

ΦΥΣΙΚΗ Ι (ΜΗΧΑΝΙΚΗ) ΣΕΜΦΕ

ΕΙΔΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Έστω $\Sigma(x, y, z, t)$ ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς και $\Sigma'(x', y', z', t')$ ένα άλλο αδρανειακό σύστημα που κινείται με ταχύτητα $v = 0.6c$ στον άξονα των x ως προς το πρώτο. Οι αρχές των αξόνων συμπίπτουν τη χρονική στιγμή $t = t' = 0$. Να βρείτε τις συντεταγμένες των παρακάτω γεγονότων του Σ στο Σ' : (4 m, 0, 0, 0 s), (1.8 × 10⁸ m, 0, 0, 1 s).

Απ. (5 m, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0.8 s)

2. Ένας παρατηρητής A βλέπει ότι δύο γεγονότα συμβαίνουν ταυτόχρονα, σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους 4 m. Παρατηρητής B βλέπει τα ίδια γεγονότα να συμβαίνουν σε απόσταση 5 m. Πόση είναι η χρονική διαφορά των γεγονότων σύμφωνα με τον παρατηρητή B ;

Απ. $\Delta t = 10$ ns

3. Δύο παρατηρητές Π και Π' κινούνται με σχετική ταχύτητα $v = 0.6c$ και συμπίπτουν την χρονική στιγμή $t = t' = 0$. Όταν ο Π μετρά ότι έχει περάσει χρόνος Δt : (α) πόσος χρόνος χρειάζεται (ως προς τον Π) για να φτάσει ένα φωτεινό σήμα στον Π' ; (β) Όταν αυτό το φωτεινό σήμα φτάσει στον Π' , τι θα δείχνει το ρολόι του;

Απ. (α) $t = 1.5 \Delta t$, (β) $t' = 2 \Delta t$

4. Ένα διαστημόπλοιο θέλει να φτάσει σε ένα άστρο που απέχει 10 έτη φωτός από τη Γη. Να βρεθεί η ταχύτητα του διαστημοπλοίου ως προς τη Γη αν σύμφωνα με το ρολόι του ο χρόνος που απαιτείται για το ταξίδι είναι 2 έτη. Πόσος χρόνος θα απαιτηθεί για το ταξίδι σύμφωνα με παρατηρητή που βρίσκεται στη Γη;

Απ. $v = 0.98c$, $\Delta t = 10.2$ y

5. Ένας παρατηρητής βλέπει δύο σωματίδια να απομακρύνονται μεταξύ τους με ταχύτητα $0.99c$. Πόση είναι ταχύτητα του ενός σωματιδίου όπως φαίνεται από το άλλο;

Απ. $v = 0.9995c$

6. Μια ταξιδιώτρια του διαστήματος εγκαταλείπει τη Γη και κινείται με ταχύτητα $0.99c$ προς τον αστέρα Vega, ο οποίος απέχει 26 ly. Πόσος χρόνος θα έχει περάσει σύμφωνα με τα ρολόγια στη Γη (α) όταν η ταξιδιώτρια θα φτάσει στον Vega και (β) όταν οι παρατηρητές στη Γη θα λάβουν μήνυμα από την ταξιδιώτρια ότι έφτασε στον Vega; (γ) Πόσο μεγαλύτερη θα υπολογίσουν οι παρατηρητές στη Γη ότι είναι η ταξιδιώτρια (σύμφωνα με το δικό της σύστημα) όταν θα φτάσει στον Vega σε σχέση με όταν άρχισε το ταξίδι;

Απ. α) 26.26 y, β) 52.26 y γ) 22.56 y

7. Το σύστημα αναφοράς Σ' κινείται με ταχύτητα $v = 0.6c$ ως προς το σύστημα Σ . Ένας παρατηρητής στο Σ βλέπει ένα σωματίδιο να κινείται με ταχύτητα $\mathbf{v} = (0, 0.1c, 0)$. Βρείτε την ταχύτητα του σωματιδίου ως προς έναν παρατηρητή στο Σ' .

Απ. $\mathbf{v}' = (-0.6c, 0.08c, 0)$

8. Ένα διαστημόπλοιο κινείται με ταχύτητα $0.9c$ ως προς τη Γη. Κάποια στιγμή το προσπερνά άλλο διαστημόπλοιο που κινείται παράλληλα με ταχύτητα $0.95c$ ως προς τη Γη. Πόση είναι η ταχύτητα του δεύτερου διαστημοπλοίου ως προς το πρώτο;

Απ. $v = 0.345c$

9. Δύο σωματίδια κινούνται αντίθετα στο σύστημα του εργαστηρίου με ίσες ταχύτητες κατά μέτρο. Η σχετική τους ταχύτητα είναι $v = 0.5c$. Ποια είναι η ταχύτητα των σωματιδίων στο σύστημα του εργαστηρίου;

Απ. $v = 0.268c$

10. Ραδιενεργός πυρήνας κινείται με ταχύτητα $0.1c$ ως προς το σύστημα του εργαστηρίου και εκπέμπει ηλεκτρόνιο με ταχύτητα $0.8c$ ως προς αυτόν. Βρείτε την ταχύτητα του ηλεκτρονίου στο σύστημα του εργαστηρίου, αν στο σύστημα του πυρήνα εκπέμπεται προς την θετική φορά του άξονα κίνησης.

Απ. $v = 0.833c$

11. Δύο σωματίδια με μάζες m πλησιάζουν με αντίθετες ταχύτητες μέτρου v στο σύστημα αναφοράς του εργαστηρίου. Πόση είναι η συνολική ενέργεια του ενός σωματιδίου όπως μετρείται στο σύστημα ηρεμίας του άλλου;

Απ. $E = (c^2 + v^2)mc^2/(c^2 - v^2)$

12. Για ποια ταχύτητα σωματιδίου, η κινητική του ενέργεια είναι $K = mc^2$; Πόση είναι η συνολική ενέργεια και η ορμή του;

Απ. $\gamma = 2, v = 0.866c, E = 2mc^2, p = 1.732mc$

13. Έστω ότι δύο πανομοιότυπα σωματίδια μάζας m συγκρούονται με ίσες κατά μέτρο και αντίθετες ταχύτητες μέτρου v και συσσωματώνονται. Να βρείτε τη μάζα και την ταχύτητα του συσσωματώματος. Ποια είναι η απάντηση αν το ένα σωματίδιο είναι αρχικά ακίνητο;

Απ. 1) $u = 0, M = 2m/\gamma_v, 2) u = [\gamma_v/(\gamma_v + 1)]v, M = m(2 + 2\gamma_v)^{1/2}$

14. Ένα ακίνητο σωματίδιο μάζας M διασπάται αυθόρμητα σε δύο σωματίδια με μάζες m_1 και m_2 . Να βρείτε τις ενέργειες των σωματιδίων μετά τη διάσπαση στο σύστημα του εργαστηρίου.

Απ. $E_1 = (M^2 + m_1^2 - m_2^2)c^2/2M, E_2 = (M^2 + m_2^2 - m_1^2)c^2/2M$

15. Ένα ουδέτερο μεσόνιο π (π^0), με μάζα $135 \text{ MeV}/c^2$, διασπάται συμμετρικά σε δύο φωτόνια καθώς κινείται με μεγάλη ταχύτητα. Η ενέργεια κάθε φωτονίου στο σύστημα αναφοράς του εργαστηρίου είναι 100 MeV . (α) Να βρείτε την ταχύτητα του μεσονίου. (β) Να βρείτε τη γωνία θ , στο σύστημα του εργαστηρίου, μεταξύ της αρχικής διεύθυνσης του μεσονίου και της τελικής κατεύθυνσης κάθε φωτονίου.

Απ. $u = 0.52c, \theta = 42^\circ$

16. Σε μια σύγκρουση υψηλής ενέργειας ανάμεσα σε ένα σωματίδιο κοσμικών ακτίνων και ενός σωματιδίου στην κορυφή της ατμόσφαιρας της Γης, 120 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, παράγεται ένα πόνιο. Το πόνιο έχει συνολική ενέργεια $E = 1.35 \times 10^5 \text{ MeV}$ και κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω. Στο σύστημα ηρεμίας του πιονίου, αυτό διασπάται 35.0 ns μετά τη δημιουργία του. Σε ποιο ύψος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, όπως μετρείται στο σύστημα αναφοράς της Γης, συμβαίνει η διάσπαση; Η ενέργεια ηρεμίας του πιονίου είναι 139.6 MeV .

Απ. $h \approx 110 \text{ km}$