

V. V. Parin ha señalado:

—Un problema aparte representaba la preparación del hombre para el período de partida. Inspección médica reforzada, alimentación especial, investigaciones sistemáticas en condiciones de tierra por métodos destinados para el vuelo, todo esto ha asegurado la unidad y la sucesión en el logro de una valiosísima información científica y también ha permitido obtener los datos iniciales necesarios para el análisis posterior de los fenómenos que caracterizan las reacciones del organismo humano en vuelo.

La investigación de las biocorrientes del cerebro, de los músculos, las investigaciones electrocardiográficas detalladas, la vectorcardiografía y otras muchas cosas han garantizado el volumen necesario y la profundidad del control imprescindible sobre el estado de salud del cosmonauta en el período anterior al lanzamiento. Junto a esto, se ha efectuado una observación médica y psicológica constante, se han realizado pruebas bioquímicas, inmunológicas, pruebas para controlar el estado nervioso y emocional del cosmonauta.

Durante todo el vuelo de Yuri Alexéievich Gagarin se ha realizado un control médico ininterrumpido de su estado. Además de las comunicaciones acerca de cómo se encontraba, transmitidas por él periódicamente, los médicos y fisiólogos han observado con ayuda de siste-

mas radiotelemétricos el pulso y la respiración del primer hombre que estaba en el espacio cósmico.

La gran experiencia acumulada por la telemetría, nueva rama de la ciencia que reúne en sí los últimos adelantos de la medicina y la radioelectrónica, fue puesta al servicio del hombre el 12 de abril de 1961. Tienen un valor inapreciable los datos objetivos de la biotelemetría para la seguridad del cosmonauta. En su indumentaria llevaba acoplados simples y cómodos transmisores que transformaban los parámetros fisiológicos —las biocorrientes del corazón, las fluctuaciones del pulso de la pared venal, los movimientos respiratorios de la caja torácica— en señales eléctricas. Amplificadores especiales y sistemas de medición han hecho posible el paso a los canales de radio de los impulsos propios de la respiración y la circulación de la sangre en todas las etapas de vuelo.

Los datos previos obtenidos de la elaboración de la información radiotelemétrica muestran que también desde el punto de vista médico el vuelo de Yuri Gagarin ha transcurrido perfectamente. Las alteraciones del pulso y de la respiración en la parte activa del vuelo han sido aproximadamente las mismas que durante los numerosos entrenamientos. En las condiciones de la ingravidez, el pulso y la respiración se normalizaron casi enteramente.

¿COMO SE FORMO LA TIERRA?: UN BRUSCO VIRAJE EN LA COSMOGONIA PLANETARIA

por el prof. B. LEVIN

De la Academia de Ciencias de la URSS

Durante los veinte años últimos se ha registrado un brusco viraje en la cosmogonía planetaria. La ciencia ha pasado de la hipótesis sobre la formación de la Tierra a base de condensaciones u ovillos incandescentes de sustancia solar, a la concepción de su génesis mediante la acumulación de sustancia sólida fría. En la ciencia soviética este viraje se inició en 1944 con la aparición de la hipótesis cosmogónica del académico O. Schmidt, célebre matemático y explorador polar soviético.

O. Schmidt consideraba que la Tierra debe su origen a la acumulación de sustancias sólidas frías, y que al principio estaba fría. Sólo después fue aumentando gradualmente la temperatura a consecuencia de la concentración del calor desprendido en sus entrañas durante la desintegración de los elementos radiactivos. Es natural que para las investigaciones geofísicas, geoquímicas y geológicas de la Tierra se necesiten conocimientos de partida acerca del proceso de formación de nuestro planeta, sin los cuales es imposible comprender correctamente su desarrollo anterior y su estructura actual. Pero, como es sabido, la Tierra forma parte de una familia de planetas engendrados por un proceso único. De ahí que para comprender un caso particular sea preciso estudiar todo el proceso en conjunto, abarcando los planetas, sus satélites, los pequeños cuerpos planetarios (asteroides), los meteoritos y los cometas.

Durante la elaboración de la hipótesis cosmogónica de O. Schmidt, en la cual intervinieron, además del autor, otros científicos soviéticos, algunas de sus tesis fueron ampliadas y modificadas. De acuerdo con la teoría desarrollada sobre la base de las ideas de O. Schmidt, la formación de los planetas pasó por las siguientes etapas esenciales: la sustancia primaria, de la que están formados hoy los planetas, se hallaba diseminada por todo el espacio del sistema planetario actual en forma de una nube de gas y polvo (protoplanetaria), que giraba alrededor del sol. Las partículas de polvo, más pesadas que las moléculas de gas, fueron constituyendo paulatinamente una fina capa en el plano central de la nube. Por efecto de la atracción mutua entre las partículas y probablemente como consecuencia de la aglutinación de unas contra otras, de la sustancia de la capa polvorienta se formaron multitud de cuerpos con dimensiones transversales de decenas e incluso centenares de kilómetros, o sea, semejantes a las que tienen los asteroides actuales. Eran cuerpos intermedios entre las partículas de polvo primitivas y los planetas del presente. Con la aparición de estos cuerpos intermedios se inició la etapa siguiente de formación de los planetas. Al chocar entre sí con velocidades reducidas, estos cuerpos podían unirse (fusionarse), originando cuerpos de mayores dimensiones; al entrar en colisión con grandes velocidades, deberían disgregarse, pero sus fragmentos eran capturados por cuerpos de mayor tamaño (se unían a ellos). Los cuerpos aislados que no fueron destruidos durante las colisiones y que superaron a otros en el proceso de crecimiento se convirtieron en "gérmenes" de los planetas actuales.

Los cuerpos con dimensiones de cientos de kilómetros ejercían una sensible influencia gravitacional sobre el movimiento de los cuerpos que pasaban junto a ellos a distancias pequeñas. Esto condujo a que las órbitas circulares de los cuerpos formados del disco de polvo plano adquirieran poco a poco forma elíptica. Por ello, cada uno de los "gérmenes" de los planetas captaba los cuerpos y partículas de menor tamaño procedentes de la amplia zona que circundaba su trayectoria, y los planetas actuales empezaron a moverse por órbitas muy alejadas unas de otras. Las características individuales de las órbitas de los distintos cuerpos y partículas se compensaban mutuamente al unirse, adquiriendo el valor medio, debido a lo cual las órbitas de los planetas resultaron casi circulares.

Como mostró O. Schmidt, este crecimiento de los planetas mediante la captura de cuerpos y partículas circundantes encierra en sí el mecanismo que regula las distancias entre los planetas vecinos y que conduce a la ley del aumento de las distancias de los planetas con respecto al Sol, aumento que existe en nuestro sistema planetario. O. Schmidt afirmó también que los planetas surgidos de este modo deben, como regla general, girar sobre su eje en la misma dirección en que tiene lugar su rotación en torno del Sol.

Diez o quince años atrás, numerosos geólogos y geofísicos consideraban imposible renegar de las hipótesis habituales acerca del estado inicial incandescente de la Tierra. Pero poco a poco fueron revisando sus puntos de vista, y algunos de sus enemigos se convirtieron, incluso, en ardientes defensores de la nueva concepción acerca del estado inicial frío de la Tierra. Por ejemplo, el académico A. Vinogradov demuestra en forma convincente, en sus trabajos de los últimos años, la fusión paulatina de la corteza terrestre por el calentamiento gradual de las entrañas de la Tierra. En la actualidad se han recopilado ya muchísimas pruebas de que la Tierra tiene su origen en la acumulación de cuerpos y partículas fríos. Algunas de estas pruebas se basan en los trabajos de investigación de extranjeros. Por ejemplo, en los trabajos del físicoquímico norteamericano Harold C. Urey se hace el análisis más completo de los argumentos químicos. Desde 1950, Urey se dedica al desarrollo de una teoría cosmogónica muy parecida a la que se elabora en la Unión Soviética a base de las ideas de O. Schmidt. Pero existe

también otro punto de vista. Por ejemplo, en la URSS el académico V. Fesénkov opina que, aunque los planetas se formaron de sustancia fría en forma de nube de gas y polvo, el proceso de formación transcurrió de tal modo que la Tierra en su estado inicial estaba, sin embargo, caliente.

En agosto de 1958, en la x Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional, celebrada en Moscú, se organizó un symposium dedicado al origen de la Tierra y de los planetas en el que participaron más de 300 hombres de ciencia. Intervinieron H. Jeffreys, F. Hoyle (Inglaterra), G. P. Kuiper, H. Urey (EE. UU.), E. Schatzman (Francia), A. Lebedinski (URSS) y otros científicos eminentes. Se examinó el proceso de formación de los planetas a partir de la nube protoplanetaria fría, compuesta de gas y polvo, así como la procedencia de esta nube circunsolar. En lo que respecta a este último problema, el profesor F. Hoyle expuso nuevas e interesantísimas ideas que conjugan las de Laplace y las actuales acerca del papel que desempeñan las fuerzas electromagnéticas en los procesos cósmicos. El profesor F. Hoyle afirma que durante la formación del Sol de una nebulosa comprimida cuando el diámetro solar alcanzó aproximadamente la magnitud del diámetro de la órbita de Mercurio, en la parte ecuatorial del Sol, a causa de su rápida rotación, se desprendió sustancia gaseosa en estado incandescente, que cesó de participar en el proceso ulterior de comprensión. Estos gases estaban parcialmente ionizados y el Sol poseía entonces un campo magnético de intensidad algo mayor, probablemente, que la actual. Por ello, entre el Sol y la sustancia desprendida surgió cohesión magnética, debido a la cual dicha sustancia se distribuyó por todo el espacio del sistema planetario actual y la velocidad de rotación del Sol se amortiguó. A consecuencia del enfriamiento y la condensación parcial de los gases componentes de la nube protoplanetaria, el estado puramente gaseoso de ésta se convirtió en un complejo de gas y polvo.

La hipótesis de F. Hoyle lleva a la conclusión de que en el Universo abundan los sistemas planetarios. Cada una de las estrellas de masa equivalente e incluso menor a la del Sol debería estar, según el criterio de F. Hoyle, rodeada por una nube protoplanetaria primero y por un sistema de planetas, después.

DOS GRUPOS DE PLANETAS

Volvamos, sin embargo, a la concepción de O. Schmidt sobre el proceso de formación del sistema planetario. Esta concepción explica también la existencia de dos grupos de planetas que se diferencian por su masa y su composición química. Los cuatro planetas más próximos al Sol —Mercurio, Venus, la Tierra y Marte—, son relativamente pequeños (la Tierra es el más grande de ellos) y tienen una densidad media superior en cuatro o cinco veces y media a la del agua. Todos ellos, al igual que la Tierra, están formados de sustancias pétreas y metales. Los planetas alejados del Sol —Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno— tienen decenas y centenares de veces más masa que la Tierra, y como lo demuestra su reducida densidad media, están compuestos de otras sustancias más ligeras. La observación de sus espectros y los cálculos teóricos nos muestran que en ellos existe gran cantidad de metano y de amoníaco y muchísimo hidrógeno, el elemento más ligero. En Júpiter y en Saturno, el hidrógeno debe constituir cerca de las $\frac{3}{4}$ partes de su masa.

¿De dónde provienen estas diferencias entre ambos grupos de planetas? La respuesta a esta pregunta la dieron en 1950 dos investigadores soviéticos, los profesores L. Gurévich y A. Lebedinski. La nube protoplanetaria debería ser poco transparente a causa de la presencia de

partículas de polvo. Cuando el polvo se concentró en el disco plano, éste debería ser totalmente opaco. Los rayos solares podían calentar sólo una capa de pequeño grosor después de la cual se extendía la parte fría del disco, en la que no penetraban los rayos. En la zona caliente, las partículas de polvo estaban formadas únicamente de sustancias pétreas no volátiles, mientras que en la parte fría se congelaban en ellas grandes cantidades de las sustancias volátiles existentes en la fase gaseosa de la nube. Este fenómeno originó diferencias en la cantidad y composición química de la sustancia sólida constitutiva de las partículas de polvo, lo que posteriormente se tradujo en diferencias en la masa y composición de los dos grupos de planetas. Hasta el presente no se ha aclarado si la temperatura de la parte externa del disco era lo suficientemente baja para que incluso el hidrógeno pudiera congelarse y condensarse en las partículas de polvo y, de esta manera, pasar a formar parte en estado sólido de los planetas gigantes, o si los "embriones" de estos planetas gigantes podían, a consecuencia de su gran masa, captar (asimilarse) también el hidrógeno en estado gaseoso, junto con la sustancia sólida.

Son muy interesantes asimismo las cuestiones que surgen cuando se examina el problema de la composición química de los planetas de nuestro sistema, particularmente de la Tierra. Cuerpos como la Tierra y la Luna, formados a una misma distancia casi igual con respecto al Sol, habrían de tener idéntica composición. Sin embargo, la Tierra es 5,5 veces más densa que el agua, mientras que la Luna lo es sólo en 3,3 veces. Los datos geofísicos, en particular el estudio de la propagación de las ondas sísmicas, revelan la existencia de un núcleo denso en la Tierra. Durante mucho tiempo se le consideraba constituido de hierro níquelífero. Si esto fuera cierto, la Luna, de menor densidad, debería contener menos cantidad de hierro. Tal es el punto de vista de H. Urey, quien desde hace muchos años viene buscando infructuosamente la explicación de esta diferencia.

Pero en los últimos decenios han surgido nuevos puntos de vista acerca de la naturaleza del grupo terrestre. En 1939, el geólogo soviético V. Lódnikov indicó que puede estar constituido de las mismas sustancias pétreas que componen la envoltura situada encima ("manto"), pero transformadas en estado denso por efecto de la presión de 1,5 millones de atmósferas que reina en los límites del núcleo. Desde 1959 esta idea está siendo desarrollada con acierto por el físico inglés W. Ramsay y ve aumentar cada vez más el número de sus adeptos. En este caso resulta que la Tierra y la Luna, desde el punto de vista de las hipótesis cosmogónicas, deben tener igual composición, pero con la diferencia de que en la pequeña Luna, a causa de la baja presión existente en su seno, las sustancias pétreas no pueden, ni siquiera en el centro, pasar a un estado denso.

UNAS PALABRAS MAS ACERCA DE LA LUNA

En la actualidad, después del lanzamiento de los cohetes cósmicos soviéticos a la Luna y en torno a ella, por los científicos de la URSS, esta cuestión despierta gran interés. Es sabido desde hace mucho que la Luna no se desprendió de la Tierra durante el período inicial "ígneo-líquido" que se suponía antes. La hipótesis de esta separación bajo el efecto de las mareas solares expuesta con suma precaución por el matemático y geofísico inglés G. Darwin, fue rebatida hace más de treinta años por su compatriota Harold Jeffreys.

La Luna, lo mismo que la Tierra, tiene su origen en la acumulación de cuerpos sólidos fríos, proceso que comenzó en la época de la formación de la Tierra, pero que duró algo más. En

los tiempos en que la Tierra, en período de crecimiento, se movía entre multitud de cuerpos de menor tamaño, en sus alrededores tenían lugar de cuando en cuando choques inelásticos entre dichos cuerpos. En algunos casos, la velocidad con respecto a la Tierra era insuficiente para vencer la fuerza de atracción de esta última. Por ello, una parte de los cuerpos en colisión se convertía en pequeños satélites de la Tierra. De este enjambre de pequeños satélites que circundaban entonces a nuestro planeta se formó el gran satélite actual: la Luna. Pero después, a consecuencia de la interacción de las mareas con la Tierra, la Luna empezó a alejarse, pasando para las zonas externas del enjambre todavía no agotadas.

Por ello, incluso mil millones de años después de iniciarse el proceso de acumulación de la Luna, cuando sus entrañas habían tenido ya tiempo de fundirse como resultado de las desintegraciones de los elementos radiactivos, los cuerpos con dimensiones transversales de decenas y centenas de kilómetros continuaron bombardeando su superficie. Las huellas de estos choques, acompañados de erupciones de lava, pueden observarse hoy día en la Luna, en forma de cráteres y "mares". En el proceso de formación del relieve de la Luna se entrelazaron tan íntimamente los efectos de las colisiones y la acción de las fuerzas volcánicas, que es difícil decir a cuál de ambos fenómenos debe atribuirse el papel primordial.

Han transcurrido cerca de 4.000 millones de años desde esta impetuosa época de formación del relieve actual de la Luna; pero la ausencia de agua y de atmósfera en la Luna hace que el proceso de destrucción de dicho relieve transcurra con extraordinaria lentitud. La disminución de las reservas de elementos radiactivos, a consecuencia de su constante desintegración, condujo, hace ya mucho tiempo, a que el calentamiento de la Luna fuese reemplazado por su enfriamiento. En la actualidad, la Luna debe estar recubierta de una corteza dura, de 500 a 700 kilómetros de espesor, como mínimo, y es muy probable que sea sólida en toda su masa.

En las investigaciones dedicadas al origen de la Tierra, de la Luna y de otros cuerpos del sistema solar, existen aún numerosas lagunas y cuestiones que precisan ser aclaradas. Pero, al mismo tiempo, podemos afirmar que la idea directriz que nos sirve actualmente de punto de partida en nuestros trabajos —el estudio del proceso de acumulación de los planetas a base de cuerpos sólidos fríos— es acertada y que el estudio ulterior de este problema nos revelará con plenitud y precisión crecientes el verdadero curso de la formación y evolución de nuestro planeta.