

Η Κοσμολογική σημασία της «δίνης» στα κείμενα των Προσωκρατικών Φιλοσόφων

Κωνσταντίνος Καλαχάνης

Τμήμα Φυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών, Τομέας Αστροφυσικής, Αστρονομίας και Μηχανικής e mail: kkalachan@phys.uoa.gr

Περίληψη

Στην Προσωκρατική φιλοσοφία υπάρχουν αρκετές αναφορές διανοητών που κάνουν λόγο για την επίδραση μηχανικών φαινομένων στην δημιουργία του κόσμου και συγκεκριμένα στην δίνη. Συγκεκριμένα, ο Αναξίμενης αναφέρεται στις συμπυκνώσεις του αρχικού στοιχείου –του αέρα- ενώ ο Αναξαγόρας υποστηρίζει ότι τα βασικά δομικά στοιχεία της ύλης –τα ομοιομερή- εκτελούν στροβιλώδη κίνηση υπό την επίδραση του Νου. Τέλος, κατά τον Λεύκιππο και το Δημόκριτο η δίνη δημιουργείται από την κίνηση των ατόμων προς το κέντρο.

Λέξεις κλειδιά: δίνη, Αναξαγόρας, Λεύκιππος, Δημόκριτος

Abstract

In the Presocratic philosophy there are several reports that speak of the influence of mechanical phenomena in creation of the world and specifically in the vortex. Anaximenes refers to the concentrations of the initial element, the air, while Anaxagoras claims that the basic building blocks of matter -the homeomeri- perform turbulent motion under the influence of the Mind. Finally, acLeucippus and Democritus the vortex created by the movement of people to the center.

Keywords: vortex, Anaxagoras, Leucippus, Democritus

Εισαγωγή

Η αναφορά των Προσωκρατικών φιλοσόφων στους νόμους και τις αρχές του Σύμπαντος υπήρξε ο πρώτος μεγάλος σταθμός όχι μόνο στην φιλοσοφία, αλλά και στις επιστήμες. Εκτός αυτού όμως, στην Προσωκρατική φιλοσοφία διατυπώθηκαν και ενδιαφέρουσες απόψεις σχετικά με τις μηχανικές της διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην ύλη του κόσμου. Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι απόψεις που διετύπωσε ο Αναξίμενης αναφορικά με τις πυκνώσεις και αραιώσεις του αρχικού στοιχείου –του αέρα- στην δημιουργία της δίνης. Ακολούθως γίνεται λόγος για την στροβιλώδη κίνηση των δομικών στοιχείων του κόσμου –των ομοιομερών- στην οποία αναφέρεται ο Αναξαγόρας, ενώ στην συνέχεια παρουσιάζονται οι περί της δίνης απόψεις των Ατομικών φιλοσόφων. Τέλος εξετάζονται διεργασίες του φυσικού κόσμου που περιλαμβάνουν στροβιλώδεις κινήσεις, όπως η γέννηση των άστρων και των πλανητών.

1. Οι πυκνώσεις και αραιώσεις του αέρα κατά τον Αναξίμενη (585-528 π.Χ.)

Ο Αναξίμενης υπήρξε ο τρίτος μεγάλος εκπρόσωπος της Σχολής της Μιλήτου, η οποία ανέδειξε επίσης τον Θαλή και τον Αναξίμανδρο. Κύριο χαρακτηριστικό της σκέψης τους είναι η απόδοση του αιτίου δημιουργίας του κόσμου σε ένα στοιχείο (ύδωρ κατά τον Θαλή, άπειρον κατά τον Αναξίμανδρο Αναξίμενη κα), γεγονός που τους καθιστά εισηγητές του *μονισμού* ή *ενισμού*.

Αναφορικά με την αρχή του κόσμου ο Αναξιμένης υπεστήριξε ότι η υποκειμένη φύση είναι μία. Δεν την θεωρούσε όμως ως αόριστη όπως εκείνος (ο Αναξίμανδρος), αλλά ορισμένη, αποκαλώντας την αέρα. Διαφέρει ο αέρας ως προς την πυκνότητα και την αραιότητα, ανάλογα προς τις ουσίες¹. Συμβολίζει λοιπόν ο Αναξιμένης την αρχή του κόσμου με ένα στοιχείο προερχόμενο από τον υλικό και αισθητό κόσμο, το οποίο μάλιστα προσεγγίζει την ιδιότητα του ασωμάτου, γεγονός που τονίζει την υπερβατική του φύση, αλλά και τον ρόλο του ως υποστρώματος της δημιουργίας των όντων. Η ουσία αυτή ωστόσο δεν παραμένει στατική, αλλά εκτελεί μία μηχανικής φύσεως κίνηση, υφιστάμενη με αυτόν τον τρόπο πυκνώσεις και αραιώσεις. Από την αραιώση δημιουργείται το στοιχείο του πυρός, ενώ από την πυκνωση προκύπτουν φαινόμενα όπως τα σύννεφα και επίσης δημιουργούνται το ύδωρ και η γη. Σε μεγάλες συμπυκνώσεις μάλιστα παράγονται οι λίθοι².

Είναι προφανές ότι η κίνηση του αέρα, η οποία προκαλεί πυκνώσεις και αραιώσεις, είναι ένα μηχανικό φαινόμενο, το οποίο συμβάλλει ώστε η αρχικά μη ορατή πρωταρχική ουσία να προκαλέσει την εμφάνιση των στοιχείων και των φυσικών φαινομένων³. Προφανώς λοιπόν ο Αναξιμένης αναφέρεται σε μηχανικές κινήσεις που εκτελεί ο αέρας, με συνέπεια να παρουσιάζει πυκνώσεις και αραιώσεις. Η πυκνωση από πλευράς της διέπεται από τα εξής χαρακτηριστικά: 1) συσσώρευση υλικού στο κέντρο 2) σπειροειδή κίνηση του αρχικού υλικού. 3) το γεγονός ότι σε μεγάλες συγκεντρώσεις δημιουργούνται βαρύτερα στοιχεία καταδεικνύει ότι η αρχική ουσία μεταβάλλεται και αλλάζει εμφάνιση ανάλογα με την ποσότητά της σε μια ορισμένη θέση⁴.

Παρά το γεγονός ότι ο Αναξιμένης δεν κατονομάζει την πυκνωση του αέρα ως δίνη, εντούτοις είναι προφανές ότι αναφέρεται έμμεσα, όταν γράφει ότι η συμπύκνωση της αρχικής ουσίας προς ένα κέντρο συντελεί στην δημιουργία του κόσμου και των όντων.

2. Η δίνη και τα ομοιομερή στην κοσμολογία του Αναξαγόρα (510-428 π.Χ.)

Εκτενής λόγος περί της παρουσίας δίνης στον κόσμο γίνεται και στην κοσμολογία του Αναξαγόρα, βασικό στοιχείο της οποίας ήταν η ύπαρξη στοιχειωδών δομών ύλης απείρων ως προς τον αριθμό τις οποίες ονομάζει ομοιομερή. Οι αρχές αυτές αρχικώς ήταν σε χαοτική κατάσταση και αδιαχώριστες, ενώ παράλληλα δεν υπόκεινται στη φθορά και στην αλλοίωση⁵. Κατά το διάστημα αυτό τα πάντα ενυπάρχουν στα πάντα, γεγονός που δείχνει την κοινή προέλευση όλων των πραγμάτων στο Σύμπαν. Στα πάντα ο Αναξαγόρας εντάσσει τον Ήλιο, τη Σελήνη όλα τα αντικείμενα των αισθήσεων⁶. Ακόμη μάλιστα και ο όρος *ομοιομερή* χρησιμοποιήθηκε από τον φιλόσοφο προκειμένου να δηλώσει ότι από τα πάντα δημιουργούνται τα πάντα, όπως λ.χ. οι σάρκες, τα νεύρα και οι αρτηρίες⁷.

Το μείγμα αυτό όμως δεν παραμένει στατικό, αλλά τελεί υπό την επίδραση μίας ώθησης που προκαλεί την κίνησή του, με συνέπεια να δημιουργηθούν διάφοροι συνδυασμοί μεταξύ των ομοιομερών. Η ώθηση αυτή οφείλεται στην επενέργεια του Νου, ο οποίος χαρακτηρίζεται από τον Αναξαγόρα ως *κοσμοποιός*, καθώς και ως *λεπτώτατον και καθαρώτατον*, γεγονός που δείχνει πως πέραν των υλικών αιτίων, ο

¹ Σμπλίκιος, *Εις Φυσικά*, 24, 26-29.

² Ιππόλυτος, *Ελεγχος*, I, 7, 1.

³ Βλ. αναλυτικά, Καλαχάνης & Πάνου, (2014).

⁴ Kirk et al. (2001), σ. 154.

⁵ Σμπλίκιος, *Εις Φυσικά*, 27, 2

⁶ Σμπλίκιος, *Εις Φυσικά*, 34, 28 (DK 59[46B4])

⁷ Πολίτης, (2004), σ. 201.

φιλόσοφος κάνει λόγο και για υπερβατική αιτία που συντελεί στην δημιουργία του κόσμου. Η προκαλούμενη όμως κίνηση που είναι περιστροφική, ή όπως την ονομάζει ο φιλόσοφος *περιχώρηση*, προκαλεί τον στροβιλισμό του μείγματος, με συνέπεια την προς τα κάτω κίνηση των πυκνών στοιχείων και προς τα πάνω των ελαφρών⁸. Στο αρχικό της στάδιο η κίνηση ήταν αργή και στην συνέχεια άρχισε να επιταχύνεται, με συνέπεια να διαχωρισθούν τα στοιχεία της ύλης και σώματα όπως ο Ήλιος και η Σελήνη. Για τα σώματα αυτά ο φιλόσοφος χρησιμοποιεί τον όρο *αποκρινόμενοι*, προκειμένου να δηλώσει την δημιουργία του ως συνέπεια του στροβιλισμού του αρχικού μείγματος⁹.

Στο σημείο αυτό θα παρατηρηθούν τα εξής: 1) ο στροβιλισμός προκαλεί την συσσώρευση προς το κέντρο και την ανοδική κίνηση των ελαφρών. Επομένως η παρουσία περισσότερης μάζας στο κέντρο, εξηγεί και την επιτάχυνση της στροβιλώδους κίνησης. 2) ακριβώς όπως και στο κοσμολογικό σύστημα του Αναξίμενη, γίνεται λόγος για μηχανική συμπεριφορά της ύλης, η οποία συντελεί στην δημιουργία του κόσμου. Εν προκειμένω όμως το αίτιο (Νους) είναι υπερβατικό και ανώτερο από τα υλικής φύσεως ομοιομερή.

3. Η δίνη κατά τους Ατομικούς φιλοσόφους (Λεύκιππος-Δημόκριτος)

Σύμφωνα με τις κοσμολογικές του Λευκίππου και του Δημοκρίτου *στοιχεία είναι το πλήρες και το κενόν, τα οποία αποκαλούν (οι Λεύκιππος και Δημόκριτος) ον και μη ον. Το ον είναι γεμάτο και στερεό, το μη ον άδειο και αραιό. Επειδή όπως λένε, το κενό υπάρχει όσο και το σώμα, γι' αυτό το μη ον υπάρχει όσο και το ον. Αυτά τα δυο μαζί είναι οι υλικές αιτίες των πραγμάτων*¹⁰. Επιπλέον το κενό χαρακτηρίζεται και ως «ουδέν» ή «μηδέν», με συνέπεια να μην είναι συμπαγές με αδιάσπαστα συνδεδεμένα τα μέρη του, δεδομένο ότι ως «δεν» ορίζεται το συμπαγές¹¹.

Συμφώνως προς τον Λεύκιππο *από το παν (που αποτελείται από το πλήρες και το κενό) δημιουργούνται άπειροι κόσμοι που διαλύονται σε αυτά τα στοιχεία. Οι κόσμοι δημιουργούνται ως εξής: πολλά σώματα οποιουδήποτε σχήματος μετακινούνται στο μεγάλο κενό αποσπώμενα από το άπειρο, όπου συσσωρεύονται και παράγουν μία δίνη, εξ' αιτίας της οποίας συγκρούμενα και περιστρεφόμενα με κάθε τρόπο, αρχίζουν να διαχωρίζονται και τα όμοια να προσεγγίζουν τα όμοια. Όταν ισορροπήσουν εξαιτίας του πλήθους και δεν μπορούν πλέον να περιστρέφονται, τα λεπτά σώματα μετακινούνται προς τα έξω προς το κενό σαν να εκτοξεύονται, ενώ τα υπόλοιπα δε παραμένουν ενωμένα και συμπλεκόμενα πλησιάζουν μεταξύ τους και σχηματίζουν αρχικά ένα σφαιροειδές σύστημα. Από αυτό αποσπάται ένας υμένας, που περιέχει μέσα του διάφορα σώματα. Καθώς στροβιλίζονται εξ' αιτίας της φυγόκεντρης δύναμης ο υμένας γίνεται λεπτός, διότι συρρέουν πάντοτε (προς το κέντρο) τα στοιχεία που βρίσκονται κοντά στην δίνη. Έτσι δημιουργείται η γη, όταν τα άτομα που είχαν παρασυρθεί στο κέντρο, ενώθηκαν. Ο περιβάλλον υμένας αυξάνεται παρασύροντας σώματα που έρχονται από έξω, διότι καθώς παρασύρεται από τη δίνη, ενσωματώνει τα σώματα με τα οποία έρχεται σε επαφή. Από αυτά, μερικά συμπλεκόμενα σχηματίζουν αρχικά ένα σύστημα πολύ υγρό και λασπώδες, αλλά καθώς περιστρέφονται με την όλη δίνη ξηραίνονται και έπειτα αναφλέγονται, δημιουργώντας την φύση των αστερών*¹².

⁸ Σμπλίκιος, *Εις Φυσικά*, 300, 27 (B13).

⁹ Καλαχάνης, (2014), σ. 187.

¹⁰ Αριστοτέλης, *Μετά τα Φυσικά*, 985, b 4-10 (DK 67 a, 6)

¹¹ Μακρυγιάννης, (1999)

¹² Διογένης Λαέρτιος, *Βίοι*, IX, 31-32 (DK 67a 1)

Στο παραπάνω απόσπασμα φαίνεται η δράση δυο αντίρροπων δυνάμεων, της κεντρομόλου και της φυγόκεντρου· η κεντρομόλος προκαλεί την απομάκρυνση των ατόμων από το άπειρο¹³ και την συσσώρευσή τους στα κενά¹⁴. Στην περίπτωση αυτή δρα συγχρόνως και μία πληκτική δύναμη¹⁵ που συμπυκνώνει τα σώματα, ενώ παράλληλα προκαλεί την ένωση των ομοίων. Η κεντρική συμπύκνωση που δημιουργείται, προφανώς παραπέμπει στην δημιουργία ενός πεδίου βαρύτητας που προκαλείται από την συσσώρευση μεγάλης ποσότητας ύλης σε ένα σημείο του χώρου. Ενδεικτικό παράδειγμα είναι το σπειροειδές σχήμα του Γαλαξία μας ο οποίος εκτελεί περιστροφική κίνηση, με συνέπεια την συσσώρευση μεγάλης ποσότητας ύλης στο κέντρο του (όπου κατά πάσα πιθανότητα υπάρχει μία μελανή οπή).

Η δεύτερη δύναμη που δρα είναι η φυγόκεντρος, η οποία απομακρύνει τα λεπτά μέρη από την δίνη, δημιουργώντας έναν υμένα¹⁶. Ο δοξογράφος Αέτιος γράφει σχετικά, ότι ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος τυλίγουν τον κόσμο σ' έναν κυκλικό χιτώνα ή μεμβράνη (υμένα), που σχηματίστηκε από την πλοκή των ακκιστροειδών ατόμων¹⁷. Ακολούθως, μόλις επέλθει ισορροπία μεταξύ της φυγόκεντρου και της κεντρομόλου δύναμης και παύσει η περιστροφή, τότε τα λεπτά σώματα απομακρύνονται, ενώ τα υπόλοιπα παραμένουν ενωμένα δημιουργώντας ένα σφαιροειδές σύστημα¹⁸.

Όπως φαίνεται από τις απόψεις των Ατομικών φιλοσόφων, το Σύμπαν υπακούει στους αδήριτους νόμους της μηχανικής, καθώς ουσιαστικά ισορροπεί μεταξύ μίας πανίσχυρης δίνης που δημιουργεί την κεντρική συμπύκνωση, αλλά και της άπωσης που εξωθεί λεπτά σώματα στον υμένα για να δημιουργήσουν τα άστρα¹⁹.

4. Η σημασία της δίνης στην Αστροφυσική

Όπως φάνηκε από τις απόψεις του Αναξιμένη και του Αναξαγόρα, σημαντικό ρόλο στην κοσμολογία τους διαδραματίζει και η μηχανική συμπεριφορά της ύλης, η οποία συντελεί στην εμφάνιση της δίνης. Ωστόσο το φαινόμενο της δίνης παρουσιάζεται ευρέως στην φύση (κυκλώνες, θαλάσσιες δίνες κ.α.) αλλά έχει και σημαντική κοσμολογική σημασία καθώς σε περιδιδήσεις οφείλεται και η δημιουργία των αστέρων.

Η ιδέα περί της σημασίας της περιστροφικής κίνησης στην δημιουργία -αρχικά των πλανητών διατυπώθηκε από τον Immanuel Kant, ο οποίος υπεστήριξε ότι ένα νεφέλωμα λόγω της βαρύτητας κατέρρευσε και σχημάτισε έναν περιστρεφόμενο δίσκο από τον οποίο προήλθαν ο Ήλιος και οι πλανήτες. Αργότερα ο Pierre Laplace επεσήμανε ότι η δημιουργία των πλανητών προήλθε από δακτυλίους υλικού που απομακρύνθηκαν από το κέντρο του νεφελώματος λόγω της περιστροφής.

Η σύγχρονη Αστροφυσική από πλευράς της, έχει αποδείξει ότι η δημιουργία των άστρων βασίζεται στο μεσοαστρικό αέριο και σε κόκκους σκόνης, υλικά που λόγω βαρυτικής συστολής και λόγω της περιστροφικής κίνησης που εκτελούν, δημιουργούν ένα πρώτο μεσοαστρικό νέφος, ενώ σε ακόμη μεγαλύτερες συμπυκνώσεις όπου υπάρχει και ισχυρό βαρυτικό πεδίο, τα νέφη εξελίσσονται σε πρωτοαστέρες. Οι πρωτοαστέρες αρχικά είναι ψυχροί και περιβάλλονται από αέρια

¹³ Σμπλίκιος, *Εις Φυσικά*, 327, 24 και Δημόκρ. Α 67

¹⁴ βλ. και Καλαχάνης, (2012).

¹⁵ Αέτιος, *De Plac.* I 4, 2.

¹⁶ Διογένης Λαέρτιος, *Βίοι*, IX, 32, 1-4.

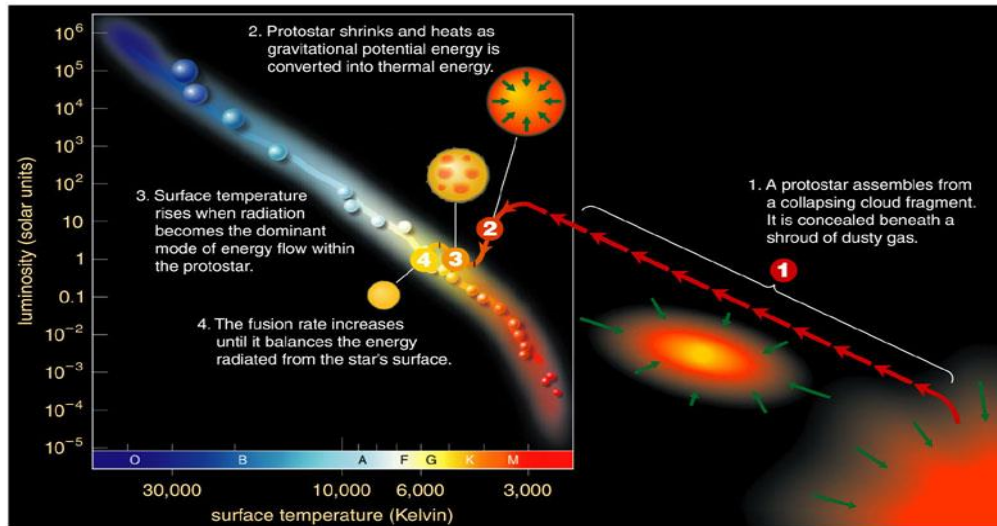
¹⁷ Αέτιος, *De Plac.* II, 7,2 (Λεύκ. Α 23).

¹⁸ Διογένης Λαέρτιος *Βίοι*, 9, 30 (Λευκ. Α1).

¹⁹ Βλ. και Καλαχάνης, 2012.

τα οποία τους καθιστούν αοράτους λόγω απορρόφησης του φωτός που εκπέμπουν (εκτός από την υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το κουκούλι τους).

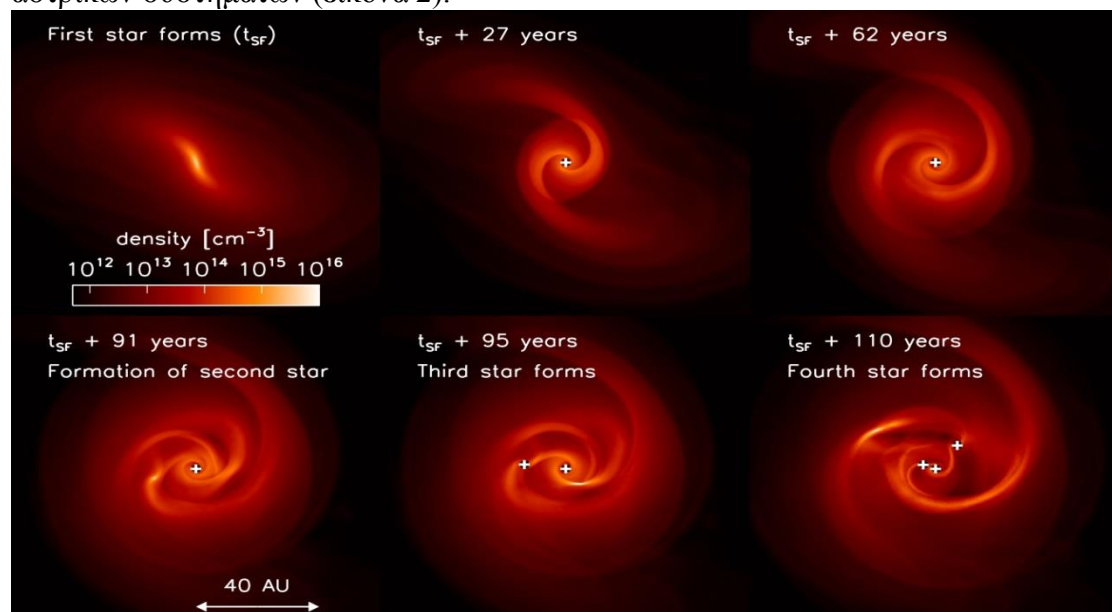
Καθώς λοιπόν ο πρωτοαστέρας περιστρέφεται η μάζα στο κέντρο του συμπιέζεται και η θερμοκρασία του αυξάνεται, με συνέπεια να αναφλεγεί το Η. Οι θερμοπυρηνικές αυτές αντιδράσεις συμβάλλουν και στην υδροστατική ισορροπία του αστέρα, ο οποίος έχει πλέον εισέλθει στην Κύρια Ακολουθία (εικόνα 1)



Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison Wesley.

Εικόνα 1: η πορεία ενός πρωτοαστέρα από την συμπύκνωση του αρχικού νέφους μέχρι την είσοδό του στην Κύρια Ακολουθία, πάνω στο διάγραμμα H-R.

Είναι φανερό ότι η περιστροφή του αρχικού νέφους είναι αυτή που συμβάλλει καθοριστικά στην μετατροπή του πρωτοαστέρα σε αστέρα Κύριας Ακολουθίας. Ενίοτε βέβαια οι στροβιλώδεις κινήσεις της ύλης του πρωταρχικού νέφους δημιουργούν και περισσότερους αστέρες με συνέπεια τον σχηματισμό πολλαπλών αστρικών συστημάτων (εικόνα 2).



Εικόνα 2: ο στροβιλισμός του αρχικού νέφους οδηγεί στον σχηματισμό πολλών αστέρων

Πηγή: Clark et al. 2011

Ανάλογος είναι βέβαια και ο τρόπος δημιουργίας του ηλιακού μας συστήματος και των πλανητών, από την βαθμιαία συμπύκνωση και βαρυτική κατάρρευση ενός μεσοαστρικού νέφους αερίων και σκόνης, το οποίο περιστρεφόταν ταχύτερα στο κέντρο του. Ως αποτέλεσμα αυτής της περιστροφής η μάζα προς το κέντρο θερμαινόταν, με συνέπεια τη δημιουργία ενός πρωταστέρα αλλά και ενός περιαστρικού δίσκου (εικόνα 3).



Εικόνα 3: ο αστέρας Βέγας στον αστερισμό της Λύρας (α Lyr), στον οποίο έχει ανακαλυφθεί η ύπαρξη περιαστρικού δίσκου

Πηγή: cs.astronomy.com

Λόγω της βαρυτικής έλξης κομμάτια ύλης συνεχίζουν να ενώνονται και σταδιακά να σχηματίζουν μεγάλες συγκεντρώσεις ύλης που ονομάζονται *πλανητοειδείς* και οι οποίες τίθενται σε τροχιά γύρω από τον πρωταστέρα. Μέσα λοιπόν από μία διαδικασία που περιλαμβάνει συγκρούσεις και καταστροφές, ορισμένοι πλανητοειδείς εξελίσσονται σε πλανήτες ευρισκόμενους σε τροχιά γύρω από το μητρικό τους άστρο .

Από τα παραπάνω είναι φανερό, ότι η στροβιλώδης κίνηση είναι μηχανική διεργασία της φύσης που συμβάλλει στην γένεση του κόσμου μας, καθώς τόσο η δημιουργία των άστρων, αλλά και των πλανητών όπως η Γη μας βασίζονται στην περιστροφή της ύλης.

Επίλογος

Στην παραπάνω μελέτη κατέστη σαφές ότι η συνεισφορά των Προσωκρατικών φιλοσόφων δεν περιορίζεται μόνο στην προσπάθεια του προσδιορισμού των αιτιών της δημιουργίας του κόσμου, αλλά επεκτείνεται και στην μελέτη των μηχανικών επιδράσεων που υφίσταται η ύλη και ιδιαίτερα στο φαινόμενο της δίνης. Οι Προσωκρατικοί φιλόσοφοι επεσήμαναν την σημασία της δίνης στην δημιουργία του κόσμου, γεγονός που επιβεβαιώνεται από την επιστημονική έρευνα, καθώς παρόμοια φαινόμενα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην δημιουργία των αστέρων και των πλανητών.

Βιβλιογραφία

- Αέτιος,(1879), *De placitis reliquiae*, ed. H. Diels *Doxographi Graeci*. Berlin: Reimer.
- Αριστοτέλης, (1924). *Μετά τα Φυσικά*, ed. W. D. Ross, *Aristotle's metaphysics*, 2 vols. Oxford: Clarendon Press.
- Clark, P. C., Glover, S. C. O., Smith, R. J., Greif, T. H., Klessen, R. S. & Bromm, V., (2011). The Formation and Fragmentation of Disks around Primordial Protostars. *Science*, 331, 1040.
- Διογένης Λαέρτιος, (1964). *Βίοι φιλοσόφων*, Diogenis Laertii vitae philosophorum, 2 vols.: Oxford: Clarendon Press.
- Ιππόλυτος, (1986). Του κατά πασών αιρέσεων έλεγχος, ed. M. Marcovich, Hippolytus. *Refutatio omnium haeresium* [Patristische Texte und Studien 25], Berlin: De Gruyter.
- Σιμπλίκιος, Εισ Φυσικά, (1895): Εισ το Α της Αριστοτέλους φυσικής Ακροάσεως, υπόμνημα ο έστι πρώτον, ed. H. Diels, *Simplicii In Aristotelis physicorum libros octo commentaria*, 2 vols. CAG 9-10. Berlin: Reimer.
- Kirk, G.S., Raven, J.E. and Schofield, M., (1988): Οι Προσωκρατικοί φιλόσοφοι, Αθήνα: ΜΙΕΤ.
- Καλαχάνης, Κ. (2012). Κοσμολογικές απόψεις των Ατομικών Φιλοσόφων. *Physics News*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών τεύχ. 3, Ιούλιος 2012.
- Καλαχάνης, Κ., (2014). “Οι Προσωκρατικοί για τις θεμελιώδεις δομές της ύλης” *Πρακτικά 15ου Πανελληνίου Συνεδρίου Φυσικής*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών,.
- Καλαχάνης, Κ. Πάνου, Ε. (2014). “Η φύση των ουρανίων σωμάτων κατά τον Αναξίμενη, υπό το πρίσμα της σύγχρονης Αστροφυσικής”. *Physics News*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, τεύχος 6.
- Μακρυγιάννης, Δ. (1999). *Κοσμολογία και ηθική του Δημοκρίτου*. Εκδόσεις Γεωργιάδη: Αθήνα.
- Πολίτης, Ν. (2004). *Φιλοσοφήματα*. [Αυτοέκδοση], Εν Αθήναις.