

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΟ JAMES WEBB(JWST)



Μέλη Ομάδας: Γιαννής Ξενοφών , Αξιδέλη Μαριάννα

Έτος : 2021 – 2022 , Εξάμηνο: 1^ο

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή:.....σελ.3

Διαφορές ανάμεσα στο JWST και το Hubble και η εξήγηση της χρήσης του υπέρυθρου φάσματος:.....σελ.4

Η διαδικασία για την σωστή λειτουργία του ανιχνευτή υπέρυθρης ακτινοβολίας:.....σελ.6

Ανάλυση του σημείου L2:.....σελ.7

Η μεγάλη πρόκληση:.....σελ.9

Οι κύριοι στόχοι του James Webb:.....σελ.10

Επίλογος:.....σελ.13

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το διαστημικό τηλεσκόπιο James Webb της NASA (JSWT) είναι ένα υπέρυθρο διαστημικό παρατηρητήριο που εκτοξεύτηκε στις 25 Δεκεμβρίου 2021, από την τοποθεσία εκτόξευσης της ESA στο Κουρου στη Γαλλική Γουιάνα, στις 7:20 π.μ. EST (1220 GMT, 9:20 π.μ. τοπική ώρα στο Κουρου). , σε έναν πύραυλο Arianespace Ariane 5.

Το διαστημικό τηλεσκόπιο James Webb των 10 δισεκατομμυρίων δολαρίων - το μεγαλύτερο και ισχυρότερο διαστημικό επιστημονικό τηλεσκόπιο της NASA - θα διερευνήσει τον κόσμο για να αποκαλύψει την ιστορία του σύμπαντος από το Big Bang έως τον σχηματισμό εξωγήινων πλανητών και παραπέρα. Είναι ένα από τα σπουδαιότερα παρατηρητήρια της NASA και περιλαμβάνει τεράστια διαστημικά όργανα και εξοπλισμό που ξεπερνούν τις δυνατότητες του τηλεσκοπίου Hubble (το διαστημικό τηλεσκόπιο που χρησιμοποιούμε από το 2012).

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΟ JWST ΚΑΙ ΤΟ HUBBLE ΚΑΙ Η ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΕΡΥΘΡΟΥ ΦΑΣΜΑΤΟΣ

Συγκριτικά, το James Webb είναι μεγαλύτερο και ισχυρότερο από το Hubble. Η διάμετρος του κύριου κατόπτρου του Hubble είναι 2.4 μέτρα ενώ του Webb 6.5 μέτρα. Έτσι το Webb θα μπορεί να συλλέγει 6 φορές περισσότερο φως και θα μπορεί να δει πιο αμυδρά αντικείμενα. Οι διαφορές όμως δεν σταματούν εκεί. Η σημαντικότερη είναι ότι το Webb θα μπορεί να παρατηρεί το σύμπαν σε μια διαφορετική περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από αυτή που παρατηρούσε το Hubble. Συγκεκριμένα, το Hubble βλέπει κυρίως στο ορατό μέρος του φάσματος και λίγο στο κοντινό υπεριώδες και το κοντινό υπέρυθρο. Το Webb όμως θα κάνει παρατηρήσεις στην περιοχή του φάσματος από το πορτοκαλί μέχρι το μέσο υπέρυθρο, δηλαδή θα βλέπει κυρίως ακτινοβολία που δεν μπορούμε να δούμε με τα μάτια μας. Για να κατανοήσουμε τον λόγο για τον οποίο επιλέχθηκε αυτή η περιοχή του φάσματος θα πρέπει να αναφερθούμε στο φαινόμενο Doppler. Το φαινόμενο Doppler είναι η παρατηρούμενη αλλαγή στη συχνότητα και το μήκος κύματος ενός κύματος από παρατηρητή που βρίσκεται σε σχετική κίνηση με την πηγή των κυμάτων. Αναλυτικότερα μας λέει ότι όταν ένα σώμα που εκπέμπει κύματα απομακρύνεται από εμάς, τότε το μήκος κύματός του αυξάνεται με αποτέλεσμα η συχνότητα που αντιλαμβανόμαστε να μειώνεται και αντίθετα όταν μας πλησιάζει, τότε το μήκος κύματός του μειώνεται ενώ η συχνότητα που φτάνει στα μάτια μας αυξάνεται.

Για ηλεκτρομαγνητικά κύματα(φως) που διαδίδονται στο κενό, η σχέση μεταξύ παρατηρούμενης συχνότητας (ν') και πραγματικής συχνότητας (ν) είναι η εξής:

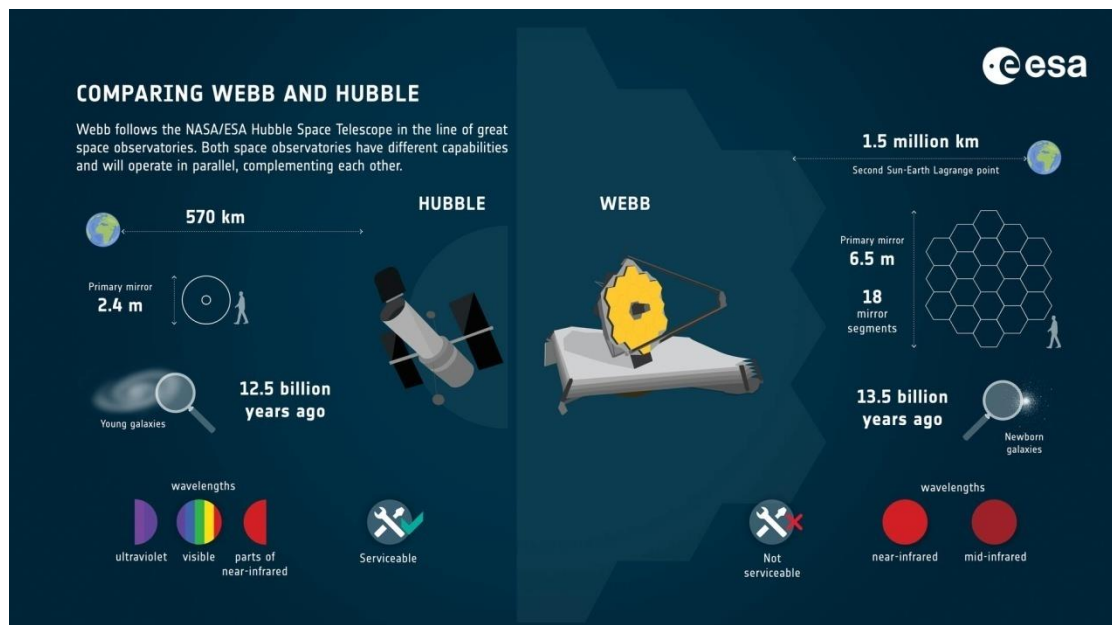
$$[\nu' = (1 + v/c)\nu] \text{ όταν η πηγή μας πλησιάζει (1)}$$

$$[\nu' = (1 - v/c)\nu] \text{ όταν η πηγή απομακρύνεται (2)}$$

Με «v» την ταχύτητα του παρατηρητή και «c» την ταχύτητα του φωτός στο κενό.

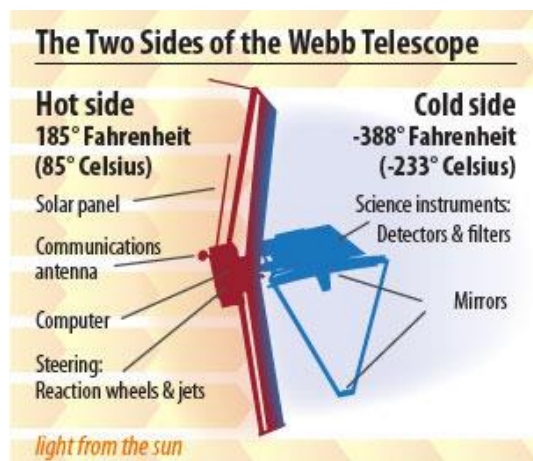
Επίσης συνδυάζοντας τις σχέσεις (1) και (2) με την σχέση $[\nu \cdot \lambda = c]$ και λύνοντας ως προς «λ» (όπου λ το μήκος κύματος του παρατηρούμενου κύματος) θα παρατηρήσουμε ότι $\lambda (1) < \lambda (2)$, ακριβώς έτσι όπως περιμέναμε. Το μικρότερο μήκος κύματος αντιστοιχεί στο μπλε χρώμα του φάσματος ενώ το μεγαλύτερο μήκος στο κόκκινο χρώμα.

Γνωρίζοντας λοιπόν ότι το σύμπαν διαστέλλεται και μάλιστα επιταχυνόμενα, όσο πιο μακριά βρίσκεται από εμάς ένα αντικείμενο και άρα πιο αρχαίο είναι, τόσο περισσότερα απομακρύνονται από εμάς με αποτέλεσμα το φως τους να είναι μετατοπισμένο προς την κόκκινη και υπέρυθη περιοχή του φάσματος. Επομένως εάν θέλουμε να μελετήσουμε τους πρώτους γαλαξίες που γεννήθηκαν στο Σύμπαν , δηλαδή πριν 13.5 δισεκατομμύρια χρόνια, πρέπει να έχουμε την δυνατότητα να ανιχνεύουμε αυτές τις χαμηλές συχνότητες.



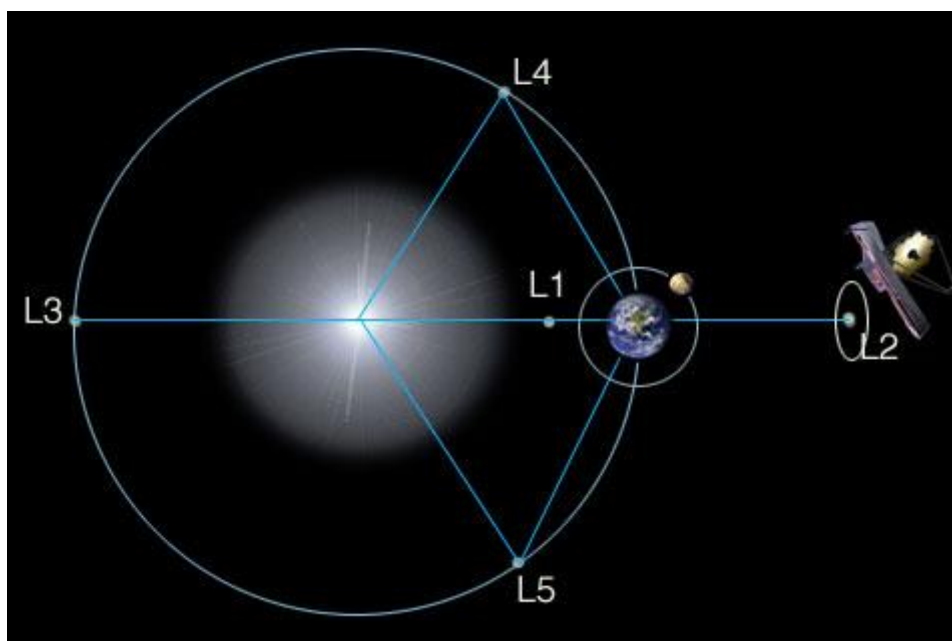
Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΩΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Για να λειτουργεί σωστά ένας ανιχνευτής υπέρυθρης ακτινοβολίας πρέπει να διατηρείται σε εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία. Ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη αποτελούν πηγές θερμότητας που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τη λειτουργία του τηλεσκοπίου. Γι' αυτό το λόγο ο προορισμός του τηλεσκοπίου είναι ένα σημείο που λέγεται Lagrange 2 ή L2 το οποίο βρίσκεται 1.5 εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά από την Γη. Το ιδιαίτερο με την τροχιά αυτή είναι ότι αφήνει το τηλεσκόπιο να παραμένει στην ίδια ευθεία με τη Γη καθώς κινείται γύρω από τον Ήλιο. Επίσης κατασκευάστηκε ένα γιγάντιο σκίαστρο, στο μέγεθος ενός γηπέδου τένις φτιαγμένο από Kapton E με κάλυψη αλουμινίου 5 στρώσεων. Το Kapton E είναι ένα φιλμ πολυιμιδίου που χρησιμοποιείται σε εύκαμπτα τυπωμένα κυκλώματα και διαστημικές κουβέρτες, τα οποία χρησιμοποιούνται σε διαστημόπλοια, δορυφόρους και διάφορα διαστημικά όργανα. Η ταινία Kapton χρησιμοποιείται σε όλο το φάσμα του ηλεκτρικού πεδίου. Χρησιμοποιείται κυρίως ως μόνωση. Αυτό περιλαμβάνει μόνωση πυκνωτή και μετασχηματιστή, μόνωση πηνίου και μόνωση μαγνητικού σύρματος. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια βαφής σκόνης ως μάσκα θερμοκρασίας. Για να είναι επιπλέον αποτελεσματική αυτή η 'ασπίδα' θα πρέπει το τηλεσκόπιο να βρίσκεται στην ίδια ευθεία με τον Ήλιο και τη Γη ώστε να προστατεύει πλήρως την μεριά που βρίσκεται ο ανιχνευτής από την θερμότητα και την ακτινοβολία του ήλιου. Έτσι το σημείο L2 είναι το ιδανικότερο σημείο για να μπει σε τροχιά το James Webb ,καταφέροντας να διατηρήσει τη θερμοκρασία της πλευράς του ανιχνευτή στους -233° Celsius.



ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ L2

Ο Joseph-Louis Lagrange ήταν ένας μαθηματικός του 18ου αιώνα που βρήκε τη λύση σε αυτό που ονομάζεται «πρόβλημα των τριών σωμάτων». Δηλαδή, υπάρχει κάποια σταθερή διαμόρφωση, στην οποία τρία σώματα θα μπορούσαν να περιφέρονται το ένα γύρω από το άλλο, αλλά να παραμένουν στην ίδια θέση το ένα σε σχέση με το άλλο; Όπως αποδεικνύεται, υπάρχουν πέντε λύσεις σε αυτό το πρόβλημα - και ονομάζονται πέντε σημεία Lagrange, από το όνομα του ανακάλυψε τους. Στα σημεία Lagrange, η βαρυτική έλξη δύο μεγάλων μαζών ισούται ακριβώς με την κεντρομόλο δύναμη που απαιτείται για να κινηθεί ένα μικρό αντικείμενο μαζί τους. Τα σημεία L1, L2 και L3 είναι όλα σε ευθεία μεταξύ τους - και τα L4 και L5 βρίσκονται στα σημεία των ισόπλευρων τριγώνων.



To James Webb στο L2 :

Εάν το Webb περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο πιο μακριά από τη Γη, δεν θα χρειαστεί περισσότερο από ένα χρόνο για να περιφερθεί γύρω από τον Ήλιο; Κανονικά ναι, αλλά η ισορροπία της συνδυασμένης βαρυτικής έλξης του Ήλιου και της Γης στο σημείο L2 σημαίνει ότι το Webb θα συμβαδίζει με τη Γη καθώς περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο. Οι βαρυτικές δυνάμεις του Ήλιου και της Γης μπορούν σχεδόν να συγκρατήσουν ένα διαστημόπλοιο σε αυτό το σημείο, έτσι ώστε να χρειάζεται σχετικά μικρή ώθηση πυραύλων για να κρατήσει το διαστημόπλοιο σε τροχιά γύρω από το L2.

Επίσης το Webb θα περιφέρεται γύρω από το L2, δεν θα κάθεται απλά ακίνητος στο L2, όπως φαίνεται παρακάτω.



Screenrecorder-2021-11-29-19-20-54-388 (1).mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=6cUe4oMk69E>

Αυτή η τροχιά (η οποία χρειάζεται περίπου 6 μήνες για να ολοκληρωθεί μία φορά) κρατά το τηλεσκόπιο μακριά από τις σκιές τόσο της Γης όσο και της Σελήνης. Σε αντίθεση με το Hubble, το οποίο μπαίνει και βγαίνει από τη σκιά της Γης κάθε 90 λεπτά, ο Webb θα έχει ανεμπόδιστη θέα που θα επιτρέπει επιστημονικές λειτουργίες 24/7.

Η ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗ

Ένα από τα τεράστια ,αν όχι το μεγαλύτερο πρόβλημα των μηχανικών του τηλεσκοπίου ήταν το μέγεθός του, καθώς κανένα από τα συστήματα εκτόξευσης που χρησιμοποιούμε σήμερα δε θα μπορούσε να το μεταφέρει ανεπτυγμένο στην πλήρη μορφή του. Επίσης, δεδομένου ότι το τηλεσκόπιο θα χρειαστεί 6 μήνες να φτάσει στο σημείο L2 που βρίσκεται σε γιγάντια απόσταση από τη Γη, δεν άφηνε κανένα περιθώριο σφάλματος στους κατασκευαστές, καθώς η επισκευή του τηλεσκοπίου σε αυτό το σημείο είναι αδύνατη. Επομένως, ύστερα από αμέτρητες δοκιμές πολλών χρόνων και συνεχών αναβολών της εκτόξευσής του, επιτέλους βρέθηκε ο τέλειος τρόπος με τον οποίο θα ξεδιπλωθεί και θα μεταφερθεί ανεπτυγμένο στο διάστημα.



Screenrecorder-2021-11-29-18-52-39-686(0) (1).mp4

<https://www.youtube.com/watch?v=Pg-YI0T-4Mk>

ΟΙ ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ JAMES WEBB

Η επιστημονική αποστολή του JWST χωρίζεται κυρίως σε τέσσερις τομείς:

1. Πρώτο φως και επαναιονισμός:

Αυτό αναφέρεται στα πρώιμα στάδια του σύμπαντος μετά τη Μεγάλη Έκρηξη που ξεκίνησε το σύμπαν όπως το ξέρουμε σήμερα. Στα πρώτα στάδια μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, το σύμπαν ήταν μια θάλασσα από σωματίδια (όπως ηλεκτρόνια, πρωτόνια και νετρόνια) και το φως δεν ήταν ορατό έως ότου το σύμπαν ψύχθηκε αρκετά ώστε αυτά τα σωματίδια να αρχίσουν να συνδυάζονται. Ένα άλλο πράγμα που θα μελετήσει η JWST είναι τι συνέβη μετά τη δημιουργία των πρώτων αστεριών. Αυτή η εποχή ονομάζεται «η εποχή του επαναιονισμού» επειδή αναφέρεται στο πότε το ουδέτερο υδρογόνο επαναιονίστηκε (φτιαχτηκε για να έχει ξανά ηλεκτρικό φορτίο) από την ακτινοβολία από αυτά τα πρώτα αστέρια.

2. Συναρμολόγηση γαλαξιών:

Η εξέταση των γαλαξιών είναι ένας χρήσιμος τρόπος για να δούμε πώς η ύλη είναι οργανωμένη σε γιγαντιαίες κλίμακες, κάτι που με τη σειρά του μας δίνει υποδείξεις για το πώς εξελίχθηκε το σύμπαν. Οι σπειροειδείς και ελλειπτικοί γαλαξίες που βλέπουμε σήμερα στην πραγματικότητα εξελίχθηκαν από διαφορετικά σχήματα για δισεκατομμύρια χρόνια, και ένας από τους στόχους του JWST είναι να κοιτάξει πίσω στους πρώτους γαλαξίες για να κατανοήσει καλύτερα αυτήν την εξέλιξη. Οι επιστήμονες προσπαθούν επίσης να καταλάβουν πώς

καταλήξαμε στην ποικιλία των γαλαξιών που είναι ορατοί σήμερα, και τους σημερινούς τρόπους με τους οποίους σχηματίζονται και συναρμολογούνται οι γαλαξίες.

3. Γέννηση άστρων και πρωτοπλανητικά συστήματα:

Οι «Πυλώνες της Δημιουργίας» του Νεφελώματος του Αετού είναι μερικές από τις πιο διάσημες γενέτειρες για τα αστέρια. Τα αστέρια βρίσκονται σε σύννεφα αερίου και καθώς τα αστέρια μεγαλώνουν, η πίεση ακτινοβολίας που ασκούν διώχνει το αέριο κουκούλι (το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ξανά για άλλα αστέρια, αν όχι πολύ ευρέως διασκορπισμένα.) Ωστόσο, είναι δύσκολο να δει κανείς μέσα στο αέριο. Τα υπέρυθρα μάτια του JWST θα μπορούν να βλέπουν πηγές θερμότητας, συμπεριλαμβανομένων των αστεριών που γεννιούνται σε αυτά τα κουκούλια. Παρακάτω είναι μια ενδεικτική απεικόνιση του νεφελώματος αυτού με το James Webb(δεξιά) σε αντίθεση με το Hubble(αριστερά).



4. Πλανήτες και προέλευση της ζωής:

Την τελευταία δεκαετία έχει ανακαλυφθεί τεράστιος αριθμός εξωπλανητών, συμπεριλαμβανομένου του διαστημικού τηλεσκοπίου Kepler της NASA που αναζητά πλανήτες. Οι ισχυροί αισθητήρες του JWST θα μπορούν να κοιτάζουν αυτούς τους πλανήτες σε μεγαλύτερο βάθος, συμπεριλαμβανομένης (σε ορισμένες περιπτώσεις) απεικόνισης της ατμόσφαιράς τους. Η κατανόηση των ατμοσφαιρών και των συνθηκών σχηματισμού των πλανητών θα μπορούσε να βοηθήσει τους επιστήμονες να προβλέψουν καλύτερα εάν ορισμένοι πλανήτες είναι κατοικήσιμοι ή όχι.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κλείνοντας, θα ήθελα να αναφέρω ότι το James Webb ύστερα από 2 εβδομάδες μετά την εκτόξευσή του έχει ολοκληρώσει πλήρως το ξεδίπλωμά του στο διάστημα και έτσι το μεγαλύτερο βάρος και η αγωνία που είχαν οι κατασκευαστές έχει σχεδόν φύγει. Έχοντας ολοκληρώσει πάνω από το μισό της διαδρομής του ως το L2 , περιμένουμε υπομονετικά την άφιξή του, η οποία θα μας οδηγήσει σε ένα από τα πιο ενδιαφέροντα ταξίδια του σύμπαντος. Είναι απίστευτο το πως ο άνθρωπος μέσω της απορίας και της δίψας του να μάθει τι ήταν αυτά τα λαμπρά αντικείμενα στον ουρανό, έφτασε από το να δημιουργεί επίγεια τηλεσκόπια μέχρι και να στέλνει ρομποτικά μηχανήματα σε άλλον πλανήτη. Η επιστημονική γνώση έχει επεκταθεί τόσο που είναι βέβαιο πλέον πως με την συνεργασία όλων μας και την θέληση να μάθουμε περισσότερα για το σύμπαν στο οποίο βρισκόμαστε, μπορούμε να καταφέρουμε τα πάντα.