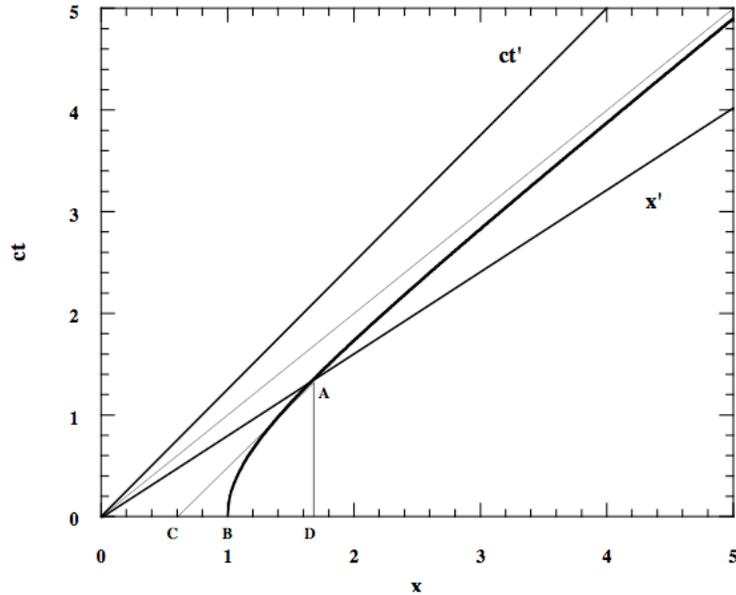
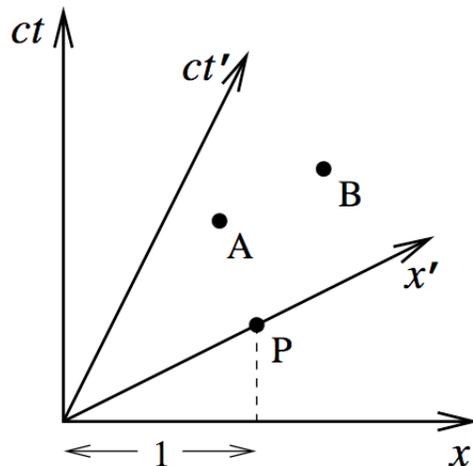


1. Il quadrante del diagramma di Minkowski mostrato nel grafico sottostante contiene gli assi  $x$  e  $x^0 = ct$  del sistema di riferimento inerziale  $S$  oltre a quelli del sistema  $S'$ ,  $x'$  e  $ct'$ , in moto rispetto al precedente con  $\beta = 4/5$  ( $\gamma = 5/3$ ). Il punto  $A$  sull'asse  $x'$  ha coordinate  $(ct', x') = (0, 1)$ . La figura è in scala.



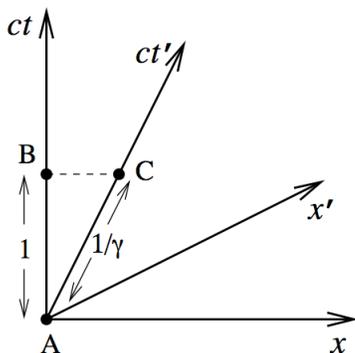
- (a) Il segmento  $AD$  è parallelo all'asse  $ct$ . Si usino le trasformazioni di Lorentz per ottenere le coordinate di  $D$  in  $S$ . Si confermi il risultato dalla lettura del grafico;
- (b) Il segmento  $AC$  è parallelo all'asse  $ct'$ . Si usino le trasformazioni di Lorentz per ottenere le coordinate di  $C$  in  $S$ . Si confermi il risultato dalla lettura del grafico;
- (c) La curva in grassetto che connette i punti  $A$  e  $B$  e la sua estrapolazione è disegnata in modo da incrociare l'asse  $x$  al valore 1. Intersecherebbe comunque ogni altro asse  $x''$  al valore  $x'' = 1$ . Si trovi l'equazione  $x(t)$  di questa curva.

2. Si studi il diagramma di Minkowski riportato in figura.

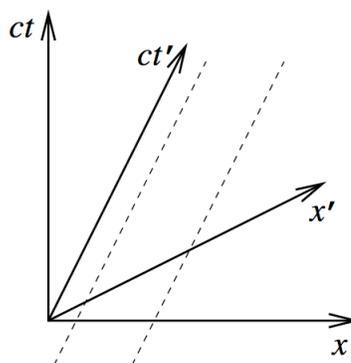


- (a) Si calibri l'asse  $x'$ , dando un valore  $x'$  all'evento  $P$ ;
- (b) Si dica se gli eventi  $A$  e  $B$  sono simultanei.

3. Si usi il diagramma seguente per mostrare la reciprocità della dilatazione dei tempi individuando un evento  $D$  significativo a riguardo.



4. Le linee tratteggiate indicano un'asta rigida ferma nel sistema di riferimento  $S'$ . Si indichino due eventi in figura che mostrano la misura della lunghezza dell'asta in  $S$  e due per la misura della lunghezza in  $S'$ .



5. Rispetto alla Terra, sulla quale si trova fermo Franco, Giovanni si allontana da Franco con velocità uniforme  $\beta = 0.8$ . Franco aspetta 3 anni e poi decide di raggiungere Giovanni in un tempo pari ad altri 3 anni.
- A che velocità deve andare Franco?
  - Che tempo segna l'orologio di Giovanni quando i due si incontrano?
  - Quanto lontano dalla Terra si incontrano (nel sistema di riferimento in cui la Terra è a riposo)?
  - Chi è più vecchio e di quanto?
6. Rispetto alla Terra, sulla quale si trova fermo Franco, Giovanni si allontana da Franco con velocità uniforme  $\beta = 0.8$ . Dopo tre anni, per ognuno nel proprio sistema di riferimento, Franco comincia a muoversi con velocità uniforme  $\beta = 0.8$  in direzione di Giovanni e Giovanni si ferma. Che data segnano i rispettivi orologi quando si incontrano?

7. Si immagini che lo spazio sia finito e in particolare che ogni punto nello spazio sia identificato con un punto a distanza  $L$

$$x \sim x + L,$$

ovvero che ogni direzione sia un cerchio di raggio  $L/(2\pi)$ . Si considerino dunque due osservatori in questo sistema di coordinate. Il primo ( $S$ ) a riposo e il secondo ( $S'$ ) in moto rettilineo uniforme rispetto al primo con velocità  $\beta$  volte la velocità della luce. Dopo un tempo  $L/(c\beta)$  per l'osservatore fermo in  $S$  i due si incontrano nuovamente. Chi è più giovane? Come si concilia la risposta con l'invarianza di Lorentz?

8. **Compito del 27/08/09:** Il Millennium Falcon si trova in rotta di collisione con un'astronave Y-wing. Entrambi sono immersi in un campo elettromagnetico intergalattico. Lo Y-wing misura solamente un campo magnetico  $B$  in direzione ortogonale alla direzione di avvicinamento del Millennium Falcon, mentre quest'ultimo misura sia un campo magnetico (nella stessa direzione, ma di intensità pari a  $5/4B$ ) sia un campo elettrico  $E = 3/4B$  (ortogonale alla direzione di avvicinamento ed anche alla direzione del campo magnetico).

- (a) Quanto veloce si sta muovendo il Millennium Falcon rispetto allo Y-wing?

*Il risultato si ottiene considerando le trasformazioni del campo elettromagnetico che vedremo successivamente. Per ora considerate il resto del problema, prendendo per data la soluzione della prima domanda:  $\beta = 0.6$ .*

Ad un dato istante  $t = t' = 0$  (evento A) il Millennium Falcon avverte lo Y-wing di spostarsi (tramite onde elettromagnetiche). Questo riceve il segnale al tempo  $t = T$  (evento C), risponde immediatamente al Falcon di fermarsi e nello stesso istante comincia a muoversi nella stessa direzione del Falcon ed alla stessa velocità.

- (a) Dopo quanto tempo (nel suo sistema di riferimento) il Millennium Falcon si ferma? (evento D)
- (b) A che distanza si trovano le due astronavi in questo istante (in entrambi i sistemi di riferimento)?
- (c) Si disegni il diagramma di Minkowski corrispondente alla sequenza discussa in precedenza evidenziando l'intervallo di tipo spazio tra le due astronavi all'istante simultaneo a  $D$ .