

PUBBLICAZIONI
DELL' ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
diretto dal prof. ANTONINO LO SURDO Accademico d'Italia

N. 95

C. FESTA - M. SANTANGELO - E. SCROCCO

Sull'assorbimento anomalo dell'atmosfera
intorno al livello del mare

BOLOGNA
NICOLA ZANICHELLI EDITORE
1943-XXI

ESTRATTO DA « IL NUOVO CIMENTO »
Serie nona - Vol. I - N. 2 - Aprile 1943 - XXI

Bologna 4-1943-XXI - Tipografia Compositori - Viale XII Giugno, 1

Sull'assorbimento anomalo dell'atmosfera intorno al livello del mare

C. FESTA, M. SANTANGELO, E. SCROCCO

Istituto Nazionale di Geofisica del C.N.R. diretto dal Prof. A. LO SURDO

(ricevuto il 4 dicembre 1942-XXI)

Riassunto. — Per determinare il rapporto $\tau/\mu c^2$ fra la vita media e l'energia di riposo del mesone è stata eseguita una esperienza sull'assorbimento anomalo della componente mesonica fra 60 e 960 m s. l. m. Dai risultati di questa esperienza si deduce che, se $\mu c^2 = 100$ MeV la vita media del mesone è compresa fra 3 e 4 μ sec.

1. — Introduzione.

La determinazione della vita media del mesone è stata, in questi ultimi tempi, oggetto di ricerche da parte di numerosi autori. Mentre alcuni di questi ricercatori hanno ottenuto il valore della vita media per mezzo di esperienze dirette ⁽¹⁾, altri, sfruttando l'assorbimento anomalo della componente mesonica, sono pervenuti ad una valutazione del rapporto $\tau/\mu c^2$ fra la vita media e l'energia di riposo del mesone ⁽²⁻¹⁰⁾.

È noto che i valori di τ , trovati in queste esperienze, presentano una rilevante dispersione: in particolare è da notare il valore di $\tau/\mu c^2$, risultante dalla esperienza di NIELSEN, RYERSON, NORDHEIM e MORGAN ⁽⁹⁾, che è sensibilmente minore dei valori riscontrati dagli altri autori. Tale dispersione può, in parte, essere attribuita alla diversità dei dispositivi sperimentali, adoperati nelle varie esperienze, e ai differenti metodi di calcolo, adottati

⁽¹⁾ RASSETTI: « Phys. Rev. », **59**, 613 (1941).

⁽²⁾ JOHNSON e POMERANTZ: « Phys. Rev. », **55**, 104 (1940).

⁽³⁾ POMERANTZ « Phys. Rev. », **57**, 2 (1940).

⁽⁴⁾ ROSSI, HILBERRY e HOAG: « Phys. Rev. », **57**, 461 (1940).

⁽⁵⁾ AGENO, BERNARDINI, CACCIAPUOTI, FERRETTI e WICK: « Phys. Rev. », **57**, 945, (1940).

⁽⁶⁾ COCCONI: « Ric. Scient. », **XI**, 50 (1940).

⁽⁷⁾ ROSSI e HALL: « OPhys. Rev. », **59**, 223 (1941).

⁽⁸⁾ CACCIAPUOTI e PICCIONI, « Ric. Scient. », **XII**, 874 (1941).

⁽⁹⁾ NIELSEN, RYERSON, NORDHEIM e MORGAN, « Phys. Rev. », **59**, 547 (1941).

⁽¹⁰⁾ BERNARDINI, CACCIAPUOTI, PANCINI e PICCIONI: « N. Cim. », **XIX**, 69 (1941).

per la determinazione di $\tau/\mu c^2$. Siccome, però, i diversi valori di $\tau/\mu c^2$ sembrano presentare un andamento regolare in funzione dell'altezza del luogo di osservazione, recentemente si è pensato di poter interpretare la dispersione suddetta, ammettendo una certa dipendenza fra il rapporto $\tau/\mu c^2$, l'altezza delle due stazioni alle quali vengono effettuate le esperienze e l'energia dei mesoni considerati ⁽¹¹⁾. Come conseguenza di tale ammissione sono state avanzate, successivamente, delle ipotesi sull'esistenza, accanto al mesone comunemente osservabile al livello del mare, di un mesone, avente una vita media molto più breve, il quale, evidentemente, si disintegrerebbe in prevalenza negli strati superiori dell'atmosfera ⁽¹²⁾.

Per tentare di apportare un contributo a tale questione, che è di fondamentale importanza, si è pensato di realizzare una misura dell'assorbimento anomalo fra il livello del mare ed una località, che avesse rispetto ad esso un dislivello di circa 1000 m. Questa misura aveva il duplice scopo di controllare se e quanto fossero giuste le misure di NIELSEN e collaboratori e di verificare se, effettivamente, il valore di $\tau/\mu c^2$ dipendesse dall'altezza sul l.d.m. e dalla energia della banda mesonica considerata, in relazione alle diverse ipotesi, affacciate riguardo ad una eventuale natura complessa della componente mesonica ⁽¹¹⁻¹²⁾. Come tutte le misure sull'assorbimento anomalo la presente esperienza consisteva essenzialmente nella determinazione della intensità della componente mesonica in una fissata direzione alle due diverse altezze, compensando nella stazione superiore lo strato d'aria, corrispondente al dislivello fra le due stazioni, con uno spessore di piombo equivalente. Inoltre, allo scopo di rendere il calcolo di $\tau/\mu c^2$ indipendente da qualsiasi ipotesi sulla forma dello spettro mesonico, l'assorbimento anomalo è stato misurato, selezionando nello spettro stesso una certa banda di energia, ossia, esaminando in ciascuna delle due stazioni i mesoni assorbiti da un dato spessore di piombo e, di conseguenza, appartenenti ad un ben determinato intervallo di energia. Esperienze di questo tipo sono state eseguite, com'è noto, da ROSSI ed HALL ⁽⁷⁾, da CACCIAPUOTI e PICCIONI ⁽⁸⁾, da NIELSEN, RYERSON, NORDHEIM e MORGAN ⁽⁹⁾ e più recentemente da BERNARDINI, CACCIAPUOTI, PANCINI e PICCIONI ⁽¹⁰⁾. Nell'intento di realizzare un confronto dei nostri risultati con quelli delle esperienze suddette ed in particolare con quelle di BERNARDINI e collaboratori, che sono i meglio elaborati e i più completi, abbiamo usato un dispositivo sperimentale analogo, per quanto ci è stato possibile, a quello adoperato nella esperienza di questi autori.

A causa del piccolo dislivello, esistente fra le due stazioni, era prevedibile un effetto piuttosto piccolo e, conseguentemente, si presentava la necessità di misure piuttosto lunghe per poter spingere i risultati ad una sufficiente

⁽¹¹⁾ WEISZ: « Phys. Rev. », **59**, 554, (1941).

⁽¹²⁾ JULFS: « Naturw. », **30**, 584 (1942).

approssimazione, cercando, nel contempo, di evitare tutte le cause di errore, dovute ad una variazione nel tempo delle caratteristiche del dispositivo impiegato.

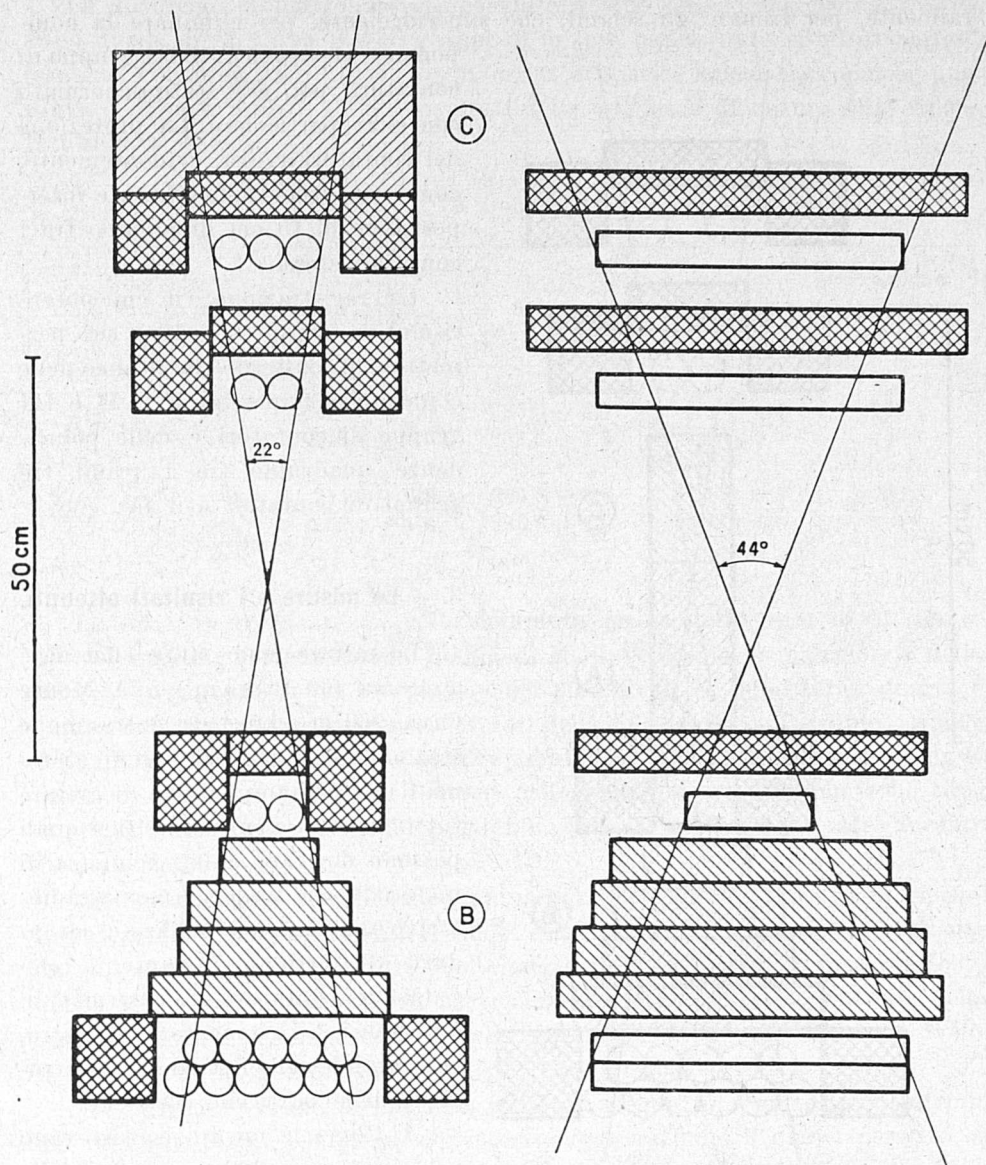


Fig. 1.

2. - Il dispositivo sperimentale.

Il dispositivo sperimentale è rappresentato in fig. 1. I contatori erano di ottone (spessore 1 mm) riempiti con la miscela di TROST. Tutti i contatori avevano un diametro di 4 cm ed una larghezza efficace di 40 cm, eccettuati i due contatori del III gruppo, che erano lunghi solo 16 cm.

La disposizione dell'ultimo gruppo di contatori era tale da intercettare tutte le particelle, che avessero attraversato il I, II e III gruppo di contatori.

Ogni gruppo di contatori era protetto con blocchi di piombo, sia lateralmente, per frenare gli sciami, che superiormente, per eliminare la componente elettronica.

Il III gruppo di contatori, poi, era stato schermato con cura particolare. La protezione dei contatori aveva, evidentemente, come conseguenza, la costante interposizione di 15 cm di piombo fra i contatori stessi.

La registrazione, il cui potere risolutivo era di $0,7 \cdot 10^{-4}$ sec permetteva il conteggio simultaneo delle coincidenze triple fra il I, II e III gruppo di contatori e delle coincidenze quadruple fra i primi tre gruppi di contatori e il IV.

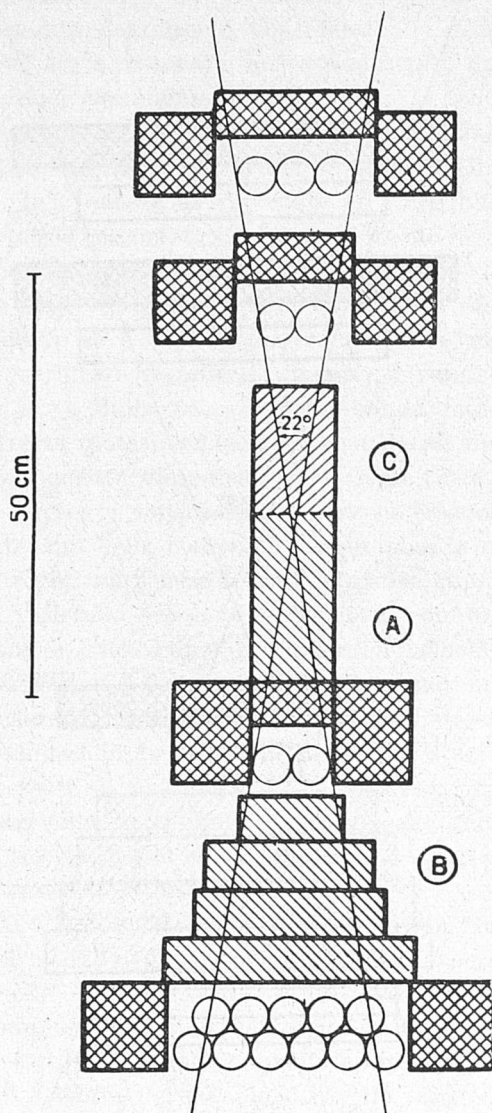


Fig. 2.

3. - Le misure e i risultati ottenuti.

Le misure sono state effettuate a Roma (60 m s.l.m.) e a Monte Cavo (960 m s.l.m.). In entrambe le stazioni gli apparecchi erano sistemati in locali ampi al fine di evitare tutti quei fenomeni parassiti, i quali possono derivare dalla vicinanza di materiale, che sia leggermente radioattivo o che diffonda radiazioni secondarie. Il tetto, sovrastante il telescopio dei contatori, era costruito, in ambedue i casi, con materiale leggero, trascurabile agli effetti della penetrazione delle particelle cosmiche.

A Roma le misure consistevano nel conteggio delle triple e delle quadruple nelle seguenti condizioni:

- 1°) Pb assorbente della molle = 15 cm; Pb in B = 0);
- 2°) " " " " = " "; " " = 20 cm.

A M. Cavo è stata eseguita una analoga serie di misure, durante la quale, però, al disopra del telescopio dei contatori veniva posto un blocco C di

16 cm di piombo, il quale, secondo i calcoli di WICK⁽¹³⁾, rappresenta l'equivalente, agli effetti delle perdite di energia per ionizzazione, dello strato d'aria corrispondente al dislivello fra le due stazioni.

Le misure di Roma sono state eseguite in due serie, l'una prima, l'altra dopo quelle di M. Cavo. I due gruppi di misure hanno dato risultati perfettamente concordi fra loro entro gli errori statistici calcolati, come si può rilevare dalla tabella I, dove i risultati delle due serie di misure sono riportati separatamente:

TABELLA I. (A Roma 60 m s. l. m.)

Pb in cm	Serie	N_{IV}/ora	N_{III}/ora	Δ/ora	Pressione atmosferica (in tor)
$B = 0$	a)	$277,9 \pm 3,6$	$286,9 \pm 3,7$	$9,0 \pm 0,6$	760,1
	b)	$278,3 \pm 1,9$	$288,3 \pm 1,9$	$9,9 \pm 0,4$	749,1
$B = 20$	a)	$253,7 \pm 2,8$	$285,8 \pm 3,0$	$32,1 \pm 0,8$	757,3
	b)	$252,1 \pm 1,9$	$285,6 \pm 2,0$	$33,6 \pm 0,6$	751,5

La serie a) di misure è quella compiuta prima della serie di M. Cavo, la b) è quella effettuata dopo quella di M. Cavo. Nella prima colonna della tabella è riportato in cm lo spessore del piombo in B , nella terza, quarta e quinta colonna, rispettivamente, i valori delle coincidenze quaduple, triple e della differenza, Δ , fra triple e quaduple all'ora, infine nella sesta colonna le pressioni atmosferiche in tor. I valori delle pressioni atmosferiche sono stati ottenuti, calcolando le medie ponderali delle pressioni registrate durante l'esperienza.

La posizione dei piombi in B veniva cambiata due o tre volte al giorno. Le caratteristiche dei contatori sono state controllate assai di frequente durante il periodo delle misure, come anche, a motivo della durata piuttosto lunga dell'esperienza, una cura particolare è stata rivolta al controllo della costanza della tensione anodica e della accensione dei filamenti delle valvole. Quattro volte al giorno era rilevata la pressione atmosferica.

La misura 1^a consentiva, come vedremo meglio in seguito, un controllo del rendimento del complesso contatori e registrazione, il quale, peraltro, si è mantenuto costante durante tutto il periodo delle misure.

I risultati definitivi sono riassunti nelle tabelle II e III.

(13) WICK: « Ric. Scient. », XII, 858 (1941).

TABELLA II (A Roma 60 m s. l. m.).

Pb in cm	N_{IV}/ora	N_{III}/ora	Δ/ora	Pressione atmosferica (in tor)
$B = 0$	$278,2 \pm 1,7$	$288,0 \pm 1,7$	$9,7 \pm 0,3$	752,3
$B = 20$	$252,5 \pm 1,6$	$285,7 \pm 1,7$	$33,1 \pm 0,6$	

TABELLA III (A M. Cavo 960 m s. l. m.).

Pb in cm	N_{IV}/ora	N_{III}/ora	Δ/ora	Pressione atmosferica
$B = 0$	$292,5 \pm 2,9$	$304,4 \pm 2,9$	$11,8 \pm 0,6$	679,2
$B = 20$	$264,3 \pm 1,9$	$302,9 \pm 2,0$	$38,6 \pm 0,7$	

Ambedue le tabelle hanno la stessa disposizione della tabella I. Anche in queste tabelle il valore della pressione è il risultato delle medie ponderali, eseguite sulle singole pressioni, rilevate nel periodo delle misure.

La coerenza dei risultati mostra l'attendibilità delle misure, che sono state singolarmente controllate e vagliate, sia a Roma che a M. Cavo.

4. - Calcolo differenziale della vita media del mesone.

Come abbiamo visto precedentemente e come risulta dalle tabelle, le misure sono state eseguite nelle due stazioni registrando le coincidenze triple e quadruple, con e senza piombo in B . Per ciascuna delle due stazioni, allora, se in B mancano i 20 cm di piombo, la differenza:

$$\Delta_0 = N_{III}^0 - N_{IV}^0$$

fra il numero delle coincidenze triple e il numero delle coincidenze quadruple è dovuta alla presenza di casuali triple, alla diffusione dei mesoni incidenti nel materiale interposto ed, infine, al rendimento dell'ultimo gruppo di contatori.

Se, invece, in B sono interposti i 20 cm di piombo, la differenza fra le triple e le quadruple:

$$\Delta_B = N_{III}^B - N_{IV}^B$$

è da attribuirsi, oltre che alle tre cause precedenti, anche all'assorbimento nei 20 cm di una parte dei mesoni, incidenti nell'angolo solido, determinato

dal telescopio dei contatori. D'altra parte il rendimento è stato misurato nelle due stazioni ed è risultato essere del 99 % circa; così come pure da una misura delle casuali triple, con e senza i 20 cm di piombo in B , si è trovato che la differenza fra queste casuali, nei due casi, è trascurabile. Inoltre la diffusione dei mesoni nel materiale interposto fra i contatori è, come risulta da una esperienza diretta ⁽¹⁴⁾, di una entità non rilevante. Si può quindi dire senz'altro, che la differenza Δ_B fra triple e quadruple è dovuta, essenzialmente, al frenamento dei mesoni, che hanno attraversato i primi tre gruppi di contatori. Così dunque la differenza:

$$(1) \quad \delta = \Delta_B - \Delta_0$$

dà il numero di mesoni, incidenti entro il cono, delimitato dal telescopio dei contatori, che vengono frenati da B , dopo avere attraversato i 15 cm di piombo interposti fra i contatori.

Se indichiamo con δ_0 il valore della (1) alla stazione inferiore e con δ_h lo stesso valore osservato nella stazione superiore, il rapporto:

$$(2) \quad w = \frac{\delta_0}{\delta_h}$$

rappresenta, evidentemente, la percentuale di mesoni, presenti all'altezza h , che vengono assorbiti da B , dopo aver attraversato il piombo interposto fra i primi tre contatori e che non si disintegrerebbero spontaneamente nell'attraversare il dislivello h .

Dalle tabelle II e III si ricava:

$$\delta_0 = 23,4 \pm 0,67$$

$$\delta_h = 26,8 \pm 0,92$$

e conseguentemente:

$$(3) \quad w = 0,873 \pm 0,038 .$$

È noto, d'altra parte, che il rapporto d'attenuazione (2) non è altro che il valore sperimentale della probabilità, che possiede un mesone di superare in direzione verticale il dislivello h , senza disintegrarsi, probabilità, che è data dalla ben nota formula:

$$(4) \quad w = \left(\frac{x_0}{x_h} \frac{E_h}{E_0} \right)^{-\frac{H}{c\tau_0} \frac{\mu c^2}{(E_h + jx_h)}}$$

dove x_0 ed x_h sono le pressioni in gr/cm², alle due altezze 0 ed h , E_0 ed E_h sono le corrispondenti energie del mesone, j è la perdita di energia per ionizzazione per gr/cm² di percorso ed infine H è l'altezza dell'atmosfera ridotta in condizioni normali a partire dal livello zero.

(14) FESTA: «Atti della S.I.P.S.» (in corso di pubblicazione).

È chiaro come la conoscenza del rapporto di attenuazione consenta, senz'altro, il calcolo di $\tau/\mu c^2$ per mezzo della (4).

Nella presente esperienza la banda di mesoni, considerata a Roma, aveva una penetrazione minima di 15 cm di piombo ed una penetrazione massima di 35 cm di piombo, cui corrispondono rispettivamente i seguenti valori delle energie cinetiche:

$$E_0' - \mu c^2 = 217 \text{ MeV},$$

$$E_0'' - \mu c^2 = 470 \text{ MeV}.$$

Poichè, come si deduce dalle tabelle II e III:

$$x_0 = 1023,1 \text{ gr/cm}^2,$$

$$x_h = 923,7 \text{ gr/cm}^2,$$

la differenza di pressione fra Roma e M. Cavo, durante questo periodo di misure è stata di 99,4 gr/cm².

Se alle energie cinetiche di penetrazione in Roma si aggiungono le perdite di energia per ionizzazione subite dai mesoni nell'attraversare lo strato d'aria di 99,4 gr/cm², corrispondente al dislivello di pressione esistente fra M. Cavo e Roma, si ottengono gli analoghi valori delle energie cinetiche a M. Cavo:

$$E_h' - \mu c^2 = 399 \text{ MeV},$$

$$E_h'' - \mu c^2 = 659 \text{ MeV}.$$

Allora, se, come di consueto, si pone $\mu c^2 = 100 \text{ MeV}$, la suddetta banda di mesoni avrà una energia media totale pari, rispettivamente, a:

$$E_0 = 443 \text{ MeV}, \text{ in Roma,}$$

ed

$$E_h = 629 \text{ MeV}, \text{ a M. Cavo.}$$

Da questi valori si deduce per j un valore medio, che è:

$$j = 1,87 \text{ MeV/gr/cm}^2$$

e da quello delle pressioni si ottiene:

$$H = 8,72 \text{ km}.$$

Si ricava allora dalla (3) per mezzo della (4)

$$(\tau/\mu c^2)_1 = 3,99 \cdot 10^{-8} \text{ sec/MeV}.$$

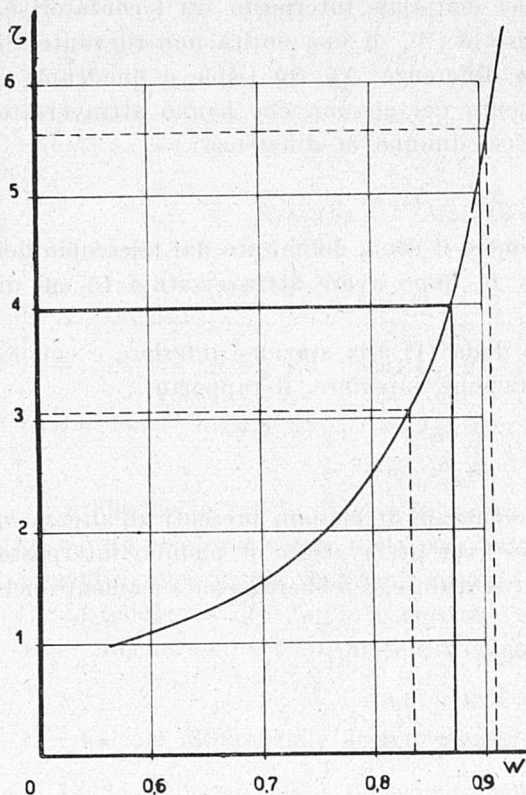


Fig. 3.

Gli errori di $(\tau/\mu c^2)_1$ sono indicati nella fig. 2 in base a quelli di w , ossia facendo uso della formula (4) che lega τ a w .

5. - Calcolo integrale della vita media del mesone.

Dai risultati della nostra esperienza è possibile ottenere una seconda determinazione della vita media del mesone, determinazione, che si ricava, come tutti sanno dal confronto del numero delle coincidenze quaduple misurate a Roma e rispettivamente a M. Cavo.

In questo caso si considerano tutti i mesoni aventi una energia superiore a quella necessaria ad attraversare i 15 cm di piombo interposti costantemente fra i contatori. Evidentemente, per questa valutazione della vita media è indispensabile la conoscenza della energia media dello spettro mesonico: è questo lo svantaggio apportato dal presente metodo, rispetto a quello, adottato nel paragrafo precedente.

Partiamo dalla ben nota relazione:

$$(5) \quad \lg \frac{N_h}{N_0} = \frac{y_h - y_0}{L},$$

che lega il cammino medio L , percorso dai mesoni prima di disintegrarsi, ai numeri N_h ed N_0 di mesoni, presenti rispettivamente ai livelli y_h ed y_0 . È noto, d'altra parte, che, nell'ipotesi della disintegrazione, il valor medio $\frac{1}{L}$ del reciproco del percorso di ogni singola componente monoenergetica di impulso p è dato dalla seguente formula:

$$(6) \quad \frac{1}{L} = \frac{\mu c^2}{\tau c} \left(\frac{1}{p} \right)_{\text{medio}},$$

dove μ è la massa e τ la vita media del mesone in riposo.

Poichè nella nostra esperienza era:

$$y_h - y_0 = 900 \text{ m,}$$

sostituendo nella (5) i valori di N_0 ed N_h , dedotti dalle tabelle II e III si ottiene:

$$L = 900/\lg(292,5/278,2) = 18094 \pm 210 \text{ m,}$$

quando $B = 0$, cioè per i mesoni aventi una energia di penetrazione superiore a quella occorrente per attraversare 15 cm di piombo, ed:

$$L = 900/\lg(264,3/252,6) = 20013 \pm 192 \text{ m,}$$

per le misure con $B = 20$, ossia per i mesoni che hanno superato 35 cm di piombo.

Il valor medio di $1/p$, relativo alle coincidenze quadruple con $B = 0$ è:

$$(1/p)_{\text{medio}} = 0,05607,$$

mentre:

$$(1/p)_{\text{medio}} = 0,04758$$

è l'analogo valore nel caso in cui $B = 20$ cm, purchè si assuma come unità il prodotto μc e si ponga $\mu c^2 = 100$ MeV.

Dalla (6) si ricavano allora i seguenti valori per il rapporto $\tau/\mu c^2$:

$$(\tau/\mu c^2)' = (3,38 \pm 0,4) \cdot 10^{-8} \text{sec/MeV}; (\tau/\mu c^2)'' = (3,17 \pm 0,3) \cdot 10^{-8} \text{sec/MeV},$$

corrispondenti ai mesoni di energia superiore a 317 e rispettivamente 570 MeV ossia alle quadruple con e senza piombo in B . I due valori sono coerenti con quello di $(\tau/\mu c^2)_1$ dato dalle misure differenziali e concordano molto bene fra di loro.

6. - Discussione dei risultati.

Nella introduzione abbiamo già accennato come la nostra esperienza mirasse essenzialmente a decidere sulla dipendenza del rapporto $\tau/\mu c^2$ dall'altezza sul l.d.m. del luogo di osservazione e dalla energia della banda mesonica in esame ed abbiamo, anche, esposto le ragioni che ci spingevano a tale ricerca.

Si è visto che, per raggiungere questo scopo, le nostre misure sono state compiute sfruttando il minimo livello, consentito dalla necessità di ottenere un rapporto di attenuazione con errori non troppo grandi.

Nell'intento di esaminare ulteriormente l'influenza della energia dei mesoni incidenti sul valore di $\tau/\mu c^2$, abbiamo eseguito un'altra esperienza, completamente analoga alla precedente, durante la quale fra il II e il III gruppo di contatori si trovavano costantemente interposti 20 cm di piombo. Il dispositivo sperimentale, relativo a questa esperienza è rappresentato in fig. 2: i 20 cm di piombo erano nella posizione A . In altri termini le misure di Roma avevano luogo nelle condizioni seguenti:

1°) Pb assorbente della molle = 15 cm; Pb in $A = 20$ cm; Pb in $B = 0$ cm.

2°) Pb assorbente della molle = 15 cm; Pb in $A = 20$ cm; Pb in $B = 20$ cm.

A M. Cavo venivano ripetute le stesse misure con, in più, i 16 cm di piombo di compensazione. È bene notare subito che in questa esperienza, contrariamente a quanto è avvenuto nella precedente, il piombo di compensazione C non è stato posto sopra il telescopio, bensì è stato interposto tra il II e il III gruppo di contatori.

I risultati di queste misure sono riportati nelle tabelle IV e V.

TABELLA IV (A Roma 960 m s.l.m.).

Pb in cm	N_{IV}/ora	N_{III}/ora	Δ/ora	Pressione atmosferica (in tor)
$A = 20 \quad B = 0$	$240,3 \pm 2,0$	$251,5 \pm 2,0$	$11,2 \pm 0,4$	750,3
$A = 20 \quad B = 20$	$227,4 \pm 2,4$	$257,6 \pm 2,6$	$30,2 \pm 0,5$	

TABELLA V (A M. Cavo 960 m s.l.m.).

Pb in cm	N_{IV}/ora	N_{III}/ora	Δ/ora	Pressione atmosferica (in tor)
$A = 20 \quad B = 0$	$257,3 \pm 1,9$	$271,3 \pm 2,9$	$14,0 \pm 0,4$	677,1
$A = 20 \quad B = 20$	$236,0 \pm 1,6$	$271,0 \pm 1,7$	$35,0 \pm 0,6$	

Le tabelle IV e V presentano i risultati dei conteggi di Roma e di Monte Cavo. Nella prima colonna di ciascuna delle due tabelle sono riportati gli spessori in cm del piombo in A e, rispettivamente, in B , nelle altre colonne si trovano successivamente i valori delle coincidenze quaduple, triple e della differenza Δ fra triple e quaduple, ed, infine, le medie ponderali delle pressioni atmosferiche rilevate durante il conteggio nelle due stazioni.

La costante interposizione dei 20 cm di piombo in A consentiva la valutazione del rapporto $\tau/\mu c^2$ per la banda di mesoni avente una penetrazione compresa fra 35 e 55 cm di piombo, ossia una energia media di:

$$E_0 = 708 \text{ MeV a Roma,}$$

e, corrispondentemente:

$$E_h = 906 \text{ MeV a M. Cavo.}$$

Il valore del rapporto di attenuazione in questo caso è:

$$w_2 = 0,9048 \pm 0,056,$$

come si ricava dalle tabelle IV e V, e di conseguenza:

$$(\tau/\mu c^2)_2 = 3,71 \cdot 10^{-8} \text{ sec/MeV.}$$

Il valore di $\tau/\mu c^2$ così trovato è in ottimo accordo con quello fornito dalle misure differenziali per la banda mesonica compresa fra 15 e 35 cm di pene-

trazione, misure effettuate, come abbiamo detto, sovrapponendo il piombo di compensazione ai contatori.

I risultati della seconda serie di misure ci hanno permesso, inoltre, una valutazione del rapporto $(\tau/\mu c^2)$ per i mesoni la cui energia è maggiore di quella necessaria ad attraversare 35 e, rispettivamente, 55 cm di piombo. A tale valutazione si perviene applicando il metodo adottato nel paragrafo 5. Precisamente, poichè dalle tabelle IV e V si ricava:

$$L = 900/\lg(257,3/240,3) = 13303 \pm 167 \text{ m}$$

per i mesoni di energia superiore a 570 MeV, corrispondente ad una penetrazione di 35 cm di piombo ed

$$L = 900/\lg(236,0/227,4) = 24644 \pm 307 \text{ m}$$

per i mesoni di energia superiore a 843 MeV, equivalente ad una penetrazione di 35 cm, ed i corrispondenti valori di $(1/p)_{\text{medio}}$ sono rispettivamente:

$$(1/p)_{\text{medio}} = 0,04758$$

ed

$$(1/p)_{\text{medio}} = 0,04515,$$

si ottiene:

$$(\tau/\mu c^2)'_1 = (2,11 \pm 03) 10^{-8} \text{sec/MeV} \quad ; \quad (\tau/\mu c^2)''_2 = (3,71 \pm 0,4) 10^{-8} \text{sec/MeV}.$$

Nella tabella VI sono raccolti i valori del rapporto $\tau/\mu c^2$ dedotti dai risultati delle nostre misure, sfruttando l'effetto integrale dell'assorbimento anomalo.

TABELLA VI.

Limite inferiore della penetrazione dei mesoni in cm di Pb	L	$\tau/\mu c^2 \cdot 10^8$
15	18094	$3,38 \pm 0,4$
35	20003	$3,17 \pm 0,3$
36	13303	$2,11 \pm 0,3$
55	24644	$3,71 \pm 0,4$

Da essi si deduce un valor medio di

$$\tau/\mu c^2 = 3,08 \pm 0,14.$$

Questo valore, coerente con quelli ottenuti per via differenziale, è in ottimo accordo coi risultati delle misure più recenti e attendibili del rapporto $\tau/\mu c^2$ ⁽¹⁵⁻¹⁷⁾.

⁽¹⁵⁾ BERNARDINI, «Zeit. f. Phys.» (in corso di stampa).

⁽¹⁶⁾ BERNARDINI e FESTA: «Atti della R. Acc. d'Italia» (in corso di stampa).

⁽¹⁷⁾ ROSSI e GREISEN: «Phys. Rev.», **61**, 122 (1942).

Passiamo ora ad esaminare ed a discutere, almeno in parte le varie cause di errore che possono avere alterato le nostre misure.

È stato ripetuto più volte che, durante le misure di M. Cavo, si è compensato il dislivello di pressione fra le due stazioni con uno schermo C di 16 cm di piombo pari a 106 gr/cm^2 di aria. In realtà la differenza di pressione fra Roma e M. Cavo è stata pari a $99,4 \text{ gr/cm}^2$ durante le misure riguardanti la prima esperienza, come si può dedurre dalle tabelle II e III, ed a $99,6 \text{ gr/cm}^2$ nel periodo di misure relativo alla seconda esperienza (v. tab. V); nei due casi lo spessore del piombo di compensazione era in eccesso.

L'influenza di ciò sulle misure differenziali è trascurabile; quelle integrali possono, a causa di questo, essere errate in eccesso al massimo del 5 %.

Bisognerebbe inoltre tener conto dell'effetto prodotto dalla diffusione dei mesoni negli schermi di piombo, interposti fra i contatori ⁽¹⁵⁾. Tale effetto dipende prevalentemente dal rapporto fra la distanza del IV gruppo di contatori dallo strato di piombo in cui vengono diffusi i mesoni e l'estensione dello strato stesso: è chiaro, quindi, come la diffusione influisca diversamente sulle misure con e senza i 20 cm di piombo in B .

Per ridurre gli errori dovuti a questa causa, il IV gruppo di contatori copriva abbondantemente l'angolo solido sotteso dai gruppi II e III; tuttavia nelle tabelle II, III, IV si nota ugualmente una differenza sistematica fra le coincidenze quadruple registrate con del piombo interposto fra i contatori II e III e quelle registrate quando uno spessore equivalente di piombo, convenientemente sagomato, era posto fra il III e IV gruppo di contatori. Se questa differenza è imputabile alla diffusione, poichè i mesoni diffusi e non registrati in assenza di piombo in B sarebbero stati nella maggioranza assorbiti dal piombo medesimo quando questo fosse stato invece presente, si deve ritenere che i valori di δ da noi trovati, sia a Roma come a M. Cavo, sono errati per difetto in misura grosso modo proporzionale all'intensità mesonica osservata nelle due stazioni. Ciò porterebbe a una correzione che aumenterebbe i valori differenziali da noi trovati per il rapporto $\tau/\mu c^2$ rendendoli sensibilmente maggiori a $3 \cdot 10^{-8} \text{ sec/MeV}$.

7. - Conclusione.

L'effetto di assorbimento anomalo sfruttato in questa esperienza era molto piccolo, il che, come abbiamo già notato ha reso l'esperienza particolarmente difficile. Tuttavia fra i valori ottenuti sfruttando l'effetto differenziale e quelli dedotti per l'effetto integrale sussiste una coerenza notevole. Da questi valori si deduce che se, come sembra, μc^2 è di circa 100 MeV, *la vita media del mesone è compresa fra 3 e 4 μsec .*

Ad ogni modo è certo che i risultati di questa esperienza consentono senz'altro di escludere il valore, trovato da NIELSEN e collaboratori, per il

rapporto $\tau/\mu c^2$. Sembra infine, che almeno per il momento sia da considerare con riserbo qualsiasi ipotesi circa una eventuale natura complessa del mesone.

Sarebbe tuttavia interessante ripetere le nostre misure in direzione inclinata rispetto alla verticale, in modo da ottenere un effetto maggiore e, conseguentemente, una maggiore precisione, onde togliersi del tutto il dubbio che il valore differenziale di $\tau/\mu c^2$, come si deduce dai fenomeni di assorbimento anomalo, varii con l'altezza.

La realizzazione di una simile esperienza non è stata finora possibile per mancanza di materiale.

Le esperienze che qui riportiamo sono state organizzate dall'Istituto nazionale di geofisica con mezzi forniti dal Comitato per la geofisica e la meteorologia del Consiglio nazionale delle ricerche.