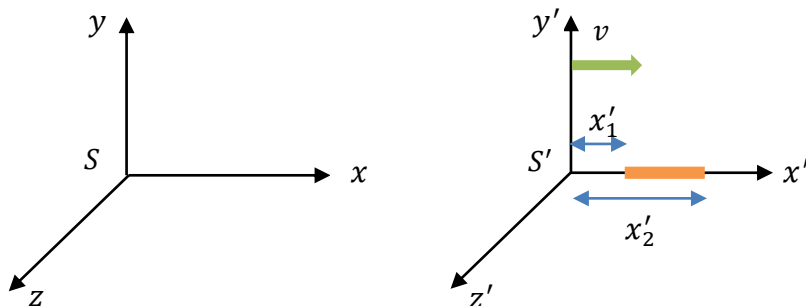


نمره تمرین با بر اساس نوع نگاه شما به مسئله و چگونگی حل آن متغیر خواهد بود. کم‌ترین نمره به پاسخ‌های اصطلاحاً Copy-paste ای اختصاص می‌یابد!

۱- میله‌ای را در نظر بگیرید که در امتداد محور x از چارچوب S قرار دارد و با سرعت v در همین امتداد نسبت به S حرکت می‌کند. این میله در چارچوب S' که نسبت به S با سرعت v حرکت می‌کند، ساکن است. (شکل زیر را ببینید)



الف) طول میله از دید ناظر S' چقدر است؟ نام این مقدار را l_0 بگذارید. l_0 را **ویژه طول** میله می‌نامیم، که منظور طول میله در چارچوب سکون آن است.

ب) طول میله از دید ناظر S چقدر است؟ نامش را l بگذارید. دقت کنید برای محاسبه این مقدار باید مختصه x دو انتهای میله را در یک زمان t ، که با ساعت‌های روی S اندازه‌گیری می‌شوند، بدانیم.

پ) l_0 را با l مقایسه کنید و دلیل بیاورید که چرا $l < l_0$ ؟

طول میله از دید ناظر S ، که نسبت به آن متحرک است، کوتاه‌تر از طولی است که ناظر S' اندازه می‌گیرد. طول هر میله برای ناظر ساکن بیشینه است. این پدیده به **انقباض طول** معروف است.

ت) نتیجه فوق را با رسم نمودار فضا-زمان هر دو ناظر بار دیگر توضیح دهید.

فرض کنید میله‌ای صلب به شکل مکعب مستطیل روی سطح بدون اصطکاک میزی حرکت می‌کند. روی سطح میز حفره‌ای وجود دارد که ویژه طول آن با ویژه طول میله برابر است. از دید ناظر ساکن نسبت به میز (ناظر S) میله که در حرکت است دچار انقباض طول می‌شود و در نتیجه هنگامی که به حفره می‌رسد درون آن سقوط می‌کند. اما ناظر ساکن نسبت به میله (ناظر S') چه می‌گوید؟ او نیز می‌گوید که حفره در حال حرکت است پس طول آن کوچک‌تر از ویژه طول میله خواهد شد و در نتیجه میله از روی حفره عبور می‌کند و درون آن نمی‌افتد. گویا به تناقض رسیدیم! 😊 نمونه مشابه این تناقض به **پارادوکس نردبان** (Ladder Paradox) مشهور است.

ث) در مورد پارادوکس بیان شده جستجو کنید و ایراد استدلال فوق را بیابید.

۲- **سرعت نور در محیط مادی متحرک:** حرکت محیط مادی (مانند آب) روی سرعت نور اثر می گذارد. این پدیده اولین بار در سال ۱۸۵۱ توسط فیزو (*Fizeau*) مشاهده شد. پرتوی نوری را در نظر بگیرید که از یک ستون افقی محتوی آب که دارای سرعت v است، می گذرد.

الف) نشان دهید اگر این پرتو در همان جهت شارش آب حرکت کند سرعت نوری که توسط چارچوب آزمایشگاه اندازه گیری می شود از رابطه زیر پیروی می کند، که در آن n ضریب شکست آب است.

$$u = \frac{c}{n} \left(\frac{1 + nv/c}{1 + v/nc} \right)$$

ب) نشان دهید برای $v \ll c$ ، عبارت فوق توافق خوبی با نتیجه آزمایشگاهی فیزو که به قرار زیر است، دارد:

$$u \approx \frac{c}{n} + v - \frac{v^2}{n^2}$$

****** این نشان می دهد برای نور، تبدیل سرعت لورنتس درست است و نه تبدیل سرعت گالیه.

۳- در چارچوب S ، دو رویداد A و B به ترتیب در مبدأ و فاصله X روی محور x به طور همزمان در $t = 0$ رخ می دهند. در چارچوب S' ، فاصله زمانی بین این دو رویداد T است.

الف) نشان دهید فاصله مکانی بین این دو رویداد در S' برابر است با $(X^2 + T^2)^{\frac{1}{2}}$.

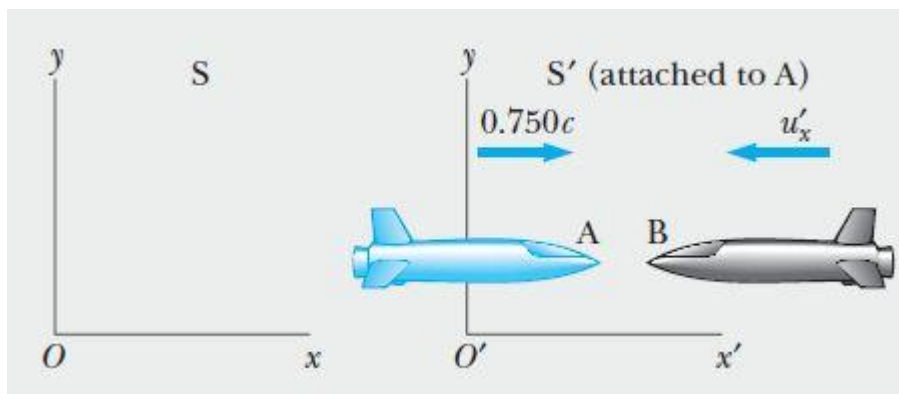
ب) سرعت نسبی دو چارچوب، v ، را بر حسب X و T به دست آورید.

ج) نمودار فضا-زمان را رسم کرده و تمامی کمیت های فوق را روی آن مشخص کنید.

۴- سه رویداد A ، B و C از دید ناظر O با ترتیب ABC رخ می دهند. ناظر دیگری، \bar{O} ، مشاهده می کند که این رویدادها با ترتیب CBA رخ می دهند. آیا ممکن است ناظر سومی ترتیب این رویدادها را به صورت ACB ببیند؟ پاسخ خود را با رسم نمودار فضا-زمان مستدل کنید.

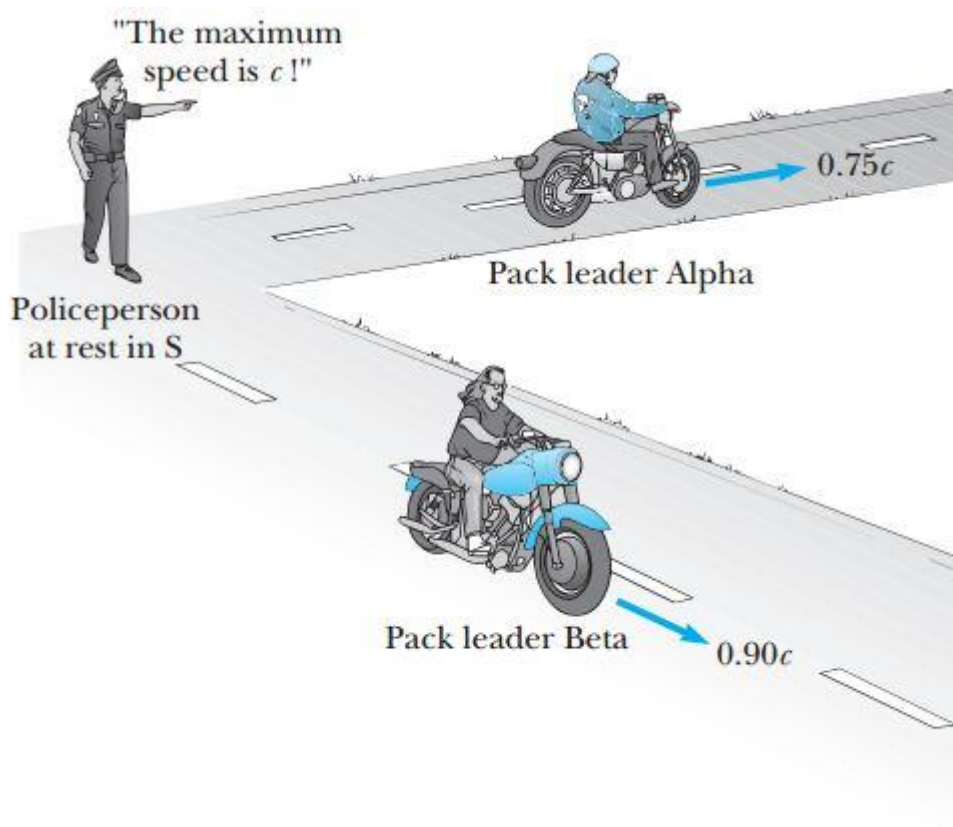
۵- سه ذره نسبتی A ، B و C روی محور x حرکت می کنند. سرعت ذره C نسبت به ناظر ساکن O برابر $v_{CO} = 0.2c$ ، سرعت ذره B نسبت به C برابر $v_{BC} = 0.2c$ و سرعت ذره A نسبت به B برابر $v_{AB} = 0.6c$ است. سرعت ذره A نسبت به ناظر O چقدر است؟ (کنکور دکتری ۹۵)

۶- همانند شکل زیر دو فضاپیما در جهت مخالف در حال حرکت هستند. ناظری در زمین سرعت A را $0.750c$ و سرعت B را $0.850c$ اندازه‌گیری می‌کند. سرعت B نسبت به A را بیابید.



منبع عکس در پاسخ تمرین‌ها بیان خواهد شد.

۷- دو موتور سوار با سرعت‌های نسبی در امتداد مسیرهای متعامد با هم مسابقه می‌دهند. موتور سوار بتا با چه سرعتی از کنار موتور سوار آلفا عبور می‌کند؟ (اطلاعات در شکل داده شده است.)



منبع عکس در پاسخ تمرین‌ها بیان خواهد شد.

موفق باشید. شجاعی