

Η εξέλιξη των ιδεών του Αϊνστάιν για τον αιθέρα

Εισαγωγή

Η εξέλιξη των ιδεών του Αϊνστάιν για τον αιθέρα αποτελεί, ταυτόχρονα, την εξέλιξη των ιδεών του για το χώρο και το χρόνο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο Αϊνστάιν, κάτω από την επίδραση του γερμανού φυσικού Paul Druide, ταύτισε τον αιθέρα με το φυσικό χώρο, ο οποίος στη θεωρία του συνδέθηκε στενά με το χρόνο. Ο Αϊνστάιν αρχικά ταύτισε τον αιθέρα (ειδικότερα τον αιθέρα του Lorentz) με τον Απόλυτο Χώρο ως έναν προνομιακό χώρο αναφοράς· έτσι, μετά τη διατύπωση της Ειδικής Σχετικότητας το 1905, άρχισε να θεωρεί τον αιθέρα ως περιττό, διότι η νέα του θεωρία, υπακούοντας στην αρχή της σχετικότητας (δεν υπάρχει ένα προνομιακό σύστημα αναφοράς για τους νόμους της φύσης) «δεν χρειαζόταν πια έναν απόλυτο χώρο (σε απόλυτη ηρεμία) με φυσικές ιδιότητες»¹. Επίσης όταν εισήγαγε το 1916 ένα νέο σχετικιστικό αιθέρα, τον ταύτισε με το φυσικό χώρο στενά συνδεδεμένο με το χρόνο. Υπάρχουν δύο σχετικές αναφορές σε εργασίες του:

«Επειδή στη νέα θεωρία τα μετρικά γεγονότα δεν μπορούν πλέον να ξεχωριστούν από τα "αληθινά" φυσικά γεγονότα, οι έννοιες του "χώρου" και του "αιθέρα" συγχωνεύονται»¹⁹.

«Ο φυσικός χώρος και ο αιθέρας είναι μόνο διαφορετικοί όροι του ίδιου πράγματος. Τα πεδία είναι φυσικές καταστάσεις του χώρου. Αν δεν μπορεί μία ιδιαίτερη κατάσταση της κίνησης να αποδοθεί στον αιθέρα, δεν φαίνεται να υπάρχει μια βάση να τον εισαγάγεις ως μια οντότητα ενός ιδιαίτερου είδους παράλληλα με το χώρο»¹¹.

Αυτός ο νέος αιθέρας με κανένα τρόπο δεν θεωρήθηκε ως σύστημα αναφοράς. Έτσι, στη θεωρία της Σχετικότητας του Αϊνστάιν ο αιθέρας έχασε την ιδιότητά του να είναι ένα προνομιακό σύστημα αναφοράς.

Έτσι, σύμφωνα με τον Αϊνστάιν, η λέξη «αιθέρας» άλλαξε νόημα: «Μπορούμε να χρησιμοποιούμε τη λέξη "αιθέρας" όπως πριν, αλλά μόνο για να εκφράσουμε τις φυσικές ιδιότητες του χώρου. Η λέξη "αιθέρας" έχει αλλάξει νόημα πολλές φορές κατά την εξέλιξη της επιστήμης... Η ιστορία της με κανένα τρόπο δεν έχει τελειώ-

Ο Ludwick Kostro είναι καθηγητής στο Πανεπιστήμιο του Γκντανσκ. Η Συντακτική Επιτροπή τον ευχαριστεί για την παραχώρηση του άρθρου του στην ΟΥΤΟΠΙΑ.

σει. Συνεχίζεται με τη θεωρία της σχετικότητας»².

Η εξέλιξη των ιδεών του Αϊνστάιν

Το 1894 ο 15χρονος Αϊνστάιν έγραψε την πρώτη του «επιστημονική εργασία» με τίτλο *Πάνω στην αναζήτηση του αιθέρα σε μαγνητικά πεδία*³. Εκείνη την εποχή πίστευε στην ύπαρξη ενός ελαστικού φωτοβόλου αιθέρα, ο οποίος γέμιζε το φυσικό χώρο και μετέφερε το φως με διαφορετικές ταχύτητες. Ως σπουδαστής του ΕΤΗ στην αρχή δεν είχε ακόμα αμφισβητήσει την ύπαρξη του αιθέρα και την κίνηση της γης διαμέσου του αιθέρα. Ήθελε να κατασκευάσει μια συσκευή η οποία θα μετρούσε με ακρίβεια την κίνηση της γης ως προς τον αιθέρα. Παρουσίασε μερικές προτάσεις για μια τέτοια συσκευή. Σχετικά με μια απ' αυτές, όπου χρησιμοποιούντο δύο θερμοζεύγη, μίλησε στο Πανεπιστήμιο του Kyoto στην Ιαπωνία.

Το 1899, σ' ένα γράμμα προς τη φίλη του Milena Maric εξέφρασε τις αμφιβολίες του σχετικά με την ύπαρξη του αιθέρα. Το 1905 άρχισε να αρνείται την ύπαρξη του στάσιμου, σχεδόν οιονεί άκαμπτου αιθέρα. Υποστήριξε ότι «ο αιθέρας με την παλαιά έννοια δεν υπάρχει» και διέδωσε αυτή την άποψη όχι μόνο στις επιστημονικές επισκοπήσεις αλλά και στις εφημερίδες, όπως στη *Vossische Zeitung*⁴.

Στο μυαλό του Αϊνστάιν, στην αρχή της επιστημονικής του δραστηριότητας, οι έννοιες του χώρου και του χρόνου συνδέονταν στενά με τις έννοιες του συστήματος αναφοράς και του ρολογιού που μετρά τα χρονικά διαστήματα. Γι' αυτόν οι όροι «σύστημα αναφοράς» και «χώρος αναφοράς» ήταν συνώνυμα. Έτσι, όταν άρχισε να αρνείται την ύπαρξη του προνομιακού συστήματος αναφοράς του ηλεκτρομαγνητισμού του Lorentz, ήταν πεπεισμένος ότι αρνείται την ύπαρξη του Απόλυτου Χώρου.

Εκείνη την εποχή ο Αϊνστάιν βρισκόταν κάτω από την ισχυρή επιρροή της φιλοσοφίας του Max, σύμφωνα με την οποία η έννοια του χώρου αποτελεί μια μεταφυσική επέκταση η οποία πρέπει να φύγει από τη φυσική. Όταν ο Αϊνστάιν δημοσίευσε την εργασία του για την Ειδική Σχετικότητα αρνούμενος την ύπαρξη του Απόλυτου Χώρου, ήταν πεπεισμένος ότι έκανε το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση. Το 1907 επεχείρησε να κάνει τα επόμενα βήματα. Αναζητούσε μια μέθοδο απομάκρυνσης από τη φυσική της προνομιακής τάξης των αδρανειακών συστημάτων αναφοράς. Με αυτό τον τρόπο ήταν πεπεισμένος ότι, ζητώντας την απομάκρυνση της έννοιας του χώρου από τη φυσική, πραγματοποιούσε ταυτόχρονα το πρόγραμμα του Max.

Το 1913, εισάγοντας την ψευδο-ριεμανιαν γεωμετρία κατά τη διάρκεια των προσπαθειών του να συγκροτήσει τη Γενική Σχετικότητα, ο Αϊνστάιν κατάλαβε ότι τα συστήματα συντεταγμένων έχαναν σ' αυτή τη νέα θεωρία όλο το φυσικό νόημα· έφθασε, έτσι, στο συμπέρασμα ότι στη Γενική Σχετικότητα ασχολούμεθα με μία οριστική απομάκρυνση του χώρου και του χρόνου από τη φυσική και ότι μπορούμε να πούμε πως το πρόγραμμα του Max πραγματοποιήθηκε. Έγραφε, λοιπόν, στην

M. Schlick: «Έτσι, ο χρόνος και ο χώρος χάνουν τα τελευταία υπολείμματα φυσικής πραγματικότητας»⁵. Στην εργασία του για τη Γενική Σχετικότητα, το 1916, έγραφε το ίδιο πράγμα: «Αυτή η απαίτηση του γενικού αναλοιώτου ... απομακρύνει από το χώρο και το χρόνο το τελευταίο υπόλειμμα φυσικής αντικειμενικότητας»⁶.

Εκείνη την εποχή ο φίλος του Αϊνστάιν E. Freundlich στο βιβλίο του *Τα θεμέλια της βαρυτικής θεωρίας του Αϊνστάιν* (με εισαγωγή από τον Αϊνστάιν) έγραφε ότι όπως η Ειδική Σχετικότητα απομάκρυνε από τη φυσική τον αιθέρα, με έναν ανάλογο τρόπο η Γενική Σχετικότητα απομάκρυνε από τη φυσική το χώρο και το χρόνο⁷.

Όμως, μερικούς μήνες αργότερα, αμέσως μετά τη διατύπωση της Γενικής Σχετικότητας, ο Αϊνστάιν άλλαξε άποψη. Κάτω από την επιρροή του Lorentz έφθασε στο συμπέρασμα ότι ο μετρικός τανυστής $g_{\mu\nu}$ περιγράφει πραγματικές ιδιότητες του πραγματικού χώρου, που σχετίζονται στενά με τον πραγματικό χρόνο. Γι' αυτό μπορούμε να θεωρήσουμε το χωροχρόνο ως ένα νέο αιθέρα.

Ο Αϊνστάιν αρνήθηκε την ύπαρξη του αιθέρα μόνο 11 χρόνια: από το 1905 έως το 1916. Το 1916, μετά τη διατύπωση της Γενικής Σχετικότητας, πρότεινε μια εντελώς νέα ιδέα για τον αιθέρα. Κατά μία έννοια μπορεί κανείς να πει ότι προκλήθηκε να το κάνει, κάτω από την επιρροή του H.A. Lorentz και του Ph. Lenard. Ο Lorentz έγραψε ένα γράμμα στον Αϊνστάιν στο οποίο υποστήριζε ότι η Γενική Σχετικότητα αποδέχεται μια υπόθεση στάσιμου αιθέρα. Απαντώντας ο Αϊνστάιν εισήγαγε τη νέα υπόθεση του μη στάσιμου αιθέρα: «... Αυτή η νέα θεωρία για τον αιθέρα δεν θα παραβιάζει την αρχή της σχετικότητας, διότι η κατάσταση $g_{\mu\nu}$ = αιθέρας δεν θα είναι εκείνη ενός σταθερού σώματος σε μια ανεξάρτητη κατάσταση κίνησης, αλλά η κατάσταση της κίνησης θα είναι συνάρτηση της θέσης, καθορισμένη από υλικές διαδικασίες.»⁸

Όπως βλέπουμε, ο φυσικός χώρος (στενά συνδεδεμένος με το χρόνο) του οποίου η κατάσταση περιγράφεται από το θεμελιώδη μετρικό τανυστή $g_{\mu\nu}$, θεωρείται από τον Αϊνστάιν ως ο νέος σχετικιστικός αιθέρας. Ο Αϊνστάιν δεν δημοσίευσε αυτή τη νέα του ιδέα το 1916 ή το 1917. Η πρώτη γραπτή παρουσίαση της νέας αντίληψης προκλήθηκε από τον Lenard. Το 1918 ο Lenard δημοσίευσε μία εργασία αντιτιθέμενος στη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν· σ' αυτήν, ισχυριζόταν ότι ο αιθέρας που είχε αποβληθεί ως ακατάλληλος επέστρεψε στη Γενική Σχετικότητα με το νέο όνομα «χώρος». Σε απάντησή του ο Αϊνστάιν έγραψε μία ανάλυση⁹ στην οποία δημοσίευσε το νέο ορισμό του αιθέρα που αναφέραμε.

Πράγματι, την περίοδο 1918-1955 ο Αϊνστάιν δημοσίευσε περίπου 15 εργασίες στις οποίες ερμήνευσε τα μοντέλα του για το χωροχρόνο ως μοντέλα του νέου αιθέρα. Σε αυτές τις εργασίες μπορούμε να διακρίνουμε τρία μοντέλα σχετικιστικού αιθέρα.

Το πρώτο είναι εκείνο της Ειδικής Σχετικότητας. Στη μαθηματική περιγραφή αυτού του αιθέρα οι δέκα συνιστώσες του τανυστή $g_{\mu\nu}$ είναι σταθερές. Ο αιθέρας στην περίπτωση αυτή είναι σταθερός, επίπεδος και άπειρος. Η μετρική του είναι ψευδο-ευκλείδεια. Μπορεί να ονομασθεί «αδρανειακός αιθέρας» γιατί σ' αυτό το μοντέλο αιθέρα ο φυσικός χώρος επιτυγχάνει την ενεργητική του λειτουργία «κα-

θορίζοντας την αδρανειακή συμπεριφορά ενός δοκιμαστικού σώματος που εισάγεται σ' αυτόν»¹⁰.

Το δεύτερο μοντέλο είναι αυτό της Γενικής Σχετικότητας. Στη μαθηματική περιγραφή οι δέκα συνιστώσες του ταυυστή γμν δεν είναι σταθερές. Αυτός ο αιθέρας δεν είναι πλέον άκαμπτος και επίπεδος. Η μετρική του είναι ψευδο-riemannian. Μπορεί να ονομασθεί αδρανειακο-βαρυτικός αιθέρας διότι καθορίζει τη συμπεριφορά των υλικών σωμάτων.

Το τρίτο μοντέλο έχει ως βάση τη σχετικιστική θεωρία πεδίου. Στη μαθηματική περιγραφή αυτού του αιθέρα ο συμμετρικός ταυυστής γμν (όπου $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$) δεν περιγράφει πλέον πλήρως τον αιθέρα, επειδή η γεωμετρική του δομή είναι ανώτερη από Ρημάνεια. Νέα δομικά στοιχεία πρέπει να εισαχθούν για μια πλήρη περιγραφή του αιθέρα, επειδή πρέπει να καθορισθούν όχι μόνο αδρανειακο-βαρυτικά φαινόμενα αλλά και ηλεκτρομαγνητικές δράσεις. Ο Αϊνστάιν κατασκεύασε μερικές παραλλαγές αυτού του μοντέλου αιθέρα, αλλά καμία δεν μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική.

Έτσι, από το 1916, η φυσική του χωρόχρονου του Αϊνστάιν έγινε φυσική ενός νέου αιθέρα. Σ' αυτή τη φυσική οι τρεις έννοιες, «φυσικός χώρος», «αιθέρας» και «ολικό πεδίο» έχουν βρει την πλήρη τους ενοποίηση μέσα από μία συνετή ταύτιση. «Φυσικός χώρος και αιθέρας είναι μόνο διαφορετικοί όροι των ίδιων πραγμάτων· τα πεδία είναι φυσικές καταστάσεις του χώρου»¹¹. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι τα τρία συνώνυμα, «φυσικός χώρος», «αιθέρας» και «ολικό πεδίο» χρησιμοποιήθηκαν από τον Αϊνστάιν με διαφορετική συχνότητα σε διαφορετικές περιόδους.

Την περίοδο 1916-1925 (βλ. αναφορές 12 και 13) ο όρος «αιθέρας» χρησιμοποιήθηκε πολύ συχνά. Ο Αϊνστάιν ισχυρίσθηκε ακόμα ότι «σε μια συνεπή πεδιακή θεωρία όλα τα φυσικά αντικείμενα πρέπει να ενσωματωθούν στην έννοια του αιθέρα»¹³.

Την περίοδο 1926-1935 ο όρος «φυσικός χώρος» έπαιξε πρωταρχικό ρόλο στις εργασίες του Αϊνστάιν (βλ. αναφορές 14 και 16). Έγραφε, λοιπόν, ο Αϊνστάιν: «Ο χώρος που είδε το φως από τα σωματιδιακά αντικείμενα και έγινε φυσική πραγματικότητα από τον Νεύτωνα έχει τις τελευταίες δεκαετίες καταπιεί τον αιθέρα και το χρόνο και φαίνεται να καταπίνει επίσης το πεδίο και τα σωματίδια, έτσι ώστε να παραμένει ο μόνος φορέας πραγματικότητας»¹⁴.

Την τρίτη περίοδο 1936-1955 (βλ. αναφορά 18) ο όρος ολικό πεδίο ήταν ο όρος που προτιμούσε ο Αϊνστάιν: «...Δεν υπάρχει τέτοιο πράγμα όπως ο κενός χώρος, δηλαδή ένας χώρος χωρίς πεδίο. Ο χωρόχρονος δεν διεκδικεί αυτόνομη ύπαρξη αλλά μόνο ως δομική ποιότητα του πεδίου»¹⁰.

Το 1916, όταν ο Αϊνστάιν εισήγαγε τη νέα του αντίληψη για τον αιθέρα, ήταν πεπεισμένος ότι ο πραγματικός τετραδιάστατος χωρόχρονος είναι κάτι δευτερεύον σε σχέση με την ύλη. Αργότερα, βήμα-βήμα έφθασε στο συμπέρασμα ότι ο τετραδιάστατος χώρος αποτελεί μια πρωταρχική πραγματικότητα. Το 1930 στο Πανεπιστήμιο του Nottingham έλεγε: «Έχουμε τώρα φθάσει στο συμπέρασμα ότι ο χώρος είναι το πρωταρχικό στοιχείο και η ύλη μόνο δευτερεύον· μπορούμε να πούμε ότι ο

χώρος, εκδικούμενος την προηγούμενη κατώτερη θέση του, τώρα τρώει την ύλη»¹⁵.

Όμως, στο τέλος της επιστημονικής του δραστηριότητας ο Αϊνστάιν άλλαξε πάλι την άποψή του και έφθασε στο συμπέρασμα ότι ο χωρόχρονος πρέπει να θεωρηθεί «μόνο ως δομική ποιότητα του πεδίου»¹⁰. Όπως ήδη αναφέρθηκε, εκείνη την εποχή το «ολικό πεδίο» έγινε για τον Αϊνστάιν η πρωταρχική πραγματικότητα.

Το φυσικό νόημα του αιθέρα του Αϊνστάιν

Η αντίληψη του Αϊνστάιν για τον αιθέρα αποτελεί μια αντίληψη βαθμιαίας ενεργοποίησης και υλοποίησης του φυσικού χώρου. Σύμφωνα με τη νέα αντίληψη στην πιο αναπτυγμένη της μορφή ο φυσικός χώρος είναι στενά συνδεδεμένος με το χρόνο και δεν είναι μια παθητική και στατική δεξαμενή γεγονότων, ούτε μια φυσικά αδιάφορη και ουδέτερη αρένα φυσικών φαινομένων. Είναι ένα ενεργό, δυναμικό πεδιακό μέσο, το οποίο καθορίζει τις αδρανειακο-βαρυτικές, ηλεκτρομαγνητικές και άλλες διαδικασίες που συμπεριλαμβάνουν την παραγωγή στοιχειωδών σωματιδίων. Ο πραγματικός φυσικός χώρος, ως ένα ενεργό πεδιακό μέσο αυτού του είδους, κατέχει ενέργεια και γι' αυτό επίσης μάζα· ως εκ τούτου έχει από μόνο του υλική φύση. Συνιστά ενεργό ύλη *sui generis*, για την οποία ο όρος «αιθέρας» είναι το πιο κατάλληλο όνομα.

Ο Αϊνστάιν ταυτίζοντας τον αιθέρα με το φυσικό χώρο δεν τον ταυτίζει με τους «χώρους αναφοράς» (που ο αριθμός τους είναι άπειρος), οι οποίοι συντίθενται από σημεία διαιρετέα σε μέρη που βρίσκονται σε ηρεμία ή κίνηση το ένα σε σχέση με το άλλο. Ταυτίζει τον αιθέρα με το «φυσικό χώρο ως τέτοιο», ο οποίος είναι ένας και μοναδικός, δεν συντίθεται από σημεία αδιαίρετα σε μέρη και στον οποίο η έννοια της ηρεμίας και της κίνησης, με τη μηχανική αντίληψη, δεν μπορεί καθόλου να εφαρμοσθεί. Σύμφωνα με τον Αϊνστάιν οι χώροι αναφοράς που συντίθενται από σημεία είναι εξιδανικεύσεις υλικών μέσων που συντίθενται από σωματίδια. Ο φυσικός χώρος ως τέτοιος, ταυτιζόμενος με το νέο αιθέρα, δεν συνιστά μία εξιδανίκευση ενός υλικού μέσου που συντίθεται από διαιρετά σωματίδια τα οποία μπορούν να κινούνται το ένα ως προς το άλλο. Τα υλικά μέσα έχουν το δικό τους σύστημα αναφοράς και μπορούν να αποτελούν συστήματα αναφοράς.

Ο αιθέρας ταυτιζόμενος με το φυσικό χώρο ως τέτοιος, με κανένα τρόπο δεν μπορεί να είναι ένα σύστημα αναφοράς. Συνιστά μια υπερ-αναφορική (*ultra-referential*) πραγματικότητα, η οποία κάνει δυνατή την ύπαρξη και κίνηση των χώρων αναφοράς, αλλά αυτή μόνη της δεν μπορεί να είναι σε καμία κατάσταση κίνησης, συμπεριλαμβανομένης της ηρεμίας: «Αλλά αυτός ο αιθέρας δεν πρέπει να θεωρηθεί ότι είναι προικισμένος με τις ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα υλικά μέσα, ότι συνίσταται από μέρη, η κίνηση των οποίων μπορεί να ακολουθηθεί· ούτε ίσως η έννοια της κίνησης να εφαρμοστεί σ' αυτόν»¹².

Ο φυσικός χώρος, όπως, π.χ., ο σχετικιστικός αιθέρας, δεν συνιστά ένα σύστημα αναφοράς και δεν έχει το δικό του σύστημα αναφοράς. Εάν ο σχετικιστικός αι-

θέρας του Αϊνστάιν είχε ένα κατάλληλο σύστημα αναφοράς θα ήταν σε ηρεμία ως προς αυτό. Ο σχετικιστικός αιθέρας του Αϊνστάιν όμως δεν συνιστά ένα απόλυτο σύστημα αναφοράς.

Σύμφωνα με τον Αϊνστάιν ο υπερ-αναφορικός φυσικός χώρος δεν είναι ποτέ παθητικός. Ο Αϊνστάιν θεωρεί το μη ατομικό και μη μηχανικό αιθέρα ως θεμελιώδη πηγή κάθε φυσικής δραστηριότητας, συμπεριλαμβανομένης και της δημιουργίας σωματιδίων. Ο αιθέρας του θεωρείται ως πρωταρχική πραγματικότητα. «Το περίεργο συμπέρασμα στο οποίο έχουμε καταλήξει είναι αυτό: τώρα φαίνεται ότι πρέπει να δούμε το χώρο ως πρωταρχικό πράγμα και ότι η ύλη προέρχεται από αυτόν ως δευτερεύον αποτέλεσμα»¹⁷.

Παραπομπές

1. A. Einstein, *Ann. d. Phys.* 17, 1905, p. 892.
2. A. Einstein and L. Infeld, *The Evolution of Physics*, New York, Simon and Schuster 1938.
3. A. Einstein, *Phys. Blätter*, Vol. 27, No 9, 390-391, 1971.
4. A. Einstein, «Vom Relativitätsprinzip», *Vossische Zeitung*, No 209, 26 April 1914.
5. Quotation taken from John Stachel, «Einstein's Search for General Covariance», in *Einstein and the History of General Relativity* (eds. D. Howard and J. Stachel) Birkhäuser, Boston-Basel-Berlin 1989, p. 85.
6. A. Einstein, *Ann. d. Phys.*, 49, 1916, 769-822.
7. E. Freudlich, *Die Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie*, Verlag von Julius Springer, Berlin, 1917, p. 46.
8. A. Einstein, Letter to Lorentz (17 June 1916), item 16-453, in *Mudd Library*, Princeton Univ., reprinted with kind permission of the Hebrew University, Jerusalem.
9. A. Einstein, *Naturwissenschaften*, 6, 597-701, 1918.
10. A. Einstein, «Relativity and the Problem of Space», in *Ideas and Opinions*, Crown Publishers Inc., New York, 5th printing, 360-377, 1960.
11. A. Einstein, «Das Raum-, Äther- und Feld-Problem der Physik in *Mein Weltbild*, Querido Verlag, Amsterdam (1934).
12. A. Einstein, *Äther und Relativitätstheorie*, Springer, Berlin, 1920.
13. A. Einstein, *Schweiz. Naturforsch. Gesellsch.*, Verhandl., 105 2., 85-93, 1924.
14. A. Einstein, *Forum Philosophicum*, 1 2., 173-184, 1930.
15. A. Einstein, *Nature*, 125, 1930, p. 897-898.
16. A. Einstein, *2nd World Power Conference*, Trans., 19, 1-15, 1930.
17. A. Einstein, *Science*, 71 (1850), 608-610, 1930.
18. A. Einstein, *Ann. of Math.*, 464., 578-584, 1945.
19. A. Einstein, Morgan Manuscript, item EA 2-070 in *Mudd Library*, Princeton Univ., reprinted with kind permission of the Hebrew University, Jerusalem.