

## Rapporto causa-effetto in relatività

Se la simultaneità è relativa al sistema di riferimento, può accadere che due eventi A e B siano visti da due osservatori O e O', in moto uniforme l'uno rispetto all'altro, in sequenza inversa: ad esempio l'osservatore O vede accadere prima l'evento A e poi quello B, mentre l'osservatore O' vede accadere prima B e poi A. Ciò sembrerebbe non salvaguardare il principio di causa-effetto secondo il quale la causa deve sempre precedere il suo effetto.

In realtà è possibile far vedere che, se i due eventi A e B sono legati da un rapporto di causa-effetto, tutti gli osservatori vedono prima l'evento A e poi quello B.

In effetti poiché due eventi siano legati da un rapporto causa-effetto è necessario che una informazione passi dal primo evento al secondo; ma nessuna informazione può viaggiare a velocità maggiore di quella della luce. Pertanto una causa può produrre un certo effetto se un segnale (ad es. un'onda elettromagnetica) partendo dall'evento-causa raggiunge la posizione dell'evento-effetto prima che questo si verifichi.

Il quadrato dell'intervallo spazio-temporale dei due eventi per un qualsiasi osservatore è:

$$I^2 = c^2\Delta t^2 - \Delta s^2$$

E poiché al secondo membro compare una differenza possono accadere i seguenti casi su cui tutti gli osservatori sono d'accordo:

### Caso a)

$$c^2\Delta t^2 - \Delta s^2 > 0 \text{ cioè} \\ c\Delta t > \Delta s$$

Ciò significa che i due eventi possono essere uno causa dell'altro in quanto una informazione partita dal primo evento, viaggiando alla velocità della luce, raggiunge il secondo evento prima che questo si verifichi.

Se due eventi sono di questo tipo si dice che sono **eventi di tipo tempo**. Per due eventi di tipo tempo esisterà sempre un sistema di riferimento per il quale i due eventi accadranno nello stesso luogo; l'intervallo di tempo corrispondente sarà quindi l'intervallo di tempo proprio.

### Caso b)

$$c^2\Delta t^2 - \Delta s^2 = 0 \text{ cioè} \\ c\Delta t = \Delta s$$

Ciò significa che i due eventi possono essere uno causa dell'altro in quanto una informazione partita dal primo evento, viaggiando alla velocità della luce, raggiunge il secondo evento nell'istante in cui questo si verifica.

Se due eventi sono di questo tipo si dice che sono **eventi di tipo luce**. Solo una informazione che viaggia alla velocità della luce, partendo dal primo evento può raggiungere il secondo evento nello stesso istante in cui accade.

Caso c)

$$c^2\Delta t^2 - \Delta s^2 < 0 \text{ cioè}$$
$$c\Delta t < \Delta s$$

Ciò significa che i due eventi non possono essere uno causa dell'altro in quanto una informazione partita dal primo evento, viaggiando alla velocità della luce, raggiunge il secondo evento dopo che questo si è già verificato.

Se due eventi sono di questo tipo si dice che sono **eventi di tipo spazio**. Per due eventi di tipo spazio esisterà sempre un sistema di riferimento per il quale i due eventi accadranno contemporaneamente; la distanza tra i due eventi corrispondente sarà quindi la distanza propria.