μελετηθούν πάρα πολλές κρούσεις (ἤδη οι βοηθητικές γραμμές και τα αριθμητικά δεδομένα και αποτελέσματα οδήγησαν σε αδιαχώρητο).  
 β) Μελετούμε τις κρούσεις σε ευθύγραμμες τροχιές για την εξυπηρέτηση των υπολογισμών, μόλο που οι κινήσεις των ατόμων, καθώς ἔλκονται προς τὸ κέντρο του δίνου, γίνονται και καμπύλες.  
 γ) Μελετούμε τις κρούσεις σφαιρικών ατόμων, πρόσφορων στην ελαστική κρούση.  
 δ) Χρησιμοποιούμε χρώματα για την καλύτερη παρακολούθηση της συμπεριφοράς του κάθε ατόμου.  
 ε) Ο συνωστισμός των ατόμων δεν επέτρεψε την αναγραφή των αριθμητικῶν δεδομένων και τις βοηθητικές γραμμές σε ὅσες κρούσεις θα θέλαμε.  
 Ο «ρυθμός» του κάθε ατόμου (βάρος, σχήμα, κίνηση) επιβάλλει στο άτομο να πάρει τη στάση (τροπήν) και τη θέση (διαθιγήν) που του ταιριάζει. Ἐτσι τα βαριά πάνε

προς το κέντρο του δίνου, τα ελαφρά πιέζονται και ανυψώνονται κυκλικά προς τα έξω και πάνω, ώσπου, όσα άτομα δεν ταναχθούν στο κενό, να βρουν σ' αυτό το βίαιο «χτίσιμο» πού και πώς ταιριάζει μηχανιστικά να σταματήσουν, να «χτιστούν». Τότε σταματά ο δίνος, επειδή επήλθε η ισορροπία: *ισορρόπων δέ διά τό πλήθος μηκέτι δυναμένων περιφέρεσθαι*<sup>52</sup>... Τότε γεννιέται ένας κόσμος: *κόσμους δέ ούτω γίνεσθαι*<sup>53</sup>.

Στη δομή αυτή των ατόμων το βάρος και το σχήμα τους λειτούργησαν σε συνδυασμό ως «ρυθμός», που προκαθορίζει τη μοίρα — για να πω έτσι — του ατόμου.

Αν σταθούμε σε μια αυστηρή δομή ατόμων του ίδιου σχήματος, μένουν άλυτα πολλά προβλήματα: 1) Ο γλυκός χυμός αποτελείται από μεγάλα σφαιρικά άτομα (Θεόφραστος)<sup>54</sup>. Τότε από τί άτομα αποτελείται ο περισσότερο ή λιγότερο γλυκός χυμός; 2) Ξέρουμε το σχήμα των ατόμων μερικών χυμών και μερικών χρωμάτων λίγο από τον Αριστοτέλη<sup>55</sup> και περισσότερο από το Θεόφραστο<sup>56</sup>. Τότε τι σχήματα έχουν τα άτομα των άχρονων συγκριμάτων (π.χ. του νερού, του γυαλιού) ή των ενδιαμέσων χυμών και χρωμάτων, που υπάρχουν στη φύση (π.χ. του γλυφού στη γεύση, του κιτρινοκόκκινου στο χρώμα, δηλαδή του πορτοκαλλί);

Πρέπει, πιστεύω, να δεχτούμε ότι ο Δημόκριτος ως έλξη ομοίων ατόμων εννοούσε τη δυνατότητα της συναρμογής τους, τη δυνατότητα να «χτιστούν», αν το βάρος και το σχήμα τους συνδυασμένα (δηλαδή ο ρυθμός τους) επέτρεπαν τη συναρμογή τους, έστω κι αν δεν είχαν το ίδιο ακριβώς σχήμα. Υπέρ της ερμηνείας αυτής συνηγορούν οι πληροφορίες ή ερμηνείες του Αριστοτέλη, του Θεόφραστου και το Ιππόλυτου, ότι: 1) σε κάθε χυμό συνυπάρχουν πολλά σχήματα<sup>57</sup>, 2) πουθενά δεν υπάρχει ένα μόνο σχήμα ατόμων<sup>58</sup>, 3) το νερό περιέχει όλα τα σχήματα<sup>59</sup>, 4) η τροφή η ίδια δίνει στο σώμα ποικίλους χυμούς<sup>60</sup>, 5) *συμπλέκεσθαι (...)* *καί τά παραπλήσια τάς μορφάς*<sup>61</sup>.

Δεν θα ήταν δυνατή όμως μια τέτοια συμπλοκή ατόμων, αν το σχήμα δεν λειτούργουσε συνδυασμένα με το βάρος και την κίνηση: ό,τι χαρακτηρίσαμε ως *ρυθμόν*.

Τελικά συμπεραίνουμε ότι: 1) Η κοσμογονική διαδικασία του δίνου ερμηνεύεται, νομίζουμε, πλατύτερα και καλύτερα ως σειρά συνεπειών του «ρυθμού» των ατόμων αιτιοκρατικά-μηχανιστικά. 2) Η ίδια διαδικασία θα ήταν πολύ τολμηρό —νομίζουμε αστήριχτο— να ερμηνευθεί ως εντελέχεια, αφού ο ρυθμός των ατόμων ως αιτία έχει ως αποτέλεσμα σειρά συνεπειών στην κοσμογονική διαδικασία που επιχειρήσαμε να παρουσιάσουμε. 3) Ο Δημόκριτος, φυσικά, σκέφτηκε χωρίς ακριβείς υπολογισμούς· συνέλαβε μία γενική διαδικασία, την οποία εδώ προσπαθήσαμε να επαληθεύσουμε ερμηνεύοντας το πνεύμα της μηχανιστικής φυσικής.

#### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

\* Η εργασία αυτή αποτελεί διερεύνηση απόψεών μου που είναι συναφείς με τα όσα ανακοίνωσα στο Β' ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΜΠΟΣΙΟ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ (ΑΘΗΝΑ, 24-26 ΜΑΪΟΥ 1984).

\*\* Για την αποφυγή λαθών στη φάση αυτή των πολύπλοκων αριθμητικών υπολογισμών μας σχετικά με το δίνος βοήθησε η εκλεκτή καθηγήτρια της Φυσικής Κούλα Ευθυμιάδη· την ευχαριστούμε εγκάρδια. Ενδεχόμενα λάθη βαρύνουν το συγγραφέα.

1. Βλ. Κ. Βουδούρης, «Η αντίληψη του Δημόκριτου για τη γνώση σε συσχετισμό προς τις πολιτικές του αντιλήψεις»: *Κείμενα για το Δημόκριτο*, (Από το Α' Διεθνές Συνέδριο για το Δημόκριτο) 6-9/10/1983, Ξάνθη, Διεθνές Δημοκρίτειο Ίδρυμα 1984, 163-177, ιδίως 170-171, 176.
2. Βλ. H. Diels - W. Kranz, *Die Fragmente der Vorsokratiker*, Dublin-Zürich, Weidmann 1971<sup>15</sup>, II 94 κ.ε. (:DK) (DK A 38, 41,44, 45 κ.α.), S. Luria, *Democritea*, Leninopoli, Accademia "Nauck" 1970, (69 κ.ε. (L 238-248. Στη συνέχεια παραπέμπουμε α) στις ίδιες πηγές β) στους Diels-Kranz γ) στο Luria, ή και στα τρία ανάλογα με τη σκοπιμότητα που κυριάρχησε κάθε φορά (π.χ. προτίμηση του Luria, όπου συνυπάρχουν ομοειδή αποσπάσματα, των DK, όταν ο Luria δεν αλλάζει τίποτα, των πηγών, όταν θέλαμε να δείξουμε το κύρος του συγγραφέα απ' όπου αντλούμε. Βλ. Φιλόπον. *Φυσ.* I 5 ρ. 117, 9 (L 246): *ἐκάλει (sc. Δημόκριτος (...)) Ἄβδηρिकाῖς φωναῖς «ῥυσμὸν τροπήν διαθιγήν». Περί ψυχ.* 68, 3: *ῥυσμὸς λέξις ἐστὶν Ἄβδηρική σημαίνει δὲ σχῆμα. Σουίδ· κατὰ Ἄβδηρικήν διάλεκτον σημαίνει σχῆμα.*
3. Ι. Πανέρης, «Η έννοια «ῥυθμός» στην αρχαία ατομική φιλοσοφία», *Παρνασσός* 23 (1981) 454-463.
4. Απόσπ. 72: *ἀλλ' εἰ ὁ μὲν τις Λέσβιον φατνώματι κῶμ' ἐν τριγώνοις ἐκπεραινέτω ῥυθμοῖς.*
5. Ηρόδ. V. <sup>58</sup>W of (sc. Ἴωνες) *παραλαβόντες διδαχῆ παρά τῶν Φοινίκων τά γράμματα, μεταρρυθμίσαντες σφέων ὀλίγα ἐχρέωντο.*
6. O. Schroeder, «Ῥυθμός», *Hermes* 53 (1918) 324 κ.ε.
7. K.v. Fritz, *Philosophie und sprachlicher Ausdruck bei Demokrit, Plato und Aristoteles*, New York / Leipzig / Paris / London 1938, 25.
8. *Ιππ. Φιλοσοφ.* 2, 1.
9. Αριστοτ. *Περί οὐρ.* 303 α 8: *τρόπον γάρ τινα καὶ οὗτοι (sc. Λεύκιππος καὶ Δημόκριτος) πάντα τὰ ὄντα ποιοῦσιν ἀριθμούς καὶ ἐξ ἀριθμῶν· καὶ εἰ μὴ σαφῶς δηλοῦσιν, ὁμῶς τοῦτο βούλονται λέγειν.*
10. *Φιλοσοφ.* 2, 9 καὶ 2, 10.
11. Διογ. Λαέρτ. IX 38.
12. Ο.π. IX 46.
13. Διογ. Λαέρτ. IX 48. Πρβλ. Πανέρης 456-457.
14. Βλ. L 238-248.
15. Αριστοτ. *Μεταφυσ.* 985 b 4 (DK Λεύκιππος A 6=L241): *διαφέρειν γάρ φασι (sc. Λεύκιππος καὶ Δημόκριτος) τὸ ὄν ῥυσμῶν καὶ διαθιγῆ καὶ τροπῆ μόνον· διαφέρει γάρ τὸ μὲν Α τοῦ Ν σχήματι, τὸ δὲ ΑΝ τοῦ ΝΑ τάξει, τὸ δὲ = τοῦ Η θέσει.* Βλ. Β. Κύρκος, «Διάθεσις» καὶ «διαθιγή». Δύο έννοιες ἀπὸ τὴν κοσμολογία τῶν Προσωκρατικῶν», *Ελληνικά* 28 (1975) 286 κ.ε., 289 κ.ε., E Zeller, *Die Philosophie der Griechen*, Hildesheim, Olms 1963<sup>7</sup> (=1920<sup>3</sup>) II 1068, W. Gufhrig, *A History of Greek Philosophy*, Cambridge, University Press 1965 II 400, W. Kranz, "Die Entstehung des Atomismus": *Studien zur antiken Literatur und ihrem Fortwirken (Kleine Schriften)*: Heidelberg 1967, 228 κ.ε., H.G. Gadamer, "Antike Atomtheorie": *Um die begriffswelt der Vorsokratiker*, Hsg. von H.G. Gadamer, Darmstadt, W.B. 1968, 523, R. Löbl, *Demokrits Atome*, Diss., Bonn., Habelt 1976, 230κ.ε.
16. IV 9,8.
17. Σμπλικ στο *Περί οὐρ.* 295, 9.
18. Αριστοτ. *Περί γενέσ. καὶ φθορ.* 326 α 9 Πρβλ. Θεόφρ. *Περί αἰσθ.* 61.
19. Αέτ. I 3, 18: *Δημόκριτος μὲν γάρ ἔλεγε δύο, μέγεθος τε καὶ σχῆμα. ὁ δ' Ἐπίκουρος καὶ βάρος ἐπέθηκεν.*
20. Απὸ το *Περί αἰσθήσεων* του Θεόφραστου προκύπτει στα μισά του Ιου αἰ. μ.Χ. τὸ ἔργο *Vetusta placita* (συγγραφέα ἄγνωστου ἀπὸ τὸν κύκλο του στωϊκοῦ Ποσειδώνιου), ἀπὸ το ὁποῖο ο Αέτιος ἀντλεῖ γύρω στα 100 μ.Χ. τὴν *Συναγωγὴν τῶν ἀρεσκόντων*, ἀπὸ τὴν ὁποία στὴ συνέχεια θα προκύψει τὸ *Περί τῶν ἀρεσκόντων τοῖς φιλοσόφοις φυσικῶν δογμάτων* (γύρω στα 150 μ.Χ.), ὁπου περιέχεται καὶ ἡ τόσο ἐμμεση πληροφορία τῆς σημείωσης 19 καὶ ἀπ' ὁπου ἀντλεῖ καὶ ο Στοβαῖος (I 348) τὴν ἴδια ἀποψη.
21. Βλ. σημ. 18. Βλ. ἐπίσης Αριστοτ. *Περί οὐρ.* 308 b 35.
22. Βλ. σημ. 18. Βλ. ἐπίσης Θεόφρ. ὁ.π. 71.
23. Σμπλικ. *Φυσ.* 310 α, *Περί οὐρ.* 109 b 41.
24. Βλ. Löbl 188-218 (:Βαρύτης), ὁπου καὶ διεξοδική γιὰ τὸ βάρος τῶν δημοκρετῶν ἀτόμων βιβλιογραφία.
25. Βλ. Luria ὁ.π. σελ. 79-83.
26. Σμπλ. *Φυσ.* VIII, 9, ρ. 1318, 34 (DK A 58=L364).
27. Zeller II 1084 κ.ε., 1098 κ.ε. Πρβλ. K. Hildebrandt, *Frühe griechische Denker*, Bonn 1968, 96.
28. A. Brieger, *Die Urbewegung der Atome und die Weltentstehung bei Leukipp und Demokrit*, Halle 1884, 5 κ.ε., τοῦ ἴδιου "Die Urbewegung der demokritischen Atome", *Philologus* 63 (1904) 584 κ.ε.
29. Α.Φ. Μουρελάτος, «Δημόκριτος: Φιλόσοφος τῆς Μορφῆς»: *Κείμενα γιὰ τὸ Δημόκριτο* ὁ.π. 07-107.
30. Ο ορισμὸς III τῶν Newton (ἀπὸ Löbl 191): *Materiae vis insita est potentia resistendi, qua corpus unumquodque, quantum in se est, perseverat in statu suo vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum. Haec semper proportionalis est suo corpori, neque differt quicquam ab inertia massae, nisi in modo concipiendi. Per inertiam materiae fit, ut corpus omne de statu suo vel quiescendi vel movendi difficilius deturbetur. Unde etiam vis insita nomine significantissimo vis inertiae dici possit.*
31. 191-192, ὁπου καὶ βιβλιογραφία σχετική με τὶς ἀφετηρίες τῆς νεότερης μηχανικῆς, χωρὶς νὰ ξεκαθαρίζεται ἀπόλυτα τὸ πρόβλημα.

32. Μόνο ως εξωτερική μορφή δέχεται τον ρυθμόν ο Η. Langerbeck. (*Δόξαι έπιρυσμής. Studien zu Demokrits Ethik und Erkenntnislehre*, Berlin 1935, 99): Der ρυθμός ist bloss äussere Gestalt der ύλη, die als σώμα ύποκείμενον bezeichnet wird.
33. Στην εργασία μας «Η «νόμω» και η «έτεή» γνώση, Συμβολή στο πρόβλημα της γνωσιολογίας του Δημοκρίτου», *Αφιέρωμα στον Ε. Παπανούτσο*. Α', Αθήνα 1980, 381-395 εξετάζουμε τα δύο είδη της δημοκρίτειας γνώσης. Έτσι εκεί είναι άλλοι οι προβληματισμοί μας.
34. Γαληνός *Περί στοιχ.* I 2 (DK A 49).
35. Ό.π.
36. *Περί γενέσ. και φθορ.* 325 b 26.
37. Γαληνός ό.π. (DK A 49, B 125 = L 79).
38. *Περί ούρ.* 294, 3.
39. 7. Πρβλ. DK 125, 9: έτεή=in Wahrheit, 6, 7, 8, 10: in Wirklichkeit.
40. DK 7, 8,9,10, 125· αντίστοιχα L 49, 50, 55, 578 και 98, 79.
41. *Προς Κολώτ.* 4 p. 1108 F (DK 156=L 7, 78).
42. *Σμπλικ Φυσ.* 1318, 34 (DK 168=L 196, 313, 744).
43. *Μεταφυσ.* IV 5 p. 303, 34 και I p. 60, 5, L 262-263.
44. Εμπεδοκλής DK, 26, 29, 31, 28: *Σφαιρος κυκλοτερής*, Αναξαγόρας DK 1, 13: *Περιχώρησις*. Βλ. W. Kranz, "Empedokles und die Atomistik", *Hermes* 47 (1912) 18 κ.ε., A. Brieger, "Das atomistische System durch Korrektur des Anaxagoreischen entstanden", *Hermes* 36 (1901) 161 κ.ε.
45. Για τον Εμπεδοκλή (*Φιλότης*) βλ. DK 13, Kranz ό.π. 30 κ.ε., 39, Gr. Vlastos, "Equality and justice in early Greek Cosmologies", *Classical Philology* 42 (1957) 156 κ.ε. Για τον Αναξαγόρα (*όμοιομέρειαι*) βλ. DK 1, 4, 12, Μ. Δραγώνα-Μονάχου, «Το πρόλημα των ομοιομερειών του Αναξαγόρα και η ιστορία του», *Φιλοσοφία* 7 (1977) 162 κ.ε., όπου και διεξοδική σχετική βιβλιογραφία.
46. Βλ. L 288-313 («Generalia. Δίνος. De primordiali atomorum motu»).
47. Βλ. ό.π. και 315-323 ("De attractione..."), 324, 342 ("De concretione...").
48. Ο δίνος ήταν κυκλική κυρίως κίνηση (: F. Enriques — M. Mazziotti, *Οι θεωρίες του Δημόκριτου του Αβδηρίτη*, μτφρ. Α. Παπαϊωάννου, Ξάνθη, Διεθνές Δημοκρίτειο Ίδρυμα 1982, 58), ακανόνιστα στροβιλιστική κίνηση (: Λ. Κουλουμπαρίτσης, «Φυσική και ανθρωπολογία στο Δημόκριτο»: *Κείμενα για τό Δημόκριτο*, ό.π., 78, κάτι ανάλογο με το μαγνητισμό (:Löbl 207, C.W. Müller, *Gleiches zum Gleichen. Ein Prinzip frühgriechischen Denkens*, Wiesbaden 1965, 76 κ.ε.), άτακτη κυρίως κίνηση προς κάθε κατεύθυνση (: I. Hammer-Jensen, "Demokritos und Plato", *Archiv für Gessichte der Philosophie* 23 (1910) 92 κ.ε., 211, κ.ε.), κάτι σαν ανεμοστρόβιλος (:W.K.C. Guthrie, II 410), έλξη με ποικίλες ερμηνείες προς το κέντρο του δίνου (:G.S. Kirk-J.E. Raven, *The Presocratic Philosophers*, Cambridge 1969, 416 κ.ε. όπου και απόψεις άλλων ερευνητών) Α. Αραβαντινού-Μπουρλογιάννη, «Το κοσμολογικό μοντέλο του Δημόκριτου»: *Κείμενα για το Δημόκριτο* (ό.π.) 230 κ.ε., όπου και απόψεις άλλων ερευνητών, Θ. Βέικος, *Προσωκρατική φιλοσοφία*, Αθήνα, «Γρηγόρης» 1980, 266-267).
49. Βλ. L 288-313, 315-323, 324-342.
50. Η φράση ανήκει στον Επίκουρο (Έπιστ. II=Διογ. Λαέρτ. X 88 κ.ε.=L 291), πιστεύουμε όμως ότι διασώζει δημοκρίτεια άποψη (πρβλ. Luria 479: L 291 σχόλιο 2).
51. Από το Σμπλικίο στο *Περί ούρ.* 12 p. 295, 8 (L 293).
52. Διογ. Λαέρτ. IX 31.
53. Ιππόλυτος I 12.
54. *Περί αйт.* VI 1, 6.
55. *Περί αίσθ.* 442 b 11.
56. Ό.π. και 65 κ.ε.
57. Θεόφρ. *Περί αίσθ.* 67 και 65 κ.ε.
58. Ό.π.
59. Αριστοτ. *Περί αίσθ.* 414
60. Ό.π.
61. Ιππόλ. I 12, 2.

ΔΡ ΙΩΑΝΝΗΣ Ρ. ΠΑΝΕΡΗΣ  
ΣΧΟΛΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ