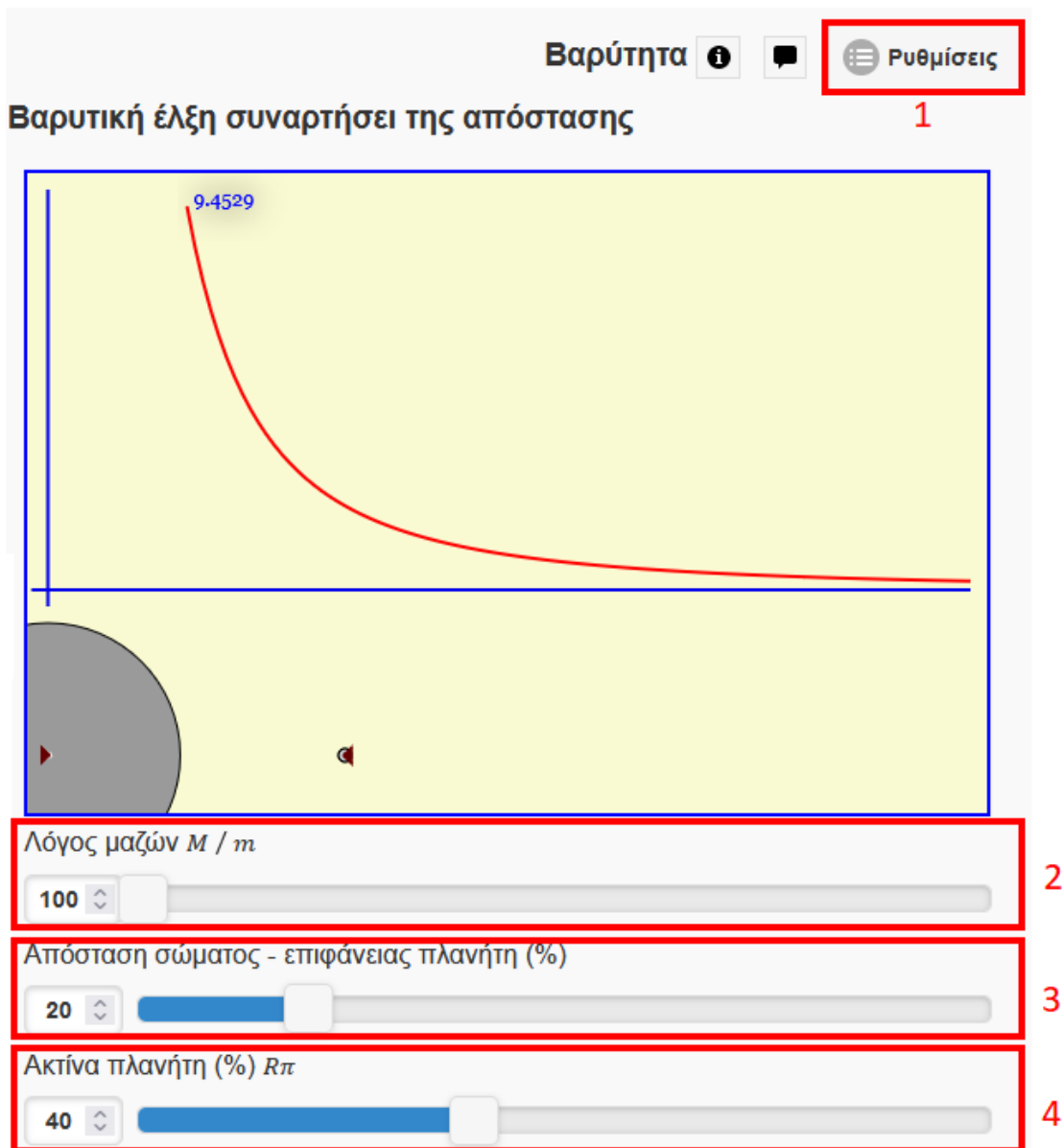


Βαρυτική έλξη Οδηγίες λειτουργίας με τη μορφή ερωταπαντήσεων



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ


1. Να εκτελέσετε το λογισμικό είτε από [εδώ](#) ή χρησιμοποιώντας το QR Code που εμφανίζεται πάνω δεξιά.
2. Στην εισαγωγική οθόνη εμφανίζεται ένας πλανήτης Π (στην κάτω αριστερή γωνία της επιφάνειας σχεδίασης) μάζας M και ένα σφαιρικό σώμα Σ μάζας m και μικρής ακτίνας. Να παρατηρήσετε ότι τα κέντρα του πλανήτη και του σώματος ορίζουν μια οριζόντια ευθεία.

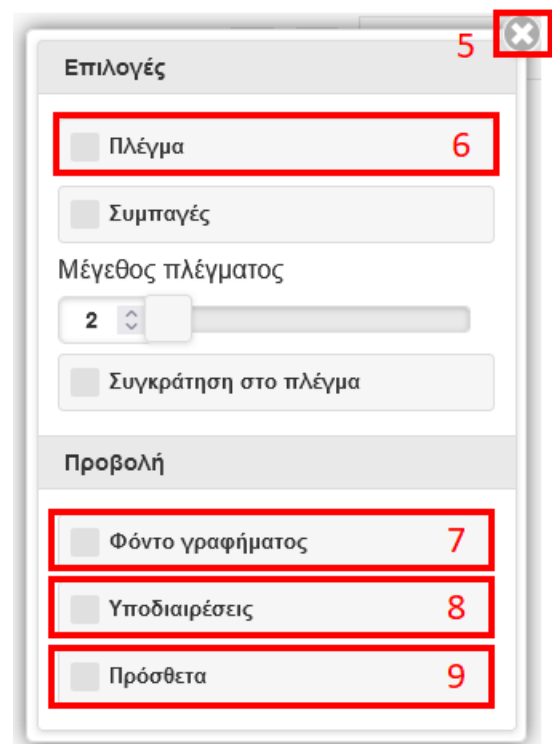


3. Το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας σχεδίασης καταλαμβάνεται από την γραφική παράσταση που αντιπροσωπεύει το μέτρο της βαρυτικής έλξης μεταξύ των δύο σωμάτων ως συνάρτηση της διακέντρου τους. Πού καταλήγει η γραφική παράσταση στο δεξιό άκρο της;

4. Να χρησιμοποιήσετε την μπάρα κύλισης *Απόσταση σώματος – επιφάνειας πλανήτη (%)*, για να φέρετε το σώμα όσο το δυνατόν πιο κοντά στον πλανήτη. Τι παρατηρείτε;

5. Να παρατηρήσετε ότι στο αριστερό άκρο της γραφικής παράστασης εμφανίζεται μια αντιπροσωπευτική τιμή (όχι σε N) του μέτρου της δύναμης. Πού φαίνεται να σταματά η γραφική παράσταση στο αριστερό άκρο της;

6. Να κάνετε κλικ στο ομώνυμο κουμπί (1), ώστε να εμφανίσετε τις *Ρυθμίσεις* της εφαρμογής.
7. Να παρατηρήσετε ότι μπορείτε να κλείσετε το παράθυρο ρυθμίσεων είτε πατώντας το πλήκτρο ESCape, ή κάνοντας κλικ στο κουμπί  που βρίσκεται πάνω δεξιά (Εικόνα 2-5).
8. Να ενεργοποιήσετε τον διακόπτη *Πρόσθετα* (9).
9. Επιβεβαιώνεται η προηγούμενη απάντησή σας;



10. Ποια θέση του οριζόντιου άξονα αντιστοιχεί στο κέντρο του πλανήτη;

11. Τι συμπεραίνετε για την αφετηρία μέτρησης αποστάσεων στην γραφική παράσταση;

12. Να παρατηρήσετε ότι στην επιφάνεια σχεδίασης εμφανίζονται το μέτρο της δύναμης που δέχεται το σώμα στην θέση που βρίσκεται (ως κλάσμα του μέτρου της δύναμης που θα δεχόταν αν βρισκόταν στην επιφάνεια του πλανήτη) καθώς και η απόσταση (διάκεντρος) ως πολλαπλάσιο της ακτίνας του πλανήτη.
13. Να παρατηρήσετε ότι οι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές δίνονται με προσέγγιση δύο δεκαδικών ψηφίων.
14. Αν πειραματιστήκατε, τροποποιώντας τον λόγο μαζών των δύο σωμάτων (2), να τον επαναφέρετε σε τιμή 100.
15. Αν πειραματιστήκατε, τροποποιώντας την *Ακτίνα του πλανήτη* (4), να την επαναφέρετε σε τιμή 40.
16. Να μετατοπίσετε το σώμα στην μεγαλύτερη δυνατή απόσταση r από το κέντρο του πλανήτη. Να παρατηρήσετε ότι η τιμή της μπάρας κύλισης αντιπροσωπεύει την απόσταση ως επί τοις εκατό ποσοστό της μέγιστης τιμής.

17. Πόση είναι αυτή η μέγιστη απόσταση σε σχέση με την ακτίνα του πλανήτη;

$$r = \dots\dots$$

18. Στην θέση αυτή ποια είναι η τιμή του μέτρου F της δύναμης;

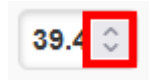
$$F = \dots\dots$$

19. Από τις Ρυθμίσεις της εφαρμογής να ενεργοποιήσετε τους διακόπτες Φόντο γραφήματος (7) και Υποδιαίρεσεις (8).

20. Σε ποια απόσταση r_1 , η ελκτική δύναμη έχει μέτρο F_1 ίσο προς το 10% της μέγιστης τιμής;

$$r_1 = \dots\dots$$

21. Να τροποποιήσετε την τιμή της Απόστασης σώματος – επιφάνειας πλανήτη μέσω των χειριστηρίων που έχουν την μορφή βελών προς τα πάνω και προς τα κάτω. Να παρατηρήσετε ότι για αρκετές διαφορετικές (πάντα όμως παραπλήσιες) τιμές της απόστασης, το μέτρο της δύναμης διατηρεί την τιμή $0,10F_{\text{επιφ.}}$. Πού οφείλεται το φαινόμενο αυτό;



22. Ποια τεχνική μπορείτε να εφαρμόσετε ώστε να ελαχιστοποιήσετε το σφάλμα στον καθορισμό της απόστασης r_1 για την οποία το μέτρο της δύναμης είναι $0,10F_{\text{επιφ.}}$;

23. Να εφαρμόσετε την τεχνική αυτή για να προσδιορίσετε ακριβέστερα την τιμή της απόστασης r_1 , την οποία να σημειώσετε ακολούθως:

$$r_{1,\delta\text{ιορθ}} = \dots\dots$$

24. Εφαρμόζοντας την ίδια τεχνική να βρείτε την απόσταση r_2 , όπου η ελκτική δύναμη έχει μέτρο F_2 ίσο προς το 20% της μέγιστης τιμής;

$$r_{2,\delta\text{ιορθ}} = \dots\dots$$

25. Ικανοποιούν οι αποστάσεις αυτές το Νόμο του Αντίστροφου Τετραγώνου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

26. Χωρίς χρήση του λογισμικού, να υπολογίσετε την απόσταση r_3 για την οποία το μέτρο της δύναμης γίνεται $0,40F_{\text{επιφ.}}$:

$$r_3 = \dots\dots$$

27. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

28. Επαληθεύεται η απάντησή σας από το λογισμικό;

29. Είναι η απάντηση συμβατή με την τεχνική διόρθωσης της απόστασης. Να δώσετε τις σχετικές εξηγήσεις.

30. Να μετακινήσετε το σώμα στην επιφάνεια του πλανήτη. Ποια είναι η τιμή της r_{min} ;

$$r_{min} = \dots\dots$$

31. Γιατί το αποτέλεσμα δεν είναι ίσο με την ακτίνα του πλανήτη R_{Π} ;

32. Ποιος είναι ο λόγος λ των ακτίνων σώματος-πλανήτη; Να δώσετε αναλυτικούς υπολογισμούς.

33. Αν ο πλανήτης είχε μεγαλύτερη ακτίνα, η τιμή του λόγου λ θα ήταν μεγαλύτερη ή μικρότερη; Να εξηγήσετε.

34. Τοποθετώντας το σώμα διαδοχικά στις θέσεις που φαίνονται στον επόμενο πίνακα, να καταγράψετε την αντίστοιχη τιμή της δύναμης (2^η στήλη) και να υπολογίσετε την μεταβολή ως προς την αμέσως προηγούμενη τιμή (3^η στήλη).

r	F	ΔF
$3,50R_{\Pi}$	$0,09F_{\epsilon\pi\iota\varphi}$	
$3,00R_{\Pi}$	$0,12F_{\epsilon\pi\iota\varphi}$	$0,03F_{\epsilon\pi\iota\varphi}$
$2,50R_{\Pi}$		
$2,00R_{\Pi}$		
$1,50R_{\Pi}$		

35. Τι παρατηρείτε;

36. Να τοποθετήσετε το σώμα σε απόσταση r_4 όπου $F = 0,50F_{\text{επιφ.}}$. Να αυξήσετε σταδιακά τον λόγο μαζών σε τιμές 200, 400, 800, 1600 και 2500. Τι παρατηρείτε;

37. Να αιτιολογήσετε τις παρατηρήσεις σας, χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους τύπους όπου χρειάζεται.

38. Να αλλάξετε την ακτίνα του πλανήτη στην μισή της τρέχουσας τιμής της. Τι παρατηρείτε;

39. Πώς αιτιολογούνται οι παρατηρήσεις σας;

40. Να μειώσετε την ακτίνα του πλανήτη στην ελάχιστη δυνατή τιμή. Τι επίδραση έχει αυτή η μεταβολή στην γραφική παράσταση;

41. Τι συνέπειες μπορεί να έχει αυτή η μεταβολή σε ένα σώμα που πλησιάζει στην επιφάνεια του πλανήτη;

42. Σε ποια ουράνια σώματα μπορεί να παρατηρηθεί τέτοια συμπεριφορά;

43. Ποιο φυσικό φαινόμενο στην Γη (σε πολύ πιο ήπια μορφή) οφείλεται σε τέτοιες βαρυτικές διαφορές;

44. Ποια σχέση έχει το φαινόμενο αυτό με τους δακτύλιους του Κρόνου;

ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

3. Προσεγγίζει διαρκώς τον οριζόντιο άξονα, χωρίς να τον τέμνει.
4. Η περιφέρεια του σώματος ακουμπά στην επιφάνεια του πλανήτη, δηλαδή η διάκεντρός τους ισούται με το άθροισμα των ακτίνων τους.
5. Φαίνεται να σταματά στην θέση όπου το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια του πλανήτη.
9. Ναι. Η κατακόρυφη διακεκομμένη που οριοθετεί από το αριστερό άκρο της γραφικής παράστασης διέρχεται από το κέντρο του σώματος.
10. Το κέντρο του πλανήτη βρίσκεται στην προέκταση του κατακόρυφου άξονα του γραφήματος.
11. Οι αποστάσεις είναι μετρημένες από το κέντρο του πλανήτη.
17. $r = 6,97R_{\pi}$.
18. $F = 0,02F_{\varepsilon\pi}$.
20. $r_1 = 3,40R_{\pi}$. Οποιαδήποτε τιμή στο διάστημα $3,40R_{\pi}$ $3,24R_{\pi}$ έως είναι αποδεκτή στο βήμα αυτό.
21. Στις στρογγυλοποιήσεις (δύο δεκαδικά ψηφία) που εφαρμόζονται στην εμφάνιση των αποτελεσμάτων.
22. Μπορούμε να μετρήσουμε το πλήθος των διαφορετικών τιμών της απόστασης για τις οποίες δεν μεταβάλλεται το μέτρο της δύναμης και να επιλέξουμε την μεσαία **(Στην συγκεκριμένη περίπτωση η τιμή της δύναμης δεν μεταβάλλεται για 28 διαφορετικές τιμές της απόστασης, άρα επιλέγουμε την 14^η ή την 15^η)**.
23. $r_{1,\delta\iota\omicron\rho\theta} = 3,32R_{\pi}$.
24. $r_{2,\delta\iota\omicron\rho\theta} = 2,35R_{\pi}$.
25. Ναι, αφού

$$\begin{cases} F_2 = \frac{G \cdot M \cdot m}{r_2^2} \\ F_1 = \frac{G \cdot M \cdot m}{r_1^2} \end{cases} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{G \cdot M \cdot m}{r_2^2}}{\frac{G \cdot M \cdot m}{r_1^2}} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_{1,\delta\iota\omicron\rho\theta}}{r_{2,\delta\iota\omicron\rho\theta}} \right)^2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} \cong \left(\frac{3,32R_{\pi}}{2,35R_{\pi}} \right)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F_2}{F_1} \cong \left(\frac{3,32}{2,35} \right)^2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} \cong (1,413)^2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} \cong 1,997$$

Στο πλαίσιο της προσέγγισης δύο δεκαδικών ψηφίων για τις τιμές των F και r το αποτέλεσμα είναι κοντά στην αναμενόμενη τιμή 2.

26. $r_3 = 1,66R_{\pi}$.
27. Βάσει του νόμου του αντίστροφου τετραγώνου, η δύναμη τετραπλασιάζεται όταν η απόσταση υποδιπλασιάζεται, συνεπώς $r_3 = r_2/2$.
28. Ναι.
29. Το λογισμικό εμφανίζει το μέτρο της δύναμης ίσο προς $0,40F_{\varepsilon\pi\varphi}$ για τρεις διαφορετικές θέσεις της μπάρας κύλισης. Η τιμή που αντιστοιχεί στην μεσαία θέση είναι $1,66R_{\pi}$.
30. $r_{min} = 1,05 \cdot R_{\pi}$.
31. Το σώμα έχει μικρές διαστάσεις αλλά δεν είναι υλικό σημείο. Αν συμβολίσουμε με R_{Σ} την ακτίνα του, η ελάχιστη απόσταση θα είναι $r_{min} = R_{\pi} + R_{\Sigma}$.
32. Είναι $R_{\pi} + R_{\Sigma} = r_{min} \Rightarrow R_{\pi} + R_{\Sigma} = 1,05 \cdot R_{\pi} \Rightarrow R_{\Sigma} = 0,05 \cdot R_{\pi} \Rightarrow \frac{R_{\Sigma}}{R_{\pi}} = \frac{5}{100} \Rightarrow \lambda = \frac{5}{100}$.
33. Αυξάνοντας την R_{π} , μεγαλώνει ο παρονομαστής του κλάσματος, χωρίς να αλλάζουν οι διαστάσεις του σώματος. Άρα η τιμή του λ μειώνεται.
34. (παραπλήσιες τιμές θεωρούνται ορθές)

r	F	ΔF
$3,50R_{\pi}$	$0,09F_{\varepsilon\pi\varphi}$	
$3,00R_{\pi}$	$0,12F_{\varepsilon\pi\varphi}$	$0,03F_{\varepsilon\pi\varphi}$
$2,50R_{\pi}$	$0,18F_{\varepsilon\pi\varphi}$	$0,06F_{\varepsilon\pi\varphi}$
$2,00R_{\pi}$	$0,27F_{\varepsilon\pi\varphi}$	$0,09F_{\varepsilon\pi\varphi}$
$1,50R_{\pi}$	$0,49F_{\varepsilon\pi\varphi}$	$0,22F_{\varepsilon\pi\varphi}$

35. Όσο περισσότερο το σώμα πλησιάζει στον πλανήτη, τόσο πιο μεγάλη είναι η μεταβολή της δύναμης για ίδια μεταβολή απόστασης.
36. Η (ενδεικτική) μέγιστη τιμή του μέτρου της δύναμης αυξάνεται, δηλαδή αλλάζει η κλίμακα στον κατακόρυφο άξονα της γραφικής παράστασης, αλλά η γραφική παράσταση δεν αλλάζει μορφή. Επίσης, τα μέτρα των διανυσμάτων που οπτικοποιούν τις δυνάμεις γίνονται μεγαλύτερα. Τέλος, το μέτρο της δύναμης παραμένει στο 50% της τιμής που θα είχε στην επιφάνεια.
37. Η βαρυτική έλξη είναι ανάλογη των μαζών των δύο σωμάτων που αλληλεπιδρούν. Εφόσον αυξάνεται η μάζα του πλανήτη, αυξάνεται ανάλογα και το μέτρο της δύναμης. Αυτό σημαίνει ότι η κλίμακα στον άξονα y πρέπει να μεταβληθεί, ώστε να αντιστοιχεί στο νέο εύρος τιμών. Κατά συνέπεια, αλλάζει το μήκος του διανύσματος στην κλίμακα της οπτικοποίησης. Αντιθέτως, Ο λόγος των δυνάμεων εξαρτάται μόνο από τον λόγο των αποστάσεων:

$$\frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

όπως αποδείξαμε νωρίτερα. Η μεταβολή του λόγου μαζών δεν επηρεάζει την απόσταση των δύο σωμάτων. Συνεπώς, στην τρέχουσα θέση του, το σώμα δέχεται δύναμη με μέτρο ίσο προς το μισό του μέτρου της δύναμης που θα δεχόταν αν βρισκόταν στην επιφάνεια του πλανήτη.

38. **α)** Αλλάζει η μέγιστη τιμή της δύναμης (από 236,32 σε 861,31, δηλαδή υπερτριπλασιάζεται). **β)** Η γραφική παράσταση αλλάζει σχήμα, καθώς φαίνεται να ανυψώνεται πιο απότομα. **γ)** Η δύναμη που δέχεται το σώμα αντιστοιχεί σε $0,14F_{\text{επιφ.}}$. **δ)** Η απόσταση αντιστοιχεί σε μεγαλύτερο πολλαπλάσιο της ακτίνας του πλανήτη.
39. **α)** Η μέγιστη τιμή της δύναμης μεγαλώνει επειδή όταν το σώμα βρεθεί στην επιφάνεια του πλανήτη θα απέχει πλέον λιγότερο από το κέντρο του, αφού η ακτίνα του μειώθηκε. **β)** Η γραφική παράσταση ανυψώνεται πιο απότομα επειδή, όπως διαπιστώσαμε νωρίτερα, καθώς πλησιάζουμε στην επιφάνεια, στην ίδια μείωση της απόστασης θα αντιστοιχεί μεγαλύτερη μεταβολή της δύναμης. Δεδομένου ότι η μικρότερη ακτίνα επιτρέπει μεγαλύτερη προσέγγιση, οι μεταβολές της δύναμης θα είναι πιο απότομες. **γ)** Καθώς ο πλανήτης συρρικνώνεται και το μέγιστο μέτρο της δύναμης αυξάνεται, το σώμα καταλήγει να δέχεται μικρότερο κλάσμα της μέγιστης δύναμης. **δ)** Ο πολλαπλασιαστικός συντελεστής ισούται με το πηλίκο της απόστασης προς την ακτίνα. Εφόσον ο παρονομαστής μειώνεται, το κλάσμα αυξάνεται.
40. Η γραφική παράσταση γίνεται εξαιρετικά απότομη και η μέγιστη τιμή αλλάζει σε 46319,44, δηλαδή είναι μεγαλύτερη κατά περίπου 200 φορές από την αρχική.
41. Όταν το βαρυτικό πεδίο μεταβάλλεται τόσο απότομα, ενδέχεται η δύναμη που δέχεται το πλησιέστερο στον πλανήτη άκρο του σώματος να είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την δύναμη που δέχεται το άλλο άκρο. Αυτή η διαφορά μπορεί να οδηγήσει σε διαμελισμό του σώματος!
42. Στις μαύρες τρύπες.
43. Οι παλίρροιες οφείλονται στις διαφορετικές βαρυτικές έλξεις που δέχονται τα εγγύτερα και τα πιο απομακρυσμένα σημεία της Γης από την Σελήνη.
44. Σύμφωνα με μία από τις θεωρίες που έχουν διατυπωθεί για τον σχηματισμό τους, οι δακτύλιοι του Κρόνου μπορεί να είναι τα θραύσματα κάποιου φυσικού δορυφόρου του, ο οποίος πλησίασε πολύ στον πλανήτη και κονιορτοποιήθηκε από τις παλιρροϊκές δυνάμεις.