

4^η ΙΟΑΑ

Θεωρητική εξέταση



Παρακαλούμε διαβάστε προσεκτικά τις παρακάτω οδηγίες:

1. Κάθε μαθητής θα λάβει το φύλλο με τα προβλήματα τόσο στα Αγγλικά όσο και στην μητρική του γλώσσα.
2. Ο διαθέσιμος χρόνος για την απάντηση των θεωρητικών προβλημάτων είναι 5 ώρες. Θα έχετε 15 προβλήματα σύντομης ανάπτυξης (Θεωρητικό Μέρος 1, Προβλήματα 1 ως 15) και 2 μακράς ανάπτυξης (Θεωρητικό Μέρος 2, Προβλήματα 16 και 17).
3. Χρησιμοποιείτε μόνο τα μολύβια και τα στυλό που σας έχουν δοθεί.
4. Ξεκινήστε την απάντηση κάθε προβλήματος σε ξεχωριστή σελίδα του τετραδίου. Γράψτε τον αριθμό του προβλήματος στην αρχή.
5. Γράψτε το όνομα της χώρας σας και τον «κωδικό μαθητή» στο εξώφυλλο του τετραδίου σας.
6. Η τελική απάντηση σε κάθε ερώτηση ή τμήμα αυτής πρέπει να συνοδεύεται από τις μονάδες και από τον σωστό αριθμό σημαντικών δεκαδικών ψηφίων (χρησιμοποιείτε μονάδες στο σύστημα SI ή τις κατάλληλες αντίστοιχες μονάδες). Αν η απάντηση δοθεί χωρίς μονάδες, ακόμη κι αν είναι σωστή, θα αφαιρεθεί ένα ποσοστό 20% από τη βαθμολογία που αναλογεί στην απάντηση.
7. Στο τέλος της εξέτασης βάλτε όλες τις σελίδες και το τετράδιο μέσα στον φάκελο και αφήστε οτιδήποτε άλλο πάνω στο θρανίο σας.
8. Παρακαλώ να γράψετε με λογικά βήματα τις ενδιαμέσες εξισώσεις και υπολογισμούς μέχρι την τελική λύση.

Σύντομα προβλήματα

Σημείωση: 10 μονάδες για κάθε πρόβλημα

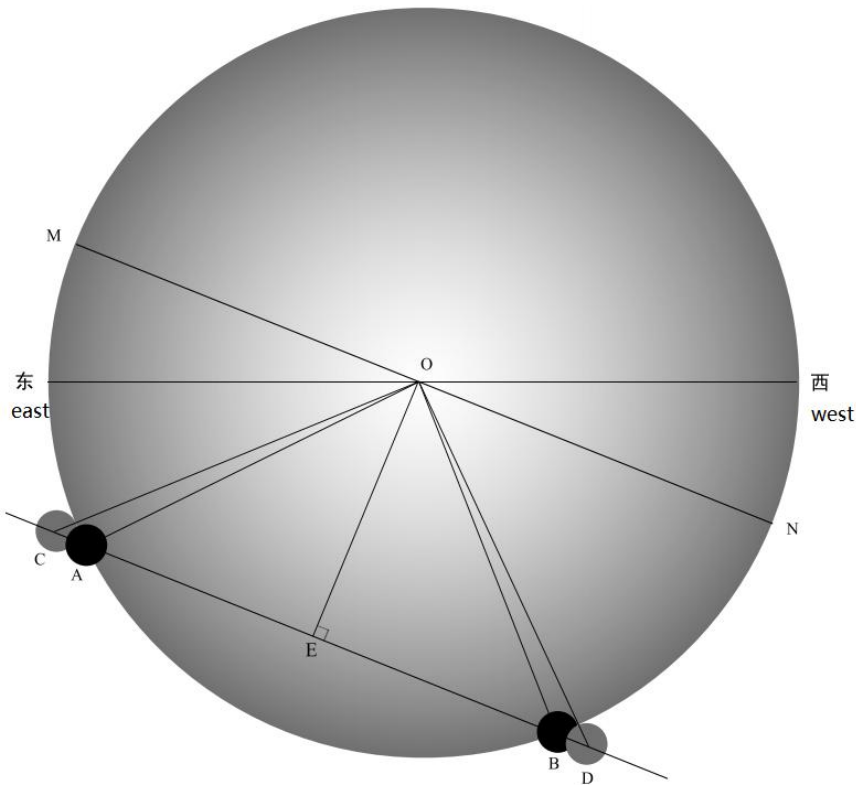
- 1) Το φαινόμενο αστρικό μέγεθος του πρωτεύοντος ενός διπλού συστήματος αστερών είναι 1.0, και του δευτερεύοντος είναι 2.0. Να βρεθεί το μέγιστο συνολικό μέγεθος του διπλού συστήματος.
- 2) Εάν η ταχύτητα διαφυγής από την επιφάνεια ενός αντικειμένου που έχει μάζα μία μάζα Ήλιου υπερβαίνει την ταχύτητα του φωτός, ποια θα είναι η ακτίνα του;
- 3) Η παρατηρούμενη ερυθρή μετατόπιση ενός QSO (κβάζαρ) είναι $z = 0.20$, να υπολογιστεί η απόστασή του. Η τιμή της σταθεράς του Hubble είναι $72 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.
- 4) Ένα διπλό σύστημα απέχει 10 pc, η μεγίστη γωνιακή απόσταση μεταξύ των δύο αστερών είναι $7.0''$, η ελάχιστη είναι $1.0''$ και η τροχιακή περίοδος είναι 100 έτη. Υποθέστε ότι το επίπεδο της τροχιάς του είναι κάθετο προς την ευθεία οράσεως. Εάν ο μέγιστος ημάξονας του ενός αστέρα αντιστοιχεί σε $3.0''$, δηλ. $a_1 = 3.0''$, να υπολογιστεί η μάζα του κάθε αστέρα του διπλού αυτού συστήματος σε ηλιακές μάζες.
- 5) Αν το 0.8% της αρχικής συνολικής μάζας του Ήλιου μετατρέπονταν σε ενέργεια κατά τη διάρκεια της συνολικής ζωής του Ήλιου, να εκτιμήσετε τον μέγιστο χρόνο ζωής του Ήλιου. Υποθέστε ότι η ηλιακή σταθερά δεν μεταβάλλεται.
- 6) Ένα διαστημόπλοιο προσεδαφίζεται στην επιφάνεια ενός αστεροειδούς σφαιρικού σχήματος, του οποίου η ταχύτητα περιστροφής είναι αμελητέα, η διάμετρός του είναι 2.2 km και η μέση πυκνότητά του είναι 2.2 g/cm^3 . Θα μπορούσε ο αστροναύτης να ολοκληρώσει μια πλήρη περιφορά περπατώντας πάνω στον ισημερινό του αστεροειδούς μέσα σε 2.2 ώρες; Απαντήστε με ένα «ΝΑΙ» ή με ένα «ΟΧΙ» στο φυλλάδιο των απαντήσεων και εξηγήστε το γιατί με τύπους και αριθμούς.
- 7) Ενδιαφερόμαστε να ανακαλύψουμε κατοικήσιμους εξωηλιακούς πλανήτες. Μία μέθοδος είναι παρατηρώντας την ελάττωση της λαμπρότητας του αστέρα, όταν ο πλανήτης διασχίζει τον δίσκο του αστέρα και αποκόπτει ένα μέρος του φωτός που αυτός εκπέμπει. Εκτιμήστε τη μέγιστη μεταβολή που υφίσταται η λαμπρότητα του αστέρα κατά τη διάβαση του πλανήτη, θεωρώντας ότι ο πλανήτης είναι όμοιος με τη Γη και ο αστέρας όμοιος με τον Ήλιο.
- 8) Πιστεύουμε ότι στο κέντρο του Γαλαξία υπάρχει μια υπερμεγέθης μαύρη τρύπα με μάζα $M = 4 \times 10^6 M_\odot$. Η αστρονομική κοινότητα προσπαθεί να διακρίνει τον ορίζοντα γεγονότων, πράγμα το οποίο είναι ένα απαιτητικό εγχείρημα. Για μια μη περιστρεφόμενη μαύρη τρύπα, ο ορίζοντας των γεγονότων ορίζεται από την ακτίνα Schwarzschild, $R_s = 3(M/M_\odot) \text{ km}$. Υποθέστε ότι διαθέτουμε ένα τηλεσκόπιο διαμέτρου όσο η Γη (π.χ. χρησιμοποιώντας την τεχνική συμβολομετρίας μεγάλης βάσης, VLBI). Ποια μήκη κύματος πρέπει να χρησιμοποιήσουμε για να διακρίνουμε τον ορίζοντα γεγονότων της μαύρης τρύπας; Ο Ήλιος απέχει απ' το κέντρο του Γαλαξία 8.5 kpc.
- 9) Το μέγεθος ενός αστέρα στην περιοχή του υπερύθρου (I-band) είναι 22.0. Πόσα φωτόνια ανά δευτερόλεπτο ανιχνεύονται από αυτόν τον αστέρα με το τηλεσκόπιο Gemini (διάμετρου 8 μέτρων); Υποθέστε ότι η συνολική κβαντική απόδοση είναι 40% και ότι η απόκριση του φίλτρου είναι ομοιόμορφη σε όλο το εύρος του.
Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις παρακάτω πληροφορίες για το φίλτρο και τον αστέρα Vega:

Φίλτρο	$\lambda_0 (nm)$	$\Delta\lambda (nm)$	$F (Wm^{-2}nm^{-1})$
I	8.00×10^2	24.0	8.30×10^{-12}

- 10) Υποθέστε ότι η πυκνότητα των αστερών φασματικού τύπου G (όπως ο Ήλιος) ελαττώνεται εκθετικά με την απόσταση από το επίπεδο του Γαλαξία με κλίμακα ύψους 300 pc. Κατά τι ποσοστό ελαττώνεται η πυκνότητα των αστερών αυτών σε απόσταση 0.5 kpc και 1.5 kpc σε σχέση με την πυκνότητά τους πάνω στο επίπεδο του Γαλαξία.

- 11) Στις 28 Αυγούστου 2003 και ώρα 17h 56m UT, ο Άρης βρισκόταν σε μέγιστη αντίθεση. Η επόμενη μέγιστη αντίθεση θα λάβει χώρα το 2018. Να υπολογιστεί η ημέρα αυτής της μεγίστης αντίθεσης. Ο μέγιστος ημιάξονας της τροχιάς του Άρη είναι 1.524 AU.
- 12) Η διαφορά λαμπρότητας μεταξύ δύο αστέρων της κυρίας ακολουθίας σε ένα ανοιχτό σμήνος είναι 2 αστρικά μεγέθη. Η ενεργός θερμοκρασία της επιφάνειάς τους είναι 6000K και 5000K αντίστοιχα. Υπολογίστε τον λόγο των ακτίνων τους.
- 13) Να υπολογιστεί η ενεργός θερμοκρασία της φωτόσφαιρας του Ήλιου, λαμβάνοντας υπόψη το χρώμα του Ήλιου που βλέπουμε.
- 14) Ένας παρατηρητής ευρισκόμενος στο Βόρειο Πόλο της Γης παρατήρησε μια διάβαση της Αφροδίτης. Το ίχνος της διάβασης της Αφροδίτης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. A, B, C, D είναι σημεία του ίχνους της διάβασης και αναφέρονται στο κέντρο του δίσκου της Αφροδίτης. Στα σημεία A και B, το κέντρο της Αφροδίτης βρίσκεται στο χείλος του Ηλιακού δίσκου. Το σημείο C αντιστοιχεί στην πρώτη επαφή και το σημείο D στην τέταρτη επαφή, όπου η γωνία $\angle AOB = 90^\circ$, και η ευθεία MN είναι παράλληλη προς την AB. Η πρώτη επαφή έλαβε χώρα στις 9:00 UT. Να υπολογιστεί ο χρόνος που έγινε η τέταρτη επαφή.

Δίνονται: $T_{venus} = 224.70days, T_{earth} = 365.25days, a_{venus} = 0.723AU$ και $r_{venus} = 0.949r_{\oplus}$

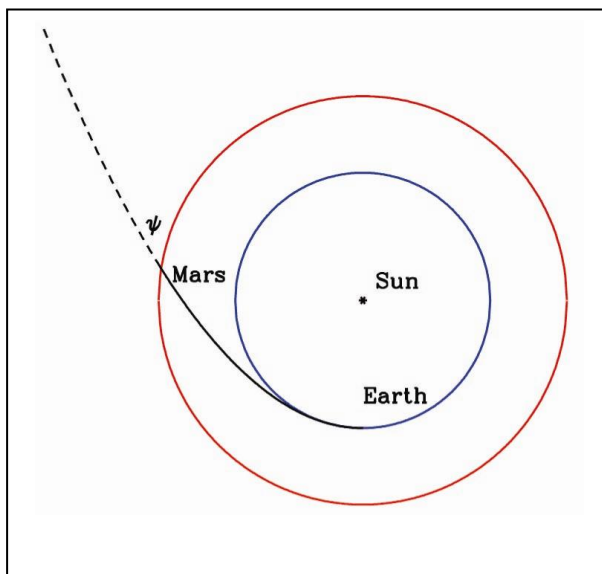


- 15) Κατά μέσο όρο η γωνιώδης διάμετρος της Σελήνης είναι λίγο μικρότερη από αυτή του Ήλιου, έτσι ώστε η συχνότητα των δακτυλιοειδών ηλιακών εκλείψεων είναι λίγο υψηλότερη από αυτή των ολικών ηλιακών εκλείψεων. Για έναν γήινο παρατηρητή η μέγιστη διάρκεια ολικών ηλιακών εκλείψεων είναι περίπου 7.5 λεπτά, και η μέγιστη διάρκεια των δακτυλιοειδών ηλιακών εκλείψεων είναι περίπου 12.5 λεπτά. Ως μέγιστη διάρκεια ορίζεται ο χρόνος που μεσολαβεί από την δεύτερη επαφή μέχρι την τρίτη επαφή. Υποθέσατε ότι καταγράφουμε τον αριθμό και των δύο ειδών των εκλείψεων επί μεγάλο χρονικό διάστημα. Να υπολογιστεί ο λόγος του αριθμού των δακτυλιοειδών ηλιακών εκλείψεων ως προς τον αριθμό των ολικών ηλιακών εκλείψεων. Υποθέσατε ότι η τροχιά της Γης είναι κυκλική και ότι η εκκεντρότητα της τροχιάς της Σελήνης είναι 0.0549. Στις δακτυλιοειδείς εκλείψεις να συμπεριληφθούν και οι υβριδικές εκλείψεις.

Μακράς ανάπτυξης προβλήματα

Σημείωση: 30 μονάδες για κάθε πρόβλημα

16) Ένα διαστημόπλοιο εκτοξεύεται από τη Γη. Σύντομα επιταχύνεται και φτάνει τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα εφαιπτομενικά της ηλιοκεντρικής τροχιάς της Γης, έτσι ώστε η τροχιά του να είναι παραβολή με τον Ήλιο να είναι στην εστία της παραβολής. Θεωρείστε ότι οι τροχιές της Γης και του Άρη είναι κυκλικές στο ίδιο επίπεδο, με ακτίνες $r_E = 1.0 AU$ και $r_M = 1.5 AU$, αντίστοιχα. Θεωρείστε προσεγγιστικά ότι: κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου τμήματος της πτήσης του, επηρεάζεται βαρυτικά μόνο από τον Ήλιο.



Σχήμα 1:

Η τροχιά του διαστημοπλοίου (όχι υπό κλίμακα). Ο εσωτερικός κύκλος είναι η τροχιά της Γης, και ο εξωτερικός κύκλος η τροχιά του Άρη.

Ερωτήσεις:

(a) Υπολογίστε τη γωνία ψ μεταξύ της διεύθυνσης του διαστημοπλοίου και της εφαιπτομένης της τροχιάς του Άρη στο σημείο, όπου το διαστημόπλοιο διασχίζει την τροχιά του Άρη (βλ. Σχήμα 1), χωρίς να λάβετε υπόψη την βαρυτική επίδραση του Άρη.

(b) Υποθέστε ότι τη στιγμή που το διαστημόπλοιο διασχίζει την τροχιά του Άρη, ο

πλανήτης βρίσκεται πολύ κοντά στην ίδια περιοχή. Από την οπτική γωνία ενός παρατηρητή που βρίσκεται στον Άρη, ποια είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση προσέγγισης (ως προς τον Ήλιο) του διαστημοπλοίου, πριν η διεύθυνση αυτή να επηρεαστεί σημαντικά από το βαρυτικό πεδίο του Άρη;

17) Στον πλανήτη Taris βρίσκεται ο πολιτισμός των Korribians. Οι Korribians είναι μια υψηλής ευφυΐας εξωγήινη μορφή ζωής. Η επίσημη γλώσσα τους είναι τα Κορριμπιανά. Απόσπασμα του Αγγλο-Κορριμπιανού λεξικού δίνεται στον πίνακα 1. Διαβάστε τον προσεκτικά! Korribians αστρονόμοι μελετούν τον ουρανό επί χιλιάδες χρόνια. Η γνώση τους συνοψίζεται στα παρακάτω:

- ❖ Taris περιφέρεται γύρω από τον αστέρα Sola σε κυκλική τροχιά, σε απόσταση 1 Tarislength (1 μήκος Taris).
- ❖ Ο πλανήτης Taris περιφέρεται γύρω από τον Sola σε 1 Tarisyear (1 έτος Taris).
- ❖ Η κλίση του ισημερινού επιπέδου του Taris ως προς το επίπεδο της τροχιάς του είναι 3° .
- ❖ 1 Tarisyear έχει 10 Tarisdays (10 ημέρες Taris).
- ❖ Ο Taris έχει δύο δορυφόρους, τον Endor και τον Exdor, που περιφέρονται σε κυκλικές τροχιές.
- ❖ Η αστρική περίοδος περιφοράς του Endor (γύρω από τον Taris) είναι ακριβώς 0.2 Tarisdays.
- ❖ Η αστρική περίοδος περιφοράς του Exdor (γύρω από τον Taris) είναι ακριβώς 1.6 Tarisdays.

- ❖ Η απόσταση μεταξύ του Taris και του δορυφόρου Endor είναι 1 Endorlength (1 μήκος Endor).
- ❖ Ένας δεύτερος πλανήτης με όνομα Corulus, περιφέρεται γύρω από τον Sola σε κυκλική τροχιά. Ο Corulus έχει έναν δορυφόρο.
- ❖ Η απόσταση μεταξύ του Sola και του Corulus είναι 9 Tarislengths (9 μήκη Taris).
- ❖ Το Tarisyear (έτος Taris) αρχίζει όταν το Solaptic μήκος (αντίστοιχο του εκλειπτικού μήκους) του Sola είναι μηδέν.

Πίνακας 1: Αγγλο-Κορριμπιανό λεξικό

Korribianese	English Translation
Corulus	A planet orbiting Sola
Endor	(i) Goddess of the night; (ii) a moon of Taris
Endorlength	The distance between Taris and Endor
Extor	(i) God of peace; (ii) a moon of Taris
Sola	(i) God of life; (ii) the star which Taris and Corulus orbit
Solaptic	Apparent path of Sola and Corulus as viewed from Taris
Taris	A planet orbiting the star Sola, home of the Korribians
Tarisday	The time between successive midnights on the planet Taris
Tarislength	The distance between Sola and Taris
Tarisyear	Time taken by Taris to make one revolution around Sola

Ερωτήσεις:

- (a) Σχεδιάστε το πλανητικό σύστημα του Sola και σημειώστε όλους τους πλανήτες και τους δορυφόρους τους.
- (b) Πόσες περιστροφές εκτελεί ο πλανήτης Taris σε 1 Tarisyear;
- (c) Ποια είναι η απόσταση μεταξύ του Taris και του Extor σε Endorlengths;
- (d) Ποια είναι η τροχιακή περίοδος του πλανήτη Corulus σε Tarisyears;
- (e) Ποια είναι η απόσταση μεταξύ του Taris και του Corulus, όταν ο πλανήτης Corulus βρίσκεται σε αντίθεση;
- (f) Αν στην αρχή ενός συγκεκριμένου Tarisyear, ο Corulus και ο Taris βρίσκονταν σε αντίθεση, ποιο θα είναι το Solaptic μήκος (όπως αυτό παρατηρείται από τον Taris) του Corulus, n-Tarisdays (n-ημέρες Taris) από την αρχή αυτού του συγκεκριμένου έτους.
- (g) Ποιο είναι το εμβαδόν του τριγώνου που σχηματίζεται από τον Sola, τον Taris και τον Corulus, ακριβώς 1 Tarisday μετά την αντίθεση;