Critiche alla Relatività Speciale

I PERCORSI UNIDIREZIONALI DELLA LUCE CONTRADDICONO IL 2° POSTULATO DELLA RELATIVITÀ SPECIALE

C.G. | Relatività Ristretta | 08/04/2021

Gv 9 " Veniva **nel mondo** la **luce** vera, quella che illumina ogni uomo "

SOMMARIO

Introduzione

1. L'aberrazione della pioggia e della luce
2. L'orologio a luce
3. Osservazioni
4. Il Cerchio di Aberrazione
5. Ellisse di Aberrazione e Spazio Tempo
6. Osservatore in moto ed Ellisse di Aberrazione
7. Effetto Doppler - Osservatore in moto
8. Effetto Doppler - Sorgente in moto
9. Effetto Doppler – Osservatore e Sorgente in moto
10. Osservazioni

Conclusioni

Riferimenti

Introduzione

Galileo Galilei aveva osservato che se ci si chiudeva all'interno di un vascello che navigava con velocità costante, non era possibile stabilire, mediante esperimenti fisici, la velocità del vascello. Aveva dedotto da questa considerazione il Principio di Relatività che prende il suo nome: *Tutte le leggi della Meccanica sono uguali in tutti i sistemi di riferimento in moto rettilineo uniforme*. Successivamente, con la scoperta dell'elettromagnetismo, si è osservato che i fenomeni elettromagnetici non obbediscono al suddetto Principio di Galileo. La luce infatti non viene trascinata dai sistemi in moto.

Con il 2° Postulato della Relatività Speciale (RS), ipotizzando la velocità della luce costante per tutti i sistemi inerziale, anche i fenomeni elettromagnetici vengono inclusi nel principio (più generale) della Relatività Speciale: *Tutte le leggi fisiche sono uguali in tutti i sistemi di riferimento inerziali.*

Con tale postulato si suppone cioè che in ogni sistema in moto rettilineo uniforme (inerziale) la velocità della luce sia isotropa (uguale in tutte le direzioni). Tale postulato viene tradotto in pratica nella sincronizzazione degli orologi: posti 2 orologi alle estremità A e B di un'asta, se dal suo centro O si fanno partire due lampi di luce verso A e B, gli istanti in cui tali lampi arrivano in A e B si considerano simultanei qualunque sia la velocità dell'asta.

Risulta evidente che questa <u>simultaneità non è assoluta</u> poiché dipende dalla velocità del sistema-asta. La velocità della luce viene considerata, quindi, isotropa per qualsiasi sistema in moto. Infatti, indicata con v la velocità del sistema, si pone che in qualsiasi direzione sia sempre: $c \pm v = c$ e che la somma delle velocità sia data dalla formula: $c = (c+v)/(1+v*c/c^2)$ (0.1).

Si può dare, allora, la seguente definizione: "*Il 2° postulato della RS ipotizza la velocità della luce invariante relativamente ad ogni sistema in moto*". In tale frase risulta evidente l'antinomia, l'ossimoro cioè l'accostamento di termini contrapposti: invarianza relativa. O la velocità della luce è un'invariante e non dipende dal sistema (come effettivamente deve essere) o è relativa-dipendente dal sistema. Per tale motivo tale ipotesi apre le porte alla relatività delle grandezze fisiche. **[1]**

Basandosi sul 2° postulato, la RS può ritenersi matematicamente corretta, ma non realistica, così come può ritenersi matematicamente corretta la definizione della *retta immaginaria*, la quale risulta perpendicolare a sé stessa. In altri termini, il suddetto postulato ci trasporta in un mondo matematicamente corretto ma immaginario, dove gli spazi e i tempi non sono più reali (univoci) ma relativi e diversi per ogni sistema di riferimento.

Si mette in evidenza che l'ipotesi del 2° postulato (affinché *Tutte le leggi fisiche siano uguali in tutti i sistemi di riferimento inerziali)* è una scelta arbitraria che ha un prezzo molto alto da pagare: la relatività delle grandezze fisiche.

Ritengo opportuno ancorché doveroso porsi, pertanto, le seguenti domande:

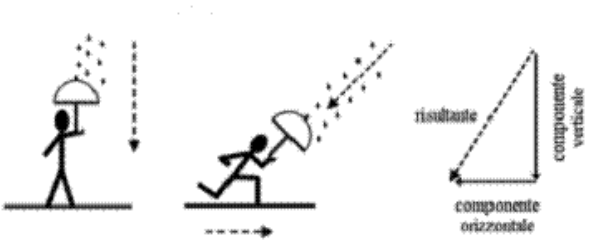
1. E' necessario adottare il 2° postulato?

2. Tutte le leggi fisiche risultano veramente uguali in tutti i sistemi inerziali?

In questo articolo, posto che il 2° postulato interessa i percorsi unidirezionali della luce, verranno analizzati i fenomeni fisici come l'aberrazione e l'effetto Doppler facendo a meno di tale postulato, al fine rilevare la sua reale necessità. Risulterà che, per la descrizione di tali fenomeni non sarà necessario utilizzare tale postulato, anzi il suo utilizzo darà risultati errati. Si vedrà, altresì, che in assenza di tale postulato si avranno deformazioni spaziali e temporali analoghi a quelli relativistici ma con un significato reale e privo di paradossi.
Nota: Per le formule utilizzate vedi [trigonometria10.gif (692×646) (mathisintheair.org)]

1. L'aberrazione della pioggia e della luce

Supponiamo che la pioggia cada verticalmente con una velocità p e che ci muoviamo con velocità v. Le gocce di pioggia le vedremo arrivare alla velocità risultante e con un angolo (rispetto alla verticale) rispettivamente:



$$p' = (p^2 + v^2)^{1/2} \qquad (1.1)$$

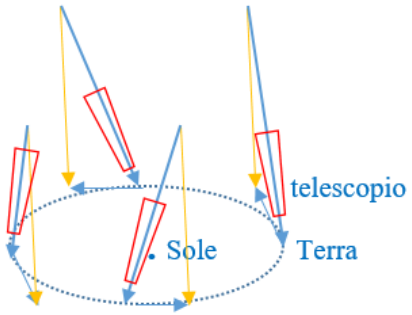
$$\Psi \approx v/p \qquad (1.2)$$

Si nota che il numero di gocce che incontriamo è proporzionale alla velocità p' risultante della velocità della pioggia e della nostra velocità cambiata di segno.

Questo fenomeno non è un'illusione ottica, in quanto le gocce che si incontrano quando ci muoviamo stanno realmente lungo una retta inclinata. Tale fenomeno viene chiamato aberrazione e Ψ angolo aberrazione.

Il fenomeno dell'aberrazione si verifica anche con la luce. Se, ad esempio, vogliamo osservare le stelle poste sulla nostra verticale, dobbiamo inclinare il telescopio rispetto alla verticale di un angolo di aberrazione Ψ che tenga conto del moto della Terra attorno al Sole.

Si fa osservare che, come già indicato in premessa, secondo la RS nel caso della luce la risultante (velocità della luce più velocità dell'osservatore) dovrebbe essere calcolata con la formula relativistica:



$$c = (c \pm v)/(1 \pm v*c/c^2) \qquad (1.3)$$

Immagini da *Giornale di Astronomia-Spigolature Astronomiche*: http://www.bo.astro.it/sait/spigolature/spigo103base.html

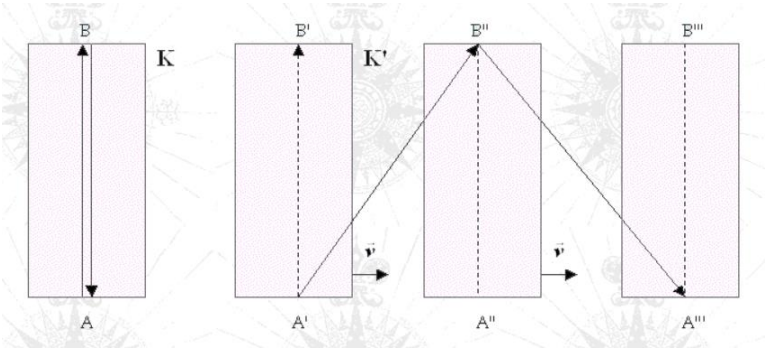
Il fenomeno dell'aberrazione fu scoperto da Bradley nel 1728 osservando la stella *γDraconis*. Egli si accorse che per osservare la stella doveva variare l'inclinazione del telescopio al variare della velocità (posizione) della Terra attorno al Sole. Bradley rilevò una "variazione" dell'angolo di aberrazione della luce pari a 20,50 secondi d'arco.

Si osserva che la direzione della luce (in arancione) proveniente da una stella molto lontana durante l'anno non cambia. Per l'osservatore sulla Terra, tuttavia, tale direzione (in blu) varia a causa del suo moto attorno al Sole. Il telescopio (in rosso), infatti, deve variare la sua inclinazione per catturare il raggio della stella sull'oculare.

La suddetta inclinazione, a mio avviso, deve, tuttavia, ritenersi relativa poiché considera solo della "variazione" della velocità della Terra rispetto al Sole. Per cui il telescopio viene inclinato di un angolo di aberrazione che corrisponde con la sua velocità *"totale"* rispetto alla direzione della luce.

2. L'orologio a luce

Consideriamo l'esperimento mentale dell'orologio a luce. Esso viene preso come esempio per spiegare il rallentamento del tempo nella Relatività Speciale (RS) all'aumentare della velocità. **[1]**



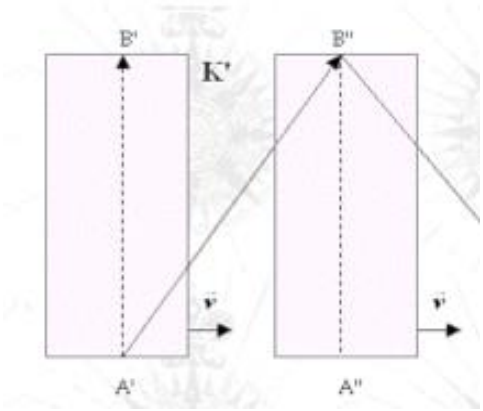
L'orologio a luce calcola il tempo impiegato da un fotone a compiere il percorso di andata e ritorno tra i due specchi piani e paralleli A e B. Considerati due orologi a luce K e K' in quiete, i tempi impiegati dai fotoni evidentemente saranno uguali. Se, invece, l'orologio K' si mette in moto con velocità v rispetto all'orologio K, si ritiene che il tempo impiegato dal fotone sia maggiore in quanto si ritiene che compia un percorso diagonale.

Secondo la RS non è possibile distinguere quale dei due orologi sia in moto, in quanto non esiste un sistema di riferimento assoluto (tutti i sistemi si ritengono uguali). Per la suddetta Teoria sussistono, pertanto, entrambi i casi: 1) per l'osservatore solidale con l'orologio K è l'orologio K' a rallentare; 2) per l'osservatore solidale con l'orologio K' è l'orologio K a rallentare.

3. Osservazioni

La luce non viene trascinata dall'orologio, ossia **la velocità della luce non dipende dal moto della sorgente.** A riguardo: *"De Sitter mostrò che la velocità della luce proveniente da due stelle, di cui una in allontanamento ed una in avvicinamento al punto di osservazione, rimane costante (Paradosso di De Sitter) evidenziando che la velocità della luce è una costante universale e non dipende dal moto della sorgente emettente."* [3] e [3a]. Pertanto, il fotone

sparato in direzione verticale colpirà lo specchio superiore solo se l'orologio è realmente fermo.



Viceversa, se l'orologio è in moto orizzontale con velocità v il fotone colpirà lo specchio superiore solo se verrà sparato con un' inclinazione $\Psi \approx B'B''/A'B'' = v/c$.

Quindi, **il lampo di luce sparato in direzione verticale avrà tale direzione qualunque sia la velocità dell'orologio. Tale direzione costituisce, quindi, un sistema di riferimento unico** per qualsiasi orologio.

L'orologio a luce costituisce un fenomeno di aberrazione. Infatti, se un osservatore in B volesse catturare il raggio proveniente da A ed avente direzione verticale con un cannocchiale (ricordando quanto detto per l'aberrazione della luce) dovrebbe inclinare lo strumento in avanti dell' angolo $\Psi = v/c$. Rapporto della sua velocità e la velocità del raggio di luce (la velocità v non è relativa in quanto viene confrontata con il raggio di luce).

Considerando il triangolo A'B'B" e la direzione ortogonale A'B' del lampo di luce dal Teorema di Pitagora si ricava:

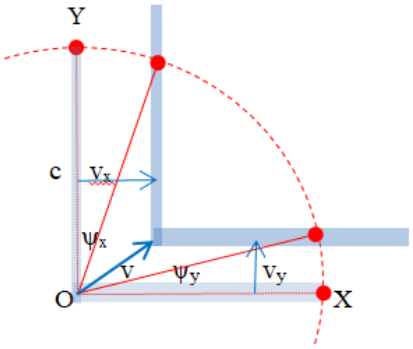
$$(A'B'')^2 = (A'B')^2 + (B'B'')^2 \quad \text{da cui} \quad (c*t')^2=(c*t)^2+(v*t')^2 \quad \rightarrow \quad t'^2=(c*t)^2/(c^2-v^2) \quad \rightarrow$$

$$t' = t/(1-v^2/c^2) \qquad (3.1)$$

Cioè l'inclinazione restituisce la velocità v "reale" del sistema e quindi la dilatazione "reale" del tempo. Si pone per il seguito: $1/(1-v^2/c^2) = \gamma$

Il 2° postulato della RS, negando a priori la possibilità di individuare un sistema privilegiato, contrasta con la proprietà della luce di essere indipendente dal moto della sorgente.

Calcolo della velocità con l'angolo di aberrazione. Premesso che la velocità della luce non dipende dal moto della sorgente, consideriamo 2 sistemi di assi cartesiani, il primo fermo il secondo in moto con velocità sconosciuta v di componenti v_x e v_y *(vedi figura)*. Poniamo che nell'istante t = 0 i due sistemi coincidano e che in tale istante partano dall'origine O dei lampi di luce (palline rosse).



Affinché il primo sistema di assi risulti realmente fermo i lampi di luce sparati nelle direzione ortogonali degli assi X e Y (aberrazione nulla) devono percorrere tali assi.

Nel secondo sistema le direzioni/inclinazioni ψ_y e ψ_x, che consentono ai raggi di percorrere gli assi X e Y in moto, permettono di calcolare le componenti della velocità v: $v_y = \psi_y * c$ e $v_x = \psi_x * c$.

Si può rilevare dalla figura che i quattro lampi di luce (palline rosse) percorrono tutti la stessa distanza mentre gli angoli ψ sono proporzionali alle velocità.

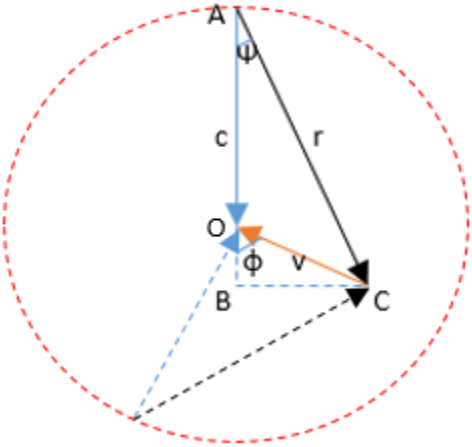
Pertanto, **a differenza di quanto ipotizza la RS, risulta possibile, utilizzando il fenomeno dell'aberrazione, individuare il moto reale di un sistema.**

Nell'esperimento simile proposto da David Bryan Wallace al posto dei 2 specchi vengono messi due orologi per misurare i tempi di percorrenza dei raggi ossia le distanze percorse dalla luce (invece degli angolo di aberrazione). Secondo l'esperimento, tale sistema fissato sulla Terra misurerà valori temporali diversi, ossia valori della velocità della luce diversi al variare della velocità della Terra con la sua rotazione (così da dimostrare l'anisotropia della luce per l'osservatore solidale con la Terra). [4]

(*) E' più corretto parlare di orologio a fotone o a lampi di luce, invece che di orologio a luce, al fine di avere "proiettili" che siano indipendenti dal moto della sorgente. Infatti mentre il fotone una volta emesso percorre una linea retta, il raggio di luce essendo costituito da un insieme di fotoni emessi dalla sorgente uno dopo l'altro in tempi diversi può avere una linea curva se la sorgente è in moto. Si veda https://www.motionmountain.net/motionmountain-volume2-it.pdf esempio del faro pag. 19 e 20.

4. Il Cerchio di Aberrazione (Osservatore in moto)

Si è visto che nel caso in cui le velocità c della pioggia e v del sistema sono ortogonali (Φ=90°) l'angolo di aberrazione è Ψ = v/c.



In generale, noto l'angolo Φ (compreso tra le velocità c e v) è possibile ricavare la velocità *r* (risultante di *c* e –v) e l'angolo di aberrazione Ψ. A tale scopo si fa variare l'angolo Φ, facendo ruotare la velocità c attorno ad O. Si ottiene così un cerchio di centro O e raggio c che chiamiamo cerchio di aberrazione (*vedi figura*).

Da esso, mediante la tangente e il teorema di Pitagora, si possono ricavare l'angolo di aberrazione Ψ e la velocità r in funzione di Φ:

$$\tan\Psi = BC/AB = v*\text{sen}\Phi/(c+v*\cos\Phi) \qquad (4.1)$$

$$AC = |r| = ((c+v*\cos\Phi)^2 + (v*\text{sen}\Phi)^2)^{1/2} \qquad (4.2)$$

Il cerchio di aberrazione, pertanto, descrive l'angolo di aberrazione Ψ e la velocità risultante r (l'intensità) con cui l'Osservatore (in moto con velocità v) vede arrivare la pioggia al variare dell'angolo ϕ. Risulta evidente (vedi figura) che per v=0, la velocità risultante r = c e l'aberrazione Ψ= 0 in tutte le direzione.

Dalle (4.1) e (4.2) per Φ= 90° si ritrovano rispettivamente le (1.1) e (1.2).

Dalla (4.2) : per θ= 0° r= c+v (4.2a), per θ= 180° r= c-v (4.2b)

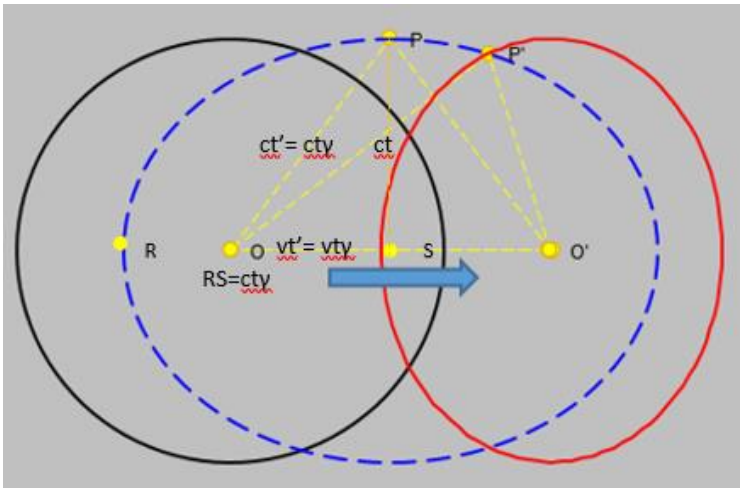
Osservazioni: La quantità di gocce che incontra l'Osservatore è data dalla velocità r (4.2) somma della velocità della pioggia c e della sua velocità v. In sostanza la (4.2) equivale alla formula dell'effetto Doppler con Sorgente ferma e Osservatore in moto.

Le 2 formule sono descritte dal *vettore velocità* composizione della velocità della pioggia con la velocità dell'Osservatore. Infatti la (4.1) rappresenta la ***direzione** del vettore* e descrive l'*aberrazione* della pioggia, la (4.2) rappresenta il ***modulo** del vettore* e descrive l'*effetto Doppler*. Vedremo, di seguito, che le 2 formule per la pioggia, a meno del coefficiente di deformazione γ, corrispondono alle formule dell'aberrazione e dell'effetto Doppler per la luce.

5. Ellisse di Aberrazione e Spazio Tempo

Definiamo come ***Sistema Assoluto*** quel **sistema che ha velocità nulla**, ossia **aberrazione della luce nulla in tutte le direzioni**. Definiamo, altresì, come **Circonferenza relativistica Cr** ***il luogo dei punti la cui distanza dal centro viene percorsa in andata e ritorno dai raggi di luce nello stesso intervallo di tempo.*** Si evidenzia che, mentre con l'interferometro di Michelson-Morley si mettono in relazione le deformazioni dei 2 bracci lungo due direzioni ortogonali al variare della velocità, con **la circonferenza relativistica si mettono in relazione le deformazioni di tale circonferenza Cr in tutte le direzioni**. (*)

Consegue che quando la *Cr* risulta ferma (nera) è una circonferenza (aberrazione nulla). Mentre, quando è in moto (rossa) con velocità v si contrae nella direzione del moto di $L = L/\gamma$ mentre il tempo impiegato dalla luce aumenta a $t' = t*\gamma$, dove γ è il fattore $\gamma = 1/(1- v^2/c^2)$, (*vedi (3.1)*). In particolare, si osserva che il raggio di luce parte dal centro O e, dopo aver toccato la Cr e percorso uno spazio 2ct', ritorna al centro O che nel mentre si è spostato di 2vt' in O'. (*vedi figura*). [5]



Definita come *ellisse di aberrazione* (blu) con fuochi O e O' il luogo dei punti P' la cui distanza dai fuochi O ed O' è costante, le distanze OP' e P'O' costituiscono i percorsi di andata e ritorno dei raggi di luce. [6]

Si evidenzia che tali raggi rimangono all'interno sia dell'ellisse (blu) che della Cr (rossa) in moto e le toccano nello stesso istante. (*)

Dal *triangolo rettangolo delle distanze* OPS si ha: $PS^2 = OP^2 - OS^2$ cioè:

$$(c*t)^2 = (c*t')^2 - (v*t')^2 \qquad (5.1)$$

La (5.1) è una **distanza invariante** in quanto non varia con la velocità v del sistema e mette in relazione lo *spazio* e il *tempo* del sistema in moto con lo *spazio* e il *tempo* del *Sistema Assoluto*.

Dalla (5.1) posto $\gamma = 1/(1- v^2/c^2)$ si ricava il ***tempo proprio*** *t'*

$$t' = t*\gamma \qquad (5.1a)$$

Mentre la lunghezza *L'* (lo ***spazio*** *)* della Cr nella direzione del moto deve essere tale che il raggio di luce impieghi lo stesso tempo totale di andata e ritorno $2*t' = t_1 + t_2$ con $t_1 = L'/(c+v)$ e $t_2 = L'/(c-v)$ $\rightarrow$ $t_1 + t_2 = 2*t*\gamma = L'*2c/(c^2 - v^2) \rightarrow$ $c*t*\gamma = L'*c^2/(c^2 - v^2)$ e $L*\gamma = L'*\gamma^2$ infine

$$L' = L/\gamma \qquad (5.1b)$$

Poste le *L'* e *t'* della (5.1a) come unità di spazio e di tempo per il sistema in moto, **la luce, in un percorso di andata e ritorno e qualunque sia la velocità del sistema, risulta avere sempre velocità unitaria**.

La distanza invariante (5.1) è diversa dalla grandezza invariante della Relatività Speciale, in quanto essa si ricava dall'esperimento di Michelson-Morley senza l'ipotesi del 2° Postulato. Posto che l'aberrazione risulta nulla solo se la luce è isotropa (sistema fermo), mentre l'aberrazione è presente se la luce non risulta isotropa (sistema i moto).

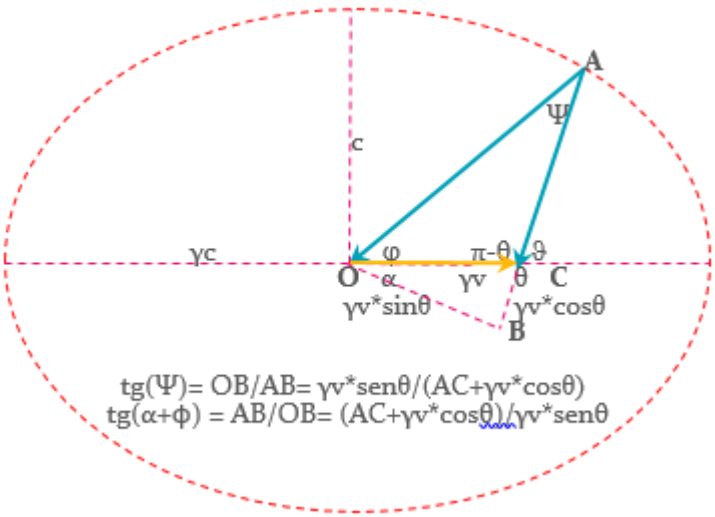
Si evidenzia che non è possibile misurare la contrazione del corpo, in quanto il regolo per la misura quando viene ruotato si contrae parimenti al corpo. A differenza della Relatività, dove la contrazione è relativa a 2 sistemi fra loro in moto, nel nostro caso la contrazione è reale per cui con il moto del sistema non si conserva la simmetria: la Circonferenza relativistica Cr diventa una ellisse ... con le conseguenze dinamiche (aumento dell'energia ...).

(*)Tale comportamento è dovuto alla costanza della velocità della luce nei percorsi chiusi in tutte le direzioni e per qualsiasi velocità. In Aberrazione luce - YouTube sono rappresentati la Cr, l'ellisse di aberrazione, il tempo t' e lo spazio x' al variare della velocità v. **[4.1]**

6. Ellisse di Aberrazione e Osservatore in moto

Nel capitolo 4 è stato definito il *cerchio di aberrazione* per descrivere l'aberrazione della pioggia e la sua intensità (frequenza Doppler) al variare della sua direzione. Nel capitolo 5 è stata definita (mediante la circonferenza *Cr)* l'*ellisse di aberrazione* che permette, adesso, di calcolare l'aberrazione Ψ dei raggi di luce e la loro intensità in funzione della direzione θ.

Si è visto che i raggi di luce rimangono all'interno sia dell'ellisse (blu) che della Cr (rossa) in moto e le toccano nello stesso istante. L'*ellisse di aberrazione* risulta dilatata del coefficiente γ nella direzione del moto per cui ha semiassi: $s_x = \gamma c$ ed $s_y = c$.



In coordinate cartesiane l'ellisse è:

$$x^2/(\gamma c)^2 + y^2/c^2 = 1$$

Se un fuoco dell'ellisse coincide con l'origine degli assi, ricordando che ct = λ_0= 1, il raggio:

$$\mathbf{r(\theta) = \lambda(\theta) = AC = \gamma^*(c^2-v^2)/(c+v^*\cos\theta)} \qquad (6.1)$$

Risulta: $r(0°)=\gamma^*(c-v)$ (6.1a); $r(180°)=\gamma^*(c+v)$ (6.1b); $r(90°)=\gamma^*(c^2-v^2)/c= 1/\gamma$ (6.1c)

La (6.1) è la risultante della velocità OA della luce e della velocità γv del sistema in moto e corrisponde alla (4.2) per la pioggia.

Si ha: $OA = [(\gamma v+AC^*\cos\theta)^2+(AC^*\mathrm{sen}\theta)^2\ ]^{1/2}$

Da esse, rispettivamente mediante la formula della tangente e del teorema dei seni, si ha:

$$tg\Psi= OB/AB= \gamma v\mathrm{sen}\theta/(AC+\gamma v^*\cos\theta) \quad (6.2) \qquad \mathbf{sen(\varphi)= AC^*sen(\pi-\theta)/OA \quad (6.3)}$$

Dove θ è l'angolo reale di direzione della stella A, φ è l'**angolo di aberrazione** con cui viene vista la stella A mentre Ψ = θ- φ.

Se si vuole, invece, calcolare l'**angolo di aberrazione φ_r** secondo la Relatività Speciale occorre applicare la somma relativistica v_r delle velocità: $c = (v+c)/(1+vc/c^2)$ (1.3)

dalla quale si ricava: **[7] e [7a]**

$$\mathbf{tg\varphi_r = sen\theta/\gamma(\cos\theta+v/c) \quad (6.4)}$$

Si rileva che **l'angolo di aberrazione relativistica φ_r, in quanto maggiore dell'angolo di aberrazione φ della (6.3), non risulta corretto.**

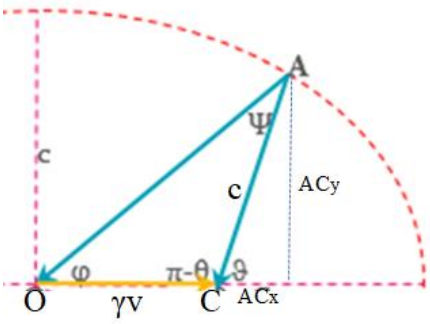
Se scriviamo la (6.4) come: $tg\varphi_r = c^*\mathrm{sen}\theta/(\gamma c^*\cos\theta+\gamma v)$ e troviamo l'angolo θ per cui c = AC, si ha:

$c^*\mathrm{sen}\theta = ACy$ dove ACy proiezione di AC sull'asse Y,

$\gamma^*c^*\cos\theta = \gamma^*ACx$ dove ACx proiezione di AC sull'asse X

$\gamma v = OC$.

La (6.4) diventa: $\mathbf{tg\varphi_r = ACy/(\gamma ACx+OC)}$ **(6.4a)**



la quale, come si nota dalla figura, risulta errata per la

presenza del coefficiente γ che moltiplica ACx.

La formula che si ricava dall'ellisse di aberrazione, che è concorde con la (6.3), risulta:

$$tg\varphi = c*sen\theta/(c*cos\theta+\gamma v) \quad (6.3b)$$

Si trova che la differenza $\Delta = \boldsymbol{\varphi_r} - \boldsymbol{\varphi}$ risulta nulla per 0° e 180°, mentre aumenta attorno ai 45°.

Per v = 0,5 e θ = 60°, ad esempio, risulta: γ= 1.1547, ϕ = 33,031°, ϕ_r= 36,898° e Δ = 3,86°.

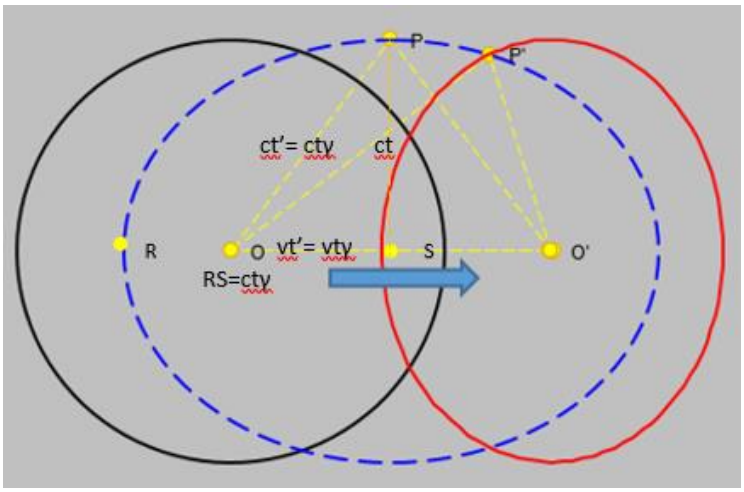
Osservazioni: **L'utilizzo della formula (1.3)** (somma relativistica delle velocità) **nella (6.4) restituisce un valore errato dell'angolo di aberrazione $\boldsymbol{\varphi_r}$.** Anche per il calcolo delle lunghezze d'onda, date dalla (6.1), l'utilizzo della (1.3) restituirebbe un valore errato. Si fa rilevare, infatti, che le formule corrette(6.1a) e (6.1b), a meno del coefficiente γ, risultano analoghe alle (4.2a) e (4.2b) (per la pioggia) calcolate senza l'utilizzo della (1.3).

7. Effetto Doppler - Osservatore in moto

Dalla (6.1) come dall'ellisse di aberrazione (blu) di fuochi O e O', semiassi RS = ct*γ e PS = ct, posti: r = ct = 1, β = v/c, $\gamma = 1/(1-\beta^2)^{1/2}$ si ricavano:

- OS = OO'/2 = vt*γ
- RO = RS-OS = (c–v)t*γ = ct*(1-β)*γ = t*(1-β) *γ = PS*$[(1-\beta)/(1+\beta)]^{1/2}$ (7.1a)
- RO'= RS+OS = (c+v)t*γ = ct*(1+β)*γ= t*(1+β)*γ = PS*$[(1+\beta)/(1-\beta)]^{1/2}$ (7.1b)

Le (7.1a) e (7.1b), indicate con PS = λo , RO= λ' ed RO'= λ'', possono essere interpretate come lunghezze d'onda. Mentre le inverse (essendo λ = c/ν con c costante) come le frequenze Doppler lungo le direzioni RO e RO' dovute al moto dell'osservare: **[8]**



$$\nu+ = \nu_0*[(1+\beta)/(1-\beta)]^{1/2} \quad (7.2a)$$

$$\nu- = \nu_0*[(1-\beta)/(1+\beta)]^{1/2} \quad (7.2b)$$

Dalla (6.1), posto β=v/c, si ricava la lunghezza d'onda per una generica direzione O'P' (con angolo θ):

$$\mathbf{r(\theta) = \lambda(\theta) = ct*\gamma*(1-\beta^2)/(1+\beta*cos\,\theta) \quad (7.1)}$$

Mentre per la frequenza: $\nu(\theta) = \nu_0*(1+\beta*cos\,\theta)/[\gamma*(1-\beta^2)]$ (7.4)

Si ha: per λ(0°) = γt*(c-v) vedi (7.1a) ; per λ(180°) = γt*(c+v) vedi (7.1b).

$$per\ \lambda(90°) = \lambda_0*\gamma*(1-v^2) = \lambda_0/\gamma \quad (7.4c)$$

Osservazioni: Le (7.1a) e (7.1b) descrivono gli effetti Doppler longitudinali, mentre la (7.4c) con θ=90° (raggi ortogonali alla velocità v_o) descrive l'effetto Doppler trasversale **[9].**

Nell'effetto Doppler trasversale, stante che oltre alla luce e al sistema in moto non sono presenti altri sistemi, sia la velocità v che il coefficiente γ non possono che ritenersi reali. Tale effetto Doppler corrisponde col fenomeno di aberrazione nell'orologio a luce. Osserviamo che nell'effetto Doppler si trova la somma galileiana delle velocità c della luce e v del sistema, a meno del coefficiente relativistico γ. Mentre non vengono utilizzate le formule tipiche del 2° postulato come la (1.3). Qualora si applicassero tali formule si otterrebbero dei valori diversi dai valori noti. L'effetto Doppler viene interpretato non come una variazione della velocità risultante (come per la pioggia) ma come una variazione della frequenze della luce che per l'osservatore, per tale postulato, risulta costante.

8. Effetto Doppler - Sorgente in moto.

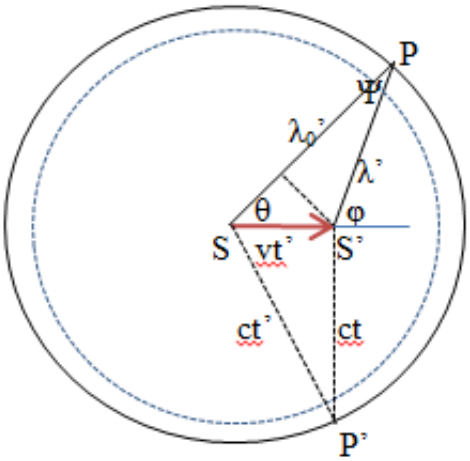
Consideriamo come sorgente una stella S in moto con velocità v. A causa di tale velocità l'onda sarà emessa con un tempo dilatato t' = γ*t e con una lunghezza λ_o'=γ*λo.

Osserviamo che se la sorgente si trova a una grande distanza, l'osservatore non potrà percepisce il moto della sorgente, per cui la direzione φ= S'P dei raggi è la direzione Stella – Osservatore.

Consideriamo che all'istante to= o S emetta la 1ª onda che si espande con velocità c. Dopo il tempo t' l'onda avrà percorso lo spazio SP= λ_o'= c*t', mentre S avrà percorso lo spazio SS' = vt'. La 2ª onda, allora, sarà emessa dal punto S' e sarà decentrata rispetto alla 1ª.

La distanza tra la 1ª e la 2ª onda λ'= S'P dipenderà dalla posizione di P sulla circonferenza. *(vedi figura)*

In altre parole la lunghezza d'onda λ' che percepisce l'Osservatore dipende dall'angolo θ compreso tra la direzione della velocità v della stella e la direzione Stella-Osservatore.



Considerato il triangolo SPS' noti SP = λ_0', SS' = vt' e fissato l'angolo θ, come per la (4.2):

$$\lambda'(\theta) = ((\lambda_o'-vt'*\cos\theta)^2+ (vt'*\mathrm{sen}\theta)^2)^{1/2} \qquad (8.1) \quad \text{ossia}$$

$$\lambda' = ((\gamma ct - \gamma vt*\cos\theta)^2+ (\gamma vt*\mathrm{sen}\theta)^2)^{1/2} = \gamma t*[(c- v*\cos\theta)^2+ (v*\mathrm{sen}\theta)^2]^{1/2} \qquad (8.1)$$

Ugualmente con il teorema di Carnot: $\boldsymbol{\lambda'(\theta)= \gamma t*(c^2+ v^2 - 2vc*\cos\theta)^{1/2}}$ (8.2)

Per esprimere la (8.2) in funzione di φ ricordiamo che: θ= φ -Ψ con sen(Ψ)= sen(φ)*v/c.

Si ha: $\lambda(0°)= \gamma t*(c^2+ v^2 - 2cv)^{1/2} = \gamma t*(c- v)$ (8.1a); $\lambda(180°)= \gamma t*(c+ v)$ (8.1b)

che corrispondono alle (7.1a) e (7.1b).

per $\lambda(90°) = \gamma t*(c^2+ v^2)^{1/2} = \lambda_o*[(c^2+ v^2)/(c^2 - v^2)]^{1/2} = \lambda_o*[(1+ \beta^2)/(1 - \beta^2)]^{1/2}$ (8.2)
mentre il raggio ortogonale S'P' non subisce deformazioni essendo: λ = ct *(vedi figura)*.

Si osserva, infine, che la velocità della luce c non dipende dalla velocità della Sorgente.

9. Effetto Doppler - Osservatore e Sorgente in moto.

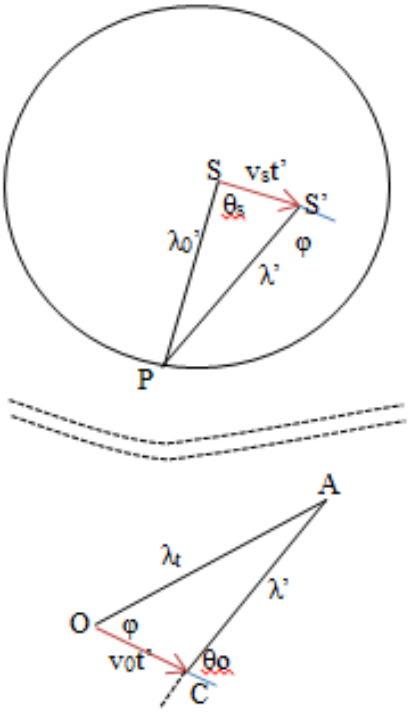
Poiché si ritiene che esista un sistema assoluto (*il sistema luce)* e che l'interazione tra Osservatore e Sorgente avvenga tramite la luce, la velocità della luce qui verrà messa in relazione prima con la velocità della Sorgente, quindi con la velocità dell'Osservatore. Ciò a differenza della Relatività che, non ammettendo l'esistenza di un sistema particolare, mette in relazione la velocità della luce con la velocità relativa tra Sorgente e Osservatore.

Considerati in moto sia l'Osservatore O sia la Sorgente S rispettivamente con velocità vo e vs, calcoliamo l'effetto Doppler dovuto al moto v_s della Sorgente S.

Noto l'angolo φ compreso tra la velocità v_s e la direzione Sorgente-Osservatore S'P e poiché: $sen(\Psi)= sen(\varphi)*v/c$ ricaviamo $\theta s = \varphi-\Psi$.

Trovato θs mediante la (8.2) calcoliamo la *lunghezza d'onda* (l'effetto Doppler) lungo la S'P:

$$S'P= \lambda'(\theta) = \gamma_s\lambda_o*(1+ v_s^2 - 2v_s*\cos\theta s)^{1/2} \qquad (8.2)$$



Calcoliamo, quindi, l'effetto Doppler e l'aberrazione dei raggi dovuti alla velocità v_o dell'osservatore O mediante la (6.1) :

$$r(\theta) = \gamma_o\lambda*(1-v_o^2)/(1+v_o*\cos\theta o) \qquad (6.1)$$

Calcoliamo, infine, l'effetto Doppler complessivo inserendo nella (6.1) la λ'(θ) della (8.2):

$$r(\theta) = \lambda_t = \lambda'(\omega)*\gamma_o(1-v_o^2)/(1+v_o*\cos\theta o) =$$

$$\boldsymbol{\lambda_t = \gamma_o\gamma_s\lambda_o*(1+v_s^2- 2v_s*\cos\theta s)^{1/2}*(1-v_o^2)/(1+v_o*\cos\theta o) \quad (9.1)}$$

La (9.1) calcola quindi la *lunghezza d'onda* (effetto Doppler) totale $\lambda_t(v_s,v_o,\theta s,\theta o)$ funzione della velocità v_s della Sorgente e v_o dell'Osservatore e degli angoli θs e θo.

Casi particolari:

1) Per v_s= 0 <u>sorgente ferma</u> si ritrova la (7.1)
   $\lambda_t = \gamma_o\lambda_o*(1-v_o^2)/(1+v_o*\cos\theta o)$;
2) Per v_o= 0 <u>osservatore fermo</u> si ritrova la (8.2) $\lambda_t= \gamma_s\lambda_o*(1+v_s^2- 2v_s*\cos\theta s)^{1/2}$;
3) Per $v_s= v_o$ e θ= 90° <u>osservatore e sorgente solidali e affiancati</u> si ritrova la (6.1c) l'effetto Doppler trasversale: in quanto nella Sorgente $\lambda'_s = 1$, mentre nell'Osservatore $\lambda o = \lambda_o/\gamma_o$, per cui $\lambda_t = \lambda_o/\gamma_o$;
4) Per $v_s= v_o$, θs= θo= 0° <u>osservatore e sorgente solidali e allineati</u> si ha: nella Sorgente dalla (8.1a) $\lambda_s = \gamma ct*(1-\beta)$, nell'osservatore dalla (7.1a) $\lambda_o= \gamma ct*(1+\beta)$ e complessivamente $\lambda_t=\gamma^2*ct*(1-\beta)*(1+\beta) = 1$ cioè non si verifica effetto Doppler;

5) Per $\theta s = \theta o = 0°$ <u>osservatore e sorgente allineati in avvicin./allontan.</u> si ha: nella sorgente dalle (8.1a e b) si ha $\lambda_s = \gamma_s t^*(1\pm\beta_s)$, nell'osservatore dalle (7.1a e b) si ha $\lambda_o = \gamma_o ct^*(1\pm\beta_o)$ da cui $\lambda_t = \gamma_o\gamma_s\lambda_o^*(1\pm\beta_o)^*(1\pm\beta_s)$

Si fa notare che nella (9.1) sono presenti i 2 coefficienti γ_s e γ_o, mentre nella RS è presente il coefficiente γ relativo alla velocità relativa Osservatore e Sorgente.

10. Osservazioni

Se consideriamo l'effetto Doppler trasversale caso 3) con la dilatazione della lunghezza d'onda $\lambda(90°) = \lambda_0/\gamma$ tale fenomeno viene spiegato considerando il moto della sorgente e dell'osservatore rispetto al sistema Luce. Secondo la RS tale effetto dovrebbe risultare nullo essendo la velocità relativa tra Sorgente e Osservatore è nulla, tuttavia, tale fenomeno viene spiegato considerando un terzo sistema di riferimento.

Le formule (7.1a) e (7.1b) dell'effetto Doppler longitudinale Osservatore-Luce, non sono uguali alle (8.1a) e (8.1b) dell'effetto Doppler longitudinale Sorgente-Luce. In quanto nelle formule 7 la velocità è v_o e il coefficiente è γ_o mentre nelle 8 la velocità v_s e il coefficiente γ_s.

La (9.1) costituisce la formula più generale dell'effetto Doppler. Come visto sopra, nei casi particolari: 1 sorgente ferma (v_s=0); 2 osservatore fermo (v_o=0), tale formula si riduce rispettivamente alle formule (7.1) e (8.2). Con velocità v_s e v_o non nulle sono presenti entrambi i coefficienti γ_s e γ_o,.

In definitiva per la RS si considera solo la velocità relativa Sorgente-Osservatore, mentre secondo l'articolo si considerano la velocità dell'Osservatore e la velocità della Sorgente.

Se consideriamo che il nostro Osservatorio è la Terra, con una velocità v_o=3.000 km/s circa, essa può considerarsi trascurabile (v_o=0) rispetto alla velocità della luce, per cui la (9.1) si riduce alla (8.2). Che descrive l'effetto Doppler in funzione della sola velocità della Sorgente.

Conclusioni

Esaminando le formule dei fenomeni fisici come l'aberrazione e l'effetto Doppler, dove la luce compie un percorso di solo andata, si è potuto rilevare quanto segue.

Le formule (6.1) e (7.1) <u>dell'aberrazione</u> della luce risultano (a meno del coefficiente γ) analoghe alla formula dell'aberrazione della pioggia (4.2). Esse in parole esprimono che: sia le gocce di pioggia che i fotoni di luce che incontra l'Osservatore in moto stanno lungo la direzione della velocità *r (vedi figure cap. 4 e 7).* Tali velocità sono date dalla somma della velocità c della pioggia (della luce) e della velocità v dell'Osservatore cambiata di segno.

Inoltre i moduli di tali velocità esprimono rispettivamente le quantità di gocce e di fotoni che incontra l'Osservatore in moto ossia l'<u>effetto Doppler</u> per la pioggia e per la luce. In altre parole l'Osservatore a causa del suo moto vede arrivare la luce, così come la pioggia, con una velocità (intensità) diversa, che si manifesta con un'intensità di fotoni (frequenza) diversa.

Il 2° postulato non fornisce una interpretazione reale del fenomeno. Infatti, la formula (1.3), che dovrebbe dare la velocità risultante, non viene utilizzata per il calcolo delle formule (7.1a) e (7.1b). Tale postulato non è stato finora smentito in quanto non si è riusciti a misurare la velocità unidirezionale della luce.

La formula (7.1) dell'effetto Doppler relativistico viene ricavata dalla (4.2) e tenendo conto del fattore relativistico γ. Fattore che deriva dal percorso di andata e ritorno della luce, (vedasi l'esperimento di Michelson e Morley) e che non dipende dal 2° postulato.

Nell'esempio dell'orologio a luce il raggio ortogonale al moto deve essere unico qualunque sia la velocità dell'orologio, a meno che non si ammetta che esso venga trascinato dall'orologio. Tale raggio di luce ortogonale al moto avrà aberrazione (inclinazione) nulla solo se il sistema è fermo. Nota tale direzione è possibile definire un angolo di aberrazione univoco e, conseguentemente, una velocità univoca dell'orologio. La RS con il suo 2° postulato non mette in relazione il raggio di luce con il moto dell'orologio cioè non tiene conto dell'aberrazione, bensì considera un altro sistema esterno.

L'aberrazione nulla (a mio parere) per quanto detto costituisce la prova dell'esistenza un sistema di riferimento particolare. Tutto ciò in contrasto con il 2° postulato che non ammette sistemi di rifermento privilegiati.

Sebbene la relazione (1.3) dovrebbe calcolare la somma relativistica delle velocità, proprio nei fenomeni Doppler della luce (che mette in relazione le velocità della sorgente e dell'osservatore) non viene applicata. Essa, infatti, fornendo un valore costante della velocità della luce, non risulta idonea alla descrizione di tali fenomeni.

Un ulteriore prova della non validità della (1.3) è costituito dall'angolo di aberrazione relativistico φ_r. Tale angolo, dato dalla (6.4) in cui si è applicato la (1.3), risulta infatti diverso dall'angolo corretto φ dato dalla (6.3).

Il 2° postulato, con la velocità della luce sempre costante (per tutti i sistemi) nei percorsi di solo andata, costituisce una condizione più forte di quanto accade nell'esperimento di Michelson e Morley, dove la velocità della luce risulta sempre costante (per tutti i sistemi) nei percorsi di andata e ritorno. In sostanza il 2° postulato risulta inutile (non necessario) per la spiegazione della dilatazione relativistica dei tempi e la contrazione delle lunghezze che, viceversa, è possibile con il suddetto esperimento.

Inoltre il 2° postulato, che dovrebbe essere impiegato nei fenomeni con percorsi unidirezionali della luce, risulta:

1. Non idoneo per la spiegazione degli esperimenti, come nel caso dell'orologio a luce;
2. Non utilizzato nei fenomeni Doppler.
3. Errato come nel caso dell'angolo di aberrazione.

D'altra parte tale postulato è stato scelto arbitrariamente per ottenere delle leggi fisiche uguali (covarianti) in tutti i sistemi.

Alle domande poste nell'introduzione, tenuto conto di quanto detto, si può rispondere che:

1) Il 2° postulato non risulta necessario per interpretare la dilatazione dei tempi e la contrazione delle lunghezze, inoltre non risulta idoneo per interpretare i fenomeni unidirezionali della luce come l'aberrazione e il fenomeno Doppler;
2) Non si può ritenere valida, di conseguenza, l'ipotesi che: *Tutte le leggi fisiche siano uguali in tutti i sistemi di riferimento inerziali.*

Il 2° postulato, con la sincronizzazione degli orologi, rende la velocità della luce isotropa in ogni sistema di riferimento. In tal modo, di fatto, la luce non rimane indipendente (invariante) ma viene resa dipendente dalla velocità di ogni Osservatore. Essa viene relegata ad un ruolo secondario, subordinata a ciascun Osservatore.

In altre parole il 2° postulato (rendendo le leggi uguali per ciascun Osservatore) "antropizza" le leggi fisiche, ossia opera delle trasformazioni e alterazione alle leggi di natura per renderle a misura dell'uomo-Osservatore. Tale postulato, mediante la luce, rende ciascun Osservatore protagonista centrale delle leggi fisiche, così come l'ipotesi tolemaica aveva posto la Terra (l'uomo) al centro dell'universo.

Occorre rovesciare tale punto di vista facendo a meno del 2° postulato. In tal modo tutti i sistemi potranno relazionarsi con un tempo e uno spazio assoluti e con un sistema assoluto. Tutti i sistemi di riferimento inerziali messi in relazione col sistema luce avranno stesse leggi. Verrà, così, riconosciuta alla Luce proprietà fondamentali per la comprensione dei fenomeni fisici e delle leggi fisiche. Verrà riconosciuta ad essa la causa (capacità) di "modellare" lo spazio e "scandire" il tempo nei corpi. Di trasportare l'informazione (l'energia) tra i corpi, di dare una visione univoca della realtà priva di paradossi. **[10]**

In sostanza, occorre riconoscere alla Luce il ruolo di protagonista nello spettacolo della natura.

Riferimenti

[1] STAMPA.def (sisfa.org) Franco Selleri Università di Bari

[2] http://www.fmboschetto.it/tde/2_2.htm

[3] [PDF] Is the Speed of Light Independent of the Velocity of the Source | Seman tic Scholar

[3a] Willem de Sitter - Wikipedia

[4] Anisotropy of One-Way Light Speed (elementfx.com) di David Bryan Wallace

[4.1] Velocità della luce unidirezionale - One-way speed of light - qaz.wiki

[5] http://www.infinitoteatrodelcosmo.it/2017/03/07/aberrazione-della-luce-8-ellisse-di-aberrazione-parte-terza/

[6] Aberrazione luce - YouTube

[7] http://it.wikitolearn.org/Corso:Relatività_ristretta/Paradossi_ed_esperimenti/Aberrazione_luminosa

[7a] https://www.studentifisica.info/corso/file-secondo/Fisica-2/Aberrazione-Stellare-Relativistica-Gabbrielli.pdf

[8] https://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Doppler_relativistico

[9] http://www.batmath.it/fisica/a_relativita/doppler.htm

[10] Spazio_Tempo_Assoluti.pdf (fmboschetto.it) di Giovanni Colletti