

---

## Θέμα: Συνοπτική επισκόπηση των θεωριών ενοποίησης των φυσικών δυνάμεων.

Εισηγητής: **Βασ. Παντούλης**, ηλ/γος, ηλ/κός μηχαν/κός ΕΜΠ.

---

Από την αρχαιότητα ακόμη υπήρξε αίτημα της φιλοσοφικής σκέψης ότι ο κόσμος, το σύμπαν, μπορεί να ερμηνευθεί με λίγες βασικές αρχές. Ο Θαλής ο Μιλήσιος παραδέχεται, σύμφωνα με τα γραφόμενα του Αριστοτέλη, ως πρώτη αρχή το νερό, ο Αναξίμανδρος το άπειρο, ο Αναξίμενης τον αέρα, ο Ηράκλειτος το πυρ. Ο Εμπεδοκλής εισάγει τέσσερις βασικές αρχές πυρ, αέρας, νερό, γη, και δημιουργεί τον κόσμο του. Ο Αναξαγόρας επικαλείται το νου και ο Πυθαγόρας τον αριθμό. Ο Λεύκιππος και ο Δημόκριτος εισάγουν σαν βασική αρχή του κόσμου τα άτομα και το κενό.

Θα χρειαστεί να περάσουν αρκετοί αιώνες ώστε την αφαιρετική διαδικασία της φιλοσοφικής σκέψης να διαδεχθεί η ακριβολογία και σαφήνεια της επιστημονικής σκέψης και μεθόδου.

Το αριστοτελικό — πτολεμαϊκό σύστημα του κόσμου όπου η γη αποτελεί το κέντρο του σύμπαντος και όχι μόνο του πλανητικού μας συστήματος, ανατρέπεται από τον Κοπέρνικο με την αντιγραφή και γενίκευση των κοσμολογικών αντιλήψεων του Αρίσταρχου, ο οποίος θέτει τον ήλιο ως κέντρο του πλανητικού μας συστήματος και κατ' επέκταση του Σύμπαντος. Ο Γαλιλαίος, ο Τύχων Μπράχε και ο Κέπλερ (που ζούσε από την αστρολογία και ζούσε για την αστρονομία) ξεκινώντας από τα δεδομένα της εμπειρίας, των επιγείων και αστρονομικών παρατηρήσεων, επικυρώνουν το αριστάρχειο — κοπερνίκειο σύστημα και εδραιώνουν την επιστήμη της μηχανικής που ερμηνεύει με λίγες θεμελιώδεις αρχές τα φαινόμενα της κινήσεως τόσο στο πλανητικό μας σύστημα όσο και στη γη. Οι νόμοι κινήσεως των πλανητών που ανακάλυψε ο Κέπλερ στηριζόμενος στο αριστάρχειο — κοπερνίκειο σύστημα αποτέλεσαν τη βάση της πρώτης ενοποιημένης θεωρίας που παρουσιάστηκε στην ιστορία της επιστήμης. Ο Νεύτων με την έκδοση του βιβλίου του *Principia* (Μαθηματικές αρχές της φυσικής φιλοσοφίας) πέρα από την ανακάλυψη και εισαγωγή του απειροστικού λογισμού καταλήγει, ξεκινώντας από τους νόμους του Κέπλερ, στην ανακάλυψη

και διατύπωση του νόμου της παγκοσμίου έλξεως, του νόμου της βαρύτητας. Δια μιάς το φαινόμενο τόσο της ουράνιας όσο και της γήινης έλξεως (βαρύτητας) ερμηνεύονται με την επίκληση φυσικών αιτιών και εννοιών. Ο νόμος της βαρύτητας του Νεύτωνα συνεπάγεται τους νόμους του Κέπλερ και τανάπαλιν.

Η νευτώνεια μηχανική και ο απειροστικός λογισμός αποτέλεσαν την αφετηρία από την οποία ο Lagrange ανέπτυξε αργότερα την αναλυτική μηχανική (όπου το βασικό πρόβλημα είναι δίδονται οι δυνάμεις, να ευρεθούν οι κινήσεις, ενώ ο Νεύτων είχε αντιμετωπίσει το αντίστροφο πρόβλημα) και ο Laplace την ουράνια μηχανική του.

Η μηχανική του Νεύτωνα είναι αυτή που πρώτη υποβάλλει την ιδέα του πεδίου — βαρυτικό πεδίο — ως ο χώρος, γύρω από υλικά σώματα, μέσα στον οποίο αναπτύσσονται δυνάμεις. Πηγή του βαρυτικού πεδίου είναι η ύλη, το φυσικό μέγεθος που προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά μεγέθη του πεδίου (βαρυτικό δυναμικό, ένταση βαρυτικού πεδίου) είναι η μάζα ή ορθότερα η βαρυτική μάζα, σε αντιδιαστολή με τη μάζα αδρανείας. Η πρώτη ορίζεται από το νόμο της παγκοσμίου έλξεως η δεύτερη από το νόμο: (Δύναμη ίσον μάζα επί επιτάχυνση).

Πειράματα που έγιναν τον περασμένο αιώνα (Eotvos) αλλά και προσφάτως έδειξαν ότι οι δύο αυτές μάζες είναι ισοδύναμες, ίσες. (Αρχή ισοδυναμίας της γενικής θεωρίας της σχετικότητας). Με το ξεκίνημα του 20ού αιώνα είχαν διαπιστωθεί τα πρώτα ρήγματα στη θεωρία του Νεύτωνα, η τροχιά του πλανήτη Ερμή δεν είχε τη συμπεριφορά που προέβλεπαν οι λύσεις των εξισώσεων με βάση τη νευτώνεια θεωρία (Μετατόπιση περιηλίου του Ερμή), επίσης ανακαλύφθηκαν νέα φαινόμενα: Μετατόπιση του φάσματος του ηλιακού φωτός προς το ερυθρό, που σημαίνει ότι το φως έχει βάρος, η καμπύλωση των ακτίνων φωτός διερχομένων κοντά από ισχυρό βαρυτικό πεδίο (π.χ. το του ηλίου). Εδώ όμως θα ανοιχθεί μία παρένθεση. Παράλληλα προς

την ανάπτυξη της νευτώνειας μηχανικής, πειραματικές και θεωρητικές έρευνες πάνω στα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού που έγιναν από πρωτοπόρους (Faraday, Ampere, Volta, Lenz, Hopkinson, Teslá, κ.ά.), οδήγησαν στη διατύπωση μιας άλλης ενοποιημένης θεωρίας στα τέλη του προηγούμενου αιώνα, της Ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας του Maxwell. Εδώ τα φαινόμενα και οι νόμοι των δύο φαινομενικά ανεξαρτήτων κλάδων του ηλεκτρισμού και μαγνητισμού και τα αντίστοιχα πεδία που τους χαρακτηρίζουν (ηλεκτρικό / μαγνητικό πεδίο) αποδεικνύονται ότι είναι αλληλένδετα και ενοποιούνται σε ένα και μοναδικό πεδίο το ηλεκτρομαγνητικό, διεπώμενο από τέσσερις βασικούς διαφορικούς νόμους περιγραφόμενους από τις ισάριθμες διαφορικές εξισώσεις Maxwell.

Στην πραγματεία του για τον ηλεκτρισμό και μαγνητισμό ο Maxwell αποδεικνύει ότι και το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο (και εντάσσει την οπτική στον ηλεκτρομαγνητισμό) δείχνει ότι η ταχύτητα του φωτός είναι μία παγκόσμια διαπερατότητα του κενού (ύλης) χώρου και προετοιμάζει το δρόμο για τον Einstein. Με τις σύγχρονες αντιλήψεις των στοιχειωδών σωματιδίων, αυτό το αλληλένδετο του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου έχει ως βαθύτερη αιτία το κινούμενο ηλεκτρόνιο και το φορτίο του ή γενικότερα τα κινούμενα ηλεκτρόνια και το φορτίο τους. Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία του Maxwell είναι μία κατ' εξοχήν θεωρία του συνεχούς μέσου και όπως κάθε ακριβής επιστημονική θεωρία πέραν από του να ερμηνεύει τα μέχρι της δημιουργίας της φυσικά φαινόμενα οφείλει να προβλέπει και νέα.

Ο Maxwell στο βιβλίο του "A Treatise on Electricity & Magnetism" δείχνει ότι οι διαφορικές εξισώσεις του έχουν και κυματικές λύσεις, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που η ανακάλυψή τους έγινε αργότερα από τον Hertz (1888) και οι εφαρμογές τους και το πολύτιμο της υπάρξεώς τους το βλέπουμε καθημερινά (Ασύρματος επικοινωνία, ραδιόφωνο, τηλεόραση, radar, τηλεπικοινωνίες κ.ά.).

Θα κλείσουμε αυτή την παρένθεση σημειώνοντας ότι η σύγχρονη έρευνα έδειξε ότι το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο έχει κβαντική δομή, ήτοι η ενέργειά του είναι μέγεθος κβαντισμένο (υπάρχει στη φύση μια απειροελάχιστη ποσότητα ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας εξαρτώμενη μόνο από τη συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας/κύματος, που επειδή πρωτοανακαλύφθηκε στο φως ονομάστηκε φωτόνιο), και συνεπώς η ενέργεια ενός «κλασικού» H/M πεδίου είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ενέργειας του φωτονίου ή ότι ένα κλασικό H/M πεδίο συντίθεται από έναν πολύ μεγάλο αριθμό φωτονίων οπότε η μαθηματική του περιγραφή εμπίπτει σε νόμους στατιστικούς και τα μεγέθη που υπεισέρχο-

νται στις εξισώσεις Maxwell περιγράφουν στατιστικούς μέσους. Εδώ, με τις έννοιες της κβαντικής θεωρίας πεδίου, το κλασικό H/M πεδίο συντίθεται από ένα μεγάλο αριθμό (Πυθαγόρας ?) κβαντικών πεδίων (φωτόνια). Προλέγοντας, σκοπός της τελευταίας 30ετίας (μέχρι το 1955) της ζωής του Einstein ήταν να ενοποιήσει το κλασικό H/M πεδίο με το βαρυτικό, δύο εντελώς ανεξαρτήτων θεωριών του συνεχούς μέσου, προς μία και μοναδική θεωρία προς ένα και μοναδικό σύστημα διαφορικών εξισώσεων ή και μία μόνο διαφορική εξίσωση (εδώ χρειάζεται μία πολύ γενική μαθηματική έννοια). Στο επίπεδο των αντιστοιχών κβαντικών θεωριών σημαίνει την ενοποίηση της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής (ηλεκτρομαγνητισμού) με την κβαντική θεωρία βαρύτητας, που δυστυχώς δεν υπάρχει ή ακριβέστερα τις αλληλεπιδράσεις που υπάρχουν μεταξύ φωτονίου και graviton (βαρυτόνιο) που υποτίθεται το κβάντο του βαρυτικού πεδίου. Τέτοια πράγματα αποτελούν έρευνα του παρόντος και του μέλλοντος.

Είδαμε πιο πάνω ότι ανακαλύφθηκαν φαινόμενα που η νευτώνια θεωρία δεν μπορούσε να ερμηνεύσει και αιφνιδίως με το ξεκίνημα του 20ού αιώνα εμφανίζεται στο επιστημονικό προσκήνιο το όνομα του A. Einstein. Το 1905 σε μερικές πολύ σύντομες δημοσιεύσεις θέτει τα θεμέλια μιας θεωρίας που με το όνομα θεωρία της σχετικότητας έγινε ευρέως γνωστή. Η θεωρία αυτή περιλαμβάνει δύο σκέλη, την ειδική θεωρία της σχετικότητας (1905) και τη γενική θεωρία της σχετικότητας (1916) που σήμερα ονομάζεται και γεωμετροδυναμική.

Η ειδική θεωρία πραγματεύεται τους νόμους μετασχηματισμού των φυσικών μεγεθών κατά τη μετάβαση από ένα σύστημα συντεταγμένων (ακίνητο) σε ένα άλλο. Σ.Σ. (ισοταχώς κινούμενο) και αντιστρόφως. Θεωρεί την ταχύτητα του φωτός στον κενό ύλης χώρο ως μια παγκόσμια σταθερά και έχει ευρύτατη εφαρμογή σε φαινόμενα κινήσεως (κινήσεις στοιχειωδών σωματιδίων) όποι οι ταχύτητες συγκρίνονται με την του φωτός. Ουσιαστικά είναι η θεωρία των υψηλών ταχυτήτων και ενεργειών. Αποδεικνύει την ισοδυναμία μάζας και ενέργειας και δείχνει ότι τόσο τα γεωμετρικά μεγέθη (μήκος, εμβαδόν, όγκος) όσο και τα φυσικά (μάζα, ενέργεια, ορμή, χρόνος) εξαρτώνται από την ταχύτητα ή ορθότερα από το Σ.Σ. όπου μετρούνται και την κινητική του κατάσταση. Δείχνει για πρώτη φορά ότι οι εξισώσεις της μηχανικής και του ηλεκτρομαγνητισμού (Maxwell) υπόκεινται στον ίδιο νόμο μετασχηματισμού (από Σ.Σ. σε άλλο Σ.Σ.), μετασχηματισμός Lorentz-Einstein (ή μετρική Lorentz) που αποτελεί τη βάση για τη γενική θεωρία της σχετικότητας. Και ουσιαστικά προβλέπει και προετοιμάζει ότι στις μέρες μας είναι γνωστό (σχάση του ατόμου, πυρηνική ενέργεια κ.λπ.). Έντεκα

χρόνια αργότερα (1916) δημοσιεύεται η γενική θεωρία της σχετικότητας, που εξετάζει το μετασχηματισμό των φυσικών και γεωμετρικών μεγεθών όταν το Σ.Σ. όπου αναφέρονται έχει οποιαδήποτε κίνηση (περιστροφική, επιταχυνόμενη). Δείχνεται ότι οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σ' αυτές τις κινήσεις (φυγόκεντρες, Coriolis) είναι ταυτόσημες (ισοδύναμες) με βαρυτικές δυνάμεις, προκαλούν ισοδύναμα φαινόμενα. Γι' αυτό και η γενική θεωρία της σχετικότητας θεωρείται κατ' εξοχήν θεωρία της βαρύτητας, του βαρυτικού πεδίου.

Στα έντεκα αυτά χρόνια (1905-1916) ο Einstein μελέτησε διαφορετική γεωμετρία Riemann που είναι η γενίκευση της στοιχειώδους τριδιάστατης διαφορικής γεωμετρίας στο μαθηματικό «χώρο» των  $N$  διαστάσεων και προσήρμοσε τη Γεωμετρία Riemann στο μαθηματικό «χώρο» των 4-διαστάσεων που οι συντεταγμένες του απαρτίζονται από τις τρεις του φυσικού (αισθητού) χώρου (μήκος, πλάτος, ύψος) και ως 4η διάσταση εισήγαγε το φυσικό μέγεθος του χρόνου όπως αυτό μετρείται με χρονόμετρα προσαρμοσμένα κατάλληλα στο εκάστοτε οριζόμενο Σ.Σ. (Γεωμετρία Einstein). Μελέτησε Απόλυτο διαφορικό λογισμό του Tullio Levi-Civita που είναι ο απειροστικός λογισμός των ταυσιών, αφού τα φυσικά μεγέθη στη Γ.Θ.Σ. διατυπώνονται σε ταυσιτική μορφή (ταυστής ύλης/μάζας - ενέργειας, ταυστής ενέργειας-ορμής, ηλεκτρομαγνητικός ταυστής). Απόρροια όλων αυτών ήταν η διατύπωση των δέκα ταυσιτικών διαφορικών εξισώσεων του βαρυτικού πεδίου — εξισώσεις Einstein — που από μαθηματική άποψη είναι σύστημα 10 μη γραμμικών διαφορικών εξισώσεων με μερικές παραγώγους δυσκόλως επιλυόμενο. Μόνο ειδικές λύσεις έχουν επιτευχθεί (Schwarzschild, Kerr, etc.) που άλλωστε προβλέπουν την ύπαρξη μαύρων οπών στο σύμπαν (σταθερές ή περιστρεφόμενες αντιστοιχώς). Σύμφωνα με τις προβλέψεις των εξισώσεων Einstein το βαρυτικό πεδίο επηρεάζει και τη ροή του χρόνου (ισχυρά βαρυτικά πεδία επιβραδύνουν το ρυθμό κίνησης τόσο των φυσικών όσο και τεχνητών χρονομέτρων) αλλά και τα λοιπά φυσικά και γεωμετρικά μεγέθη. Ενώ υπάρχουν κυματικές λύσεις των εξισώσεων Einstein, τα βαρυτικά κύματα. Η σύγχρονη αστρονομική έρευνα στρέφεται προς την ανακάλυψη αυτών των κυμάτων. Πηγή βαρυτικής ακτινοβολίας θεωρείται η ταχέως κινούμενη ύλη, ταχύτατα περιστρεφόμενα άστρα στο διάστημα. Μια νέα επιστήμη θα δημιουργηθεί με την ανακάλυψη-ανίχνευση βαρυτικής ακτινοβολίας στο σύμπαν, αντίστοιχη προς τη Ραδιοαστρονομία, που θα εξερευνά πλέον το Χωρό-χρονο και τα εντός αυτού τεκταινόμενα. Εδώ μπορούμε να σημειώσουμε ότι ο χωρόχρονος, το σύμπαν, αποτελείται από τοπικές συγκεντρώσεις ύλης ή υλοενέργειας, τα άστρα και εκτεταμένα βαρυτικά πεδία που τα περιβάλλουν. Οι νόμοι που

το κυβερνούν είναι οι εξισώσεις Einstein γι' αυτό και η γεωμετροδυναμική μπορεί να θεωρηθεί η μηχανική του σύμπαντος (χωρόχρονου). Η υλοενέργεια δεν είναι έννοια φιλοσοφική ή μεταφυσική σημαίνει αυτό από το οποίο συντίθενται τα αστέρια από ύλη (μάζα) και ενέργεια (φως) και από μια άποψη είναι ταυτόχρονα πηγές βαρυτικού πεδίου (η μάζα) και ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (φως και λοιπές H/M ακτινοβολίες). Εδώ πρέπει να αναζητηθεί η σύνθεση των δύο θεωριών Einstein - Maxwell προς μια θεωρία ενιαίου πεδίου (Βαρυτικό και Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο) και η διατύπωση ενός παγκοσμίου νόμου (World Law) που θέλει ο Max Born. Ο Einstein και ο σύγχρονός του Γερμανός μαθηματικός H. WEYL διατύπωσαν ξεκινώντας από την ίδια μαθηματική έννοια, την απειροστή παράλληλη μετατόπιση διανύσματος ως προς τον εαυτό του πάνω σε μία 4-διάστατη «καμπύλη» Riemann, κάποιες εξισώσεις ενοποιημένου πεδίου (βαρυτικό και H/M) όπου υπεισέρχονται τα μεγέθη του βαρυτικού δυναμικού (που ταυτίζεται με το μετρικό ταυστή του Χωρόχρονου) και το διανυσματικό δυναμικό του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Προσπάθησαν έτσι με τις εξισώσεις αυτές να ερμηνεύσουν τη συμπεριφορά των στοιχειωδών σωματιδίων που ως γνωστό απαρτίζονται από ύλη (μάζα) και φορτίο (ενέργεια) [π.χ. το ηλεκτρόνιο] αλλά ατύχησαν (1955). Βέβαια από τη μελέτη τους αυτή προέκυψε μια πολυδύναμη μαθηματική έννοια που είναι γενίκευση των συμβόλων δευτέρου είδους του Κριστοφελ (Απόλυτος διαφορικός λογισμός, Συναλλοιωτή παράγωγος, Απόλυτη παράγωγος ταυστή). Η πολυδύναμη αυτή μαθηματική έννοια είναι η έννοια των Connections η οποία ενοποιεί μαθηματικώς τα δύο πεδία βαρυτικό και ηλεκτρομαγνητικό, αφού συμπεριλαμβάνει τις έννοιες του βαρυτικού δυναμικού και του διανυσματικού ηλεκτρομαγνητικού δυναμικού. Το πρώτο προσδιορίζει τις εξισώσεις Einstein το δεύτερο τις εξισώσεις Maxwell. Από γεωμετρική άποψη η έννοια των Connections υπάγεται στη γενικευμένη γεωμετρία Riemann (Χώροι Finsler). Συνεπώς η αναμενομένη σύνθεση θα προκύψει από μια τέτοια γενίκευση (connections / Χώροι Finsler ?).

Σημειώνουμε επίσης τις θεμελιώδεις παρατηρήσεις του H. Weyl ότι η γεωμετρία Riemann στηρίζεται στη γενίκευση δύο αξιωμάτων: ότι η έννοια του χώρου όπως τη διατύπωσε ο Ευκλείδης, είναι ένα τριδιάστατο συνεχές όπου τρεις αριθμοί ορίζουν τη θέση κάθε σημείου του, και δεύτερο ότι η απόσταση δύο απειροστά γειτονικών σημείων δίδεται από μια τετραγωνική μορφή (Πυθαγόρειο Θεώρημα). Αυτά τα δύο γενίκευσε, ο Riemann στις  $N$  διαστάσεις ( $N=4$  έως άπειρο) και δημιούργησε τη γεωμετρία του. Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι η πυραμίδα της σύγχρονης Επιστημονικής Γνώσης στηρίζεται σε δύο τουλάχιστον (αρχαιο)-ελληνικά

ονόματα (Ευκλείδης - Πυθαγόρας) και βέβαια δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής μας η συνεισφορά του μεγάλου Γάλλου φιλοσόφου, που στα ελληνικά πολιτογραφήθηκε ως Καρτέσιος, στη διατύπωση της έννοιας του συστήματος συντεταγμένων και τη δημιουργία και ανάπτυξη της αναλυτικής γεωμετρίας (που συνδυάζει την άλγεβρα με τη γεωμετρία) που αποτέλεσε το συνδυαστικό κρίκο μεταξύ της μαθηματικής και γεωμετρικής σκέψης της Αρχαιότητας και της σύγχρονης τοιαύτης. Με ένα άλμα στον 20ό αιώνα σημειώνουμε ότι ο Αντρέι Ζαχάρωφ ορίζει τη βαρύτητα ως τη «μετρική ελαστικότητα του χώρου».

Ο μετρικός τανυστής του χώρου είναι η θεμελιώδης έννοια πάνω στην οποία αναπτύχθηκε από τον Einstein η γεωμετρική θεωρία της βαρύτητας ή γεωμετροδυναμική ή γενική θεωρία της σχετικότητας· οι εξισώσεις Einstein είναι τανυστικής μορφής, ο ίδιος φαντάζεται το χώρο (χωρόχρονο), ή τοπικές του περιοχές, καταλαμβάνόμενες από «ύλη». Στην έννοια της «ύλης» ο Einstein υπάγει και το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, ως γνωστόν το H/M πεδίο είναι ενέργεια κατανομημένη στο χώρο, αλλά σε κάθε ποσότητα ενέργειας αντιστοιχεί ισοδύναμη ποσότητα μάζας και τανάπαλιν. Συνεπώς δε χάνουμε τίποτα αν ορισθεί ότι ο χώρος περιέχει μόνο ενέργεια ή μόνο μάζα.

M' αυτό το σκεπτικό το H/M πεδίο ως ισοδύναμη ποσότητα «ύλης» (μάζας) παράγει το δικό του βαρυτικό πεδίο και συνεπώς θα έλκεται από άλλες μάζες. Επειδή το φως είναι μια μορφή H/M πεδίου (ενέργειας) οφείλει να έλκεται από άλλα βαρυτικά πεδία. Πειραματικά αποδείχτηκε ότι το φως που εκπέμπεται από τον ήλιο λόγω της ισχυράς έλξεως του βαρυτικού πεδίου του ηλίου χάνει ενέργεια «επιβραδύνεται» αυτό με όρους της οπτικής σημαίνει ότι το φάσμα του ηλιακού φωτός μετατοπίζεται προς το ερυθρό. Για τον ίδιο λόγο οι φωτεινές ακτίνες που διέρχονται εγγύς του ηλιακού δίσκου υφίστανται καμπύλωση, από το «βάρος» των φωτονίων που τις απαρτίζουν.

Εδώ συνοπτικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι το βαρυτικό πεδίο επηρεάζει το ηλεκτρομαγνητικό και υπάρχουν πειραματικές αποδείξεις γι' αυτό, ενώ το αντίστροφο φαινόμενο, το H/M πεδίο να επηρεάζει το βαρυτικό δεν παρατηρήθηκε μα ούτε

και θεωρητικά μελετήθηκε. Στο επίπεδο των στοιχειωδών σωματιδίων σημαίνει την αλληλεπίδραση graviton — φωτονίου.

Τέλος ο «Κόσμος» μας βρίσκεται μεταξύ των δύο ακραίων καταστάσεων της «δρώσης» Ενέργειας και της «αδρανούς», ύλης. Ο χωρόχρονος είναι το σκηνικό (το πλαίσιο) μέσα στο οποίο η ύπαρξη ως συλλογική ή ατομική οντότητα εκδηλώνει τη βούλησή της σαν σκέψη και σαν δράση αποκτά αυτογνωσία και γνωρίζει τον περιβάλλοντα κόσμο και προσπαθεί να τον ελέγξει και να τον αλλάξει.

Η υλοενέργεια συντίθεται από στοιχειώδη σωματάρια (φωτόνια, λεπτόνια, αδρόνια, τα αδρόνια συντίθεται από κουάρκς), δηλαδή τα στοιχειώδη συστατικά της υλοενέργειας είναι φωτόνια (ενέργεια), λεπτόνια (ηλεκτρόνιο, νεutrίνα) και κουάρκς. Λεπτόνια και κουάρκς συνθέτουν ότι ονομάζουμε ύλη. Στον κόσμο των στοιχειωδών σωματιδίων δρουν οι δυνάμεις ή πεδία, που γνωρίσαμε και παραπάνω, η ηλεκτρομαγνητική δύναμη ή αλληλεπίδραση, αναπτύσσεται μεταξύ ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων με σωματίο ανταλλαγής, το φωτόνιο. Η ισχυρά και ασθενής πυρηνική δύναμη ή αλληλεπίδραση, αναπτύσσεται μεταξύ των νουκλεονίων του πυρήνα και είναι υπεύθυνη για τη σταθερότητα ή και αστάθεια του πυρήνα του ατόμου. Σωματίο ανταλλαγής στην ισχυρά αλληλεπίδραση είναι τύπος μεσονίων, ενώ στην ασθενή είναι το σωματίο W. Η βαρυτική αλληλεπίδραση είναι η ασθενέστερη απ' όλες και το σωματίο που τη χαρακτηρίζει είναι το βαρυτόνιο. Στη δεκαετία του 1960 οι Glashow, Salam, Weinberg, κατάφεραν να ενοποιήσουν την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση με την ασθενή τοιαύτη στη λεγόμενη ηλεκτρασθενή αλληλεπίδραση, δηλαδή έφτιαξαν μία θεωρία που ενοποιεί και ερμηνεύει τα φαινόμενα που προκαλούν η ηλεκτρομαγνητική και ασθενής αλληλεπίδραση και ακόμη ψάχνουν να βρουν τις προβλέψεις της θεωρίας αυτής. Οι παραπάνω τρεις αναφερόμενοι G/S/W έλαβαν το Νόμπελ Φυσικής 1979 και ένας από αυτούς ο Steven Weinberg, έγραψε ένα θαυμάσιο βιβλίο "The First Three Minutes" όπου αναπαράγει με επιστημονικούς όρους τη γένεση, το πώς δημιουργήθηκε ο κόσμος (Σύμπαν). Η τρέχουσα έρευνα τείνει να ενοποιήσει την ηλεκτρασθενή αλληλεπίδραση με την ισχυρά και όλες μαζί με τη βαρυτική προς μια υπερ-θεωρία.