

CONFERENCIA INTERNACIONAL DE RADIACION COSMICA

Ismael Escobar V.

Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, La Paz, Bolivia.

(Recibido: 1 octubre 1959)

Del 6 al 11 de julio, próximo pasado, tuvo lugar en la Universidad de Moscú, la conferencia que sobre rayos cósmicos se celebra cada dos años, bajo el patrocinio de la Union Internacional de Física Pura y Aplicada.

Debido al gran número de trabajos presentados (más de cien contribuciones dadas por físicos de veinticinco países diferentes) debieron efectuarse sesiones simultáneas durante todas las tardes, dedicándose las mañanas a las plenarios. Tanto estas últimas, como las sesiones simultáneas estuvieron dedicadas fundamentalmente a efectuar una revisión de los trabajos experimentales y teóricos desarrollados en este particular campo de la investigación científica, desde la pasada reunión de 1957, celebrada en Varenna (Italia).

Fue inaugurada la conferencia por el académico ruso D.S. Skobeltyñ, quien después de dar la bienvenida a los profesores visitantes, hizo una somera revisión del estado de las investigaciones en las interacciones de altas energías, así como de las propiedades de los mesones y componente electromagnética de los chubascos extensos en la R.C, para pasar a analizar luego, los orígenes de esta radiación y sus correlaciones con diversos aspectos geofísicos. Señaló el papel cumplido por los rayos cósmicos en el desarrollo de la física moderna.

El profesor B. Rossi, antes de ceder la presidencia al Dr. C.F. Powell e iniciar propiamente las labores, rindió un sentido homenaje al Prof. español A. Duperier, fallecido últimamente, indicando que con él, no sólo se había perdido un gran físico, sino una persona de relevantes condiciones intelectuales y de gran integridad moral.

La sesión de apertura estuvo destinada a los trabajos experimentales sobre interacciones nucleares de altas energías. M. Schein describió los resultados obtenidos por su grupo en la Universidad de Chicago con bloques de emulsiones expuestas a unos cuarenta kilómetros de altura, mediante globos. Analizó las probabilidades de las interacciones del tipo nucleón-nucleón y mesón-nucleón para energías del orden de  $10^{12}$  ev. El camino libre medio hallado es del orden del geométrico, no encontrándose el acortamiento que para las colisiones nucleares ha sido postulado por Heisenberg.

Dá, asimismo, el promedio de mesones producidos por protones y partículas alfa en estas experiencias, que resultó ser en algunos casos tan sólo de tres a cinco partículas cargadas por interacción. Debido a los efectos de la distribución angular, en un gran número de casos, una descripción real de la dinámica de estos procesos sólo podrá ser obtenida cuando los secundarios producidos puedan ser evaluados, en su energía, combinada con su distribución angular.

Los resultados de estos trabajos indican que la mayor parte de las partículas, en el centro del sistema de masas, tienen energías menores que un BeV, con un máximo que oscila entre 300 a 500 MeV. Tienen también evidencia de partículas secundarias de energías mucho más altas en cada choque individual ( $E_c > 2\text{Bev}$ ). Estas partículas energéticas son emitidas bajo un ángulo mucho

más pequeño que las de menor energía, conduciendo ello a la necesidad de una revisión de la distribución angular para partículas de bajas energías. Tanto de los trabajos del grupo de Chicago como los del Japón y los de Bristol parecen indicar que el momento de las partículas secundarias emitidas es bastante constante y, hasta cierto punto, independiente de las energías de los primarios que las producen. Energías primarias bastante diferentes entre sí, producen secundarios de características energéticas idénticas.

La mayor parte de las partículas observadas son mesones "pi" en contradicción, igualmente, con los argumentos de producción estadística y espacio fase. Fue discutido el problema de la transferencia de energía del núcleo primario a los secundarios. Existe, aparentemente, un alto grado de elasticidad, lo que explicaría el pequeño número de partículas producidas en el choque, así como el promedio de bajas energías hallado en las secundarias. En esta misma sesión fueron expuestos los trabajos del grupo ruso (por N.L. Grigorov), los del británico (D.H. Perkins) y los del japonés (L. Fujimoto) que ya antes se señalan.

La siguiente sesión estuvo destinada en su integridad a exposiciones teóricas sobre la producción de partículas a altas energías, complementándose así lo expuesto en los trabajos experimentales. E.L. Feimberg, S. Hayakawa, D.S. Chervasky, G. Wataghin K., Sitte y otros, fueron los principales expositores, tratándose los modelos hidrodinámicos de producción múltiple, el de los dos centros, así como de las condiciones exigidas por la teoría cuántica de campos con referencia a estos modelos.

La reunión plenaria del posterior día fue dedicada, en su integridad, a la discusión de las diferentes experiencias sobre chubascos extensos de altas energías. El Dr. Rossi dió cuenta de los trabajos del grupo del M.I.T. y sus asociados (en India a carga del Dr. V. Sarabhai y en Chacaltaya, Bolivia, del que éste informa). Comprendió esta exposición los resultados finales obtenidos en la llamada experiencia de Agassiz (en el observatorio de Harvard) y los preliminares tomados con el mismo equipo, a los 4100 metros de altura y con un diámetro para los cintiladores de plástico de 700 metros en las proximidades del Laboratorio de Chacaltaya, en Bolivia.

Datos obtenidos en Kodaikanal (India) y algunos de la experiencia que

con un diámetro de casi tres millas entre los contadores plásticos se ha montado en "Volcano Ranch" (New Mexico), fueron igualmente analizados, en base a las computaciones teóricas de Olbert. Se trató con alguna extensión la discrepancia existente en la distribución lateral de los chubascos producidos en diferentes alturas, así como de su aparente isotropía con relación al tiempo.

El grupo soviético (S.N. Vernov, Chudakov, Zatsepin y otros) expuso los trabajos llevados a cabo en base a los datos tomados con la experiencia montada en la propia Universidad de Moscú y en la que, en forma conjunta, vienen operando alrededor de 5000 contadores G.M. hodoscopizados, cubriendo un área efectiva de 100 metros cuadrados, 150 cámaras de ionización de tamaños diferentes con un área de 13 mts<sup>2</sup>, y una cámara de difusión para el estudio del centro del chubasco. Parte de este equipo se halla situado en estaciones móviles que pueden distanciarse convenientemente de la estación central; esta última ocupa tres alas de un mismo edificio y al igual que con los datos del conjunto del equipo, se puede recibir información de la absorción producida bajo 20 y 40 metros de agua equivalente, respectivamente.

Los temas de mayor interés en estas sesiones fueron los destinados al estudio de la distribución espacial del flujo de energía de la componente nuclear activa en la formación de los chubascos, los de la componente electrofotónica hasta distancias de un kilómetro del eje del chubasco, espectro de los chubascos según el número de partículas que componen el mismo; se trató también, en alguna extensión, el coeficiente de absorción y efecto barométrico para distintos tipos de chubascos; estas últimas características aparentemente, son independientes de la naturaleza nuclear o electrofotónica del chubasco.

K. Geisen dió los resultados obtenidos en la Universidad de Cornell (EE.UU) tanto para chubascos de grandes energías, que deben tener su máximo desarrollo relativamente en las capas bajas de la atmósfera, como para los de menores energías, cuyo máximo desarrollo debe encontrarse más alto. Por ello el coeficiente de absorción debe ser una función creciente con el número de partículas del chubasco, aunque determinadas experiencias muestran lo contrario. Señaló igualmente los estudios realizados sobre variaciones siderales y solares para chubascos de energías que van de  $10^4$  a  $10^9$  partículas por acontecimiento

no habiéndose encontrado ninguna variación significativa que señale influencias solares o siderales. Dió los errores que se pueden cometer al calcular la distribución de los ejes del chubasco, que va de 0.2 % para los de bajas energías ( $10^4$  partículas) a cifras sumamente altas cuando se hace referencia a los pocos chubascos ya determinados (0.5 % para  $10^6$ , 3.0 % para  $10^7$ , 15 % para  $5 \times 10^7$  partículas por chubasco) de energías próximas a los  $10^9$  partículas.

Variaciones en tiempo sideral no obstante, fueron expuestas por el grupo de Chacaltaya (Bolivia) para chubascos conteniendo  $10^7$  partículas, con una amplitud máxima de 1 %, mientras los mismos investigadores hallan isotropía para chubascos de menor energía.

Una de las sesiones que mayor interés despertó, sobre todo para el gran número de físicos rusos que siguieron todas las exposiciones, sin participar propiamente en la reunión, fue la dedicada a la exposición de los trabajos experimentales llevados a cabo mediante globos, cohetes y satélites, particularmente de estos últimos. El principal expositor fue el Dr. Van Allen (Iowa, EE.UU) que dió cuenta del descubrimiento de las zonas de radiación alrededor de la tierra, que llevan actualmente su nombre. Después de una descripción histórica del proceso de su descubrimiento, con los datos recibidos del Explorer I y III, así como la contribución de la llamada experiencia Argus a la menor comprensión de la dinámica del proceso de captura por el campo magnético terrestre, (por la inyección artificial de electrones originados en el decaimiento beta-radioactivo de fragmentos de fisión de una explosión nuclear a gran altura) expuso la asociación de la experiencia Argus con datos recibidos, tanto en superficie, como mediante cohetes y el satélite Explorer IV.

Estos resultados, confirmados por los datos obtenidos por los científicos soviéticos en los Sputniks, han permitido no sólo conocer la naturaleza de estas zonas, sino avanzar algo incluso en la determinación de su energía.

El cinturón de intensa radiación interna (es decir, el más próximo a la tierra) parece estar compuesto en su mayor parte por electrones y alrededor de un 10 % de protones; el externo a más de 5000 Kms de la superficie, contiene casi exclusivamente electrones. La composición específica no sólo difiere de un "cinturón" a otro, sino también en función de su posición en el espacio

y del tiempo en que la observación fue efectuada. El cinturón interno es aparentemente estable y con energías para los electrones que van desde límites muy bajos hasta casi un MeV; los protones en este mismo cinturón (según medidas auxiliares que se citan posteriormente) pueden llegar hasta valores próximos a 1 Bev. El cinturón exterior, con electrones similares a los presentes en las auroras, parece tener un límite superior energético de unos 100 KeV, estando, en cuanto a su formación, íntimamente vinculados a las erupciones solares y fenómenos geofísicos asociados. Tanto al referirse a la energía de las partículas, como a la composición de las dos zonas, Van Allen hizo mención a los trabajos de Halley y Johnson (con espectrómetros en cohetes) y Fredon y White con emulsiones nucleares (también enviadas en cohetes). Al hablar de los orígenes de esta radiación, se presentó la teoría más generalizada en el sentido de que por lo menos una parte de la misma, que constituye la zona interior, se debe al efecto de albedo de los neutrones de la radiación cósmica en la atmósfera terrestre (Cristofilos, Vernov, Kellog, Singer y otros). Las variaciones en el tiempo de la intensidad de ambas zonas requiere mayor estudio (al igual que los aspectos de composición y energía), pero ésta vinculada íntimamente con nuestro sol.

La posibilidad de radiación cósmica "atrapada" en otros cuerpos celestes fue también ligeramente considerada en esta exposición.

Dentro de los trabajos del grupo soviético con satélites, lo que más llamó nuestra atención fue el expuesto por el Dr. Delginov sobre las medidas directas del campo magnético efectuadas mediante tres diferentes magnetómetros colocados en el Sputnik III. El alcance del instrumento permitía medidas de más o menos 3000 gama y con sólo 70 gama debidos al campo magnético del propio vehículo. Las curvas experimentales van ligeramente más bajas en valor absoluto del campo que las teóricas, hasta alrededor de los 22000 kilómetros de la tierra; posteriormente y entre este punto y los 24000 Kms, el valor experimental demuestra un pico más alto que el teórico, para descender de nuevo a mayores alturas y aproximarse asintóticamente para los espacios estelares.

Una de las últimas sesiones fue dedicada al estudio de las variaciones de la intensidad de la radiación cósmica en el tiempo, a los orígenes de esta

radiación, a sus correlaciones con otros fenómenos geofísicos y a las correcciones meteorológicas aplicables en cada caso.

La introducción de esta sesión corrió a cargo de L.I. Dorman con una revisión general del problema de las variaciones; H. Elliot describió un mecanismo de modulación del campo magnético solar que puede producir una serie de variaciones en la intensidad de la radiación cósmica que llega a la tierra; A. Ehmert expuso los trabajos realizados en Alemania sobre variaciones de la componente primaria mediante contadores llevados en globos y el mecanismo de modulación de esta radiación primaria en función de la actividad solar.

J.A. Simpson, al referirse a los cambios en la radiación cósmica primaria, señaló la importancia de separar el llamado ciclo undecenal de la radiación cósmica de las variaciones tipo Forbusch.

Wada, Kamiya, Kimura, Sekido, Yosida y otros, describieron numerosos casos de variaciones de la radiación, tanto diurnas solares, como otras producidas por fenómenos especiales como tormentas magnéticas, decaimiento tipo Forbusch, asociados o no a fenómenos solares, así como estudios de correlaciones entre datos de diversos observatorios y empleo de técnicas diferentes para demostrar efectos generales de aumento o disminución, durante períodos específicos. V. Sarabhai y sus asociados trataron sobre las posibles relaciones de las variaciones, con perturbaciones electromagnéticas en los espacios intergalácticos.

V. Regener (New Mexico) señaló alguno de los resultados preliminares obtenidos en Chacaltaya (Bolivia) con telescopios direccionales y bajo espesores de 30 metros de agua equivalente. Dadas las condiciones especiales de estas medidas, se estiman las energías mínimas de los primarios productores en 50 Bev o más. En estas condiciones halló un período bien definido de 24 horas, con una amplitud de 0.36 % con el máximo centrado alrededor de las 15 hora local, mientras no encontró período alguno de 12 horas. Supone este efecto la posibilidad de anisotropía en la radiación cósmica primaria originada en aceleraciones producidas en campos eléctricos generados por corrientes corpusculares solares. Dió cuenta igualmente de la disminución, hallada en casi todos los observatorios, de la radiación, durante los días 11 y 12 de mayo de 1959,

que en sus instrumentos y para las energías antes citadas llegó a ser del 3 %.

Escobar, Nerurkar, Weil y Uria (Chacaltaya-Bolivia) dieron igualmente cuenta de las variaciones diarias encontradas en telescopios direccionales (1). Señalaron la mayor oscilación diurna hallada para partículas procedentes del Este (de mayores energías) que concuerdan con similares obtenidos en Kodaikanal (India). Con estos mismos equipos se halló una disminución de aproximadamente el 5 % para los días 11 y 12 de mayo que fueron tratados líneas arriba (V. Regener).

Aunque el grupo argentino no pudo hacerse presente en esta reunión, sus componentes (Anderson, Cardoso, Ghielmetti, Manzano, Roederer y Santochi) dieron cuenta de los estudios que allí se vienen desarrollando con contadores de neutrones sobre variaciones diurnas y sus relaciones con la actividad geomagnética a distintas latitudes, en el hemisferio sur, así como sobre los métodos empleados para determinar los diversos coeficientes meteorológicos.

Una de las sesiones vespertinas fue destinada a la reunión del SCRIV (bajo la dirección de los Drs. J. A. Simpson, V. Sarabhai y L. I. Dorman) para tratar una vez más de generalizar un método sobre las correcciones meteorológicas. En esta misma reunión se dió cuenta de la actividad del Sub-Comite durante el Año Geofísico Internacional y la que le corresponderá en el presente de Cooperación Geofísica. Se destacó aquí la labor cumplida y el gran número de datos actualmente disponibles. Tratóse igualmente de generalizar el empleo de los datos recibidos en los centros mundiales, así como forma de publicar los mismos y sus posibles métodos de análisis.

Los delegados y sus esposas tuvieron oportunidad de visitar puntos de interés turístico en Moscú y sus alrededores, habiendo sido agasajados por sus colegas soviéticos y oficialmente por la Academia de Ciencias del país visitado.

## REFERENCIAS

- 1.- Escobar, Nerurkar, Weil y Uria, Revista Mexicana de Física 8, 87 (1959).