

## ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ vs EINSTEIN ΠΕΡΙ ΧΡΟΝΟΥ

Κωνσταντίνος Καλαχάνης

Δρ. Φιλοσοφίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
M.Sc. Περιβάλλον & Υγεία, διαχείριση περιβαλλοντικών θεμάτων με επιπτώσεις  
στην υγεία, Ιατρική Σχολή, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
Research Coordinator, New York College, Athens, Greece  
Επιστημονικός Συνεργάτης, Αριστοτέλειο Κορινθιακό Εκπαιδευτήριο  
[kalahanis@hotmail.com](mailto:kalahanis@hotmail.com)

### Περίληψη

Η αντίληψη του Αριστοτέλη σχετικά με τον χρόνο βασίζεται στην θεώρηση του νυν, το οποίο χρησιμεύει στην διάκριση του παρελθόντος από τον μέλλον. Το νυν αποτελεί μία ιδεώδη τομή της χρονικής ροής και είναι ακαριαίο. Ο χρόνος επίσης ορίζεται ως μέτρο κίνησης. Η σημαντική συνεισφορά του Αριστοτέλη είναι η εισαγωγή της έννοιας του παρατηρητή στην μέτρηση του χρόνου, καθώς σε περίπτωση ανυπαρξίας του, υπάρχει μόνο κίνηση. Επομένως δίνει έμφαση στην νοητική διεργασία της καταγραφής του χρόνου, τον οποίο θεωρεί ως ομοιόμορφο και ως έχοντα μία μόνο ροή. Η έννοια του παρατηρητή απαντάται και στον Νεύτωνα, όπου πλέον γίνεται λόγος για σύστημα συντεταγμένων, μία προσέγγιση που άνοιξε σημαντικούς δρόμους στην Φυσική. Το κοινό σημείο όμως με τον Αριστοτέλη, έγκειται στην σημασία της μέτρησης της κίνησης ουρανίων σωμάτων, ώστε να υπολογισθεί η ροή του χρόνου, αλλά και η απολυτότητά του. Στην Ειδική Σχετικότητα του Einstein αντιθέτως, η ροή του χρόνου εξαρτάται από την κίνηση του παρατηρητή, ενώ στην Γενική Σχετικότητα δεσπόζει ο ρόλος της βαρύτητας.

**Λέξεις κλειδιά:** νυν, χρονική ροή, παρατηρητής, Νεύτων, Ειδική Σχετικότητα, Γενική Σχετικότητα

## ARISTOTLE vs EINSTEIN ON THE NOTION OF TIME

Konstantinos Kalachanis

### Abstract

Aristotle's conception of time is based on the concept of nyn (now), which allows to distinguish the past from the future. Nyn is an ideal intersection of the flow of time and is instantaneous. Time is also defined as a measure of motion. Aristotle's important contribution is the introduction of the concept of the observer in the measurement of time, since in the absence of the observer, there is only motion. He therefore emphasizes the mental process of recording time, which he sees as uniform and having only one flow. The concept of the observer is also found in Newton, where it is now referred to as a coordinate system, an approach that opened important paths in physics. The common point with Aristotle, however, lies in the importance of measuring the motion of celestial bodies in order to calculate the flow of time and its absoluteness. In Einstein's Special Relativity, on the contrary, the flow of time depends on the motion of the observer, while in General Relativity the role of gravity dominates.

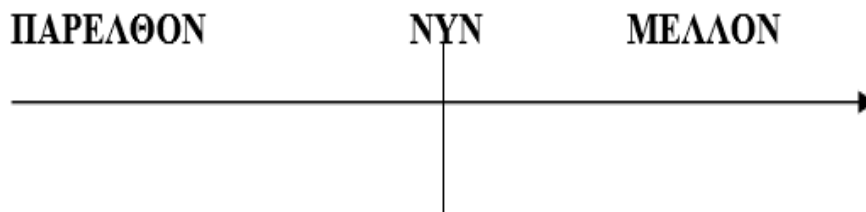
**Keywords:** nyn, time flow, observer, Newton, Special Relativity, General Relativity

## 1. Εισαγωγή

Ο Αριστοτέλης θεωρεί ότι ο χρόνος είναι κάτι πολύ δύσκολο να προσδιορισθεί ως προς την φύση του *ὅτι μὲν οὖν ἢ ὅλως οὐκ ἔστιν ἢ μόλις καὶ ἀμυδρῶς, ἐκ τῶνδὲ τις ἂν ὑποπτεύσειεν*<sup>1</sup>. Πράγματι, πρόκειται για ένα ζήτημα που έχει απασχολήσει διαχρονικά επιστήμονες και φιλοσόφους. Στόχος της παρούσας έρευνας είναι αρχικά να μελετηθούν οι αντιλήψεις του Αριστοτέλη περί του χρόνου και συγκεκριμένα ο ορισμός του και ακολούθως η αντίληψή του από τον άνθρωπο. Σε αυτό το σημείο θα γίνει λόγος και για την συνεισφορά του Νεύτωνα, ο οποίος εισάγει τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς, ωστόσο σε ζητήματα όπως η καταγραφή του χρόνου φαίνεται να συμφωνεί με τον Αριστοτέλη. Τέλος, παρουσιάζεται η θεώρηση του χρόνου στην Ειδική και Γενική Σχετικότητα του Einstein, η οποία σαφώς και καταρρίπτει όχι μόνο τις υποθέσεις του Αριστοτέλη, αλλά και νευτώνειες αντιλήψεις.

## 2. Ορίζοντας τον χρόνο

Προκειμένου να δώσει έναν ορισμό για τον χρόνο, ο Αριστοτέλης καθιέρωσε την έννοια του "τώρα" (νῦν), το οποίο που θεωρείται ως το όριο του παρελθόντος και του μέλλοντος. Κατά τον φιλόσοφο είναι αδύνατον *νοῆσαι χρόνον ἄνευ τοῦ νῦν, καθὼς τὸ δὲ νῦν ἐστὶ μεσότης τις, καὶ ἀρχὴν καὶ τελευτήν*. Είναι μάλιστα αρχή τοῦ ἔσο-  
*μένου χρόνου και τελευτή τοῦ παρελθόντος*<sup>2</sup>. Στην συνέχεια επίσης διευκρινίζει ότι το νυν θα πρέπει να ερμηνεύεται ως μεσότητα μεταξύ του του παρελθόντος και του μέλλοντος<sup>3</sup>. Σχηματοποιημένα η αντίληψη αυτή του χρόνου φαίνεται στην εικόνα 1, όπου το βέλος συμβολίζει την ροή του χρόνου από το παρελθόν στο μέλλον, με το νυν να αποτελεί απλώς ένα σημείο αναφοράς. Ως εκ τούτου το νυν δεν έχει φυσική υπόσταση, αλλά αποτελεί απλώς μία νοητή τομή στην ροή του χρόνου, τον οποίο χωρίζει σε παρελθόν και μέλλον. Επίσης ο Ιωάννης Φιλόπονος, (490-570), υπομνηματιστής του Αριστοτέλη, υποστηρίζει περί του νυν ότι είναι *ποιητικόν αἴτιον* του χρόνου και *ἀκαριαίον*<sup>4</sup>, πράγμα που δηλοῖ όχι μόνο τον ρόλο του στον ορισμό του χρόνου, αλλά και την αίσθηση της στιγμής που το χαρακτηρίζει.



Εικόνα 1: η ροή του χρόνου από το παρελθόν στο μέλλον, με σημείο αναφοράς το νυν.

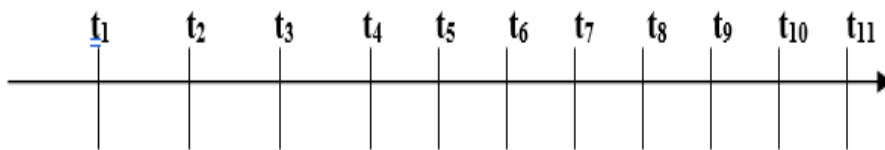
<sup>1</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής ακροάσεως*, 217b.

<sup>2</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής ακροάσεως*, 251b, 21-23.

<sup>3</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής ακροάσεως*, 251b, 25-29 και KALACHANIS et al. (2013).

<sup>4</sup> ΦΙΛΟΠΟΝΟΣ, *Εἰς Φυσικά*, 766, 13.

Το ερώτημα που ευλόγως θα τεθεί, είναι αν ο χρόνος ορίζεται ως το νυν. Ο Αριστοτέλης σε αυτή την περίπτωση υποστηρίζει ότι είναι *συνεχής* και απλώς διαιρείται από τα νυν. Επίσης σε άλλο σημείο της Φυσικής ακροάσεως παρομοιάζει τον χρόνο με την γραμμή, η οποία επίσης δεν αποτελείται από σημεία<sup>5</sup>. Επομένως αυτό που αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη διάνοηση είναι μία συνεχής ροή και όχι μεμονωμένες στιγμές. Επομένως επί της χρονικής ροής, ακόμη και αν νοηθούν πολύ περισσότερα σημεία (τα οποία προφανώς και λειτουργούν ως σημεία αναφοράς), αντιληπτή από τον άνθρωπο είναι η ίδια η ροή (εικόνα 2). Από τα παραπάνω, συνάγεται το συμπέρασμα ότι το νυν χαρακτηρίζεται ως «*συμπαράθεση απειροστικών χρονικών στιγμών που δεν αποτελούν τον χρόνο, ο οποίος έχει μία συνεχή και αδιάσπαστη ροή*»<sup>6</sup>. Άρα τα διαδοχικά νυν στην πραγματικότητα δεν έχουν ύπαρξη, αλλά αποτελούν ιδεώδεις τομές της χρονικής ροής.



Εικόνα 2: επί της χρονικής ροής τίθενται πολλαπλά νυν ως σημεία αναφοράς, χωρίς όμως να επηρεάζεται η ροή του χρόνου και η αντίληψή της από τον άνθρωπο.

Βάσει λοιπόν της δυνατότητας να τμηθεί ο χρόνος σε ακαριαίες στιγμές, προχωρά ο Αριστοτέλης στην διατύπωση του ορισμού του χρόνου, θέτοντας επί της χρονικής ροής δυο σημεία αναφοράς, τα οποία ονομάζονται *πρότερον* ( $t_1$ ) και *ύστερον* ( $t_2$ ) και ουσιαστικά αποτελούν δυο νυν μεταξύ των οποίων μεσολαβεί ένα χρονικό διάστημα.



Εικόνα 3: το πρότερον και το ύστερον τίθενται επί της χρονικής ροής, ενώ μεταξύ τους περνά ένα χρονικό διάστημα.

Από εκεί προκύπτει και ο ορισμός του χρόνου κατά τον Αριστοτέλη, ο οποίος διατυπώνεται ως ακολούθως: *τοῦτο γάρ ἐστίν ὁ χρόνος, ἀριθμὸς κινήσεως κατὰ τὸ πρότερον καὶ ὕστερον*<sup>7</sup>. Σύμφωνα με τον Ιωάννη Φιλόπονο ουσιαστικά πρόκειται για έναν αριθμό που αποδίδεται στο πρότερον και το ύστερον

<sup>5</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής ακροάσεως*, 220a 5 και 241a, 2-4.

<sup>6</sup> ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, (2000), σ. 296.

<sup>7</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 219b, 1-2.

### 3. Η αντίληψη του χρόνου από τον άνθρωπο: από τον Αριστοτέλη στον Νεύτωνα

#### 3.1. Η χρονική ροή και ο παρατηρητής

Μία πρωτότυπη συνεισφορά του Αριστοτέλη στην φιλοσοφική προσέγγιση του χρόνου, είναι η εισαγωγή της έννοιας του παρατηρητή<sup>8</sup>. Η διαπίστωση αυτή είναι αποτέλεσμα της σχέσης μεταξύ ψυχής και κίνησης, την οποία περιγράφει στην Φυσική ακρόαση. Έστωσαν επομένως δυο σημεία  $t_1$  και  $t_2$  όπου η ψυχή καταγράφει μία κίνηση (ροή), η οποία είναι αντιληπτή ως χρόνος. Κατά τον Αριστοτέλη αυτό που κάνει η ψυχή είναι να αντιλαμβάνεται την αίσθηση της κίνησης<sup>9</sup>, χρησιμοποιώντας αυτά τα σημεία αναφοράς επί της χρονικής ροής. Ορίζουν δηλαδή ένα διάστημα στην χρονική ροή, κατά το οποίο έχει λάβει χώρα κάποια κίνηση ή δραστηριότητα. Αν επί παραδείγματι με τη βοήθεια ενός ρολογιού θεωρήσουμε ως πρότερον την 10η πρωϊνή ώρα και ύστερον τη 11η πρωϊνή, ο πλανήτης μας έχει διανύσει ένα ορισμένο μέρος της τροχιάς του γύρω από τον Ήλιο, ενώ παράλληλα κινείται γύρω από τον άξονά του. Η συνείδησή μας αντιλαμβάνεται την κίνηση αυτή ως χρόνο, γεγονός που εξυπηρετεί και στη ρύθμιση των καθημερινών μας δραστηριοτήτων, αλλά και στην δημιουργία των ημερολογίων χάρη στην καταγραφή των κινήσεων της Γης γύρω από τον Ήλιο και τον άξονά της<sup>10</sup>.

Αποτιμώντας επομένως την αριστοτελική θεωρία για τον χρόνο διαπιστώνεται ότι περιλαμβάνει τις ακόλουθες παραμέτρους

- Το αριθμούμενο (κίνηση),
- Το αποτέλεσμα της μέτρησης της κινήσεως (χρόνος).
- Την ψυχή (παρατηρητή) που μετρά την κίνηση.

Σε περίπτωση επομένως απουσίας της ψυχής δεν θα υπάρχει μέτρηση και κατά συνέπεια ούτε χρόνος, δηλαδή το αποτέλεσμα της μέτρησης<sup>11</sup>. Ενδιαφέρουσα είναι και η παρατήρηση του Ιωάννη Φιλοπόπου, κατά τον οποίο *άνηρημένης ἄρα τῆς ψυχῆς ἀνήρηται καὶ ὁ χρόνος*, γεγονός που σημαίνει ότι αν δεν υπάρχει καταγραφή κίνησης από την ψυχή, τότε και ο χρόνος παύει να υπάρχει<sup>12</sup>. Επομένως η ύπαρξη του χρόνου προϋποθέτει την παρατήρηση και την μέτρηση της κίνησης. Η χρήση του όρου ψυχή στην προκειμένη περίπτωση δεν έχει μεταφυσικό περιεχόμενο, καθώς ο όρος είναι άμεσα συνδεδεμένος με την ύπαρξη του χρόνου, που είναι αποτέλεσμα παρατήρησης και μέτρησης της κινήσεως. Ως εκ τούτου ο Φιλόποπος διαχωρίζει το φυσικό γεγονός της κίνησης από τη νοητική ενέργεια της αριθμώσεώς της, όπως βεβαίως είχε πράξει προγενεστέρως και ο Αριστοτέλης<sup>13</sup>.

Το ερώτημα που ευλόγως θα τεθεί, είναι τι συμβαίνει κατά την απουσία των παρατηρητών που καταγράφουν τον χρόνο. Κατά τον Αριστοτέλη «δεν είναι δυνατόν να υπάρχει χρόνος αν δεν υπάρχει ψυχή, παρά μόνο είναι δυνατόν να υπάρχει εκείνο,

<sup>8</sup> ΚΑΛΑΧΑΝΗΣ et al. (2013).

<sup>9</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 219a, 22-25.

<sup>10</sup> Βλ. ΚΑΛΑΧΑΝΗΣ et al. (2013).

<sup>11</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 223a, 24-27.

<sup>12</sup> ΦΙΛΟΠΟΝΟΣ, *Εἰς Φυσικά*, 770, 12-14.

<sup>13</sup> ΚΑΛΑΧΑΝΗΣ κ.α. (2012).

στο οποίο αποδίδεται ως χαρακτηριστικό ουσιώδες ο χρόνος, όπως πχ εάν λέγαμε ότι είναι δυνατόν να υπάρξει κίνηση χωρίς να υπάρξει ψυχή. Το πρότερον και το ύστερον υπάρχουν στην κίνηση, είναι δε αυτά χρόνος καθ' όσον είναι αριθμητά<sup>14</sup>. Λογικό είναι πως πριν από την εμφάνιση του ανθρώπου με την υψηλή νοημοσύνη και την συνακόλουθη ανάπτυξη του πνεύματος, δεν υπήρχει κανένα ον που να μπορεί να προβεί σε μία τέτοια ενέργεια. Αυτό που υπάρχει όμως, είναι οι φυσικές διεργασίες, η κίνηση της Γης γύρω από τον Ήλιο και τον άξονά της, η κίνηση του πλανητικού συστήματος κ.ο.κ.

Περαιτέρω, ενδιαφέρουσα είναι και η τοποθέτηση του Αριστοτέλη σχετικά με την μοναδικότητα του χρόνου. Το επιχειρήμά του έχει ως εξής: στον κόσμο υπάρχει ένα είδος ύλης, κατά συνέπεια ο κόσμος είναι μοναδικός, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τον χρόνο του, η μέτρηση του οποίου πραγματοποιείται με κυκλική κίνηση. Ο λόγος που χρησιμοποιεί την κυκλική κίνηση, είναι το γεγονός ότι το κυκλικό σχήμα θεωρείται ως τέλειο, καθώς όλα τα σημεία του ισαπέχουν από το κέντρο. Επομένως έχει ομοιομορφία<sup>15</sup>. Επίσης η κίνηση μπορεί να είναι πιο αργή ή πιο γρήγορη και συνάμα αποτελεί μια ιδιότητα που είναι μοναδική για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο. Αντίθετα, ανεξάρτητα από το πώς κινείται ένα ον, ο χρόνος είναι σταθερός για όλους. «ὁ δὲ χρόνος πανταχοῦ ὁ αὐτός»<sup>16</sup>. Αν λοιπόν υπήρχε ταύτιση χρόνου και κίνησης, τότε ο κάθε παρατηρητής θα είχε διαφορετική αίσθηση του χρόνου, άρα θα υπήρχαν πολλοί χρόνοι.

### 3.2 Απόλυτος χρόνος κατά Νεύτωνα και αδρανειακά συστήματα

Η διαπίστωση αυτή του Αριστοτέλη βρίσκεται σε συνάφεια με την θεωρία του Νεύτωνα περί χρόνου, κατά τον οποίο καθώς υπάρχει μια παγκόσμια κλίμακα χρόνου που είναι η ίδια για όλους τους παρατηρητές. Συγκεκριμένα ο απόλυτος, αληθινός και μαθηματικός χρόνος, καθαυτός και από τη φύση του, χωρίς αναφορά σε οτιδήποτε εξωτερικό, ρέει ομοιόμορφα και με άλλο όνομα ονομάζεται διάρκεια. Σχετικός, φαινομενικός και κοινός χρόνος είναι κάθε αισθητός και εξωτερική μέτρηση (ακριβής ή ανακριβής) της διάρκειας μέσω της κίνησης. Ένα τέτοιο μέτρο - για παράδειγμα, μια ώρα, μια ημέρα, ένας μήνας, ένα έτος - χρησιμοποιείται συνήθως, αντί του πραγματικού χρόνου<sup>17</sup>. Επίσης Όλες οι κινήσεις μπορούν να επιταχυνθούν και να επιβραδυνθούν, αλλά η ροή του απόλυτου χρόνου δεν μπορεί να αλλάξει. Η διάρκεια ή η επιμονή της ύπαρξης των πραγμάτων είναι η ίδια, είτε οι κινήσεις τους είναι γρήγορες, είτε αργές, είτε μηδενικές, η διάρκεια διακρίνεται ορθά από τα αισθητά της μέτρα<sup>18</sup>. Είναι προφανής η συνάφεια με την αριστοτελική περί χρόνου θεωρία, όπου εκτός από την ομοιομορφία του χρόνου, επισημαίνεται επίσης ότι η ταχύτητα της κίνησης δεν επηρεάζεται από την ροή του χρόνου.

Ο Νεύτωνας ουσιαστικά αντιλαμβάνεται τον χρόνο ως μια ποσότητα άπειρης, γραμμικής επέκτασης, που χαρακτηρίζεται από τη διαδοχική σειρά των μερών της και

<sup>14</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 223a, 223a, 27-36.

<sup>15</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 223b, 36-37.

<sup>16</sup> ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, *Φυσικής Ακροάσεως*, 223b 12

<sup>17</sup> NEWTON, 1726 (1999), 408, παρά KOCHIRAS, (2016).

<sup>18</sup> NEWTON, 1726 (1999), 410, παρά KOCHIRAS, (2016).

την ροή<sup>19</sup>, κάτι που συνάδει και με την αριστοτελική αντίληψη περί διαδοχής των νυν που συγκροτούν την χρονική ροή. Επιπλέον ο απόλυτος χρόνος υπάρχει ανεξάρτητα από την ανθρώπινη αντίληψη και είναι δυνατόν να περιγραφεί μόνο με μαθηματικό τρόπο. Απεναντίας, ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον χρόνο ως μέτρηση σωμάτων όπως ο Ήλιος και η Σελήνη, βάσει των οποίων ορίζεται και η χρονική ροή. Η θέση αυτή έχει διατυπωθεί και από τον Ιωάννη Φιλόπονο, κατά τον οποίο *μέτρον γάρ ἔστιν τῆς οὐρανοῦ κινήσεως ὁ χρόνος*, ή απλούστερα *κινήσεως μέτρον*<sup>20</sup>. Σημειωτέον ότι στην νευτώνεια μηχανική σημείο κλειδί είναι το *αδρανειακό σύστημα*. Με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα<sup>21</sup> η θεωρία της αδράνειας καθιερώνεται πλέον και ορίζεται ως η ιδιότητα των σωμάτων να αντιστέκονται στην οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης. Επιπλέον, όταν ένα σύστημα κινείται με σταθερή ταχύτητα εν σχέσει προς το προηγούμενο, ορίζεται επίσης ως ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς. Παράλληλα οι νόμοι της μηχανικής είναι ίδιοι για όλα τα αδρανειακά συστήματα, κάτι που υποστηρίζεται και από τον Γαλιλαίο, από τους νόμους του οποίου προκύπτουν και οι αντίστοιχοι μετασχηματισμοί από το ένα σύστημα στο άλλο. Εδώ ακριβώς προκύπτει και έννοια της νευτώνειας σχετικότητας η οποία περιλαμβάνει τα εξής βασικά σημεία:

- Τόσο ο Γαλιλαίος όσο και ο Νεύτωνας περιέγραψαν την κίνηση των αντικειμένων σε σχέση με ένα συγκεκριμένο πλαίσιο αναφοράς, το οποίο είναι ουσιαστικά ένα σύστημα συντεταγμένων που συνδέεται με έναν συγκεκριμένο παρατηρητή.
- Ένα σύστημα αναφοράς που δεν επιταχύνεται ορίζεται ως αδρανειακό. Άρα οι νόμοι που ισχύουν σε αυτό θα ισχύουν και σε ένα άλλο σύστημα, αρκεί να κινείται με σταθερή ταχύτητα ως προς το πρώτο.

Αμφότερα τα συστήματα είναι ισοδύναμα. Επομένως η εκτέλεση ενός πειράματος σε ένα εργαστήριο όπου ο άνθρωπος δεν κινείται, η οποία παρατηρείται από έναν οδηγό κινούμενο με σταθερή ταχύτητα θα γίνεται σε ισοδύναμα αδρανειακά συστήματα αναφοράς, όπου και οι δυο θα συμφωνούν με το αποτέλεσμα της παρατήρησης. Μόνο η σχετική κίνηση του ενός συστήματος ως προς το άλλο παρατηρείται

Μπορούμε να το δούμε αυτό αν κάνουμε έναν μετασχηματισμό Γαλιλαίου<sup>22</sup>: Συγκεκριμένα, απαιτείται ένας μαθηματικός τύπος που να συνδέει συστηματικά τις δυο μετρήσεις ώστε να αποδειχθεί η ισοδυναμία των μετρήσεων στα διάφορα αδρανειακά. Εν προκειμένω θεωρούμε δύο αδρανειακά συστήματα ή πλαίσια, S και S'. Κατά μήκος των αξόνων xx', το πλαίσιο S ταξιδεύει με σταθερή ταχύτητα v, όπου v μετράται σε σχέση με το πλαίσιο S. Τα S και S' έχουν συγχρονισμένα ρολόγια, οπότε  $t = t' = 0$ . Έπειτα στο σημείο P, υποθέτουμε ότι συμβαίνει ένα σημειακό γεγονός - ένα φυσικό γεγονός όπως μια λάμπα που αναβοσβήνει. Ενώ ένας

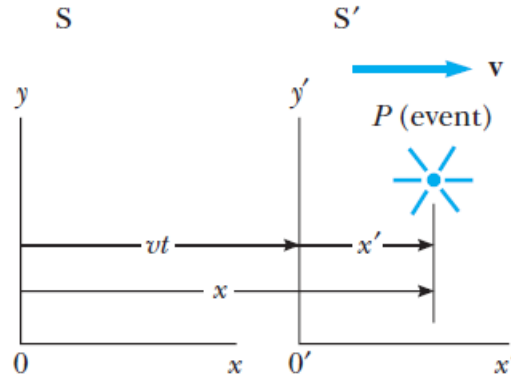
<sup>19</sup> KOCHIRAS, (2016), p. 9.

<sup>20</sup> ΦΙΛΟΠΟΝΟΣ, *Κατά Πρ.* 117,18 & 110,18.

<sup>21</sup> Κάθε σώμα, που βρίσκεται μέσα σε ένα αδρανειακό σύστημα, διατηρεί την κατάσταση ηρεμίας, ή εκτελεί ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, εφόσον καμία εξωτερική δύναμη δεν επιδρά για τη μεταβολή της η συνισταμένη των δυνάμεων ισούται με 0.

<sup>22</sup> Βλ. αναλυτικά SERWAY et al. (2005). σσ. 4-7

παρατηρητής στο σύστημα  $S$  θα χρησιμοποιούσε τις συντεταγμένες  $(x, y, z, t)$  για να περιγράψει το πανομοιότυπο συμβάν, ένας παρατηρητής στο  $S'$  θα χρησιμοποιούσε τις συντεταγμένες χωροχρόνου  $(x', y', z', t')$  (εικόνα 3).



Εικόνα 3: τα δυο συστήματα αναφοράς ( $S$  και  $S'$ ) όπου παρατηρείται το συμβάν, ενώ το  $S'$  κινείται με σχετική ταχύτητα  $v$  προς το  $S$ .

Πηγή εικόνας: SERWAY et al. 2005, σ. 4.

Οι σχέσεις αυτές εξηγούνται με τις εξισώσεις  $x' = x - vt$ ,  $y' = y$ ,  $z' = z$  και  $t' = t$  με τον χρόνο  $t$  να είναι κοινός και στα δυο συστήματα αναφοράς. Επομένως ο υπολογισμός του συμβάντος είναι κοινός και στα δυο συστήματα αναφοράς, όπως συμβαίνει σε όλα τα αδρανειακά συστήματα

Αποτιμώντας επομένως τις θεωρίες του Νεύτωνα, διαπιστώνουμε ότι έχουν ως εννοιολογικό θεμέλιο μία φιλοσοφική αντίληψη του χώρου και του χρόνου, η οποία έχει αρκετά κοινά στοιχεία με την αντίστοιχη του Αριστοτέλη, κυρίως ως προς την ομοιομορφία του χρόνου, αλλά και την αντίληψη της χρονικής ροής. Η σημαντική διαφορά ωστόσο είναι ότι ο Νεύτων κάνει λόγο για αδρανειακά συστήματα. Και στους δυο διανοητές όμως, υπάρχει η έννοια της παρατήρησης.

Ωστόσο, επισημαίνεται ότι το ενδιαφέρον του Νεύτωνα για τη σχετικότητα της κίνησης υποβαθμίζεται στις φιλοσοφικές θεωρήσεις του απόλυτου χώρου και χρόνου. Οι σύγχρονοι διανοητές πιστεύουν συνήθως ότι ο ίδιος ο Νεύτωνας δεν έπαιρνε αυτό το ζήτημα αρκετά σοβαρά υπόψη του, ιδίως σε σύγκριση με τους συναδέλφους του Huygens και Leibniz. Η συνεισφορά του όμως έγκειται στο ότι αναρωτιέται τι είναι αντικειμενικό κατά την περιγραφή των φυσικών διεργασιών, αλλά κυρίως θέτει το ζήτημα της επιλογής μεταξύ αντικειμενικών ιδιοτήτων και πλαισίου αναφοράς<sup>23</sup>.

Στην συνέχεια, τον 20<sup>ο</sup> αιώνα, έρχεται η Θεωρία της Σχετικότητας, η οποία επρόκειτο να αλλάξει ριζικά τον τρόπο αντίληψης του χρόνου.

#### 4. Ο χρόνος στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας

Οι κλασικές νευτώνειες αντιλήψεις για τον χώρο και τον χρόνο, που ήταν ευρέως αποδεκτές στην επιστημονική κοινότητα μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα,

<sup>23</sup> DI SALLE, (2022). Passim.

μεταβλήθηκαν ριζικά από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Ο Einstein δημοσίευσε το 1905 την διάσημη εργασία του με τίτλο *Περί της ηλεκτροδυναμικής των κινουμένων σωμάτων* (On the Electrodynamics of moving bodies), η οποία επρόκειτο να αλλάξει ριζικά την Φυσική, προεκτείνοντας την ανθρώπινη γνώση. Μέχρι εκείνη την εποχή, η εικόνα που επικρατούσε για το Σύμπαν ήταν σαφώς ντετερμινιστική, όπου κυριαρχεί η αιτιώδης συνάφεια των φυσικών φαινομένων. Ήδη μάλιστα ο Πουανκαρέ (Henri Poincare 1854-1912) είχε αμφισβητήσει ευθέως την δυνατότητα της ντετερμινιστικής περιγραφής των φυσικών φαινομένων, δεδομένης της ύπαρξης χασοτικών συστημάτων.

Βασικές παράμετροι που επηρέασαν την διατύπωση της θεωρίας ήταν το πείραμα Michelson-Morley χάρη στο οποίο απειδείχθη ότι η ανυπαρξία του αιθέρα ως μέσου διάδοσης του φωτός<sup>24</sup> αλλά και μετρήθηκε η ταχύτητά του σε συνδυασμό με την Ηλεκτροδυναμική του Maxwell, σύμφωνα με την οποία το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ταξιδεύουν στον χώρο σε μορφή κυμάτων με την ταχύτητα του φωτός, οι εξισώσεις όμως του οποίου ήταν ασύμβατες με αυτές του Γαλιλαίου. Επίσης η ύπαρξη συγκεκριμένης ταχύτητας στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν συνάδει με την ιδέα της ακαριαίας διάδοσης βαρυτικών αλληλεπιδράσεων που υπήρχε από τον Νεύτωνα. Εν προκειμένω έχουν δημοσιευθεί και εργασίες που προτείνουν την ιδέα ότι η νευτώνεια βαρύτητα διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός και όχι ακαριαία<sup>25</sup>.

Με τη διατύπωση των δύο αξιωμάτων της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας (ΕΘΣ), ο Αϊνστάιν έδωσε την απάντηση στα επιστημονικό "αδιέξοδα". Η ΕΘΣ όμως εξάγεται από τα ακόλουθα δυο αξιώματα<sup>26</sup>:

- *Αρχή Σχετικότητας του Γαλιλαίου*: δεν μπορεί να μετρηθεί η απόλυτη ταχύτητα ενός παρατηρητή σε κανένα πείραμα. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δεν εξαρτώνται από την σχετική ταχύτητά του ως προς άλλους παρατηρητές που δεν μετέχουν στο πείραμα.
- Η παγκοσμιότητα της ταχύτητας του φωτός: η ταχύτητα του φωτός ισούται με  $299.792.458 \text{ m/s}^{-1}$  ανεξαρτήτως της κίνησης της πηγής του φωτός ως προς τον παρατηρητή.

Κατόπιν τούτου, τα αξιώματα της ΕΘΣ έχουν ως ακολούθως:

- Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι πάντα  $c = 299.792.458 \text{ m/s}$ , σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς.
- οι νόμοι της Φυσικής είναι ίδιοι σε όλα τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς. Κατά συνέπεια, οποιοσδήποτε μετρήσει την ταχύτητα του φωτός από οποιοδήποτε σύστημα δεν θα παρατηρήσει καμία διαφορά.

Το ζήτημα στο οποίο μπορεί να γίνει σύγκριση της ΕΘΣ με την φιλοσοφική θεώρηση του Αριστοτέλη, είναι σχετικό με την έννοια του παρατηρητή και της καταγραφής του χρόνου. Κατά τον Αριστοτέλη (βλ. οικεία ενότητα) άνευ της υπάρξεως της ψυχής,

<sup>24</sup> KALACHANIS et al. (2017) όπου επισημαίνεται ότι η ερμηνεία του αιθέρα ως μέσου διάδοσης του φωτός δεν έχει καμία σχέση με την αριστοτελική θεωρία.

<sup>25</sup> GAARDER HAUG, (2021). Passim.

<sup>26</sup> SCHUTZ, (2007), σ. 18.



παύει να υπάρχει και χρόνος, άρα η ψυχή εν προκειμένω νοείται ως παρατηρητής που περιγράφει τον χρόνο, ο οποίος είναι παντού ο ίδιος, άρα ο οποιοσδήποτε παρατηρητής, ανεξαρτήτως της κίνησής του δεν θα καταλάβει καμία διαφορά. Ο παρατηρητής αυτός μετρά μόνο την κίνηση. Ωστόσο στην ΕΘΣ τα πράγματα είναι διαφορετικά, καθώς ο χρόνος και η ταυτόχρονη ύπαρξη είναι σχετικές με τον παρατηρητή<sup>27</sup>. Ο παρατηρητής στην ΕΘΣ δεν είναι απλώς κάποιος που παρακολουθεί με κιάλια από μακριά, αλλά αποτελεί ένα σύστημα καταγραφής πληροφοριών. Επιπλέον ο ανθρώπινος παράγοντας ουσιαστικά εξαλείφεται και πλέον γίνεται λόγος για αδρανειακό παρατηρητή, δηλαδή για σύστημα συντεταγμένων που ορίζει την θέση ενός γεγονότος βάσει χωρικών συντεταγμένων  $x, y, z$  αλλά και του χρόνου  $t$ <sup>28</sup>. Άρα στην ΕΘΣ περίπτωση υπάρχει σύστημα συντεταγμένων, ενώ στον Αριστοτέλη μία νοητική διεργασία καταγραφής κίνησης. Κοινό σημείο επομένως είναι η καταγραφή πληροφοριών.

Το επόμενο ερώτημα που ανακύπτει είναι αν ο χρόνος στην ΕΘΣ είναι απόλυτος, όπως συμβαίνει στην αριστοτελική αλλά και την νευτώνεια Φυσική. Η απάντηση είναι σαφώς αρνητική. Ο χρόνος δεν κυλά σύμφωνα με ένα μοναδικό ρολόι, δηλαδή με μια μοναδική χρονική ροή, που είναι ίδια για όλους τους παρατηρητές σε όλα τα αδρανειακά συστήματα. Ο χρόνος και συνεπώς οι εκφράσεις «ταυτόχρονα», «νωρίτερα», «αργότερα» είναι απόλυτες έννοιες, ανεξαρτήτως του αδρανειακού συστήματος αναφοράς του παρατηρητή<sup>29</sup>. Αυτό όμως δεν συμβαίνει στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας. Η απάντηση σε ερωτήματα όπως: «αν δύο γεγονότα που συμβαίνουν σε διαφορετικές θέσεις είναι ταυτόχρονα ή όχι» (Young, 1994, 1075) δεν είναι μονοσήμαντα καθορισμένη, αλλά εξαρτάται από την κατάσταση κίνησης του παρατηρητή. Επομένως, το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο γεγονότων είναι διαφορετικό για διαφορετικά συστήματα αναφοράς και ο εκάστοτε παρατηρητής αντιλαμβάνεται τη ροή του χρόνου ανάλογα με το σύστημα αναφοράς που βρίσκεται. Άρα ο χρόνος και η ροή του εξαρτώνται από το σύστημα αναφοράς του παρατηρητή. Δύο παρατηρητές θα αντιληφθούν διαφορετικά το χρονικό διάστημα ή τη διάσταση του μήκους και θα μετρήσουν διαφορετικές τιμές για αυτά, όταν ο ένας παρατηρητής κινείται ως προς τον άλλον. Πολύ λογικό θα ήταν επομένως κάποια γεγονότα που για κάποιον παρατηρητή θεωρούνται ότι είναι ταυτόχρονα, για κάποιον άλλον να μην είναι. Τα ανωτέρω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο χρόνος είναι ένα μέγεθος σχετικό, ανάλογο του συστήματος αναφοράς του παρατηρητή που επιλέγεται κάθε φορά για να μετρηθεί το μέγεθος του χρόνου<sup>30</sup>.

Στην Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας ο χρόνος είναι ένα μέγεθος που διαστέλλεται, ενώ το μήκος συστέλλεται. Οι μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τα φαινόμενα αυτά είναι:

---

<sup>27</sup> Βλ. και BOUDREAUULT, (2020). *passim*.

<sup>28</sup> SCHUTZ, (2007), σ. 21.

<sup>29</sup> EINSTEIN, & INFELD, (1940), 183.

<sup>30</sup> ΚΑΛΑΧΑΝΗΣ κ.α. (2012). *Passim*.

$$\text{Διαστολή του χρόνου: } \Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$\text{Συστολή του μήκους: } l = l_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

όπου:

$\Delta t_0$ : ιδιόχρονος (χρονικό διάστημα μεταξύ δυο γεγονότων που πραγματοποιούνται στο ίδιο σημείο του χώρου σε συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς).

$\Delta t$ : χρονικό διάστημα μεταξύ δυο γεγονότων όπως παρατηρείται στο σύστημα αναφοράς που κινείται με ταχύτητα  $u$  ως προς το πρώτο.

$l_0$ : ιδιομήκος (μήκος μεταξύ δύο σημείων στο σύστημα ηρεμίας).

$l$ : μήκος μεταξύ δύο σημείων όπως παρατηρείται στο σύστημα αναφοράς που κινείται με ταχύτητα  $u$  ως προς το πρώτο.

$u$ : ταχύτητα κίνησης του ενός συστήματος αναφοράς ως προς το άλλο.

$c$ : η ταχύτητα του φωτός  $c = 3 \times 10^9$  m/s, το μέτρο της οποίας είναι ίδιο για όλα τα αδρανειακά συστήματα και ανεξάρτητο της κίνησης της πηγής.

Με τη χρήση των μετασχηματισμών του Lorentz είναι δυνατόν να συσχετιστούν οι χωροχρονικές συντεταγμένες ενός γεγονότος όπως τις βλέπει ένας παρατηρητής από δύο διαφορετικά συστήματα αναφοράς, που το ένα ως προς το άλλο κινείται με σταθερή ταχύτητα ( $u$ ). Ακολουθεί μαθηματικός φορμαλισμός μετασχηματισμού των χωροχρονικών συνιστωσών:

$$\text{Συνιστώσα } x: \quad x' = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

$$\text{Συνιστώσα } y: \quad y' = y$$

$$\text{Συνιστώσα } z: \quad z' = z$$

$$\text{Συνιστώσα } t: \quad t' = \frac{t - ux/c^2}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

Χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο της διαστολής του χρόνου, κατά το οποίο ένα κινούμενο ρολόϊ είναι πιο αργό από ένα ίδιο ακίνητο ρολόϊ. Δηλαδή αλλάζει ο ιδιόχρονος (ο χρόνος που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής που κινείται μαζί με το ρολόϊ). Το φαινόμενο αυτό επιβεβαιώθηκε πειραματικά από τους Hafele-Keating οι οποίοι τοποθέτησαν ατομικά ρολόγια καισίου σε αεροπλάνα τα οποία πετούσαν μία φορά προς ανατολάς και μία προς δυσμάς, σε περίπου ισημερινές διαδρομές.συνέχεια συνέκριναν τα ρολόγια με ρολόγια αναφοράς στο έδαφος για να διαπιστώσουν ότι

είχαν αποκλίνει, όπως προβλέπει η ΕΘΣ. Ωστόσο σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπόψη και το φαινόμενο Sagnac κατά το οποίο η Γη μη ούσα αδρανειακό σύστημα αναφοράς λόγω περιστροφής και γωνιακής ταχύτητας, έχει μία επίδραση στα χρονόμετρα, όπως προκύπτει από την Ειδική Σχετικότητα, εξαιτίας της περιστροφής της Γης. Το φαινόμενο το έχει επισημάνει και ο Einstein (1905), ο οποίος υποστηρίζει ότι ένα ρολόι στον ισημερινό θα κινείται πιο αργά σε σχέση με ένα που βρίσκεται στους πόλους.

Επίσης είναι γνωστό και το παράδοξο των διδύμων, κατά το οποίο έχουμε δυο διδύμους, εκ των οποίων ο ένας κάνει ένα διαστημικό ταξίδι με έναν πύραυλο και όταν επιστρέφει στην Γη βλέπει τον αδελφό του να είναι μεγαλύτερος. Το παράδοξο επιλύεται και με τις εξισώσεις του Lorentz, αλλά και με την Γενική σχετικότητα. Η ουσία είναι όμως ότι δυο συστήματα παρατηρητών έχουν καταγράψει διαφορετικούς χρόνους, κάτι που φυσικά είναι πολύ διαφορετικό από την έννοια του απολύτου χρόνου του Νεύτωνα, αλλά και την θέση του Αριστοτέλη ότι ο χρόνος είναι παντού ο ίδιος.

## 5. Ο χρόνος στην Γενική Θεωρία της Σχετικότητας

Βασικός στόχος του Einstein με την διατύπωση της ΓΘΣ ήταν να δημιουργήσει μία θεωρία βαρύτητας που θα περιελάμβανε την ΕΘΣ και τα αδρανειακά συστήματα, μαζί όμως με την αρχή της ισοδυναμίας, κατά την οποία οι νόμοι της Φυσικής ένα σύστημα σε ελεύθερη πτώση εντός βαρυτικού πεδίου, είναι ισοδύναμοι με τους αντίστοιχους σε αδρανειακό σύστημα χωρίς βαρύτητα<sup>31</sup>.

Τα βασικά αξιώματα της ΓΘΣ είναι τα εξής:

- Οι νόμοι της φύσης έχουν την ίδια μορφή για τους παρατηρητές σε οποιοδήποτε σύστημα αναφοράς, είτε είναι επιταχυνόμενοι είτε όχι.
- Κοντά σε οποιοδήποτε σημείο, ένα βαρυτικό πεδίο είναι ισοδύναμο με ένα επιταχυνόμενο σύστημα αναφοράς με απουσία βαρυτικών φαινομένων (η αρχή της ισοδυναμίας).

Αναφορικά με την ροή του χρόνου στην ΓΘΣ ο χρόνος μεταβάλλεται λόγω της βαρύτητας. Όσο μεγαλύτερη είναι η βαρύτητα τόσο επιβραδύνεται το ρολόι, το οποίο φυσικά τρέχει πιο αργά από ένα που βρίσκεται εκεί όπου η βαρύτητα είναι αμελητέα. Επίσης ένα ακόμη αποτέλεσμα της ΓΘΣ είναι ότι οι συχνότητες της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τα άτομα παρουσία ισχυρού βαρυτικού πεδίου μετατοπίζονται προς το ερυθρό (redshift)<sup>32</sup>. Επί παραδείγματι ένα αντικείμενο κινούμενο κοντά σε μια μαύρη τρύπα- θα πρέπει να μετατοπίζεται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος προς το ερυθρό. Αυτή η βαρυτική ερυθρομετατόπιση δεν υπάρχει στη νευτώνεια θεωρία της βαρύτητας<sup>33</sup>.

Το γεγονός ότι ο χωροχρόνος αναφέρεται πλέον στη θεωρία της Γενικής Σχετικότητας και ότι καμπυλώνεται ανάλογα με τη μάζα είναι μια άλλη θεμελιώδης πτυχή της θεωρίας. Στην πραγματικότητα, ο χρόνος κινείται πιο αργά όταν η

<sup>31</sup> SERWAY et al. (2005). σσ. 37-38.

<sup>32</sup> SERWAY et al. (2005), σ. 55.

<sup>33</sup> DO et al. (2019).

συγκέντρωση μάζας είναι αρκετά μεγάλη. Επιπλέον, σε εξαιρετικές περιπτώσεις όπου το βαρυτικό πεδίο τείνει προς το άπειρο, όπως κάτω από το όριο ακτίνας Scharchild των μαύρων οπών, ο εξωτερικός παρατηρητής στη Γη θα λάβει "παγωμένες" εικόνες μέχρι το σημείο όπου το σήμα του αστροναύτη χάνεται εντελώς καθώς πλησιάζει το σημείο ιδιομορφίας. Επομένως, στη Γενική Σχετικότητα, η παρατήρηση του χρόνου μεταβάλλεται σύμφωνα με την βαρύτητα και την γεωμετρία του χωροχρόνου.

### **Συμπέρασμα- Συζήτηση**

Στόχος της παραπάνω μελέτης ήταν να προσδιορισθεί αρχικά η συνεισφορά του Αριστοτέλη στην μελέτη του ενδιαφέροντος -φιλοσοφικά και επιστημονικά- ζητήματος του χρόνου. Στο πλαίσιο αυτό προσδιορίστηκε η φύση του χρόνου ως αποτελέσματος μίας νοητικής διεργασίας, η οποία αναφέρεται στην μέτρηση της κίνησης βάσει του νυν, η χρήση του οποίου είναι ως σημείο αναφοράς για τον προσδιορισμό των εννοιών πρότερον και ύστερον. Ο χρόνος σημειωτέον, χαρακτηρίζεται και από συνεχή ροή, όπως ακριβώς αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη διάνοηση την αλληλοδιαδοχή των συνεχών νυν. Επιπλέον, εκτός της θεώρησης του χρόνου ως μέτρου της κίνησης, η μεγάλη συνεισφορά του Αριστοτέλη στο εν λόγω ζήτημα υπήρξε η εισαγωγή της έννοιας του παρατηρητή που καταγράφει την κίνηση. Αν η ψυχή (όρος με τον οποίο αποδόθηκε ο ρόλος του παρατηρητή) είναι απύσχα, τότε χρόνος δεν υφίσταται, παρά μόνο η κίνηση. Επίσης και η θεώρηση του χρόνου ως ομοιόμορφου, είναι συναφής με την έννοια του απολύτου χρόνου για την οποία μίλησε ο Νεύτωνας

Η αριστοτελική αντίληψη περί χρόνου επηρέασε και Χριστιανούς συγγραφείς, όπως ο Ιωάννης Φιλόπονος, ο οποίος απεδέχθη τις αριστοτελικές θέσεις. Κατά τα νεώτερα χρόνια όμως ο Νεύτων, του οποίου η μορφή δεσπάζει, επίσης έκανε λόγο για χρονική ροή, συναφώς προς τον Αριστοτέλη, η οποία μπορεί να μετρηθεί βάσει κινήσεως ουρανίων σωμάτων. Εκεί όμως όπου ο Νεύτων προχωρεί περαιτέρω, είναι η εισαγωγή των αδρανειακών συστημάτων, όπου οι φυσικοί νόμοι είναι πάντα ίδιοι. Τον 20 αιώνα, με την εισαγωγή της ΕΘΣ από τον Einstein ο ρόλος του παρατηρητή μεταβάλλεται, καθώς η αντίληψη του χρόνου εξαρτάται από την κίνησή του. Τέλος, στην ΓΘΣ ο Σύμφωνα με τη γενική θεωρία της σχετικότητας, ο χρόνος διαστέλλεται σε ένα βαρυτικό πεδίο, κάνοντας τα ρολόγια (ή τις ατομικές διεργασίες) να φαίνονται να κινούνται πιο αργά από ό,τι πραγματικά κινούνται σε κάποιον εκτός του πεδίου. Αυτή η καθυστέρηση προκύπτει από τη σχετική καμπυλότητα του χωροχρόνου του βαρυτικού πεδίου. Επομένως η γεωμετρία του χώρου διαδραματίζει τον καθοριστικό ρόλο.

Το τελικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα παραπάνω, είναι ότι για πρώτη φορά ο Αριστοτέλης επιχειρεί να προσεγγίσει την έννοια του χρόνου όχι μόνο φιλοσοφικά-δαισθητικά, αλλά περισσότερο με όρους σύγχρονης Φυσικής, περιλαμβάνοντας στις απόψεις του την έννοια της μέτρησης και της καταγραφής. Αν και η μηχανική του Νεύτωνα αποτέλεσε τον βασικό παράγοντα μελέτης του χρόνου από την επιστήμη και στην συνέχεια με την ΕΘΣ και την ΓΘΣ άνοιξαν νέοι δρόμοι έρευνας του Σύμπαντος, η συμβολή του Αριστοτέλη στις φυσικές επιστήμες, διεδραμάτισε

σημαίνοντα ρόλο για πολλούς αιώνες. Η ομοιομορφία του χρόνου, περί της οποίας έκανε λόγο, με τα σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα, απορρίπτεται.

### Βιβλιογραφία / References

- ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ, (1950). *Φυσικής Ακροάσεως*, ed. W.D. Ross, Clarendon Press, Oxford.
- BOUDREAULT, P. L. (2020). *Aristotle's Account of Time: A Moderate Realism*. (2020). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 7514. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/7514>
- ΓΕΩΡΓΟΥΛΗΣ, Κ.Δ., (2000). *Ιστορία της Ελληνικής Φιλοσοφίας*, Εκδ. Παπαδήμα, Αθήνα.
- DI SALLE, R. (2022). Absolute space and Newton's theory of relativity. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics* Volume 71, August 2020, Pages 232-244.
- DO, T. et al. (2019). Relativistic redshift of the star S0-2 orbiting the Galactic Center supermassive black hole. *Science*, Vol 365, Issue 6454 pp. 664-668, DOI: 10.1126/science.aav8137
- EINSTEIN, A. (1905). On the electrodynamics of moving bodies (Zur Elektrodynamik bewegter Körper). *Annalen Der Physik*. 17:891,
- EINSTEIN, A. AND INFELD, L. (1938). *The Evolution of Physics from early concepts to relativity and quanta*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GAARDER HAUG, E. (2021). Demonstration that Newtonian gravity moves at the speed of light and not instantaneously (infinite speed) as thought! *Journal of Physics Communications*, Volume 5, Number 2 DOI: 10.1088/2399-6528/abe4c8
- KALACHANIS, K. THEODOSSIOU, E. DIMITRIJEVIC, M. (2017). Aristotelian Aether and Void in the Universe. *Journal of Classical Studies Matica Srpska*, 18, pp. 135-150, Novi Sad.
- ΚΑΛΑΧΑΝΗΣ, Κ. ΘΕΟΔΟΣΙΟΥ, Ε. ΠΑΝΟΥ, Ε. ΜΑΝΙΜΑΝΗΣ, Β. (2012). Η αντίληψη του χρόνου από τον άνθρωπο κατά την διδασκαλία του Ιωάννη Φιλοπόπου και η συσχέτισή της με την Ειδική και τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. *Physics News*, Ένωση Ελλήνων Φυσικών, τεύχος 4, Δεκέμβριος, σσ.13-17.
- KOCHIRAS, H. (2016). Newton's Absolute Time. In *Time and Tense*, ed. S. Gerogiorgakis; Munich: Philosophia (Basic Phil.Concepts) 2016; pp. 169-195
- NEWTON, I. ([1726] 1999). *The Principia: Mathematical principles of natural philosophy* Trans. I. B. Cohen, & A. Whitman. Berkeley: University of California Press.
- RYNASIEWICZ, R. (2022). Newton's Views on Space, Time, and Motion. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2022 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/spr2022/entries/newton-stm/>>.
- SERWAY, R. MOSES, C.J. MOYER, C.A. (2005). *Modern Physics*, Thomson Learning, Inc.
- SCHUTZ, B. (2007). *Γενική Σχετικότητα* (τίτλος πρωτοτύπου: A first Course on General Relativity, μτφ: Θεοφάνης Γραμμένος). Εκδόσεις Τραυλός, Αθήνα
- ΦΙΛΟΠΟΝΟΣ, Ι. (1899). *Κατά των Πρόκλου, περί της αιδιότητος του κόσμου επιχειρημάτων*, ed. H. Rabe, Teubner, Leipzig.
- Φιλόπονος, J. (1887). *Εις το Α της Αριστοτέλους Φυσικής Ακροάσεως*, 2 vols, CAG 16 -17, Reimer, Berlin (repr. 1888).