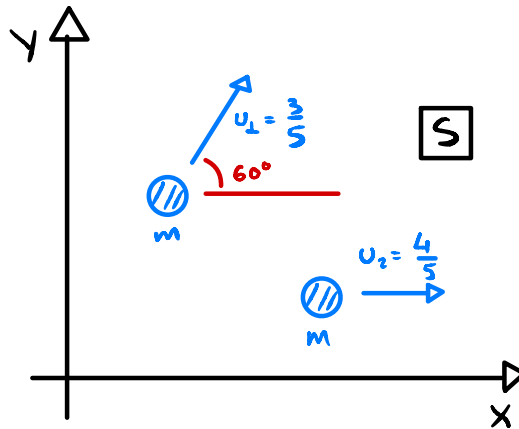


Η αποστολή των λύσεων είναι προαιρετική και δεν έχει κάποιο βαθμολογικό αντίκτυπο.

## Πρόβλημα 1 (παραδοτέο έως 17.05.2021)

Δύο σωματίδια ('1' και '2') μάζας 1 GeV κινούνται στο  $S$  όπως φαίνεται στο σχήμα.



Αν  $S'$  το σύστημα στο οποίο το '2' βρίσκεται σε ηρεμία να βρεθούν:

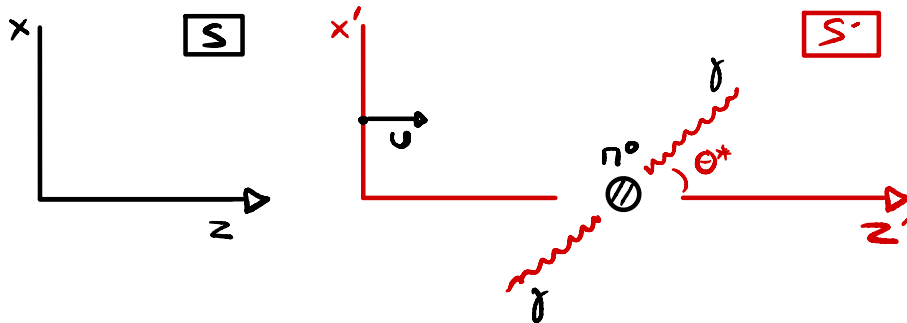
- Η ενέργεια, η ορμή και η κινητική ενέργεια των δύο σωματιδίων στα  $S$  και  $S'$ .
- Η ταχύτητα του '1' στο σύστημα ηρεμίας του '2'.

Υποδείξεις: Γράψτε τις τετραορμές στο  $S$  και βρείτε τον μετασχηματισμό Lorentz  $S \rightarrow S'$ . Το ερώτημα β) μπορεί να απαντηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους τουλάχιστον: 1) τον καλό, χρησιμοποιώντας την αναλλοιότητα του γινόμενου των τετραορμών στα δυο συστήματα χωρίς να κάνετε κάποιο μετασχηματισμό Lorentz, 2) τον 'ωμό', εξάγοντας την ταχύτητα από την τετραορμή του '1' στο  $S'$  και 3) τον 'άσχημο', κάνοντας μετασχηματισμό Lorentz επί της κλασικής ταχύτητας  $\vec{v} = (dx/dt, dy/dt, dz/dt)$ .



## Πρόβλημα 2 (παραδοτέο έως 24.05.2021)

Θεωρήστε τη διάσπαση  $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$  στο σύστημα ηρεμίας του πιονίου ( $S'$ ) η οποία λαμβάνει χώρα εξολοκλήρου επί του επιπέδου  $y' = 0$ , όπως στο σχήμα.



Αν  $\theta^*$  η γωνία διάσπασης σε σχέση με τον άξονα  $z'$  και  $f'$  η συχνότητα του φωτονίου που διαδίδεται στο επίπεδο ( $x' > 0, z' > 0$ ) στο  $S'$ , δείξτε ότι:

- $f' = \frac{m}{2h}$ , όπου  $m$  η μάζα του πιονίου και  $h$  σταθερά του Planck.
- Για  $\theta^* = 0$  η συχνότητα του φωτονίου στο  $S$  θα είναι ίση με  $f = \sqrt{\frac{1+v}{1-v}} f'$  (διάμηκες φαινόμενο Doppler).
- Για  $\theta^* = \pi/2$  η συχνότητα του φωτονίου στο  $S$  θα είναι ίση με  $f = f' \gamma$  (εγκάρσιο φαινόμενο Doppler περίπτωση 1), ενώ για  $\theta = \pi/2$  η συχνότητα του φωτονίου στο  $S$  θα είναι ίση με  $f = f' / \gamma$  (εγκάρσιο φαινόμενο Doppler περίπτωση 2)
- Αντικαταστήστε το πiónιο από μια σημειακή πηγή φωτός που εκπέμπει ομοιόμορφα και προς όλες τις κατευθύνσεις στο  $S'$ . Δείξτε το φαινόμενο του προβολέα (head light effect), ότι δηλαδή στο  $S$  η μισή ακτινοβολία θα βρίσκεται εντός κώνου με γωνία  $\tan \theta = 1/(\gamma v)$  και άξονα τον  $Oz$ .



## Σελφ τεστ – άνευ παράδοσης

*Το παρόν δεν είναι μια εργασία προς παράδοση στην η-τάξη.*

Επιβεβαιώστε ότι είστε σε θέση να λύσετε, χωρίς να κοιτάξετε προηγουμένως τις λύσεις τους, τα εξής προβλήματα από τις σημειώσεις των καθ. Χριστοδουλάκη και Κορφιάτη (η-τάξη):

1. Εφαρμογή 8.5: Μη κεντρική ελαστική κρούση [σ132]
2. Εφαρμογή 8.6: Απορρόφηση φωτονίου από ακίνητο σωματίδιο [σ134]
3. Εφαρμογή 8.7: Εκπομπή φωτονίου από ακίνητο σωματίδιο [σ135]
4. Εφαρμογή 8.8: Εκπομπή φωτονίου από κινούμενο σωματίδιο [σ136]
5. Εφαρμογή 8.9: Ενέργεια κατωφλίου [σ137]
6. Εφαρμογή 8.10: Ελαστική σκέδαση [σ139]
7. Άσκηση 9.3.3: Αποπλάνηση φωτός [σ177]
8. Άσκηση 9.3.4: Αποπλάνηση σωματιδίου [σ178]
9. Άσκηση 9.3.17: Ενέργεια και ορμή του '1' στο σύστημα ηρεμίας του '2' [σ194]
10. Άσκηση 9.4.4: D'Alembert [σ201]
11. Άσκηση 9.5.1: Ανάκλαση φωτονίου σε κινούμενο καθρέπτη [σ204]
12. Άσκηση 9.5.2: Σκέδαση φωτός σε διεγερμένο άτομο [σ205]
13. Άσκηση 9.5.3:  $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$  [σ206]
14. Άσκηση 9.5.4: Φωτονικός πύραυλος [σ206]
15. Άσκηση 9.5.5: Ελαστική σκέδαση πρωτονίων [σ207]
16. Άσκηση 9.5.6: Σκέδαση  $\gamma e \rightarrow \gamma e$  [σ208]
17. Άσκηση 9.5.7: Απορρόφηση δυο φωτονίων σε [σ209]
18. Άσκηση 9.5.8: Σκέδαση  $2 \rightarrow 2$  με  $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$  [σ210]
19. Άσκηση 9.5.9: Διάσπαση  $1 \rightarrow 2$  με  $m_1 = m_2$  [σ211]
20. Άσκηση 9.5.26: Σκέδαση compton [σ230]
21. Άσκηση 9.5.28:  $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$  [σ234]

Σύνοψη Θεωρίας 4.1 – 4.6.