



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-
Μεταλλουργών
Εργασία στο μάθημα της φυσικής
Διδάσκων: Γεώργιος Τσιγαρίδας

Σπουδάστρια: Καρδάση Χρυσάνθη Αικατερίνη

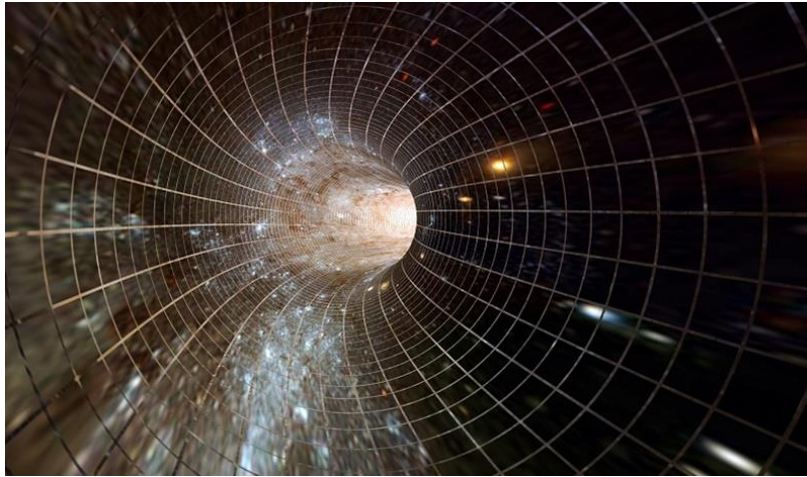
MAYΡΕΣ ΤΡΥΠΕΣ

Σύντομη εισαγωγή

Χωροχρόνος:

Οποιοδήποτε μαθηματικό μοντέλο συγχωνεύει τις τρεις διαστάσεις του χώρου και τη μία διάσταση του χρόνου σε μια ενιαία τετραδιάστατη μορφή.

Η γενική θεωρία της σχετικότητας προβλέπει ότι μια αρκετά συμπαγής μάζα μπορεί να παραμορφώσει τόσο το χωροχρόνο όσο ώστε να σχηματίσει μία μαύρη τρύπα.



Τι είναι εν τέλει η μαύρη τρύπα;

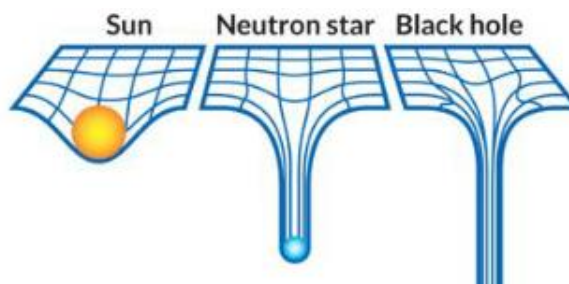
Μια μαύρη τρύπα ,ή αλλιώς μέλαινα οπή, είναι μια περιοχή χωροχρόνου όπου η βαρύτητα είναι τόσο ισχυρή που τίποτα και κανένα σωματίδιο ή ακόμη και ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία -όπως το φως- δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτήν.



Πως σχηματίζονται μαύρες αστρικές τρύπες;

Παρά την άρνηση του ίδιου του Einstein για την ύπαρξή τους, σύμφωνα με την θεωρία της σχετικότητας οι μαύρες τρύπες σχηματίζονται στη φύση οποτεδήποτε συγκεντρώνεται σε ένα δεδομένο χώρο επαρκής ποσότητα μάζας, μέσω της διαδικασίας που καλείται βαρυτική κατάρρευση.

- Όσο η μάζα μέσα σε μία συγκεκριμένη περιοχή μεγαλώνει, η δύναμη της βαρύτητας γίνεται πιο ισχυρή – ή στη γλώσσα της σχετικότητας, ο χώρος γύρω της παραμορφώνεται όλο και εντονότερα
 - Όταν η ταχύτητα διαφυγής σε μια συγκεκριμένη απόσταση από το κέντρο φτάσει την ταχύτητα του φωτός, σχηματίζεται ένας ορίζοντας γεγονότων, μέσα στον οποίο ύλη και ενέργεια αναπόφευκτα καταρρέουν σε ένα μοναδικό σημείο, σχηματίζοντας μία βαρυτική μοναδικότητα.
- ✓ Ένας αστέρας που έχει τουλάχιστον 3 φορές την μάζα του ήλιου στο τέλος της εξέλιξής του, σχεδόν σίγουρα θα συρρικνωθεί μέχρι το κρίσιμο εκείνο μέγεθος που χρειάζεται για να υποστεί βαρυτική κατάρρευση. Σχηματίζεται έτσι ένας αστέρας νετρονίων, αν η μάζα του είναι ακόμα πιο μεγάλη, τελικά σχηματίζεται μαύρη τρύπα.



Ιδιότητες και δομή

Σύμφωνα με την κλασσική γενική σχετικότητα, ούτε ύλη ούτε πληροφορίες μπορούν να κινηθούν από το εσωτερικό μιας μαύρης τρύπας προς έναν εξωτερικό παρατηρητή. Για παράδειγμα, δεν μπορεί κάποιος να πάρει δείγμα του υλικού

της ή να δεχτεί την ανάκλαση από μια φωτεινή πηγή (π.χ. φακό) ούτε να πάρει πληροφορίες για το υλικό από το οποίο αποτελείται η μαύρη τρύπα. Κβαντομηχανικά φαινόμενα μπορούν να επιτρέψουν σε ύλη και ενέργεια να δραπετεύσουν από μαύρες τρύπες. Εικάζεται, όμως, ότι η φύση τους δεν εξαρτάται από αυτά που έχουν εισέλθει στη μαύρη τρύπα κατά το παρελθόν. Αυτό σημαίνει ότι στις μαύρες τρύπες γίνεται απώλεια πληροφορίας σε σχέση με το είδος των σωματιδίων. Επομένως, μια μαύρη τρύπα πρέπει να χαρακτηρίζεται από μια ορισμένη εντροπία.

Περιγραφή & Περιβάλλον μαύρων τρυπών

Τα τρία σημαντικότερα μέρη μιας απλής μαύρης τρύπας

1.Ο Ορίζοντας Γεγονότων

(Αποκαλούμενος και ως ακτίνα Schwarzschild)
Αποτελεί ένα νοητό όριο στο χωροχρόνο, μέσα από το οποίο η ύλη και το φως μπορούν μόνο να περάσουν προς το εσωτερικό της μαύρης τρύπας. Ονομάζεται έτσι, επειδή οποιαδήποτε πληροφορία ή οποιοδήποτε γεγονός συμβεί στο εσωτερικό του, είναι αδύνατο να φτάσει σε κάποιον εξωτερικό παρατηρητή.

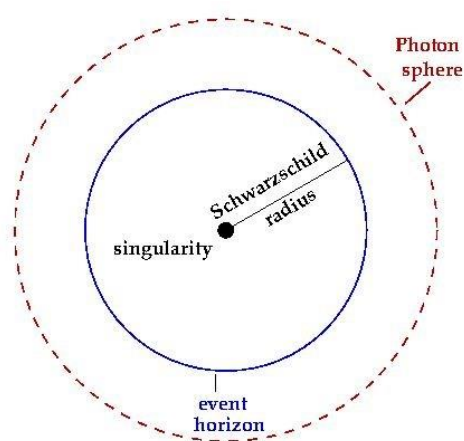
2.Μοναδικότητα

Είναι μια περιοχή του χωροχρόνου, όπου το βαρυτικό πεδίο της μαύρης τρύπας γίνεται άπειρο και έτσι, δεν εξαρτάται από το σύστημα συντεταγμένων. Με άλλα λόγια, εκεί δεν ισχύουν οι νόμοι του συνηθισμένου

χωροχρόνου. Βρίσκεται στο κέντρο μιας μαύρης τρύπας και έχει τεράστια πυκνότητα.

3.Εργόσφαιρα

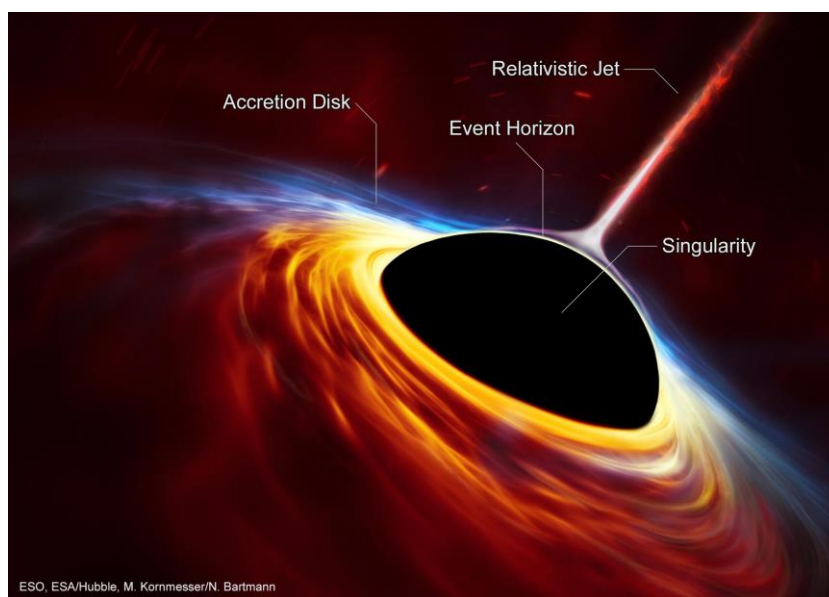
Είναι η περιοχή του χώρου που βρίσκεται έξω από κάθε περιστρεφόμενη μαύρη τρύπα. Σε αυτή την περιοχή θεωρητικά μπορεί να εξαχθεί ύλη και ενέργεια από την μαύρη τρύπα. Η εργόσφαιρα έχει σχήμα πεπλατυσμένου ελλειψοειδούς και εφάπτεται στον ορίζοντα γεγονότων στους πόλους περιστροφής. Εκτείνεται σε μέγιστη απόσταση από τον ορίζοντα γεγονότων επάνω από τον ισημερινό. Η ισημερινή (μέγιστη) ακτίνα της εργόσφαιρας αντιστοιχεί στην ακτίνα Σβάρτσιλντ που θα είχε η ίδια μαύρη τρύπα αν δεν περιστρεφόταν. Η πολική (ελάχιστη) ακτίνα μπορεί να ισούται μέχρι και το μισό της ακτίνας Σβάρτσιλντ.



Δίσκος Προσαύξησης

Πρόκειται για μια δομή η οποία σχηματίζεται από διάχυτο υλικό σε τροχιακή κίνηση γύρω από μια μαύρη τρύπα.

- ✓ Οι βαρυτικές δυνάμεις στο κέντρο της σπείρας συμπιέζουν ιδιαίτερα το υλικό και κάθετα στο δίσκο, και έτσι εκπέμπεται από το κέντρο του ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η περιοχή συχνοτήτων της ακτινοβολίας εξαρτάται από το κεντρικό αντικείμενο που προκαλεί τη βαρυτική αυτή κατάρρευση. Γύρω από τις μαύρες τρύπες ακτινοβολούν στην περιοχή των ακτινών X.



Μέγιστη εκπομπή

Μπορούμε θεωρητικά να υπολογίσουμε σε ποιο μήκος κύματος θα εκπέμπει ο δίσκος προσαύξησης το μέγιστό του. Για να το καταφέρουμε, αρκεί να βρούμε ποια είναι η μέγιστη θερμοκρασία του δίσκου, όπως βρήκαμε παραπάνω

και στη συνέχεια μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος κύματος μέσω του νόμου του Wien:

$$\lambda = b/T$$

Όπου T είναι η απόλυτη θερμοκρασία και b είναι η λεγόμενη σταθερά μετατόπισης
 $Wien \approx 2898 \mu m \cdot K$.

Υπάρχουν άλλα σώματα ως μαύρες τρύπες;

Θεωρητικά όλα τα σώματα θα μπορούσαν να αποτελέσουν μαύρες τρύπες, αν η μάζα τους συμπιεζόταν τόσο, που το βαρυτικό πεδίο που θα δημιουργούνταν θα είχε ταχύτητα διαφυγής που θα έφτανε την ταχύτητα του φωτός.

Έτσι, Αν ήταν εφικτό να συμπτυχθεί ολόκληρη η Γη σε μια ακτίνα 0,9 εκατοστών, (δηλαδή στο μέγεθος ενός κερασιού), θα είχε μετατραπεί σε μαύρη τρύπα.



Ερμής: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 0.5 mm.

Άρης: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 1.0 mm.

Δίας: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 280 cm

Ποσειδώνας: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 15 cm

Ουρανός: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 13 cm

Κρόνος: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 83 cm

Αφροδίτη: είναι μια μαύρη τρύπα ακτίνας 7 mm.

Ποιό το μέγεθος και η μάζα μαύρων τρυπών;

Διαφορετικοί τύποι μελανών οπών έχουν κατά πολύ διαφορετικές μάζες:

i. Οι αστρικές μαύρες τρύπες κυμαίνονται συνήθως από 10 έως 100 ηλιακές μάζες.

ii. Οι υπερμεγέθεις μαύρες τρύπες στα κέντρα των γαλαξιών μπορούν να είναι εκατομμύρια ή δισεκατομμύρια ηλιακές μάζες.

iii. Επειδή υπάρχει ένα τόσο μεγάλο άλμα στα μεγέθη, μεταξύ αστρικών μαζών και υπερμεγέθων μαύρων οπών, έχει υποτεθεί ότι υπάρχει και μια κατηγορία ενδιάμεσης μάζας. Οι μαύρες τρύπες αυτές θα ήταν εκατοντάδες ή χιλιάδες ηλιακές μάζες. Υπάρχουν μερικές υποψήφιες μαύρες τρύπες ενδιάμεσης μάζας, όπως η HLX-1, η οποία εκτιμάται ότι είναι 20.000 ηλιακές μάζες.

iv. Μια άλλη υποθετική κατηγορία μαύρων τρυπών είναι οι αρχέγονες μαύρες τρύπες, οι οποίες θα είχαν σχηματιστεί στο πρώιμο σύμπαν. Θα ήταν τόσο μικροσκοπικές (η ελάχιστη μάζα τους θα ήταν όση ενός Planck) που θα μπορούσαν να περιγραφούν σωστά μόνο χρησιμοποιώντας την κβαντική μηχανική. Αλλά οι μαύρες τρύπες εξατμίζονται μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται Hawking Radiation. Το πόσο γρήγορα εξατμίζεται μια μαύρη τρύπα εξαρτάται από τη μάζα της: όσο λιγότερη μάζα έχει μια μαύρη τρύπα, τόσο πιο γρήγορα εξατμίζεται. Για να έχει διατηρηθεί μια αρχέγονη μαύρη τρύπα μέχρι σήμερα, θα έπρεπε να περιέχει μερικά δισεκατομμύρια τόνους μάζας, με ακτίνα συγκρίσιμη με εκείνη ενός ατομικού πυρήνα.

Το μέγεθος μιας μαύρης τρύπας εξαρτάται άμεσα από τη μάζα της σύμφωνα με τον τύπο της ακτίνας Schwarzschild(Σβάρτσιλντ):

$$r_s = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$$

Όπου G: σταθερά παγκόσμιας έλξης το M είναι η μάζα του αντικειμένου και το c είναι η ταχύτητα του φωτός .

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι μάζες μερικών υποθετικών μαύρων τρυπών συγκριτικά με την ακτίνα τους. Οι μάζες του πίνακα είναι πολλαπλάσια της μάζας της Γης, πχ. το 2.0 σημαίνει δύο φορές η μάζα της Γης.

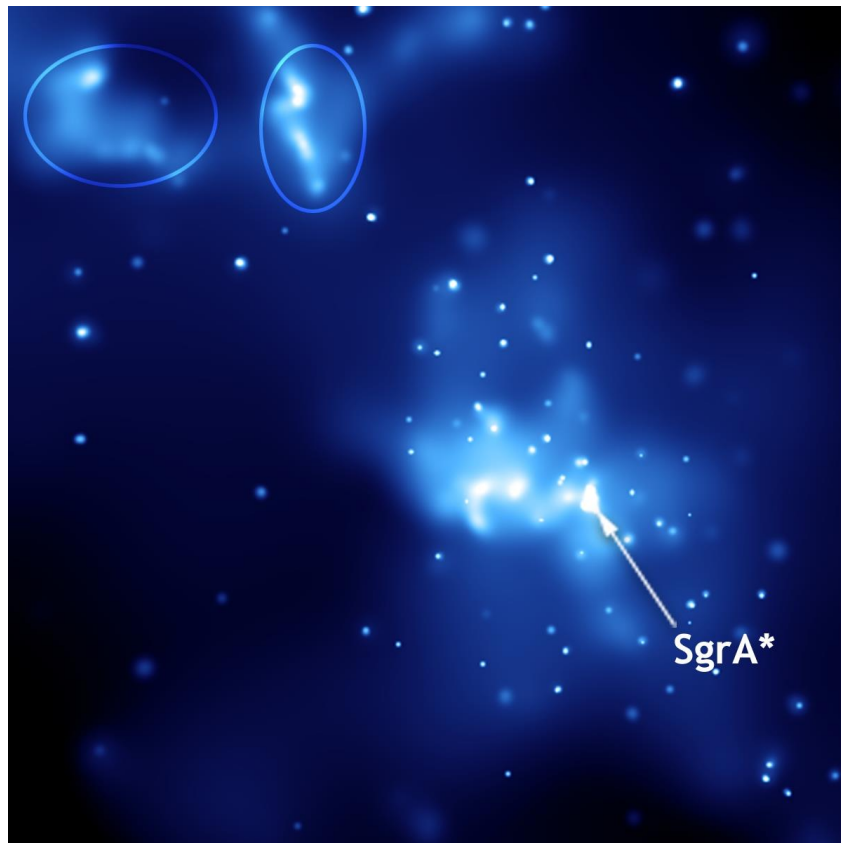
Μάζα	Ακτίνα(cm)
1.0	0.88
2.0	1.76
3.2	2.82
5.0	4.40
7.5	6.60
8.7	7.76
11.0	9.68

Υπάρχουν μαύρες τρύπες στον γαλαξία μας;

Το γαλαξιακό κέντρο είναι το σημείο γύρω από το οποίο περιστρέφεται ο γαλαξίας μας. Το γαλαξιακό κέντρο βρίσκεται περίπου 24.000 έτη φωτός από το Ηλιακό Σύστημα, αλλά δεν είναι ορατό στο οπτικό φως λόγω της βαριάς συσκώτισης από διαστρικούς κόκκους σκόνης κατά μήκος της γραμμής όρασης. Είναι όμως παρατηρήσιμο σε μήκη κύματος τα οποία δεν επηρεάζονται από την σκόνη, κυρίως υπέρυθρες, ραδιοκύματα και ακτίνες Χ. Η κεντρική περιοχή του γαλαξία μας περιέχει μια εξωτική συλλογή αντικειμένων συμπεριλαμβανομένου μιας υπέρογκης μαύρης τρύπας, η οποία ζυγίζει περίπου τέσσερις εκατομμύρια φορές τη μάζα του Ήλιου και ονομάζεται Τοξότης A* (SgrA*).

Η ιδέα αυτή έχει αποκτήσει τεράστια δύναμη μέσω πρόσφατων υπέρυθρων παρατηρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για να

σχεδιάσουν τις τροχιές από αστέρια που βρίσκονται λίγες ώρες φωτός από το γαλαξιακό κέντρο. Διαπιστώθηκε ότι αυτά τα αστέρια έχουν πολύ σφιχτές και γρήγορες τροχιές Κέπλερ γύρω από ένα αντικείμενο περίπου τέσσερις εκατομμύρια ηλιακές μάζες. Τα τροχιακά χαρακτηριστικά αυτών των άστρων εξηγούνται μόνο από την ύπαρξη μιας υπέρογκης μαύρης τρύπας, παρόμοιας με αυτές που έχουν παρατηρηθεί στα κέντρα άλλων γαλαξιών.

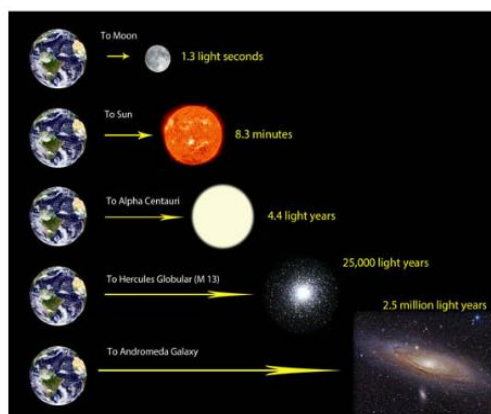


Οι κοντινότερες αστρικές μαύρες τρύπες στον ήλιο

Η δημιουργία μαύρων τρυπών, όπως αναλύθηκε παραπάνω, είναι σπάνιο φαινόμενο στη μεριά του γαλαξία που βρίσκεται η Γη. Συνεπώς, γίνεται σαφές ότι οι κοντινότερες μαύρες τρύπες απέχουν πολύ από τον πλανήτη μας. Παρακάτω παραδίδονται οι 7 κοντινότερες μαύρες τρύπες, όπου οι μάζες τους είναι πολλαπλάσια της μάζας του ήλιου και οι συντεταγμένες τους είναι μετρημένες σε έτη

φωτός, όπου ένα έτος φωτός = 9.4607 τρισεκατομμύρια χιλιόμετρα.

Name	Mass	X	Y
Cygnus X-1	16	6600	-2400
SS-433	11	8000	-140000
Nova Monocerotis 1975	11	-1400	2400
Nova Persi 1992	5	5600	3300
IL Lupi	9	6500	-110000
)Nova Vulpeculi 1988	8	2200	-6100
V404 Cygni	12	6900	-4000



Τροχιά Μαύρης Τρύπας

Θεωρητικά είναι δυνατό να βρισκόμαστε κοντά σε μια μαύρη τρύπα χωρίς να πέσουμε μέσα, υπό την προϋπόθεση

όμως ότι κινούμαστε πολύ γρήγορα. Με ακριβώς αυτόν τον τρόπο δουλεύει και το ηλιακό μας σύστημα.

Η Γη δεν πέφτει επάνω στον Ήλιο, διότι κινούμαστε γύρω από αυτόν με ταχύτητα ερίπου 110.000 χιλιόμετρα την ώρα. Οι τροχιές όμως κοντά σε μια μαύρη τρύπα μπορεί να έχουν διάφορα ενδιαφέροντα σχήματα, ενώ στο ηλιακό σύστημα οι τροχιές των πλανητών είναι πάντα ελλειπτικές, έως και σχεδόν κυκλικές.

Ας υποθέσουμε ότι βρισκόμαστε με ένα διαστημόπλοιο κοντά σε μια μαύρη τρύπα:

Εάν ξεκινήσουμε με πολύ μικρή ταχύτητα, τότε σίγουρα θα πέσουμε μέσα σε αυτήν.

Από την άλλη μεριά, εάν ξεκινήσουμε με πολύ μεγάλη ταχύτητα θα εκτροχιαστούμε σε πολύ μακρινή απόσταση. Συνεπώς μπορούμε να φανταστούμε ότι με ενδιαμέσες ταχύτητες θα μπορούσαμε να περιφερόμαστε γύρω από μια μαύρη τρύπα σε μια συγκεκριμένη απόσταση και σε ένα περίπλοκο μοτίβο. Η απόσταση αυτή ονομάζεται σφαίρα φωτονίων.

Είναι η περιοχή γύρω από την μαύρη τρύπα όπου η βαρύτητα είναι τόσο ισχυρή που τα φωτόνια αναγκάζονται να ταξιδέψουν σε τροχιές. Η σφαίρα φωτονίων βρίσκεται πιο μακριά από το κέντρο της μαύρης τρύπας απ' ό,τι ο ορίζοντας γεγονότων. Από τον τρόπο με τον οποίο ορίσαμε την σφαίρα φωτονίων γίνεται κατανοητό ότι η ύπαρξή της δεν υφίσταται πουθενά αλλού στο διάστημα, αφού υπάρχει μόνο γύρω από υπέρπυκνα αντικείμενα

Θα μπορούσε η Γη να βρίσκεται κοντά σε μια μαύρη τρύπα;

Θεωρητικά, μπορούμε να βρισκόμαστε κοντά σε μια μαύρη τρύπα, χωρίς όμως να πέσουμε μέσα σε αυτή.

Πολύ μικρή ταχύτητα → θα πέφταμε μέσα σε αυτή

Πολύ μεγάλη ταχύτητα → θα εκτροχιαζόμασταν

Με ενδιάμεσες ταχύτητες θα περιφερόμασταν γύρω από την μαύρη τρύπα σε απόσταση → σφαίρα φωτονίων



Ακτινοβολία Hawking – Εξάτμιση

Το 1974, ο Βρετανός φυσικός Stephen Hawking προέβλεψε ότι οι μαύρες τρύπες δεν είναι εντελώς μαύρες αλλά εκπέμπουν μικρές ποσότητες θερμικής ακτινοβολίας. Με την εφαρμογή της κβαντικής θεωρίας πεδίου στις μαύρες τρύπες, αποφάσισε ότι αυτές εκπέμπουν σωματίδια που εμφανίζουν ένα τέλειο φάσμα μαύρου σώματος.

Η θερμοκρασία αυτού του θερμικού φάσματος (θερμοκρασία Hawking) είναι ανάλογη με την επιφανειακή βαρύτητα της μαύρης τρύπας, η οποία, για μια μαύρη τρύπα Schwarzschild, είναι αντίστροφα ανάλογη της μάζας.

$$T = \frac{hc^3}{16\pi^2 kGM}$$

Όπου h η σταθερά Planck, G η σταθερά της Παγκόσμιας έλξης, C η ταχύτητα του φωτός, M η μάζα της μαύρης τρύπας και k_B η σταθερά Boltzmann.

Ως εκ τούτου, οι μεγάλες μαύρες τρύπες εκπέμπουν λιγότερη ακτινοβολία από ότι εκπέμπου οι μικρές.

Εάν η θεωρία του Hawking σχετικά με την ακτινοβολία των μαύρων οπών είναι σωστή, τότε οι μαύρες τρύπες αναμένεται να συρρικνωθούν και να εξατμιστούν με την πάροδο του χρόνου καθώς χάνουν τη μάζα από την εκπομπή φωτονίων και άλλων σωματιδίων.

Η ακτινοβολία Hawking μειώνει τη μάζα και την περιστροφική ενέργεια των μαύρων οπών και επομένως είναι επίσης γνωστή ως εξάτμιση των μαύρων οπών. Εξαιτίας αυτού, οι μαύρες τρύπες που δεν κερδίζουν μάζα με άλλα μέσα αναμένεται να συρρικνωθούν και τελικά να εξαφανιστούν.



Τι θα γινόταν αν κάποιος έπεφτε σε μια από αυτές τις κοσμικές εκτροπές;

Το παραπάνω είναι ένα ερώτημα το οποίο μαστίζει την επιστημονική κοινότητα.

Πλησιάζοντας τον ορίζοντα γεγονότων $\rightarrow$ επιταχύνεται

Τύπος επιτάχυνσης: $a = 2GMd/R^3 \rightarrow$ Όπου a η παλιρροιακή επιτάχυνση που δέχεται ένα σώμα μήκους d M η μάζα του πλανήτη /μαύρης τρύπας και G η βαρυτική σταθερά.

Όταν το άτομο φτάσει στον ορίζοντα γεγονότων, ο παρατηρητής το βλέπει να παγώνει. Εκείνη την στιγμή το άτομο είναι κολλημένο, ακίνητο και τεντωμένο στην επιφάνεια του ορίζοντα, καθώς νιώθει μια αυξανόμενη ζέστη να τον περικλείει.

Σύμφωνα με τον παρατηρητή το άτομο σιγά-σιγά εξολοθρεύεται από το τέντωμα του διαστήματος, τη διακοπή του χρόνου και τις πυρκαγιές της ακτινοβολίας Hawking. Συνεπώς, πριν το άτομο καταφέρει να περάσει στο σκοτάδι της μαύρης τρύπας, θα έχει γίνει στάχτη. Το άτομο πλέον πλέει στον πιο δυσοίωνο προορισμό της φύσης.

Αυτό συμβαίνει διότι εκτελεί ελεύθερη πτώση, και ως εκ τούτου δεν αισθάνεται καμία βαρύτητα, κάτι που ο Αϊνστάιν αποκάλεσε 'πιο ευτυχισμένη σκέψη του'. Ο ορίζοντας γεγονότων είναι ένα τεχνούργημα προοπτικής. Ο παρατηρητής δεν μπορεί να δει τίποτα μέσα από αυτό, αλλά και για το άτομο δεν υπάρχει ορίζοντας. Αν η μαύρη τρύπα ήταν πολύ μικρότερη, η δύναμη της βαρύτητας θα ήταν πολύ ισχυρότερη στα πόδια του ατόμου απ' ό,τι στο κεφάλι του και θα τον τέντωνε σε σημείο που θα τον συνέθλιβε. Στην πραγματικότητα σε μια αρκετά μεγάλη τρύπα θα μπορούσε το άτομο να ζήσει κανονικά πριν πεθάνει στην μοναδικότητα.

Δύο πραγματικότητες → Του ατόμου → Του παρατηρητή



Γνωρίζουμε ότι ο χρόνος προχωράει μόνο μπροστά χωρίς να γυρίζει πίσω και μας τραβάει μαζί του παρά την θέλησή μας. Οι μαύρες τρύπες στρεβλώνουν τον χωροχρόνο γύρω τους σε τόσο μεγάλο βαθμό, όπου τελικά μέσα στον ορίζοντα ο χώρος και ο χρόνος στην πραγματικότητα ανταλλάσσουν ρόλους. Κατά μία έννοια, ο χρόνος είναι αυτός ο οποίος τραβά το άτομο προς την μοναδικότητα. Δεν είναι εφικτό να ξεφύγεις και να γυρίσεις πίσω από μια μαύρη τρύπα, όπως δεν είναι εφικτό να γυρίσεις πίσω στον χρόνο.

Στην πραγματικότητα όμως, ο παρατηρητής είναι απολύτως λογικός. Από την δική του πλευρά το άτομο έχει καεί στον ορίζοντα γεγονότων και αυτό δεν είναι ψευδαίσθηση. Οι νόμοι της φυσικής απαιτούν το άτομο να παραμείνει έξω από την μαύρη τρύπα, όπως φαίνεται από την πλευρά του παρατηρητή. Αυτό συμβαίνει διότι η κβαντική φυσική απαιτεί ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν ποτέ να χαθούν. Δηλαδή κάθε πληροφορία που εξηγεί την ύπαρξη του ατόμου πρέπει να μείνει έξω από τον ορίζοντα.

Από την άλλη μεριά, οι νόμοι της φυσικής απαιτούν το άτομο να πλεύσει μέσα στον ορίζοντα γεγονότων χωρίς να συναντήσει ζεστά σωματίδια ή τίποτα έξω από τα συνηθισμένα. Αλλιώς το άτομο θα παραβίαζε την θεωρία της Γενικής Σχετικότητας.

Άρα οι νόμοι της φυσικής απαιτούν και το άτομο και ο παρατηρητής να είναι έξω από την μαύρη τρύπα σε ένα σωρό από στάχτες και μέσα στην μαύρη τρύπα ζωντανοί και υγιείς. Τελευταίος αλλά εξίσου σημαντικός είναι ένας τρίτος νόμος

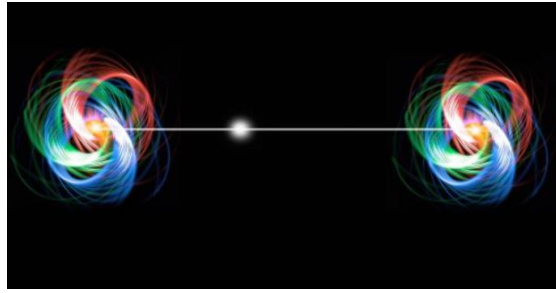
της φυσικής όπου υποδεικνύει ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν να κλωνοποιηθούν. Μπορεί δηλαδή το άτομο να είναι σε δύο μέρη αλλά υπάρχει μόνο ένα αντίγραφό του.

Με κάποιον τρόπο δηλαδή οι νόμοι της φυσικής μας δείχνουν προς ένα συμπέρασμα που μοιάζει παράλογο. Οι φυσικοί αποκαλούν αυτό το αίνιγμα ως το παράδοξο των πληροφοριών της μαύρης τρύπας, το οποίο κατάφεραν το 1990 να το επιλύσουν. Ο Leonard Susskind συνειδητοποίησε ότι δεν υπάρχει παράδοξο, γιατί κανείς δεν βλέπει ποτέ τον κλώνο του ατόμου. Ο παρατηρητής βλέπει μόνο ένα αντίγραφο του. Το άτομο βλέπει μόνο ένα αντίγραφο του. Και δεν υπάρχει τρίτος παρατηρητής που να μπορεί να δει τόσο μέσα όσο και έξω από μια μαύρη τρύπα ταυτόχρονα. Έτσι, κανένας νόμος της φυσικής δεν έχει παραβιαστεί, εκτός αν ερευνηθεί το ερώτημα: Το άτομο είναι ζωντανό ή νεκρό;

Το μεγάλο μυστικό που μας αποκάλυψαν οι μαύρες τρύπες είναι ότι δεν υπάρχει πραγματικότητα. Η πραγματικότητα εξαρτάται από το ποιον ρωτάς. Υπάρχει η πραγματικότητα του παρατηρητή και υπάρχει η πραγματικότητά του ατόμου. Το καλοκαίρι του 2012 οι φυσικοί Ahmed Almheiri, Donald Marolf, Joe Polchinski and James Sully, γνωστοί και ως AMPS, επινόησαν ένα πείραμα που απειλούσε να ανατρέψει όλα όσα νομίζαμε ότι ξέραμε για τις μαύρες τρύπες. Συνειδητοποίησαν ότι η λύση του Susskind βασιζόταν στο γεγονός ότι οποιαδήποτε διαφωνία ανάμεσα στο άτομο και τον παρατηρητή παρεμβάλλεται από τον ορίζοντα γεγονότων. Δεν είχε σημασία αν ο παρατηρητής είδε την ατυχή διασκορπισμένη εκδοχή του ατόμου ανάμεσα στην ακτινοβολία Χόκινγκ, επειδή ο ορίζοντας τον εμπόδισε να δει την άλλη εκδοχή του να επιπλέει μέσα στη μαύρη τρύπα. Σύμφωνα με την Γενική Σχετικότητα δεν θα μπορούσε κάποιος να μάθει τι υπάρχει στην άλλη πλευρά του ορίζοντα δίχως να τον διασχίσει, αλλά σύμφωνα με την κβαντική μηχανική θα μπορούσε να δοθεί κάποια εξήγηση.

Ο παρατηρητής θα μπορούσε να κοιτάξει πίσω από τον ορίζοντα, χρησιμοποιώντας ένα μικρό τέχνασμα που ο Αϊνστάιν ονομάζει "spooky action-at-a-distance".

Αυτό συμβαίνει όταν δύο σύνολα σωματιδίων που χωρίζονται στο διάστημα έχουν μυστηριωδώς "εμπλακεί". Είναι μέρος ενός ενιαίου, αδιαίρετου συνόλου, έτσι ώστε οι πληροφορίες που απαιτούνται για να τα περιγράψουν δεν μπορούν να βρεθούν σε κανένα σύνολο ξεχωριστά, αλλά στους δεσμούς μεταξύ τους. Η ιδέα AMPS έμοιαζε με αυτό. Έστω ότι ο παρατηρητής κρατάει ένα κομμάτι Α των πληροφοριών κοντά στον ορίζοντα. Αν η ιστορία του είναι σωστή, και το άτομο είναι νεκρό έξω από τη μαύρη τρύπα, τότε το Α πρέπει να εμπλακεί με ένα άλλο κομμάτι των πληροφοριών, Β, το οποίο είναι επίσης μέρος του θερμού νέφους της ακτινοβολίας.



Από την άλλη, αν η ιστορία του δεν είναι η αληθινή το άτομο είναι ζωντανό και υγιές στην άλλη πλευρά του ορίζοντα γεγονότων, οπότε το A πρέπει να μπλεχτεί με μια διαφορετική πληροφορία, Γ , η οποία είναι μέσα στη μαύρη τρύπα. Κάθε κομμάτι των πληροφοριών μπορεί να εμπλακεί μόνο μία φορά. Αυτό σημαίνει ότι το A μπορεί να συνδυαστεί μόνο με το B ή με το Γ , όχι και με τα δύο.

Υπάρχουν δύο ενδεχόμενα:

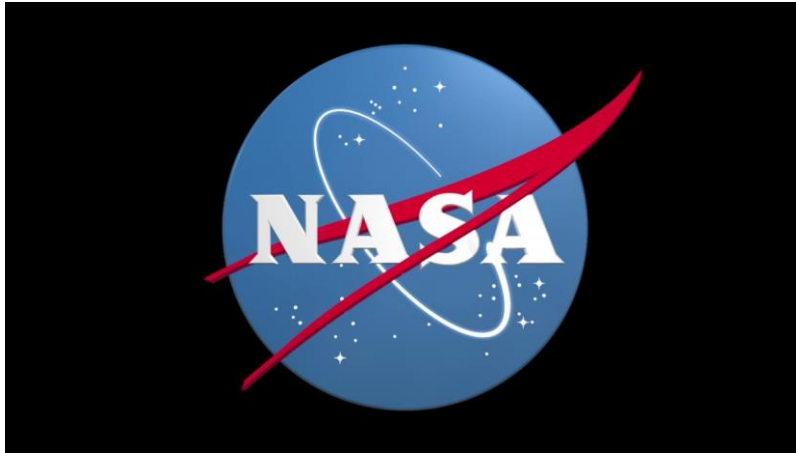
1. Το A να συνδυαστεί με το Γ . Τότε το άτομο είναι ζωντανό, αλλά ο παρατηρητής χάνει την πληροφορία Γ και παραβιάζεται ο κβαντικός νόμος που ορίζει ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν ποτέ να χαθούν.
2. Το A να συνδυαστεί με το B. Τότε ο παρατηρητής έχει δίκιο και το άτομο είναι νεκρό, αλλά παραβιάζεται η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας.

Συμπερασματικά αντιλαμβανόμαστε ότι δεν υπάρχει τελική απάντηση στο ερώτημα τι θα γινόταν εάν κάποιος έπεφτε μέσα σε μια μαύρη τρύπα.

Συμπερασματικά:

- ✓ Οι μελανές οπές είναι αντικείμενα που έχουν τόσο έντονα βαρυτικά πεδία που δεν επιτρέπουν ούτε στο φώς να διαφύγει από αυτά. Επίσης, καθιστούν αδύνατο για οτιδήποτε πέσει μέσα σε αυτές να διαφύγει, καθώς θα χρειαζόταν να ταξιδέψει με ταχύτητες μεγαλύτερες του φωτός, κάτι που δεν ισχύει για καμία μορφή ύλης, ενέργειας ή πληροφορίας.
- ✓ Τα σημαντικότερα μέρη του χώρου κατά την περιγραφή των μαύρων τρυπών είναι ο ορίζοντας γεγονότων, η μοναδικότητα και η εργόσφαιρα.
- ✓ Οποιοδήποτε σώμα θα μπορούσε να γίνει μαύρη τρύπα, εάν η μάζα του συμπιεζόταν τόσο που η ταχύτητα διαφυγής του σχηματιζόμενου βαρυτικού πεδίου έφτανε την ταχύτητα του φωτός.
- ✓ Τα μεγέθη των μαύρων τρυπών ποικίλουν ανάλογα με το πόση μάζα διαθέτουν.
- ✓ Οι μαύρες τρύπες έχει υποτεθεί πως εξατμίζονται κατά το πέρασ του χρόνου, σύμφωνα με τη διαδικασία που ονομάζεται ακτινοβολία hawking.
- ✓ Δεν υπάρχει τελική απάντηση στο ερώτημα τι θα γινόταν εάν κάποιος έπεφτε μέσα σε μια μαύρη τρύπα
- ✓ Σώματα μπορούν να βρίσκονται σε τροχία γύρω από μια μαύρη τρύπα εφόσον έχουν μια τιμή ταχύτητας που να το επιτρέπει.

- ✓ Οι μαύρες τρύπες αποτελούν αντικείμενο μελέτης πολλαπλών καταξιωμένων επιστημόνων, και θεωρίες περί αυτών αναπτύσσονται συνεχώς, καθιστώντας τις ένα κομμάτι της φυσικής με ραγδαίες προοπτικές για εξέλιξη στο κοντινό και μακρινό μέλλον.



Βιβλιογραφία

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B1%CF%8D%CF%81%CE%B7_%CF%84%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1

<https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/how-big-is-a-black-hole/>

Supermassive Black Hole Sagittarius A* | NASA

BBC - Earth - The strange fate of a person falling into a black hole



Υπερμεγέθους μαύρη
τρύπα στο κέντρο του γαλαξία Messier 87 και είναι η πρώτη φωτογραφία
μαύρης τρύπας στην ιστορία της ανθρωπότητας.