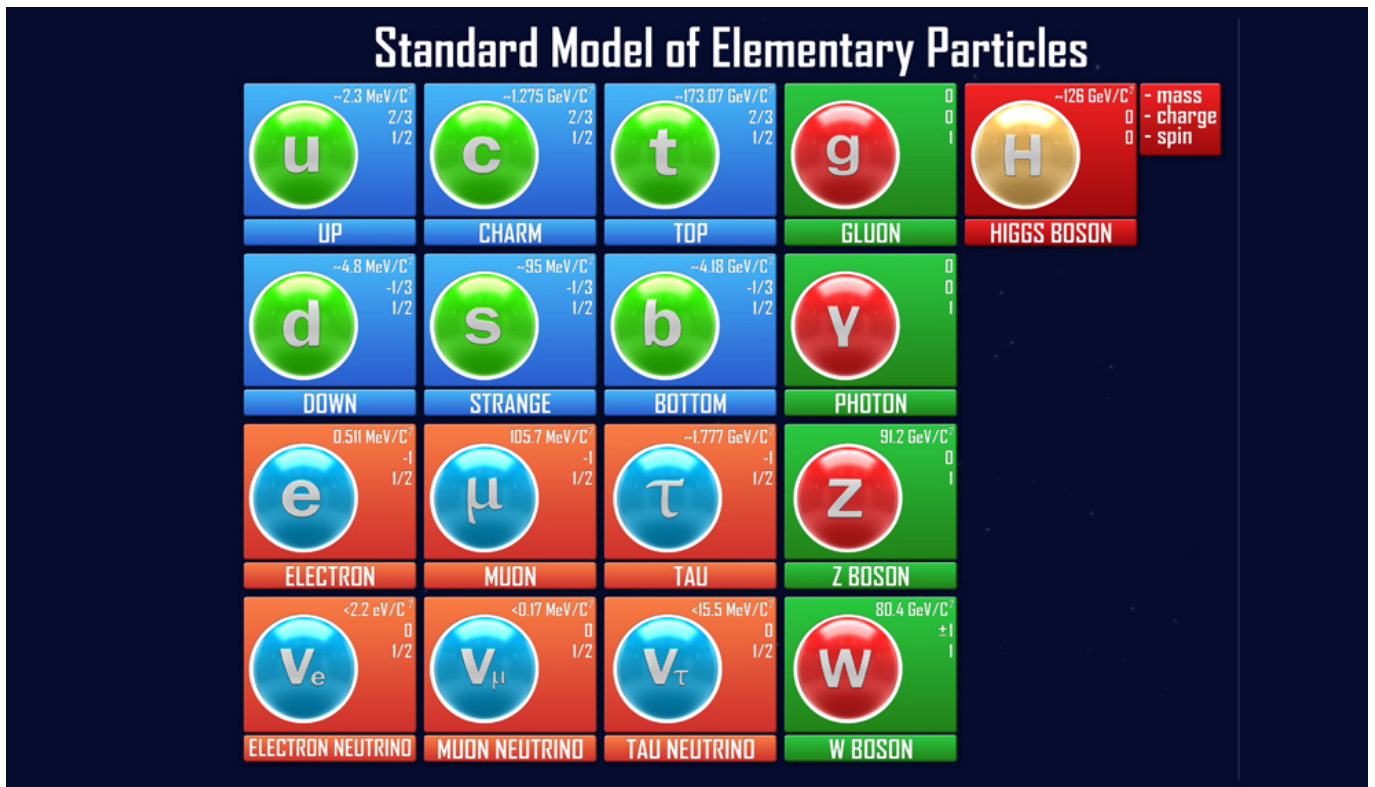


# Σύγχρονη φυσική και ενότητα των φυσικών δυνάμεων (Κωνσταντίνος Καλαχάνης, Δρ. Φιλοσοφίας Πανεπιστημίου Αθηνών)

/ [Πεμπουσία](#)

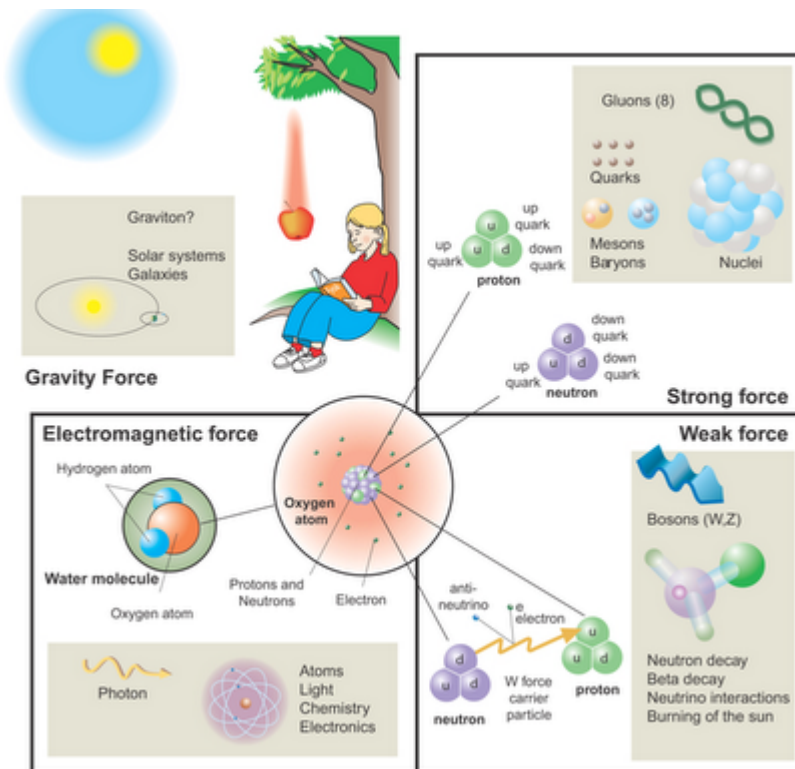


Η ιδέα που εξέφρασαν οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι αναφορικά με την ύπαρξη ενότητας στον φυσικό κόσμο, βρήκε την πρακτική της εφαρμογή στην σύγχρονη Φυσική, όπου πλέον οι ερευνητικές υποθέσεις αποδεικνύονται μέσω πειραμά-των.

### 3. Η ενότητα των φυσικών δυνάμεων κατά την σύγχρονη Φυσική

Το γεγονός αυτό επέτρεψε στους επιστήμονες να μελετήσουν την δομή του πυρήνα του ατόμου και να φτάσουν στις μικρότερες δομές ύλης που έχουν ανακαλυφθεί μέχρι στιγμής, τα quarks (q) και τα λεπτόνια. Εκτός από αυτά όμως, τα πειράματα και οι έρευνες που πραγματοποιούνται στην φυσική του μικροκόσμου έχουν αποδείξει ότι εκτός από τα στοιχειώδη σωματίδια, υπάρχουν και αλληλεπιδράσεις,

οι οποίες είναι οι εξής (εικόνα 1):



Εικόνα 1 (πηγή: scienceblog.com)

**Βαρυτική:** η δύναμη που προκαλεί την έλξη των σωμάτων και την καμπύλωση του χώρου που παρατηρείται στον μακρόκοσμο. Εξασθένησε με την ρήξη της υπερσυμμετρίας. Αναζητείται το σωματίδιο που την προκαλεί (βαρυτόνιο).

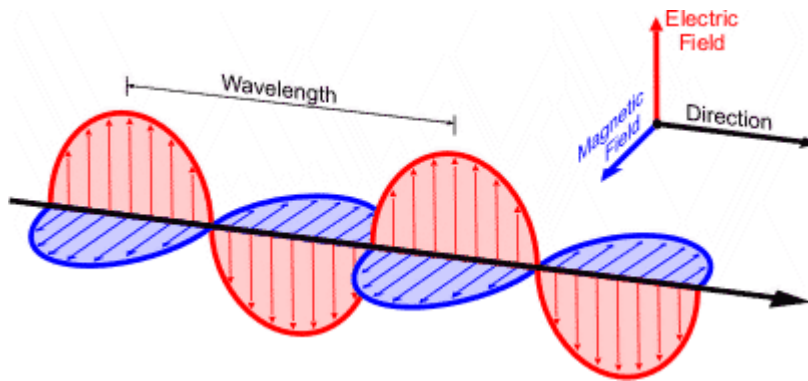
**Ισχυρή πυρηνική:** η ισχυρότερη των 4 δυνάμεων, η οποία συγκρατεί τα κουάρκ που αποτελούν τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Επιπλέον, συγκρατεί τον δεσμό πρωτονίων-νετρονίων μέσα στον πυρήνα του ατόμου.

**Ασθενής πυρηνική:** προκαλεί την διάσπαση  $\beta'$  και τις διεργασίες που περιλαμβάνουν νετρίνα (όταν ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο - ή το αντίθετο, εκπέμπει ένα ηλεκτρόνιο ή αντηλεκτρόνιο που ονομάζεται σωματίδιο  $\beta'$ ). Δημιουργεί την ραδιενέργεια και προκαλεί εκπομπή νετρίνων ή αντινετρίνων). Φορείς της είναι τα μποζόνια W (+ -), καθώς και το μποζόνιο Higgs, το οποίο τους προσδίδει την μάζα.

**Ηλεκτρομαγνητική:** ηλεκτρική έλξη μεταξύ πρωτονίων (+) και ηλεκτρονίων (-). Συντελεί στον σχηματισμό μορίων και φορέας της είναι το φωτόνιο.

Μεγάλο κομμάτι στον κλάδο της Θεωρητικής Φυσικής στρέφεται στην προσπάθεια ενοποίησης των τεσσάρων αυτών αλληλεπιδράσεων. Η πρώτη απόπειρα έγινε από τον Αγγλο φυσικό James Maxwell (1831-1879), ο οποίος μελέτησε τις ταλαντώσεις

του ηλεκτρικού ρεύματος σε σύρματα και παρατήρησε την δημιουργία ενός ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου τα οποία διαδίδονται κάθετα μεταξύ τους (εικόνα 2). Τα κύματα που δημιουργούνται θα συμπεριφέρονται όπως και το φως, γεγονός που σημαίνει ότι και το φως είναι στην πραγματικότητα μία ηλεκτρομαγνητική διαταραχή. Άρα, ο ηλεκτρισμός, ο μαγνητισμός και το φως είναι η εκδήλωση του ίδιου φαινομένου.



Εικόνα 2 (πηγή: <http://www.visionlearning.com/>)

Ύστερα από τον Maxwell ένας άλλος φυσικός που οραματίστηκε την ενότητα των φυσικών δυνάμεων υπήρξε ο A. Einstein (1879-1955), ο οποίος εκτός από σπουδαίος επιστήμων υπήρξε και οραματιστής της ενοποίησης των δυνάμεων που υπάρχουν στη φύση. Τις απόψεις του τις διετύπωσε, το 1950, στο άρθρο του με τίτλο "On the Generalized Theory of Gravitation" στο επιστημονικό περιοδικό Scientific American. Ωστόσο ο σπουδαίος φυσικός, ήδη με την Θεωρία της Ειδικής Σχετικότητας, είχε καταφέρει να ενοποιήσει τον χώρο και τον χρόνο.

Η ιδέα όμως περί της ενότητας των φυσικών δυνάμεων παρέμενε στο προσκήνιο στην Φυσική, με αποτέλεσμα οι Julian Seymour Schwinger και Sheldon Lee Glashow, να εισηγηθούν την ιδέα, ότι η ασθενής και η ηλεκτρομαγνητική δύναμη είναι στην πραγματικότητα δύο εκφάνσεις της ίδιας δύναμης, στην περίπτωση που επικρατούσαν ακραίες συνθήκες. Η θεωρία αυτή εξελίχθηκε ακόμη περισσότερο από τους Abdus Salam, Sheldon Glashow και Steve Weinberg, των οποίων τα πειράματα έδειξαν ότι οι ηλεκτρομαγνητικές και ασθενείς θεωρίες έχουν την ίδια ισχύ σε υψηλές ενέργειες σωματιδίων, με συνέπεια να θεωρούνται ως εκφάνσεις της ασθενούς αλληλεπίδρασης (Serwayetal. 2007, σ. 530). Η θεωρία αυτή ονομάστηκε Ηλεκτρασθενής Θεωρία και σε συνδυασμό με την Κβαντική Χρωμοδυναμική, όπου περιγράφονται οι αλληλεπιδράσεις των quark οδήγησε στην διατύπωση του Καθιερωμένου Προτύπου, το οποίο περιγράφει τα δομικά συστατικά της ύλης και τις μεταξύ τους ισχυρές, ασθενείς και ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις, δίχως όμως να περιλαμβάνει την βαρυτική δύναμη (εικόνα 3).

## Elementary Particles

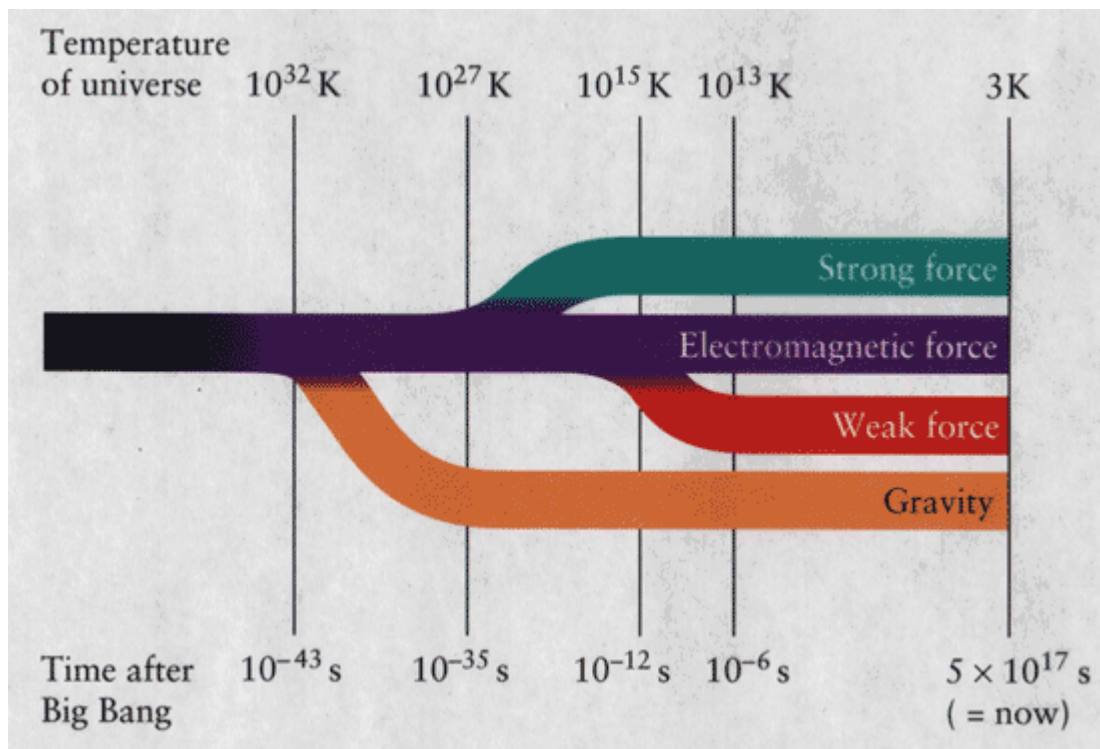
Quarks	<b><i>u</i></b> up	<b><i>c</i></b> charm	<b><i>t</i></b> top	<b><i>g</i></b> gluon	Force Carriers
	<b><i>d</i></b> down	<b><i>s</i></b> strange	<b><i>b</i></b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> photon	
Leptons	<b><math>\nu_e</math></b> <small><i>e</i> neutrino</small>	<b><math>\nu_\mu</math></b> <small><math>\mu</math> neutrino</small>	<b><math>\nu_\tau</math></b> <small><math>\tau</math> neutrino</small>	<b><i>W</i></b> <small><i>W</i> boson</small>	
	<b><i>e</i></b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><i>Z</i></b> <small><i>Z</i> boson</small>	
3 →	I	II	III	← Generations	

*Εικόνα 3 (πηγή: <http://conferences.fnal.gov/>)*

Το Καθιερωμένο Πρότυπο συμπληρώθηκε το 2012 με την πειραματική επιβεβαίωση της ύπαρξης του μποζονίου Higgs, το οποίο προσδίδει στα σωματίδια την ιδιότητα της μάζας.

Ωστόσο υποστηρίζεται ότι πριν από την αρχή του Σύμπαντος υπήρξε μία περίοδος που ονομάζεται περίοδος Planck ή κβαντική περίοδος, η οποία διήρκεσε μέχρι και  $10^{-43}$  δευτερόλεπτα πριν από τον χρόνο  $t_0=0$ . Κατά την περίοδο αυτή, όπου η πυκνότητα του Σύμπαντος και η καμπυλότητά του ήταν άπειρες, η βαρυτική δύναμη ήταν εξίσου ισχυρή με τις άλλες 3 δυνάμεις του σύμπαντος, με συνέπεια οι 4 δυνάμεις να είναι ενωμένες σε μία υπερδύναμη που ονομάστηκε υπερδύναμη Planck (βλ. αναλυτικά και Δανέζης, Θεοδοσίου, 2003, σσ.303- 306). Επομένως, το σύμπαν διήλθε μια τέλεια φάση του «τίποτα», ή του κενού χώρου ανωτέρων διαστάσεων (πιθανόν 11 διαστάσεων). Η μυστηριώδης αυτή συμμετρία ονομάστηκε υπερσυμμετρία. Με την διάσπασή της δημιουργήθηκε μία μικροσκοπική φουσαλίδα, το σύμπαν μας (Kaku,2005, σ.142).

Από την στιγμή όμως που ξεκινά η περίοδος της πληθωριστικής διόγκωσης του Σύμπαντος και η ψύξη της ύλης είναι ταχύτατη (θερμοκρασία  $10^{28}$  K), με την ολική ενέργεια του Σύμπαντος να αυξάνεται σε συνδυασμό με την πληθωριστική διαστολή, οι τρεις δυνάμεις παραμένουν ενωμένες. Στη συνέχεια βέβαια διαχωρίζεται η ισχυρή πυρηνική δύναμη και έπειτα η ασθενής πυρηνική από την ηλεκτρομαγνητική (εικόνα 4).



Είναι χαρακτηριστικό ότι το παραπάνω μοντέλο που περιγράφεται, κάνει ουσιαστικά λόγο την ύπαρξη μίας συμμετρικής κα-τάστασης ανωτέρων διαστάσεων, πέρα από το αισθητό μας Σύμπαν. Αξιοσημείωτη είναι όμως η ομοιότητα με το πρότυπο δημιουργίας που περιγράφεται στην κοσμολογία του Εμπεδο-κλή. (βλ. αναλυτικά, Καλαχάνης κ.α. 2014). Συγκεκριμένα:

1. Στο Σύμπαν πράγματα ξεκινούν από μία ενότητα και οδεύουν προς την πολλαπλότητα. Αντιστοίχως, ο μεγάλος στόχος της σύγχρονης επιστήμης είναι να ενοποιήσει τις τέσσερις αλληλεπιδράσεις, δυνάμεις της φύσης. Αμφότερες δηλαδή οι θεωρίες δέχονται ότι το Σύμπαν ακολουθεί μία πορεία από την ενότητα στην πολλαπλότητα.
2. Και στις δυο θεωρίες γίνεται λόγος για την ρήξη της αρχι-κής συμμετρίας, αιτία που αποδόθηκε από τον Εμπεδοκλή στο νείκος. Αντιστοίχως και η σύγχρονη Φυσική αναζητεί το αίτιο της ρήξης της αρχικής συμμετρίας των συμπαντικών δυνάμεων.
3. Ο Σφαίρος χαρακτηρίζεται από απόλυτη συμμετρία, όπως συμβαίνει και με την περίοδο Planck, όπου οι τέσσερις δυνάμεις είναι ενωμένες και συμμετρικές.

Όπως είναι φυσικό, η διαισθητική προσέγγιση του Εμπεδοκλή σχετικά με την μη αισθητή κα-τάσταση που προϋπήρξε του αισθητού μας Σύμπαντος, αν και δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να ταυτισθεί με αποτελέσματα πειραμάτων σε μεγάλες τεχνολογικές distάζεις. εντούτοις κάνει λόγο για την πορεία του Σύμπαντος από την συμμετρία και την ενότητα στην πολλαπλότητα. Μέσω λοιπόν της ενοποίησης

των τριών θεμελιωδών δυνάμεων (εκτός της βαρύτητας, γιατί δεν έχει ανακαλυφθεί πειραματικά το σωματίδιο-φορέας το γκραβιτόνιο) οι επιστήμονες θα είναι σε θέση να κατανοήσουν τους νόμους που κυβερνούν τον κόσμο μας και να διατυπώσουν την Μεγάλη Ενοποιημένη Θεωρία, η οποία θα περιγράφει το Σύμπαν μας κατά τις πρώτες στιγμές του.

## **Επίλογος**

Η παραπάνω μελέτη κατέδειξε ότι η ηδέα για την ύπαρξη ενότητας στον φυσικό κόσμο, πέρα από την πολλαπλότητα που αντιλαμβάνονται οι αισθήσεις μας, προέρχεται από την ελληνική αρχαιότητα και ιδιαίτερα από τον φιλοσοφικό στοχασμό. Παρά το γεγονός ότι κατά τα χρόνια των Προσωκρατικών φιλοσόφων υπήρξαν διαισθητικές προσεγγίσεις αυτής της ενότητας, η πρόοδος της επιστήμης και τα πειράματα που διεξάγονται, δείχνουν ότι η Φυσική έχει την δυνατότητα να επαληθεύσει με τεκμηριωμένο τρόπο την ύπαρξή της, αλλά και να προεκτείνει τις γνώσεις που διαθέτουμε για την αρχή του Σύμπαντος.

## **Βιβλιογραφία**

**Αριστοτέλης, (1924): Μετά τα Φυσικά, ed. W. D. Ross, Aristotle's metaphysics, 2 vols. Oxford: Clarendon Press. Δανέζης, Μ., Θεοδοσίου, Σ., (2003). Η Κοσμολογία της Νόησης, Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα 2003.**

**Einstein, A. (1950). "On the Generalized Theory of Gravitation» Scientific American, Vol. 182, No. 4 Ιππόλυτος, (1986): Του κατά πασών αιρέσεων έλεγχος, ed. M. Marcovich, Hippolytus. Refutatio omnium haeresium [Patristische Texte und Studied], De Gruyter, Berlin. Καλαχάνης, Κ., Κωστίκας, Ι., Θεοδοσίου, Ε., (2013). "Η Προσωκρατική Επιστημονική Επανάσταση: Η συμβολή των φιλοσόφων της Μιλήτου στη μελέτη του κοσμικού γί-γνεσθαι" Επιθεώρηση Φιλοσοφίας *Celestia Nova*, Ολυμπιακό Κέντρο Φιλοσοφίας και Παιδείας, Εκδόσεις Μπατσιούλας, τομ. 4 (ii).**

**Καλαχάνης, Κ., Πάνου, Ε., Θεοδοσίου, Ε., Κωστίκας, Ι., Μανιμάνης, Β., (2014). "Από την ενότητα της φύσεως κατά τον Εμπεδοκλή, σε μια Θεωρία Ενότητας των Πάντων κατά την Σύγχρονη Φυσική" Έπετηρίδα Φιλοσοφικής Έρευνας *Διά-Λογος*, εκδ. Παπαζήση, Αθήνα.**

**Kaku.M., (2005).Παράλληλοικόσμοι, (τίτλος πρωτοτύπου: ParallelWorlds, μτφ. Ε. Πίσσια),Εκδόσεις Τραυλός, Αθήνα.**

**Kirk, G.S., Raven, J.E. and Schofield, M., (1988): Οι Προσωκρατικοί φιλόσοφοι, Εκδόσεις ΜΙΕΤ, Αθήνα.**

**Serway, R. C. Moses, C. Moyer, (2007). Σύγχρονη Φυσική, (μτφ. Γ.Ζουπάνος, Ε. Λιαροκάπης, Σ. Παπαδόπουλος, Κ. Ράπτης) Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.**

**Σιμπλίκιος, (1895): Εις το Α της Αριστοτέλους φυσικής Ακροάσεως, υπόμνημα οέστιπρώτον, ed. H. Diels, *Simplicii in Aristotelis physicorum libros octo commentaria*, 2 vols. CAG 9-10. Reimer, Berlin.**

---

**Παρατήρηση: Το παρόν κείμενο είναι το δεύτερο μέρος άρθρου του Δρ. Φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και Επιστημονικού Συνεργάτη του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, Κωνσταντίνου Καλαχάνη, με γενικό τίτλο: «ΘΕΩΡΙΕΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ. ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΣΤΗΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΦΥΣΙΚΗ» που δημοσιεύθηκε αρχικά στο περιοδικό της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών «Physics News»**

**[Διαβάστε το πρώτο μέρος του άρθρου εδώ](#)**

**[Διαβάστε το δεύτερο μέρος του άρθρου εδώ](#)**