

(۱) فرض کنید دو رویداد در سیستم مختصات  $S$  رخ دهد. می توان فاصله فضا-زمانی این دو رویداد را به صورت زیر نوشت:

$$\Delta \tau^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

نشان دهید این کمیت در سیستم مختصاتی که در راستای محور  $x$  ها با سرعت ثابت  $u$  در جهت مثبت نسبت به سیستم  $S$ ، در حال حرکت است، ناورد است. (۱۰ نمره)

(۲) الف) یک جسم با چه سرعتی حرکت کند تا ناظر ساکن در آزمایشگاه، طول آن را ۲۵ درصد کمتر از طول ویژه، اندازه گیری کند؟ (۵ نمره)

ب) اگر اندازه عمر ویژه جسم مذکور  $200 \text{ ns}$  باشد، طول عمرش از دید ناظر ساکن در آزمایشگاه چقدر است؟ (۵ نمره)

(۳) فرض کنید رویداد  $A$  علت وقوع رویداد  $B$  است. آیا ممکن است در چهارچوب مرجع دیگری رویداد  $B$  قبل از  $A$  اتفاق بیفتد؟ توضیح دهید. (۵ نمره)

(۴) فرض کنید پارکینگی داریم که دو طرف آن باز است و ماشین می تواند به سادگی از یک طرف وارد و از طرف دیگر خارج شود. طول ویژه این پارکینگ ۲ متر است و ماشینی به طول سکون ۳ متر در حال حرکت به سمت آن است. از نظر ناظری که نسبت به پارکینگ ساکن است، دو سر ماشین همزمان به دو سر پارکینگ منطبق می شوند (به عبارتی در همان لحظه ای که جلوی ماشین به جلوی پارکینگ می رسد، عقب ماشین نیز به عقب پارکینگ می رسد).

الف) سرعت ماشین نسبت به پارکینگ چقدر است؟ (۵ نمره)

ب) طول پارکینگ از دید ناظر ماشین چقدر است؟ (۵ نمره)

ج) با رسم نمودار فضا-زمان از نظر ناظر ماشین، در خصوص همزمان رسیدن ابتدا و انتهای ماشین به انتها و ابتدای پارکینگ بحث کنید. (۵ نمره)

(۵) استخراج معادلات تبدیل لورنتس: شکل ماتریسی تبدیل بین دستگاه مختصات ساکن و دستگاه مختصات در حال حرکت به صورت زیر است:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ t' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ t \end{pmatrix}$$

الف) چرا می توان استنباط کرد که تبدیلات به صورت خطی است؟ (۶ نمره)

ب) چگونه می توان گفت که ضرایب  $a_{12}$ ،  $a_{13}$ ،  $a_{42}$  و  $a_{43}$  صفر است؟ (۴ نمره)

موفق باشید

موحد