


Μοντελοποιώντας το Φαινόμενο της Παλίρροιας - Tide-O-Matic¹

Δημιουργήστε ένα απλό μοντέλο για να εξερευνήσετε την επίδραση του ήλιου και της σελήνης στις παλίρροιας μας.

Στα περισσότερα μέρη της γης, όπου ο ωκεανός συναντά τη γη, υπάρχουν δύο υψηλές παλίρροιας και δύο χαμηλές παλίρροιας κάθε μέρα. Αυτή η δραστηριότητα μοντελοποιεί τη θεωρία ισορροπίας των παλίρροιας, δείχνοντας γιατί υπάρχουν δύο κύκλοι παλίρροιας την ημέρα, γιατί τα ύψη των παλίρροιας αλληλίζουν κατά τη διάρκεια ενός μήνα και γιατί οι παλίρροιας εμφανίζονται περίπου μία ώρα αργότερα κάθε μέρα.

Ερευνητικό ερώτημα: Πώς εξηγείται η περιοδική κίνηση των θαλάσσιων υδάτων στον πορθμό του Ευρίπου; [ΕΠΝΑΚ]

Εργαλεία και Υλικά

<ul style="list-style-type: none"> • Πρότυπο μοντέλου συστήματος Γης – Ήλιου, εκτυπωμένο (με χρώμα, εάν είναι δυνατό) σε λευκό χαρτόνι ή άλλο σκληρό χαρτί • Πρότυπο μοντέλου συστήματος Γης – Σελήνης, εκτυπωμένο ή αντιγραφμένο σε διαφάνεια • Πρότυπο μοντέλο Γης, τυπωμένο σε λευκό χαρτόνι • Ψαλίδια • Δύο πινέζες • Δύο μικρά, λεπτά κομμάτια ψελλού (ένας ψελλός κρασιού σε φέτες λειτουργεί καλά) • Προαιρετικό: χαρτόνι ή χαρτί από κιβώτιο, τουλάχιστον 30 x 30 εκατοστά 	
<ul style="list-style-type: none"> • Σειρά διαφανειών με τίτλο «Το φαινόμενο του Πορθμού του Ευρίπου», Αντώνιος Α. Αντωνίου, Δρ Αστροφυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών [ΕΠΝΑΚ] • Ιστοσελίδα: «Το φαινόμενο του πορθμού του Ευρίπου. Οι παλίρροιας και το φαινόμενο του Πορθμού του Ευρίπου», Αντώνιος Α. Αντωνίου, Δρ Αστροφυσικής Πανεπιστημίου Αθηνών, https://antonios-antoniou.gr/evripus [ΕΠΝΑΚ] 	

Συναρμολόγηση, 1^ο Μέρος

- Κόψτε ένα από τα ορθογώνια που περιέχουν τη γη και τον ήλιο από το πρότυπο μοντέλου συστήματος γη-ήλιου που έχετε εκτυπώσει στο χαρτόνι.
- Κόψτε ένα από τα μοντέλα Γης από το πρότυπο μοντέλου Γης που έχετε τυπώσει στο χαρτόνι. Σημειώστε ότι η προοπτική επικεντρώνεται στον Βόρειο Πόλο.

¹ Η δραστηριότητα με αρχικό τίτλο 'Tide-O-Matic', προέρχεται από το 'Exploratorium Teacher Institute', στη διεύθυνση <https://www.exploratorium.edu/snacks/tide-o-matic>. Το συγκεκριμένο το φύλλο εργασίας καθώς και όλο το σχετικό υλικό έχει μεταφραστεί και προσαρμοστεί στα ελληνικά δεδομένα από τον Παναγιώτη Κ. Στασινάκη, ΥΕΚΦΕ Αμπελοκήπων. Στις περιπτώσεις που υπάρχει επιπλέον προσθήκη στο υλικό για λόγους προσαρμογής, αναφέρεται ως 'Επιπλέον Προσθήκη πέραν του Αρχικού Κειμένου' (ΕΠΝΑΚ).

- Εισαγάγετε μία πινέζα στο κέντρο του μοντέλου Γης (όπου είναι το σύμβολο +) και συνδέστε τον στον άσπρο κύκλο με ένα σύμβολο + (που αντιπροσωπεύει τη Γη) στο μοντέλο συστήματος Γης - Ηλίου.
- Τοποθετήστε ένα κομμάτι φελλού πάνω από το αιχμηρό άκρο της πινέζας στο κάτω μέρος του χαρτονιού.
- Εάν έχετε σκληρότερο χαρτόνι, εισαγάγετε τη δεύτερη πινέζα στο κέντρο του ήλιου και συνδέστε την στο κέντρο του. Τοποθετήστε ένα άλλο κομμάτι φελλού πάνω από το αιχμηρό άκρο της πινέζας στην κάτω πλευρά του χαρτονιού.

Κάντε και Παρατηρήστε

- Παρατηρήστε τις παλιρροιακές διογκώσεις στις δύο πλευρές της γης, που υποδεικνύονται από την κίτρινη έλλειψη γύρω από τον κύκλο της Γης. Πού βρίσκονται οι παλιρροιακές διογκώσεις; Όταν περιστρέψετε τη γη γύρω από τον ήλιο, αλληλάζουν οι παλιρροιακές προεξοχές/διογκώσεις;
-
-
- Περιστρέψτε τη γη γύρω από την πινέζα μέσα σε μια μέρα. Μέσα από πόσα παλιρροιακά εξογκώματα περνάει ένα μέρος στη γη; [Μπορείτε να σχεδιάσετε ένα βέλος στη γη που προσεγγίζει τον μεσημβρινό σας για να σας βοηθήσει να παρακολουθείτε]
-
-

Συναρμολόγηση, 2ο Μέρος

- Κόψτε ένα από τα ορθογώνια που περιλαμβάνει τόσο τη Γη όσο και τη Σελήνη από το πρότυπο μοντέλου συστήματος Γης - Σελήνης που έχετε εκτυπώσει σε διαφάνεια.
- Αφαιρέστε την πινέζα και το φελλό από το μοντέλο συστήματος Γης - Ηλίου. Εισαγάγετε τη διαφάνεια του συστήματος Γης - Σελήνης μεταξύ του μοντέλου Γης και του μοντέλου συστήματος Γης - Ηλίου. Βεβαιωθείτε ότι όλα τα σύμβολα + ευθυγραμμίζονται και, στη συνέχεια, τοποθετήστε ξανά το πινέζα έτσι ώστε να διαπεράσει και τα τρία μοντέλα.
- Αντικαταστήστε το φελλό στην κάτω πλευρά του σκληρού χαρτονιού κάρτας για να καλύψετε το αιχμηρό άκρο της πινέζας.

Κάντε και Παρατηρήστε

- Εξετάστε τα γραφικά στη διαφάνεια. Τι παρατηρείς; Πού βρίσκονται οι σεληνιακές παλίρροιες διόγκωσης; Όταν περιστρέψετε το φεγγάρι γύρω από τη γη, αυτές οι παλιρροιακές εξογκώσεις αλληλάζουν τις θέσεις τους σε σχέση με το φεγγάρι;
-
-
- Περιστρέψτε τη διαφάνεια έτσι ώστε το φεγγάρι να βρίσκεται ανάμεσα στη γη και τον ήλιο, μοντελοποιώντας μία νέα σελήνη. Οι ηλιακές παλίρροιες και οι σεληνιακές παλίρροιες «ευθυγραμμίζονται»; Διατηρώντας τη διαφάνεια στο ίδιο σημείο, περιστρέψτε τη γη μέσα σε μια μέρα. Μέσα από πόσες υψηλές και χαμηλές παλίρροιες περνά μια συγκεκριμένη θέση στη γη;
-
-
- Υπάρχουν άλλες φάσεις της Σελήνης κατά τις οποίες ευθυγραμμίζονται η ηλιακή και η σεληνιακή παλίρροια; Ας ανακαλύψουμε. Ξεκινώντας από τη νέα σελήνη, περιστρέψτε το φεγγάρι ένα τέταρτο στρίψτε αριστερόστροφα γύρω από τη γη, μοντελοποιώντας το πρώτο τέταρτο. Οι ηλιακές και σεληνιακές παλίρροιες εξακολουθούν να ευθυγραμμίζονται μεταξύ τους;

-
-
- Μετακινήστε το φεγγάρι ένα άλλο τέταρτο στρίψτε αριστερόστροφα, μοντελοποιώντας μια πανσέληνο (όταν η γη βρίσκεται μεταξύ του φεγγαριού και του ήλιου). Τι παρατηρείς;
-
-
- Περιστρέψτε το φεγγάρι ένα τελευταίο τέταρτο στρίψτε αριστερόστροφα, μοντελοποιώντας το τρίτο τέταρτο. Τι παρατηρείς;
-
-
- Τώρα, επιλέξτε μια τοποθεσία στη γη (όπως όπου ζείτε) και προσανατολίστε την προς τον ήλιο. Αυτή η θέση ονομάζεται ηλιακό μεσημέρι. Στη συνέχεια, μετακινήστε το φεγγάρι στη νέα θέση του φεγγαριού (μεταξύ της γης και του ήλιου).
-
-
- Περιστρέψτε τη γη μέσω μιας πλήρους ηλιακής ημέρας, έτσι ώστε η επιλεγμένη τοποθεσία σας να περιστρέφεται σε έναν πλήρη κύκλο, από ηλιακό μεσημέρι έως ηλιακό μεσημέρι. Ωστόσο, καθώς η γη περιστρέφεται, το φεγγάρι περιστρέφεται επίσης γύρω από τη γη. Λοιπόν, το φεγγάρι εξακολουθεί να βρίσκεται στη νέα θέση του φεγγαριού μετά από 24 ώρες; Προσπαθήστε να φανταστείτε πόσο μακριά περιστρέφεται το φεγγάρι σε μία 24ωρη ημέρα. [Συμβουλή: Χρειάζονται περίπου 28 ημέρες για να ολοκληρώσει το φεγγάρι έναν πλήρη κύκλο από τη νέα σελήνη στη νέα σελήνη.]
-
-
- Εάν το φεγγάρι δεν περιστρεφόταν γύρω από τη γη και σταθεροποιούνταν σε μια νέα φάση του φεγγαριού, σε ποιες ώρες θα βιώναμε την υψηλή και χαμηλή παλίρροια;
-
-

Τι συμβαίνει; / Επεξηγήσεις για Εκπαιδευτικούς

Οι παλίρροιες προκαλούνται από βαρυτικές δυνάμεις, οι οποίες βασίζονται στις μάζες και τις αποστάσεις μεταξύ των αντικειμένων. Στο 1^ο Μέρος αυτού του φύλλου εργασίας, διερευνήσαμε τις ηλιακές παλίρροιες. Η δύναμη της βαρύτητας που ασκείται από τον ήλιο τραβά τους ωκεανούς μας προς τον ήλιο. Είναι εύκολο να καταλάβουμε πώς αυτή η επιρροή οδηγεί σε παλιρροιακή διόγκωση ή υψηλή παλίρροια, στην πλευρά της Γης από τη μεριά του ήλιου, αλλά γιατί υπάρχει επίσης υψηλή παλίρροια στην άλλη άκρη της γης;

Η δύναμη της βαρύτητας ποικίλλει αρκετά στην απόσταση της διαμέτρου της γης ώστε οι μάζες και στις δύο πλευρές της γης να βιώνουν διαφορετικές ποσότητες έλξης. Ενώ η βαρυτική δύναμη είναι ανάλογη με το αντίστροφο της απόστασης του τετραγώνου μεταξύ δύο αντικειμένων, η δύναμη ανύψωσης της παλίρροιας είναι ανάλογη με το αντίστροφο της απόστασης κύβος. Ως εκ τούτου, ο ωκεανός στην πλησιέστερη πλευρά του ήλιου βιώνει τη μεγαλύτερη δύναμη, ο ωκεανός στην πλευρά που βρίσκεται πιο μακριά από τον ήλιο βιώνει τη λιγότερη δύναμη, και φυσικά, η ίδια η γη βιώνει μια δύναμη κάπου στο ενδιάμεσο, με αποτέλεσμα να "απλώνεται" από αυτές τις τρεις μάζες και παλιρροιακές διογκώσεις στην κοντινή και μακρινή πλευρά του πλανήτη.

Καθώς η γη περιστρέφεται στον άξονά της, περνά μέσα από δύο παλιρροιακές προεξοχές σε μία περιστροφή [μία ημέρα]. Καθώς περιστρέφετε τη γη γύρω από τον ήλιο [ένα έτος], οι παλιρροιακές εξογκώσεις παραμένουν ευθυγραμμισμένες με τον ήλιο.

Ακριβώς όπως ο ήλιος, το φεγγάρι δημιουργεί δύο παλιρροιακές εξογκώσεις στη γη - μία στην πλησιέστερη πλευρά του φεγγαριού και μία στην αντίθετη πλευρά. Αυτές οι παλίρροιες του φεγγαριού δημιουργούνται από τις ίδιες δυνάμεις αύξησης της παλίρροιας με βάση τη βαρύτητα που παράγουν οι ηλιακές παλίρροιες. Αν και το φεγγάρι είναι πολύ μικρότερο από τον ήλιο, είναι επίσης πολύ πιο κοντά, οπότε η παλιρροιακή επιρροή του φεγγαριού είναι διπλάσια από τον ήλιο. Καθώς περιστρέφετε το χάρτινο μοντέλο της Γης μέσα σε μια ολόκληρη μέρα, κάθε τμήμα της γης περιστρέφεται κάτω από τις δύο παλιρροιακές διογκώσεις και επομένως υπάρχουν δύο υψηλές παλίρροιες και δύο χαμηλές παλίρροιες την ημέρα στα περισσότερα μέρη της γης. Παρακολουθήστε το βίντεο 'Χορός των παλιρροιών'² για μια απεικόνιση αυτού του γεγονότος.

Στο 2^ο Μέρος αυτού του φύλλου εργασίας, εξετάσαμε μαζί την επίδραση του ήλιου και της σελήνης.

Κατά τη διάρκεια μιας νέας σελήνης, ο ήλιος και το φεγγάρι ευθυγραμμίζονται με τη γη και οι παλιρροιακές επιρροές τους προστίθενται, δημιουργώντας υψηλότερες υψηλές και χαμηλότερες χαμηλές παλίρροιες. Αυτά τα πρόσθετα παλίρροιες αναφέρονται ως ανοιξιάτικες παλίρροιες. Ανοιξιάτικες παλίρροιες εμφανίζονται επίσης κατά τη διάρκεια της πανσελήνου. Δεδομένου ότι ο κύκλος του φεγγαριού διαρκεί περίπου 28 ημέρες, οι παλίρροιες της άνοιξης εμφανίζονται κάθε δύο εβδομάδες.

Όταν το φεγγάρι και ο ήλιος βρίσκονται 90° ο ένας στο άλλο, κατά τη διάρκεια των φάσεων του φεγγαριού του πρώτου τετάρτου ή του τρίτου τετάρτου, οι επιρροές τους δεν προστίθενται μαζί, επομένως οι υψηλές παλίρροιες και οι χαμηλές παλίρροιες είναι και οι δύο λιγότερο ακραίες. Αυτές οι παλίρροιες αναφέρονται ως χαμηλές παλίρροιες. Οι χαμηλές παλίρροιες εμφανίζονται επίσης κάθε δύο εβδομάδες.

Ο ήλιος και το φεγγάρι είναι οι δύο κύριες επιρροές στο σχέδιο της παλίρροιας της γης. Δεδομένου ότι το φεγγάρι ασκεί την ισχυρότερη επιρροή λόγω της εγγύτητάς του, το κύριο παλιρροιακό μοτίβο ακολουθεί τις φάσεις του φεγγαριού.

² Το βίντεο Dance of the Tides (Χορός των Παλιρροιών) μπορείτε να το δείτε στη διεύθυνση <https://www.exploratorium.edu/video/dance-tides>. Στο κουμπί CC, πατήστε το και επιλέξτε 'Captions CC' για να βλέπετε τους υπότιτλους (είναι βέβαια στα αγγλικά αλλά μπορείτε να έχετε μία καλύτερη αίσθηση για το τι αναφέρεται μέσα στο βίντεο).

Καθώς η γη περιστρέφεται κάθε μέρα, το φεγγάρι κινείται επίσης στην τροχιά του. Χρειάζεται περίπου ένας μήνας ή 27.3 ημέρες για να περιστραφεί το φεγγάρι γύρω από τη Γη. Σε μια μέρα, το φεγγάρι κινείται 13° , ειδομένο από τον Βόρειο Πόλο [13° ανά ημέρα = $360^\circ / 27.3$ ημέρες] αριστερόστροφα. Επομένως, 24 ώρες μετά από ένα νέο φεγγάρι, το φεγγάρι βρίσκεται στο 1/7 του δρόμου προς το πρώτο τέταρτο. Η μεγαλύτερη παλίρροιακή διόγκωση ακολουθεί το φεγγάρι, οπότε η γη πρέπει να περιστραφεί επιπλέον 13° για να φτάσει ξανά στην υψηλή παλίρροια. Αυτό διαρκεί περίπου 54 λεπτά [περίπου $24 \text{ ώρες} \times 13^\circ / 360^\circ$].

Ετσι, η υψηλές παλίρροιες και όλες οι παλίρροιες φτάνουν περίπου 54 λεπτά αργότερα κάθε μέρα.