

ΩΡΙΩΝ
ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΗ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΠΑΤΡΑΣ

Κ. Ν. Γουργουλιάτος

ΜΑΥΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ

Η ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ

- Αντικείμενα που εμποδίζουν την διάδοση φωτός από αυτά
- Πρωτοπροτάθηκε γύρω στα 1783 (John Michell) ως αντικείμενο για το οποίο η ταχύτητα διαφυγής είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα του φωτός
- Επανήλθε με την διατύπωση της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας

ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Μάζα
- Στροφορμή
- Ηλεκτρικό Φορτίο

Με την γνώση των παραπάνω τριών
προσδιορίζεται πλήρως η συμπεριφορά της

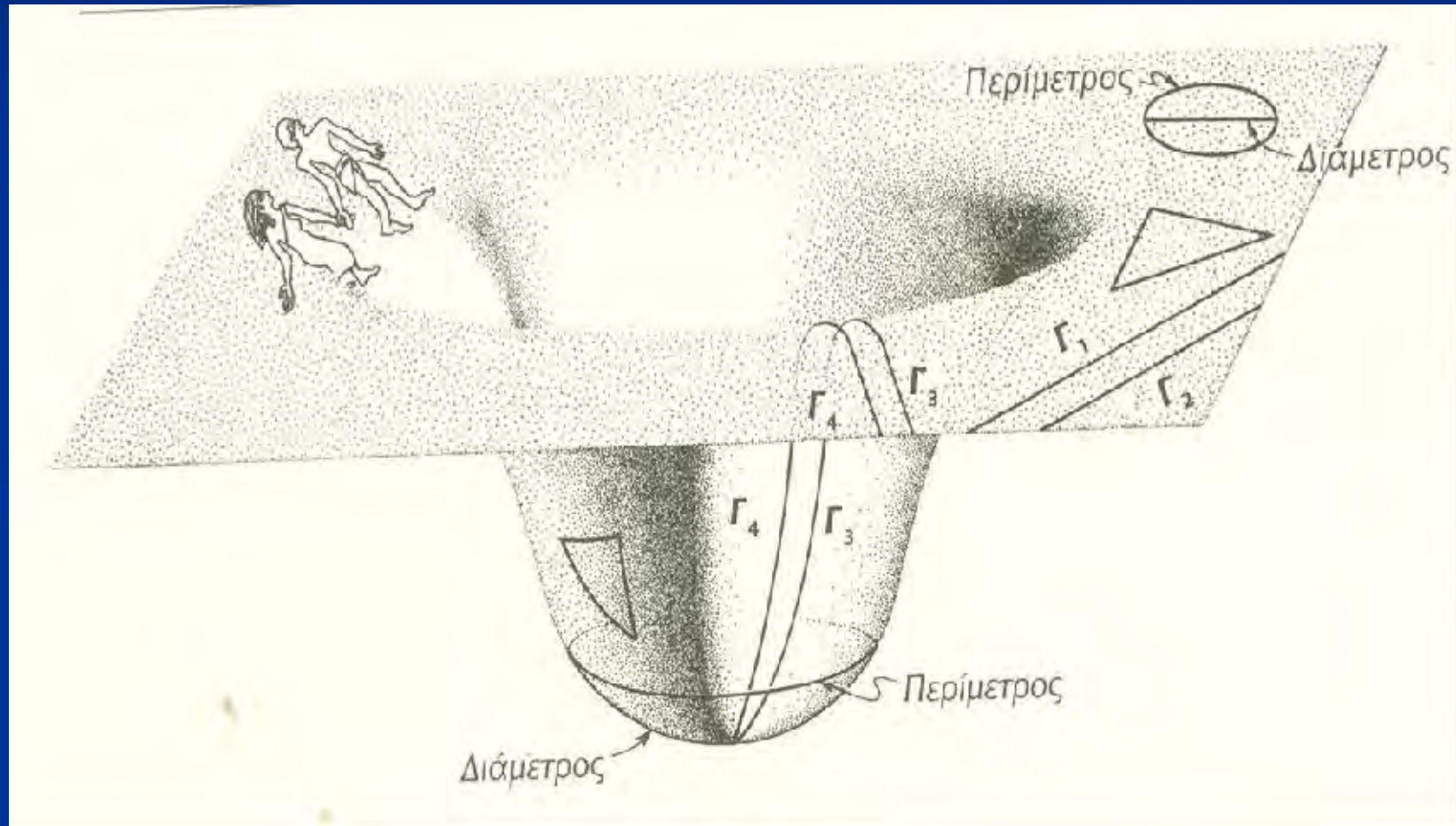
ΤΡΟΠΟΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

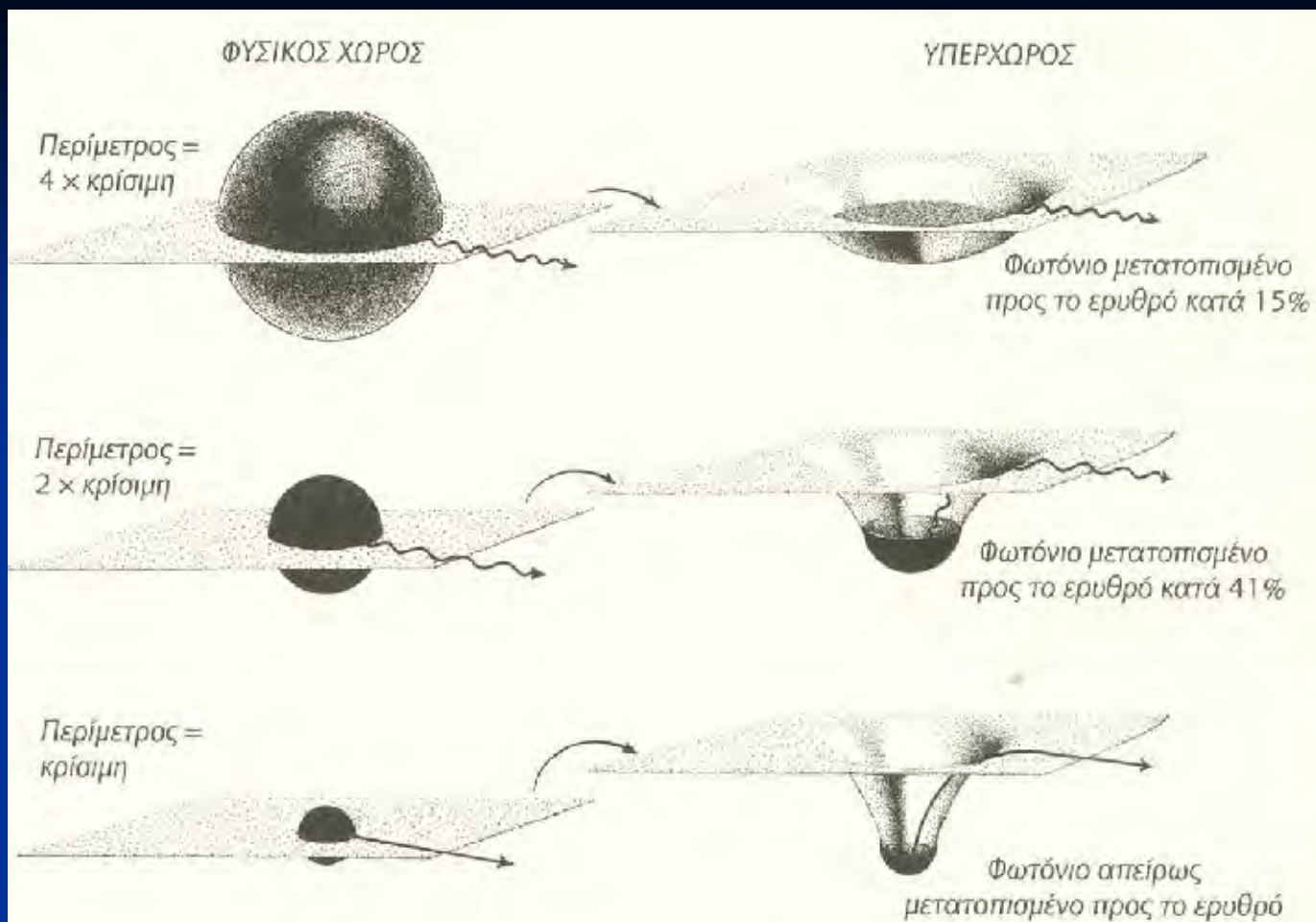
- Από αστρική βαρυτική κατάρρευση, έχουν μέτριες μάζες (πάνω από 3 περίπου ηλιακές μάζες)
- Αρχέγονες μελανές οπές (μπορεί να είναι μικροσκοπικές)
- Σε γαλαξιακούς πυρήνες (με μάζα πάνω από 10^6 ηλιακές μάζες)

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

- Κοντά στον ορίζοντα της μελανής οπής ο χρόνος κυλά βραδύτερα
- Ο χώρος διαστέλλεται
- Οι φωτεινές ακτίνες μετατοπίζονται προς το ερυθρό
- Εμφάνιση έντονων παλιρροιακών δυνάμεων

Καμπυλωμένος διδιάστατος χωρόχρονος, φαίνεται καθαρά ότι τα σχήματα αλλάζουν μορφή, όσο αλλάζει η καμπυλότητα του χώρου.





Σχήμα 3.4: Οι προβλέψεις της γενικής θεωρίας της σχετικότητας για την καμπύλωση του χώρου και τη βαρυντική μετατόπιση προς το ερυθρό του φωτός από τρία συμπαγή άστρα με ίσες μάζες, αλλά διαφορετικές περιμέτρους. Το πρώτο έχει περίμετρο τέσσερις φορές μεγαλύτερη από την κρίσιμη, το δεύτερο δύο φορές μεγαλύτερη, και το τρίτο έχει περίμετρο ακριβώς ίση με την κρίσιμη. Δηλαδή, η επιφάνεια του τρίτου άστρου συμπίπτει με τον ορίζοντα γεγονότων μιας μαύρης τρύπας.

ΕΞΑΕΡΩΣΗ ΜΕΛΑΝΩΝ ΟΠΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ HAWKING

- Συνδυασμός κβαντομηχανικής, σχετικότητας και θερμοδυναμικής
- Η επιφάνεια του ορίζοντα μιας μελανής οπής αντίστροφη της θερμοκρασίας
- Δυναμική συμπεριφορά κενού (Dirac- διακυμάνσεις)
- Η μαύρες τρύπες ακτινοβολούν, σαν μελανά σώματα με θερμοκρασία αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της μάζας τους
- Επομένως οι μελανές οπές μικρής μάζας εξαερώνονται και εξαφανίζονται

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ



Σχήμα 12.2: Ο μηχανισμός εξαέρωσης των μαύρων τρυπών, όπως τον αντιλαμβάνεται ένας παρατηρητής που πέφτει μέσα στην τρύπα. Αριστερά: Η παλιρροϊκή βαρυτική δράση μιας μαύρης τρύπας αναγκάζει τα δυνάμει φωτόνια ενός ζεύγους να απομακρυνθούν το ένα από το άλλο, τροφοδοτώντας τα έτσι με ενέργεια. Δεξιά: Τα δυνάμει φωτόνια έχουν αποκτήσει αρκετή ενέργεια από την παλιρροϊκή δύναμη με αποτέλεσμα να μετατρέπονται οριστικά σε πραγματικά φωτόνια, εκ των οποίων το ένα διαφεύγει από τη μαύρη τρύπα ενώ το άλλο πέφτει προς το κέντρο της.

ΠΙΘΑΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

- Ακτινοβολία Χ
- Βαρυτινές παρέλξεις κοντινών σωμάτων
- Βαρυτικοί φακοί
- Βαρυτικά κύματα (από συσσωμάτωση δύο μελανών οπών)

ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΜΕΛΑΝΗΣ ΟΠΗΣ

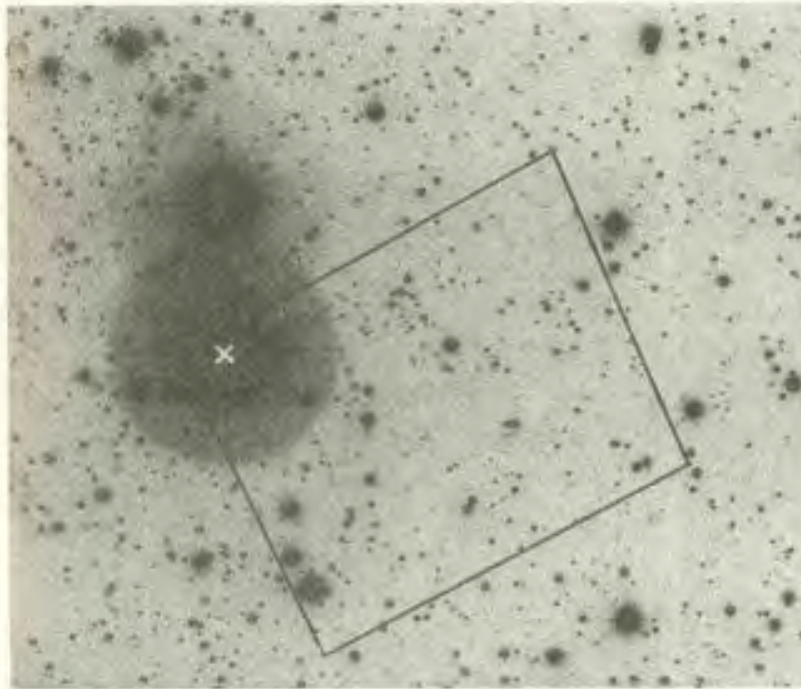
- Ο χωρόχρονος αλλάζει συμπεριφορά, επιτρέπεται η κίνηση μονάχα προς το κέντρο
- Όλη η ύλη βρίσκεται συγκεντρωμένη σε ένα κεντρικό σημείο άπειρης πυκνότητας την «ανωμαλία»
- Η ανωμαλία είναι σημείο άπειρης καμπύλωσης του χωροχρόνου και υπόκειται στους νόμους της κβαντικής βαρύτητας
- Τα πράγματα αλλάζουν δραματικά για περιστρεφόμενες ή ηλεκτρικά φορτισμένες μελανές οπές

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΓΑΛΑΞΙΩΝ

- Σε μια τεράστια μελανή οπή εάν ένα αστέρι πλησιάσει αρκετά κοντά θα κατακερματιστεί λόγω παλιρροιακών δυνάμεων
- Τα φορτισμένα σωματίδια που θα επιταχυνθούν λόγω βαρύτητας πέφτοντας, θα δώσουν ένα συνεχές φάσμα ακτινών X αρχικά και τελικά ακτινών γ
- Πιθανολογείται ότι αποτελούν την πηγή της ακτινοβολίας των Quasars

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΜΕΛΑΝΩΝ ΟΠΩΝ

- Πηγές ακτινών X σε συνδυασμό με βαρέα αντικείμενα που όμως δεν ακτινοβολούν (επομένως δεν είναι άστρα), κλασικό παράδειγμα ο Κύκνος $X-1$
- Οι περισσότεροι πυρήνες γαλαξιών
- Βαρυτικοί φακοί που προκαλούν απότομες αλλαγές στη φωτεινότητα αστεριών



Σχήμα 8.6: Αριστερά: Το αρνητικό μιας φωτογραφίας που ελήφθη με το οπτικό τηλεσκόπιο διαμέτρου 5 μέτρων (200 ιντσών) του όρους Πάλομαρ από τον Jerome Kristian, το 1971. Το παραλληλόγραμμο οροθετεί την περιοχή μέσα στην οποία, σύμφωνα με τα δεδομένα που συνέλεξε ο Uhuru το 1971, βρίσκεται ο Κύκνος X-1.

Με το λευκό x σημειώνεται η θέση μιας ραδιοέκλαμψης που καταγράφηκε από ραδιοτηλεσκοπία και συνέπεσε με ξαφνική μεταβολή της ροής των ακτίνων X από τον Κύκνο X-1. Το x συμπίπτει με το οπτικό άστρο HDE 226868, και, κατά συνέπεια, το άστρο αυτό ταυτοποιείται ως ο συνοδός του διπλού αστέρα Κύκνος X-1. Το 1978,

το δορυφορικό τηλεσκόπιο Einstein επιβεβαίωσε την ταυτοποίηση. Δεξιά: Καλλιτεχνική απεικόνιση του Κύκνου X-1 και του HDE 226868, βασισμένη σε όλα τα δεδομένα, οπτικά και ακτίνων X. [Αριστερά: με την ευγενική παραχώρηση του δρ. Jerome Kristian, του Αστεροσκοπείου Carnegie. Δεξιά: πίνακας του Victor J. Kelley· ευγενική παραχώρηση της National Geographic Society.]

ΕΞΩΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΕΛΑΝΩΝ ΟΠΩΝ

- Μελανές οπές που περιστρέφονται, λαμβάνουν ελλειψοειδές σχήμα
- Η κεντρική ανωμαλία από σημείο επεκτείνεται σε κύκλο
- Εάν περιστρέφεται ταχύτατα θα μπορούσε να υπερβεί τα όρια του ορίζοντα γεγονότων
- Δημιουργία «Γυμνής Ανωμαλίας» (απαγορεύεται από το αξίωμα κοσμικής λογοικρισίας)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Εξαιρετικά απλά στην συμπεριφορά τους αντικείμενα (όσον αφορά τις μεταβλητές από τις οποίες εξαρτώνται)
- Εντονότατες επιδράσεις στο χωρόχρονο γύρω τους
- Εντοπίζονται έμμεσα
- Η ύπαρξη τους δίνει απάντηση σε ανοιχτά προβλήματα της κοσμολογίας – επιβεβαίωση Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Μαύρες Τρύπες και Στρεβλώσεις του Χρόνου, Kir Thorne (Εκδόσεις Κάτοπτρο 1998)
- Πανεπιστημιακές παραδόσεις Θεωρίας Πεδίων του Καθηγητού Ιωάννη Μπάνα (2004)
- Spacetime and geometry. An introduction to general relativity (2004), Sean Carroll
- Lecture Notes on Black Holes (2003), Paul Townsend

Σημείωση: Τα σχήματα και οι εικόνες είναι από το βιβλίο του Kip Thorne “Μαύρες Τρύπες και Στρεβλώσεις του Χρόνου”