

ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΠΥΡΗΝΕΣ-ΣΩΜΑΤΙΑ

2^η Πρόοδος: 23 Απρίλη 2018 (Διδάσκων: Αντρέας Φ. Τερζής)

ΓΡΑΨΤΕ ΤΟ ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΜΗΤΡΩΟΥ ΜΕ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΠΟΛΥ ΚΑΘΑΡΑ ΓΡΑΜΜΑΤΑ/ΑΡΙΘΜΟΥΣ

Όνομα:

Επώνυμο:

A.M.:

ΘΕΜΑΤΑ ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗΣ. Θεωρούμε παρατηρητή στη γη και αστροναύτη που βρίσκεται σε διαστημόπλοιο που κινείται με ταχύτητα $(c/3)\hat{x}$.

(K1, [0,75]) Ποιο είναι το μήκος ράβδου για τον γήινο παρατηρητή για ράβδο τοποθετημένη στο διαστημόπλοιο κατά μήκος της διεύθυνσης \hat{x} , αν ο αστροναύτης μετρά μήκος $1m$;

(K2, [0,75]) Ο μέσος χρόνος ζωής ενός μεσονιού στη γη είναι $\sqrt{8}\times 10^{-8}s$. Ποιος είναι ο μέσος χρόνος ζωής για τον αστροναύτη;

(K3, [1]) Ένα δεύτερο διαστημόπλοιο κινείται ως προς την γη με ταχύτητα $v\hat{x}$. Να βρεθεί η ταχύτητα v αν γνωρίζουμε ότι ο αστροναύτης στο πρώτο διαστημόπλοιο βλέπει το άλλο διαστημόπλοιο να κινείται με $(c/3)\hat{x}$.

(K4, [1]) Θεωρούμε ότι το πρώτο διαστημόπλοιο αλλάζει ταχύτητα και πειραματίζεται με το φαινόμενο Doppler. Έτσι στέλνει φως στην διεύθυνση $-\hat{x}$ το οποίο ανιχνεύει γήινος παρατηρητής και το μετρά να έχει μήκος κύματος 7200\AA . Αν επαναληφθεί το ίδιο πείραμα, θεωρώντας ίσου μέτρου ταχύτητα για το διαστημόπλοιο, αλλά διεύθυνση κίνησης κάθετη σε σχέση με την διεύθυνση εκπομπής του φωτός, ο γήινος παρατηρητής το μετρά να έχει μήκος κύματος 4000\AA . Να βρεθεί το μήκος κύματος που μετρά ο αστροναύτης, δηλαδή αυτό που εκπέμπεται από την συσκευή του.

(K5, [0,5]) Θεωρούμε δύο αδρανειακά Σ.Α. το S και το S' , όπου το S' ως προς το S έχει ταχύτητα $-v\hat{x}$. Να σχεδιάσετε το διάγραμμα Minkowski για το S' , αν γνωρίζεται ότι το διάγραμμα Minkowski του S είναι ορθογώνιο.

ΘΕΜΑΤΑ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ.

(Δ1, [0,5+0,5]) Ένα ηλεκτρόνιο έχει ορμή που είναι κατά 25% μεγαλύτερη από την κλασική τιμή. **(α)** Βρείτε την ταχύτητα του ηλεκτρονίου. **(β)** Πως θα αλλάξει το αποτέλεσμα αν το σωματίδιο ήταν πρωτόνιο.

(Δ2,[1]) Προσδιορίστε την ενέργεια που απαιτείται για να επιταχυνθεί ένα ηλεκτρόνιο από $0,6c$ σε $0,8c$ ($m_e c^2 = 511keV$).

(Δ3,[1]) Ένα πρωτόνιο αποκτά κινητική ενέργεια $5m_p c^2$. Προσδιορίστε την ταχύτητά του ($m_p c^2 = 938MeV$).

(Δ4,[1]) Θεωρούμε ακίνητο σωματίο μάζας ηρεμίας M_0 στο οποίο προσπίπτει φωτόνιο ενέργειας Q , το οποίο απορροφάται πλήρως. Η μάζα του σωματιδίου μετά την απορρόφηση, είναι

$$\text{(α)} M_0 \left(1 + \frac{2Q}{M_0 c^2} \right)^{1/2}, \text{(β)} M_0 \left(1 - \frac{2Q}{M_0 c^2} \right)^{1/2}, \text{(γ)} M_0 \left(1 + \frac{Q}{M_0 c^2} \right)^{1/2}.$$

(Δ5, [1]) Θεωρούμε σωματίο μάζας ηρεμίας m και ορμής μέτρου $p\hat{x}$ το οποίο προσπίπτει σε ακίνητο σωματίο ίδιας μάζας ηρεμίας. Αν γνωρίζουμε ότι μετά την σκέδαση τα σωματία θα κινηθούν με ενέργειες E_1, E_2 και ορμές που σχηματίζουν γωνίες ϑ και ϕ αντίστοιχα με τον άξονα \hat{x} , να δείξετε ότι ισχύει, $\cos(\vartheta + \phi) = (p^2 c^2 + 2m^2 c^4 - E_1^2 - E_2^2) / (2\sqrt{E_1^2 - m^2 c^4} \sqrt{E_2^2 - m^2 c^4})$.

(Δ6, [0,5+1]) **(α)** Να δείξετε ότι η αντίδραση (εξαύλωση ποζιτρονίου-ηλεκτρονίου) $e^- + e^+ \rightarrow \gamma$ δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί. **(β)** Στην αντίδραση $e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$, με αρχική συνθήκη μηδενικής συνολικής ορμής των αντιδρώντων, ποια πρέπει να είναι η ταχύτητα έκαστου αντιδρώντος για να έχουμε για έκαστο φωτόνιο ενέργεια 1022keV (ενέργεια «ηρεμίας» ηλεκτρονίου 511keV). Όπου με γ αναπαριστούμε ένα φωτόνιο.

(Δ7, [1]) Να υπολογίσετε την ενέργεια κατωφλίου για την παραγωγή αντιπρωτονίου, $p + p \rightarrow p + p + (\bar{p})$, όπου με \bar{p} συμβολίζουμε το αντιπρωτόνιο.

(Δ8, [0,5]) Σωματίδιο μάζας ηρεμίας m και φορτίου q και αρχικής ταχύτητας $\vec{u}(0) = u_0 \hat{x}$ που τοποθετείται μέσα σε σταθερό ομογενές μαγνητικό πεδίο, $B\hat{z}$ δέχεται δύναμη Lorentz, $\vec{F} = q\vec{u} \times \vec{B}$. Να δείξετε ότι η ορμή έχει σταθερό μέτρο.

Χρήσιμες Φυσικές σταθερές, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, $mc^2(e) = 511 \text{ keV}$, $mc^2(p) = 938 \text{ MeV}$

Παράρτημα/Τυπολόγιο: Μετασχηματισμοί Lorentz

$$\begin{pmatrix} ct' \\ x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ -\gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad \text{και} \quad \begin{pmatrix} E'/c \\ p'_x \\ p'_y \\ p'_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\beta & 0 & 0 \\ -\gamma\beta & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E/c \\ p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} \quad \text{όπου} \quad \beta \equiv \frac{v}{c}, \quad \gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Σχετικιστική ορμή, $p = m\gamma v$. Σχετικιστική ενέργεια, $E = mc^2 \gamma$. Σχέση ενέργειας-ορμής, $E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2}$.