

**CIRCOLO DI PSICOBIOFISICA
AMICI DI MARCO TODESCHINI**

presenta:

LUDOVICO PALUMBO

**Un compito
sulla**

RELATIVITA'

**Esame critico della teoria
della relatività ristretta**

a cura di
Fiorenzo Zampieri
Circolo di Psicobiofisica
"Amici di Marco Todeschini"

PRESENTAZIONE

Che Todeschini abbia elaborato la sua Teoria Unitaria in antitesi con quella della Relatività di Einstein è noto a tutti gli appassionati di Fisica.

Ma che anche nell'ambito dell'insegnamento scolastico, vi sia stato qualche professore coraggioso che stimolando la discussione sugli assiomi relativistici abbia invitato gli studenti ad esprimere il proprio pensiero è sicuramente sorprendente.

E questo è quanto è accaduto in un Istituto Scolastico italiano quando, per le vacanze scolastiche, il professore di fisica, ha assegnato un compito sulla Relatività di Einstein, ed uno studente, superando qualsiasi remora o soggezione, esaminandone ed approfondendone i principi, ne trova le contraddizioni esponendoli con una semplicità e chiarezza davvero sorprendenti.

Di questo compito è stato fatto, meritatamente, da Ludovico Palumbo (professore?...studente?...) un volumetto per premiarne la validissima consistenza.

In questo fascicolo, per l'impossibilità di riprodurre l'intero testo protetto dai diritti d'autore, ne riportiamo soltanto il capitolo finale, il quale, comunque, risulta del tutto esaustivo nell'esplicare le sorprendenti conclusioni a cui è arrivato l'ottimo studente.

Non sappiamo se Todeschini abbia potuto leggere quell'elaborato ma se mai lo avesse fatto siamo certi che ne sarebbe stato felicemente sorpreso!

LUDOVICO PALUMBO

**Un compito
sulla**

RELATIVITA'

*Uno studente compie
un attento esame critico della
teoria della relatività ristretta
e giunge alla conclusione
che la famosa teoria di Einstein
è un paralogismo.*

ROMA - 1982

PREMESSA

Un professore assegna ai suoi allievi il seguente compito per le vacanze:

" Nel corso dell'anno abbiamo parlato brevemente della teoria della relatività ristretta enunciata da Einstein nel 1905.

Cercate di approfondire la conoscenza di questa teoria e, se vi pare di averla veramente capita, esponetela con parole vostre, in modo semplice e chiaro.

Se non l'avete capita, dite li-be-ra-men-te, senza tema di apparire poco intelligenti, ignoranti o presuntuosi, che cosa non vi convince e perché."

Nelle pagine che seguono è riportato il compito di uno studente.

CONCLUSIONI

- La trasformazione di Galileo è fondata sui seguenti postulati implicitamente ammessi dalla fisica classica:

1 - L'intervallo di tempo tra due eventi è indipendente dalle condizioni di moto del corpo di riferimento;

2 - L'intervallo di spazio tra due punti è indipendente dalle condizioni di moto del corpo di riferimento.

La trasformazione di Lorentz è fondata sui seguenti postulati formulati dalla cosiddetta fisica relativistica:

1 - Ogni legge fisica deve rimanere la stessa indipendentemente dalla scelta del sistema di riferimento.

2 - La luce ha la stessa velocità per tutti gli osservatori indipendentemente dal loro moto o da quello della sorgente luminosa.

Einstein ritiene che non siano accettabili i due postulati classici; a me pare che non sia accettabile il secondo postulato relativistico.

- I due postulati classici non sono ipotesi gratuite, come li definisce Einstein, ma concetti primitivi nati da osservazioni semplici, chiare e concordanti di natura geometrica e fisica. Per esempio: il mezzogiorno solare si ripete a intervalli uguali tanto a terra quanto su un treno in corsa lungo un meridiano terrestre; la distanza tra due punti che si spostano lungo una stessa linea con velocità uguale e nella stessa direzione resta immutata; nei moti poco veloci è facile constatare che gli estremi di un vagone in moto coincidono contemporaneamente con gli estremi di un uguale vagone fermo. Queste semplici osservazioni, e altre del genere, sono convalidate dal principio logico secondo il quale una grandezza qualsiasi non può considerarsi cambiata secondo una legge fisica, per nessun osservatore, fino a quando il cambiamento non sia stato provato sperimentalmente o non si possano spiegare i motivi *specifici* che causano il cambiamento.

Se così non fosse la fisica sarebbe fatta di ipotesi gratuite. Per esempio, l'idea che un vagone in moto conservi, oltre la lunghezza, l'altezza, la larghezza, il peso, il colore e la temperatura che aveva quando era fermo, non sarebbe un'idea ragionevole da accettare come valida fino a prova contraria, ma solo un'ipotesi gratuita.

Tutti sanno, sulla base di infinite esperienze, che una sbarra di ferro riscaldata si allunga. I motivi specifici di questo allungamento sono noti e noi contrastano con alcun altro fatto fisico. È perciò naturale accettare la legge della dilatazione termica. Viceversa, la teoria della relatività non spiega per quali specifici motivi dovrebbero verificarsi differenze di lunghezza tra vagoni fermi e vagoni in moto. L'ipotesi fatta in proposito da Lorentz è veramente gratuita perché non viene in alcun modo spiegata. Dice solo che, se la contrazione delle distanze si verificasse, si potrebbe spiegare

il preteso contrasto tra il principio di relatività e la legge di propagazione delle onde luminose.

La trasformazione di Lorentz non può considerarsi una conferma di tale differenza di lunghezza perché le formule di Lorentz, costruite partendo dal presupposto gratuito che la differenza di lunghezza si verifichi, possono essere interpretate secondo i principi della fisica classica che non ammettono alcun cambiamento di lunghezza.

Le leggi della geometria non possono essere ignorate: è vero che queste leggi traggono origine da osservazioni di oggetti naturali e che queste osservazioni possono essere ingannevoli, ma poiché si tratta di infinite osservazioni fatte da infiniti osservatori nelle più svariate condizioni e sempre concordanti, la probabilità che siano ingannevoli è praticamente nulla e comunque minore della probabilità che siano sbagliate le argomentazioni di Einstein fatte, in gran parte, sulla base di esperienze ideali e di interpretazioni arbitrarie.

Infatti, è arbitrario pretendere che la velocità di determinati raggi luminosi risulti sempre uguale a c quali che siano le condizioni di moto dell'osservatore che la misura; che la distanza tra due punti di un corpo rigido non sia assoluta; che le formule di Lorentz esprimano una legge fisica e che, per conseguenza, il valore positivo del rapporto m , determinato dalla

$$m = \pm \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

sia l'unico rapporto valido, ed è ugualmente arbitrario pretendere che la velocità della luce non possa essere superata.

Quanto all'esempio del sasso: *per dare un'idea del suo concetto fisico di "relatività" Einstein ricorre al seguente esempio: se un viaggiatore lascia cadere un sasso dal finestrino di un treno in corsa a velocità uniforme, la traiettoria del sasso sarà una linea retta verticale rispetto al treno e un arco di parabola rispetto alla banchina. Non esiste, dunque, una traiettoria in sé, ma solo una traiettoria "relativa" a un sistema di riferimento.*

Questo esempio conferma la legge classica della composizione degli spostamenti e delle velocità e non giustifica in alcun modo la pretesa relatività del tempo e delle distanze.

I due postulati classici conservano quindi la loro validità, fino a prova contraria.

- Il primo postulato relativistico non è che il principio di relatività Galileiano esteso a tutte le leggi fisiche, cioè non limitato, come era in origine, alle sole leggi meccaniche.

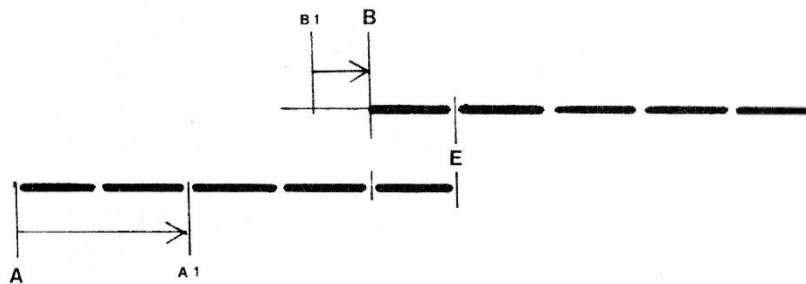
Tale estensione appare naturale dopo i progressi della scienza fisica nel campo dell'elettromagnetismo e non contrasta con alcun altro postulato

classico. Non vedo quindi perché questo postulato debba essere considerato relativistico.

Questo postulato, però, va applicato in modo corretto: è vero che ogni legge fisica deve rimanere la stessa indipendentemente dalla scelta del sistema di riferimento, ma prima bisogna dimostrare l'esistenza della legge fisica e poi si può dedurre che gli effetti di questa legge debbono verificarsi nello stesso modo su tutti i sistemi di riferimento, e per sistema di riferimento bisogna intendere solo quello rispetto al quale il moto energiale si verifica direttamente e non qualsiasi corpo: la velocità del suono, per esempio, è costante rispetto alla massa d'aria nella quale il suono si propaga, ma non è affatto costante rispetto alla terra.

Nella teoria della relatività non si dimostra che esiste una legge della contrazione delle distanze, si ipotizza solo, in modo oscuro, che il fenomeno della contrazione si verifichi e si deduce che debba verificarsi in modo uguale rispetto a due sistemi di riferimento in moto relativo, solo perché questa deduzione torna comoda per dimostrare la teoria.

In realtà, non solo non è provato che si verifichino contrazioni, ma, ammesso che si verifichino, secondo la trasformazione di Lorentz non si verificherebbero in modo uguale sui due sistemi di riferimento in moto relativo. Infatti, come appare dal disegno:



le contrazioni delle lunghezze del sistema *B* rispetto al sistema *A* avverrebbero nella stessa direzione del moto del sistema *B* rispetto al sistema *A*, mentre le contrazioni delle lunghezze del sistema *A* rispetto al sistema *B*, avverrebbero in direzione opposta a quella del moto del sistema *A* rispetto al sistema *B*.

Pertanto, secondo me, la pretesa contrazione delle lunghezze non può trovare alcuna giustificazione nel principio di relatività e, quindi, nel primo postulato relativistico.

- Per quanto riguarda il secondo postulato relativistico, detto della costanza di *c*, mi pare che si debba distinguere fra "costanza di *c*" e "costanza della misura di *c*".

Il principio della costanza di c vuole che la luce abbia la stessa velocità c rispetto a qualsiasi sistema di riferimento nel quale si propaga. Questa è una conseguenza del principio di relatività che non può essere disconosciuta e si inquadra perfettamente negli schemi della fisica classica. Qualsiasi velocità, infatti, è costante nel senso che, in condizioni uguali, è sempre la stessa rispetto a qualsiasi sistema di riferimento nel quale si verifica il moto. Il suono, per esempio, si propaga con la stessa velocità rispetto a qualsiasi massa d'aria ferma o in moto rispetto alla terra.

Il principio della "costanza della misura di c " pretende, invece, che la velocità della luce che si propaga su un sistema di riferimento, risulti la stessa quando viene misurata dallo stesso sistema ovvero da un altro sistema in moto rispetto al primo.

Questo principio non nasce dall'osservazione diretta perché un osservatore che si trova su un sistema di riferimento, può misurare direttamente la velocità dei raggi che si propagano su quel sistema, ma non quella di raggi che si propagano su altri sistemi. Detto principio, inoltre, è contrario alla legge naturale della composizione delle velocità, non è intuitivo e non ha valore autonomo: a nessuno, infatti, verrebbe in mente di sostenerlo se non per fornire una giustificazione alla teoria della relatività.

È vero che la velocità della luce è indipendente da quella della sorgente luminosa, ma da ciò non si può affatto dedurre che la velocità del fronte d'onda di determinati raggi luminosi sia la stessa per qualsiasi osservatore indipendentemente dalle sue condizioni di moto.

Si può osservare: se i raggi che provengono da una sorgente posta sul treno b hanno la stessa velocità rispetto al treno b e rispetto al treno a , la velocità di questi raggi deve risultare la stessa sia che venga misurata da un osservatore b , sia che venga misurata da un osservatore a . Ciò è vero, ma ciascun osservatore misura la velocità dei raggi che si propagano sul suo treno e i raggi b che si propagano sul treno b , non sono gli stessi raggi b che si propagano sul treno a : quelli che si propagano su b hanno velocità c rispetto a b e quelli che si propagano su a hanno velocità c rispetto ad a . Per conseguenza, se un osservatore a potesse misurare la velocità dei raggi che si propagano su b troverebbe che la velocità di questi raggi rispetto ad a è uguale a $c \pm v$ e la trasformazione di Lorentz è stata costruita proprio in base a questa ipotesi.

Inoltre, per il carattere generale delle leggi fisiche, tutte le velocità debbono essere soggette alle stesse leggi e non riesco a comprendere perché la luce dovrebbe costituire un'eccezione.

Io sono pertanto convinto che la "costanza della misura di c " è un'ipotesi impossibile e per conseguenza ritengo che la teoria della relatività sia fondata su un'ipotesi impossibile.

Accettare tale ipotesi come un postulato significa negare a priori qualsiasi spiegazione, respingere pregiudizialmente ogni critica e affermare, anche contro la palmare evidenza dei fatti, che l'ipotesi è valida perché è valida.

Per coerenza con questa ipotesi impossibile, sebbene si ammetta che le conseguenze della teoria della relatività sono paradossali, non si vuole riconoscere che sono assurde. Si dice anzi, che appaiono paradossali solo per la difficoltà che si incontra ad abbandonare vecchi schemi, ai quali si è abituati, e sostituirli con nuove concezioni.

Anche quando si è sostituito il sistema Tolomaico con quello Copernicano, si afferma, la nuova concezione appariva paradossale, mentre oggi viene accettata senza alcuna difficoltà. Ma il sistema Copernicano si basa su esperienze e dimostrazioni, mentre la teoria della relatività si basa su un postulato costruito su misura per sostenere una tesi diversamente insostenibile, e i postulati non si possono inventare.

– Per chiarire la natura dell'errore che si commette accettando come postulato l'ipotesi impossibile della costanza della misura di c , può essere utile un'esperienza ideale nella quale si commette un errore analogo.

Immagino che una locomotiva sia munita di un congegno automatico capace di regolare la sua velocità in modo che, una volta raggiunti i cento Km. orari, tale velocità si mantiene costante finché il macchinista non interviene a modificarla.

Se si crede nel funzionamento di questo apparecchio, si pone come assiomatico il fatto che la locomotiva, dopo un'accelerazione iniziale, senza interventi del macchinista, non può avere una velocità diversa dai cento Km. orari.

Suppongo ora che la locomotiva, dopo aver raggiunto la sua velocità massima, percorra la distanza che separa il casello A dal casello B su una strada ferrata rettilinea e pianeggiante, senza interventi del macchinista, il quale constata, col suo cronometro, che ha impiegato 60 minuti a percorrere la distanza tra i due caselli.

Dal tempo impiegato il macchinista deduce la distanza percorsa e giunge alla conclusione che la distanza tra i due caselli è di cento Km, perché la locomotiva in un'ora deve necessariamente aver percorso cento Km esatti, né più, né meno.

Il casellante B, invece, ha misurato in precedenza la distanza tra il casello A e il casello B e ha constatato che detta distanza è uguale a centodieci Km., egli è convinto, come il macchinista, che la locomotiva non può aver avuto una velocità diversa dai cento Km orari; dalla distanza deduce il tempo impiegato a percorrerla e conclude che la locomotiva ha impiegato 66 minuti esatti, né più, né meno.

La deduzione del macchinista e quella del casellante sono ineccepibili, eppure i dati non concordano: secondo il macchinista la distanza percorsa è minore di quella misurata dal casellante e, secondo il casellante il tempo impiegato è maggiore di quello misurato dal macchinista.

Se si dovesse risolvere questo contrasto con un criterio analogo a quello con cui la teoria della relatività ristretta pretende di risolvere l'apparente

contrasto tra la legge della propagazione della luce e il principio di relatività, bisognerebbe concludere che la deduzione del macchinista e quella del casellante sono ugualmente valide: esisterebbero, quindi, due distanze, una misurata valida per il casellante, e una "contratta", valida per il macchinista, ed esisterebbero due tempi, uno misurato, valido per il macchinista e uno "dilatato" valido per il casellante.

È intuitivo che questa conclusione sarebbe errata: le deduzioni del macchinista e del casellante debbono concordare e perché concordino bisogna necessariamente ammettere che la velocità della locomotiva non è stata di cento ma di centodieci Km orari.

In tal caso, infatti, la deduzione del macchinista e quella del casellante concordano perfettamente: secondo il macchinista la locomotiva ha percorso, nell'ora misurata dal suo cronometro, centodieci Km e, secondo il casellante, la locomotiva ha percorso in un'ora i centodieci Km da lui stesso misurati.

Bisognerà trovare perché la velocità della locomotiva è stata diversa da quella prevista e potrà risultare, per esempio, che il congegno automatico di regolazione era guasto, ma questa spiegazione non ha alcuna importanza ai fini del mio esempio. È invece importante rilevare che l'errore commesso sta nell'aver accettato come assiomatico il fatto probabile ma non certo che la locomotiva non potesse avere una velocità diversa dai cento Km orari.

Analogo errore si commette, secondo me, accettando il postulato della "costanza della misura di c ", in base al quale si pretende di sostituire un'unica velocità a velocità necessariamente diverse,

Da questo errore nascono le conseguenze aberranti dell'interpretazione relativistica delle formule di Lorentz, nella quale si confondono, con stupefacente disinvoltura, grandezze non omogenee in quanto appartenenti a sistemi di assi cartesiani diversi.

L'interpretazione classica delle formule di Lorentz, conforme alla legge naturale della composizione degli spostamenti e delle velocità, non è soggetta a questo errore e potrebbe avvalorare l'ipotesi dei campi luce in moto relativo.

- Si dice che esistono prove sperimentali della teoria della relatività, ma questa teoria non consente prove sperimentali dirette e le prove indirette possono facilmente essere interpretate in modi diversi, anche contraddittori. Per esempio, si è creduto che il fenomeno della precessione di Mercurio potesse costituire una prova a favore della teoria della relatività generale, ma pare che questo fenomeno possa essere spiegato anche in base alle leggi della fisica classica.

Viene anche citata, come prova della "relatività" la famosa equazione:

$$E = mc^2$$

che Einstein ha dedotto dalla sua teoria e che sarebbe stata clamorosamente confermata dall'esperienza.

Senza dubbio l'esperienza ha dimostrato che una piccola quantità di materia può essere trasformata in un'enorme quantità di energia, ma questo fatto sperimentale non è necessariamente legato alla "relatività" del tempo e delle distanze.

Se pure l'equivalenza quantitativa indicata dalla formula di Einstein fosse stata rigorosamente controllata, ciò non significherebbe nulla. Si può trovare, infatti, che il peso specifico di un elemento è uguale a 3,1416, ma questo non significa che esista una relazione logica tra questo elemento e la rettificazione della circonferenza.

Non è raro il caso in cui, partendo da premesse sbagliate si arriva, per una serie di errori che si compensano, a conclusioni esatte. Non si può quindi escludere che determinati risultati numerici trovati applicando le formule di Lorentz, coincidano, più o meno esattamente, con risultati confermati dall'esperienza, dovuti, però, a motivi fisici completamente diversi dalla pretesa relatività del tempo e delle distanze.

Cercherò di spiegarmi meglio ricorrendo ancora una volta ai soliti treni.

Suppongo che la misura della velocità del treno b venga trovata contando i giri delle ruote della locomotiva e risulti di 4 vagoni al minuto. In questo modo non si tiene conto, però, di un certo slittamento delle ruote sui binari, per cui la velocità effettiva del treno non è di 4 vagoni ma di $10/3$ di vagone al minuto.

Per $x_A = 5$ e $t_{AB} = 1$, applicando la trasformazione di Lorentz in base alla velocità 4, si trova che x_B è uguale a $5/3$, risultato confermato dall'esperienza. Ma allo stesso risultato si giunge applicando la trasformazione di Galileo in base all'effettiva velocità $10/3$.

Se si applica la trasformazione di Galileo in base alla velocità 4, si trova $x_B = 1$, risultato che non corrisponde alla realtà non perché la trasformazione di Galileo non sia valida, ma perché è stata applicata in base a dati sbagliati, mentre la trasformazione di Lorentz dà un risultato corrispondente alla realtà non perché sia valida, ma perché compensa l'errore di stima della velocità del treno b con altri errori di valutazione del tempo e delle lunghezze.

Cose di questo genere possono avvenire tanto più facilmente quanto più complessi sono i fenomeni in esame. Per esempio, accettando l'ipotesi dei campi luce in moto relativo, per determinati slittamenti del campo luce di interferenza rispetto all'osservatore, si possono ottenere, con la trasformazione di Lorentz, senza tener conto dello slittamento, di cui non si conosce l'entità, risultati corrispondenti alla realtà o non molto diversi, ma, se si conosce l'entità dello slittamento, si possono ottenere risultati sempre esatti applicando la trasformazione di Galileo.

- Io credo che "capire" una teoria fisica significhi non soltanto comprenderne gli enunciati astratti, ma anche rendersi conto, con ogni possibile prova, confronto ed esperienza reale o ideale, che agli enunciati

astratti corrispondono realtà fisiche concrete e che queste realtà si inquadrano, senza contrasti o ambiguità, fra i principi generali irrinunciabili che sono alla base della logica e della conoscenza.

Poiché ritengo che la contrazione delle distanze, la dilatazione dei tempi e la relatività della contemporaneità, siano fatti immaginari impossibili, non posso dire di aver capito la teoria della relatività ristretta, debbo invece concludere che questa teoria è un **paralogismo** (*).

È possibile che la famosa teoria di Einstein sia davvero un paralogismo?

La risposta a questo interrogativo sta, forse, in un aforisma attribuito, se non erro, al grande Michelangelo:

" Spesso, in questo mondo, trionfa il falso e il ver resta nascosto."

Ludovico Palumbo

(*) **Paralogismo** - Ragionamento fallace, ossia falso ma con apparenza di verità, per alcuni distinto dal sofisma in quanto non conterrebbe l'intento consapevole di ingannare argomentando; per Aristotele, è tale ogni falso sillogismo, cioè ogni ragionamento errato quanto alla forma, a causa della presenza di un termine medio non univoco, avente significati diversi in ciascuna delle premesse. Nella filosofia kantiana, *p. trascendentali*, i ragionamenti erronei cui è indotta la ragione in quanto superi i confini dell'esperienza, addentrandosi nelle contraddizioni della dialettica: in partic., i quattro *p. della psicologia razionale*, che dall'unità e dall'assolutezza dell'io deducono illecitamente la sua natura di anima sostanziale, semplice, personale, indistruttibile. (Enciclopedia Treccani)

INDICE

	Pagine
PREMESSA	1
INTRODUZIONE	2
PARTE PRIMA	
CONSIDERAZIONI GENERALI	3
paragrafi 1, 2, 3, 4, 5	
LO SPAZIO	6
paragrafo 6	
IL TEMPO	7
paragrafi 7, 8, 9, 10	
IL MOTO	14
paragrafi 11, 12, 13, 14, 15	
IL PRINCIPIO DI RELATIVITA'	20
paragrafo 16	
LA TRASFORMAZIONE DI GALILEO	24
paragrafi 17, 18	
LA PROPAGAZIONE DELLA LUCE	28
paragrafi 19, 20, 21, 22, 23, 24	
LA TRASFORMAZIONE DI GALILEO E LA PROPAGAZIONE DELLA LUCE	36
paragrafo 25	
PARTE SECONDA	
IL PENSIERO DI EINSTEIN	39
paragrafi 26, 27	
LA TRASFORMAZIONE DI LORENTZ	45
paragrafi 28, 29, 30, 31, 32	
CONSIDERAZIONI SUL RAPPORTO m	54
paragrafi 33, 34	
DILATAZIONE DEI TEMPI	56
paragrafo 35	

RELATIVITA' DELLA CONTEMPORANEITA'	58
paragrafo 36	
ORDINE DI SUCCESSIONE DEGLI EVENTI	60
paragrafo 37	
CONTRAZIONE DELLE DISTANZE	62
paragrafo 38	
COMPOSIZIONE DELLE VELOCITA'	66
paragrafo 39	
PARTE TERZA	
INTERPRETAZIONE DELLA TRASFORMAZIONE DI LORENTZ SECONDO LA FISICA CLASSICA	68
paragrafi 40, 41, 42	
IL RAPPORTO m NELL'INTERPRETAZIONE CLASSICA	74
paragrafo 43	
CARATTERE ASSOLUTO DEL TEMPO METRICO	78
paragrafi 44, 45	
CARATTERE ASSOLUTO DELLA CONTEMPORANEITA'	82
paragrafi 46, 47	
CARATTERE ASSOLUTO DELLE LUNGHEZZE	85
paragrafo 48	
VALIDITA' DELLA LEGGE CLASSICA DELLA COMPOSIZIONE DELLE VELOCITA'	88
paragrafo 49	
LE FORMULE DI LORENTZ E LA REALTA' FISICA	90
paragrafi 50, 51, 52, 53, 54	
CONCLUSIONI	103
paragrafi 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61	
9 TAVOLE GRAFICHE	

LIBRI CONSULTATI

Enrico Fersico
INTRODUZIONE ALLA FISICA MATEMATICA
Zanichelli 1960

Albert Einstein
RELATIVITA'
Boringhieri 1967

Clement V. Durell
LA RELATIVITA' CON LE QUATTRO OPERAZIONI
Boringhieri 1967

Salvatore Ciurleo
LA TEORIA DELLA RELATIVITA'
D'Aana 1973