

AC 14 17

En este tema se aborda el estudio de las interacciones gravitatorias y se establece el concepto de campo. En temas anteriores hemos visto que las interacciones fundamentales de la naturaleza son las siguientes, gravitatorias, electromagnéticas, fuertes y débiles. ¿Por qué dedicamos un tema en este curso introductorio al estudio de las interacciones gravitatorias, profesor? El estudio de las interacciones gravitatorias puede considerarse como el punto de partida de la física y en general de la ciencia moderna.

En efecto, Nicolás Copérnico, a comienzos del siglo XVI, propuso abandonar la concepción geocéntrica del universo, indicando que todos los planetas de nuestro sistema solar, incluida la Tierra, describen movimientos con relación al Sol. Más adelante, a finales del mismo siglo, las medidas efectuadas por Tycho Brahe sobre el movimiento de los cuerpos celestes indujeron a Johannes Kepler a enunciar las leyes que llevan su nombre, referentes al movimiento planetario, a saber, primera, los planetas describen órbitas elípticas en torno al Sol que se encuentra en uno de los focos. Segunda, el vector posición de un planeta, tomando el sistema de referencia en el Sol, barre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales.

Tercera, los cuadrados de los periodos de los movimientos son proporcionales a los cubos de las distancias promedio entre los planetas y el Sol. En realidad, estas leyes empíricas pueden deducirse de una forma teórica a partir de las leyes fundamentales de la mecánica. Pero no hay que olvidar que esta mecánica surgió precisamente de la necesidad de explicar los movimientos de los astros.

A este respecto, debemos notar que en el contenido de las leyes de Kepler no hay contenida información alguna acerca de las causas que hacen que los planetas y demás cuerpos celestes describan movimientos en la forma indicada por estas leyes. Es decir, las leyes de Kepler dan cuenta de la cinemática del movimiento pero no de su dinámica. Fue Newton en el siglo XVII quien al anunciar la ley de gravitación universal explicó por qué los planetas se mueven del modo armonioso en que lo hacen.

Así pues, como ya hemos venido insistiendo, además de que siguiendo un orden cronológico en la historia de la física es perfectamente razonable acometer el estudio de las interacciones gravitatorias con anterioridad a las restantes fundamentales, no cabría hablar por otro lado de la física actual sin un conocimiento de la mecánica newtoniana, que hoy llamamos clásica, que marca el comienzo de la física como ciencia positiva y en cuya elaboración tan importante papel jugó la formulación de la ley de gravitación universal. En el texto vemos que las interacciones gravitatorias están asociadas a la existencia de la propiedad de la materia que llamamos masa, al igual que las interacciones eléctricas derivan de la propiedad denominada carga, pero en otras ocasiones nos hemos referido a la masa como propiedad vinculada a la inercia de los cuerpos. ¿Tiene esta noción de masa alguna relación con la actual? Las interacciones gravitatorias están asociadas a la existencia de una propiedad de la materia llamada masa gravitatoria, común a todos los cuerpos.

En realidad el término masa ha sido ya introducido, como usted apunta, cuando estudiábamos los fundamentos de la dinámica, por ejemplo cuando se establecía la ecuación de movimiento de una partícula. Sin embargo esta masa, llamada inercial, tiene evidentemente un significado físico diferente al de la masa considerada ahora. La masa inercial es la propiedad de la materia según la cual los cuerpos presentan una mayor o menor oposición a cambiar su estado de movimiento, medido éste por la velocidad instantánea o el momento lineal, bajo la acción de una fuerza que expresa la intensidad de la interacción de este cuerpo con otro u otros.

Es decir, esta propiedad expresa la distinta inercia de los cuerpos. La masa gravitatoria, en cambio, será aquella propiedad de la materia en virtud de la cual los cuerpos interactúan atractivamente en la forma definida por la ley de Newton de la gravitación, de un modo similar a como los cuerpos cargados eléctricamente interactúan en la manera indicada por la ley de Coulomb. De todas formas, aunque masa inercial y masa gravitatoria sean en principio propiedades diferentes, todas las experiencias evidencian su íntima conexión.

Parece lógico que, puesto que la masa gravitatoria es una propiedad común a toda la materia, la fuerza que mide la intensidad de la interacción gravitatoria sea proporcional a la cantidad de materia de uno y otro cuerpo, medida en cierto modo por la respectiva masa inercial. Resulta así que ambas masas, inercial y gravitatoria, serían proporcionales. Si denotamos por m_g la masa gravitatoria y por m_v la masa inercial de un cuerpo dado, la relación k igual a m_g partido por m_v debe ser la misma para todos los cuerpos, una vez que hemos aceptado el carácter universal de las interacciones gravitatorias, así como la validez general de las leyes del movimiento.

Es posible entonces hacer k igual a la unidad mediante una elección adecuada de las unidades de m_g , resultando así que un mismo número medido con iguales unidades expresará simultáneamente el valor de ambas masas. Conviene notar que todas las consideraciones anteriores tienen su razón de ser, como ya se ha apuntado, en que la masa gravitatoria es una propiedad universal de la materia. Por consiguiente, estos razonamientos no podrán utilizarse en el caso de las interacciones eléctricas, ya que no todos los cuerpos estarán cargados eléctricamente por tener en promedio el mismo número de cargas eléctricas positivas y negativas.

Todo lo anterior induce, pues, a pensar que efectivamente ambas propiedades se encuentran estrechamente vinculadas, o tal vez identificadas, por lo que en el futuro hablaremos de masa sin especificar si nos referimos a uno u otro tipo de ella. Al comienzo usted, profesor, mencionó que fue Newton quien enunció la ley de gravitación que lleva su nombre para explicar el movimiento de los planetas, desarrollando al mismo tiempo el formalismo de la mecánica clásica. ¿De qué argumento se sirvió Newton para tal propósito? Las interacciones gravitatorias son muy débiles y solo pueden ser tenidas en cuenta en el caso de que las masas interactuantes sean muy grandes, como ocurre con los cuerpos celestes, o cuando siendo pequeñas las masas, la distancia de separación sea muy pequeña, aunque en esta última eventualidad aparecerán generalmente enmascaradas por otras interacciones más intensas.

Por todo ello, la comprobación experimental de la ley de Newton de la gravitación requerirá la utilización de dispositivos de medida de gran sensibilidad. Tales dispositivos no existían evidentemente en la época en que Newton formuló la ley que estamos comentando, por lo que resulta aún más sorprendente el hecho de que la enunciase. En realidad fueron las leyes de Kepler del movimiento planetario las únicas herramientas de las que se valió para hacer posible tal acontecimiento.

Según la primera de estas leyes, un planeta describe una órbita elíptica alrededor del Sol. En primera aproximación podemos tomar una circunferencia en lugar de una elipse. En este caso particular, la segunda ley establece que el movimiento circular debe ser uniforme, es decir, asegura la constancia del módulo de la velocidad.

Teniendo en cuenta además la tercera ley, para este caso concreto, dada por 12-15, la ecuación de movimiento del planeta considerado nos conduce directamente a la ley de Newton de la gravitación. Esta deducción simplificada muestra la compatibilidad de la ley que rige las interacciones gravitatorias con las leyes de Kepler. De este modo, la interacción gravitatoria es la causa de que los planetas describan movimientos obedeciendo a las leyes estrictamente cinemáticas de Kepler.

El siguiente paso dado por Newton fue la generalización de la ley de gravitación a todos los cuerpos que no fueran planetas. Así, él mismo comparó el valor de la aceleración centrípeta de la Luna en su movimiento en torno a la Tierra con el valor de la aceleración de caída libre de un cuerpo cercano a la superficie terrestre, resultando que ambas aceleraciones son inversamente proporcionales a los cuadrados de las distancias respectivas de la Luna y del cuerpo considerado al centro de la Tierra. La diferencia entre la Luna y el cuerpo es que aquella tiene una energía cinética apropiada que hace posible el movimiento orbital en torno a la Tierra, mientras que el cuerpo no la tiene, por lo que irremediablemente cae a la superficie terrestre.

Sin embargo, el resultado obtenido permite vislumbrar el carácter general de la ley de gravitación que será válida por tanto para cuerpos cualesquiera y no sólo para los planetas y demás cuerpos celestes. Usted, profesor, se ha referido a la pequeña intensidad de las interacciones gravitatorias. ¿Quiere decirse entonces que estas interacciones no juegan un papel importante en la estabilidad de la materia condensada? Así es, en efecto.

Las interacciones gravitatorias son mucho más débiles que las electromagnéticas y en la práctica sólo son relevantes en aquellos casos en que, como hemos dicho antes, las masas implicadas sean considerables y que además suelen corresponder a cuerpos eléctricamente neutros. Como ejemplo, conociendo las masas de la Tierra y de la Luna y su distancia media, deducimos que la fuerza de interacción tiene un valor realmente importante, igual a 1,91 por 10 elevado a 20 newtons. Si consideramos ahora un átomo de hidrógeno, el valor de la fuerza de interacción gravitatoria entre el protón y el electrón podrá determinarse como antes conociendo sus masas respectivas y el radio de la órbita electrónica, supuesta circular.

El resultado es que la fuerza es de 3,61 por 10 elevado a menos 47 newtons, valor

prácticamente despreciable puesto que la fuerza electrostática inexistente en el caso anterior de la Tierra y la Luna es ahora del orden de 3 por 10 elevado a 39 veces mayor que la fuerza gravitatoria. Tenemos pues un indicio corroborado en otros muchos casos de que las interacciones gravitatorias no juegan un papel importante en la estabilidad de la materia en sus diferentes estados de agregación. En realidad, las fuerzas directamente responsables de la estabilidad de átomos, moléculas, líquidos y sólidos son de naturaleza electromagnética, mientras que la estabilidad de los núcleos atómicos está asegurada por otro tipo de fuerzas, caracterizadas por su corto alcance y gran intensidad.

Lo anterior no presupone ni mucho menos que las interacciones gravitatorias no desempeñen un papel importante en la naturaleza. Aparte de ser las responsables del movimiento sumamente armónico de los astros, son igualmente responsables de muchos fenómenos de la vida cotidiana. Basta recordar, por ejemplo, que la formación de mareas es consecuencia directa de las interacciones gravitatorias de la Tierra con la Luna y el Sol.

Hasta ahora, profesor, y a pesar de que el título del tema que nos ocupa es el campo gravitatorio, no hemos oído hablar del concepto de campo, ceñiéndonos tan solo a comentar ciertos aspectos de las interacciones gravitatorias. ¿Podría usted aclararnos la noción de campo? Si recuerda usted la definición que en el texto se da de intensidad de un campo de fuerzas, entendido éste como aquella región del espacio en la que es posible establecer una correspondencia entre los puntos de ese espacio y las fuerzas susceptibles de actuar sobre una partícula dada situada sucesivamente en dichos puntos, observará que podemos expresar la ley de Coulomb de interacción entre cargas puntuales en la forma 12-2 y, análogamente, la ley de Newton de interacción entre masas puntuales en la forma 12-4. Tal cambio de notación merced a la definición de intensidad del campo gravitatorio o eléctrico puede parecer a primera vista que no presenta otras ventajas que las derivadas de una mayor concisión de las expresiones de las fuerzas de interacción con relación a su forma primitiva.

Sin embargo, el paso de un formalismo a otro no supone tan solo un cambio meramente matemático en las fórmulas, sino que fundamentalmente encierra una revisión drástica de la concepción física del fenómeno de las interacciones entre partículas. Pensemos efectivamente que las fuerzas ejercidas mutuamente entre una y otra partícula no pueden aparecer simultáneamente. Tal como supuso Newton considerando tan solo la ley de acción y reacción.

Aceptar este hecho sin reservas equivaldría a asegurar que la propagación de la interacción tiene lugar a una velocidad infinita. Es, por otra parte, de sobra conocido, según previene la teoría de la relatividad de Einstein en su segundo postulado, que la velocidad de transmisión de cualquier señal portadora de energía tiene un valor límite no superable que es el de la velocidad de propagación de la luz en el vacío. Por consiguiente, la hipótesis de una interacción instantánea a distancia debe ser desechada.

De esta forma, entre la acción de una partícula sobre otra y la reacción de esta sobre la primera debe mediar un tiempo de respuesta evidentemente finito si la distancia de separación entre

ambas partículas es igualmente finita, pero no será un tiempo nulo en ningún caso. Según la definición de intensidad de campo, éste implica la existencia de una partícula que posea la propiedad física relativa a cada caso, masa, carga. Es decir, una sola partícula es ya responsable de la aparición de un campo, de un campo de fuerzas.

¿No es así? Sí, en efecto. Pero más que la propia definición del vector intensidad del campo como fuerza ejercida sobre la unidad de masa o carga, interesa sobre todo ver qué implicaciones físicas lleva inherentes esta definición. Con el fin de poder comprender el concepto de campo en su profunda dimensión física, conviene antes llamar la atención acerca de la forma en que es definido el espacio vacío.

Este espacio idealizado puede ser representado por un modelo matemático basado en definitiva en la aceptación del postulado de Euclides. Así, el vacío queda dotado de una geometría, de una estructura. En consecuencia, este espacio presentará dos propiedades fundamentales, su homogeneidad e isotropía.

La primera asegura que todos sus puntos son equivalentes, de donde se obtiene la invariancia de las leyes físicas bajo traslaciones uniformes de los sistemas de referencia. Así como la ley de conservación del momento lineal para una partícula situada en este espacio vacío. La última propiedad establece la equivalencia de todas las direcciones, deduciéndose entonces la invariancia de las leyes físicas bajo rotaciones uniformes de los sistemas de referencia, además de la ley de conservación del momento angular, momento, del momento lineal, para una partícula sumergida en dicho espacio.

Por otro lado, admitiremos también que el tiempo, que en física clásica tiene un carácter absoluto, es homogéneo e isotropo. La homogeneidad del tiempo equivale a afirmar que todos los instantes son equivalentes, de forma que las leyes que gobiernan procesos físicos permanecen invariantes frente a una traslación del origen del tiempo. Como consecuencia se deduce la ley de conservación de la energía.

La isotropía temporal indica que, en principio, las dos direcciones presente-futuro y presente-pasado son equivalentes, con lo cual las leyes físicas que expresan procesos físicos en los que no hay disipación de energía son invariantes frente a una inversión temporal. Se dice entonces que estos procesos, caso de que existan, son reversibles. Estas últimas ideas, sin embargo, no nos interesarán por el momento, pero es conveniente mencionarlas con objeto de tener una visión de conjunto de las propiedades del espacio y del tiempo que constituyen el marco en que todo proceso físico debe ser analizado.

En última instancia, vemos que según las leyes de conservación derivadas de la homogeneidad e isotropía del espacio euclídeo, una partícula situada en el vacío mantiene sin variación su estado de movimiento, es decir, se mueve libremente, describiendo, pues, un movimiento rectilíneo y uniforme. Lo anterior constituye el enunciado de la ley de la inercia o primera ley de Newton de la dinámica, vista ahora desde la perspectiva de la estructura geométrica euclídea impuesta al espacio vacío. Si ahora situamos otra partícula con análogas propiedades

materiales a las de la primera, suficientemente próxima a esta, los estados dinámicos de ambas partículas se ven afectados por la presencia de la nueva partícula.

En realidad, lo que ha ocurrido es que ha aparecido una interacción entre ellas, pero permanece una incógnita. ¿Cuál es el origen de esta interacción si no están en contacto y hemos además descartado la posibilidad de una acción instantánea a distancia? Por otra parte, si ambas partículas están en el vacío, ¿cómo se propaga la acción con la aparición de la reacción subsiguiente en ausencia de un soporte material? La respuesta a estas cuestiones capitales la da una teoría, la teoría de los campos, nacida en el siglo XIX como fruto, por un lado, de las experiencias de Faraday y Ørsted relativas a los fenómenos de inducción electromagnética y, por otro lado, de los trabajos teóricos de Gauss y que es felizmente completada por Maxwell. Dicha teoría indica que al situar en el espacio vacío una partícula con una propiedad especial y característica, carga, masa, etc., se rompe la estructura del espacio originalmente vacío y que ya no lo es por haber introducido en él la referida partícula.

Esta ruptura o deformación del espacio hace que éste deje de ser euclídeo, es decir, homogéneo e isotrópico. La partícula, no obstante, se mueve libremente, si es que es la única que se encuentra presente en el espacio. Podemos pensar, pues, en principio que no se ve afectada por la perturbación o deformación del espacio que ella misma provoca.

Queda así establecido un campo, un campo de fuerzas. Lo mismo sucederá con otra partícula semejante que creará a su vez su propio campo. De este modo, la acción sobre una partícula del campo creado por otra se manifiesta en la interacción entre ambas, o dicho de otra forma, las partículas interactúan a través de los campos creados por ellas.

Así pues, hemos explicado, o por lo menos dado un modelo de la causa de la interacción. El espacio vacío se deforma, cambiando su geometría, al introducir en él una partícula, de manera que otra nueva partícula aparecerá sometida a la acción de esa deformación originada por la primera. Exactamente igual puede decirse de ésta con relación a la deformación producida por la nueva partícula.

Entonces, resulta evidente que las trayectorias naturales posibles de las partículas situadas en un campo ya no son líneas rectas arbitrarias como ocurre en el movimiento libre, caracterizado por la conservación de los momentos lineal y angular, consecuencia de la homogeneidad e isotropía del espacio euclídeo. El campo, dotado de una nueva estructura geométrica, obligará a las partículas sumergidas en él a describir trayectorias bien caracterizadas, llamadas líneas de fuerza. Líneas que presentan la propiedad de tener en cada punto la dirección del vector intensidad del campo.

Es realmente importante notar que el campo, la deformación del espacio, existe ya con la presencia de una sola partícula. En cambio, las interacciones que constituyen la manifestación o efecto de los campos requieren para su existencia por lo menos dos partículas. Obviamente, para que dos partículas interactúen deben poseer la misma propiedad física, masa, carga, es decir, deben crear campos de la misma naturaleza.

Igualmente conviene hacer la observación de que aun cuando físicamente la noción de campo es anterior a la de interacción, históricamente apareció inicialmente este último concepto, transcurriendo dos siglos hasta que fue introducida en la física la idea de campo. Para terminar esta cuestión, diremos que los campos conservativos, como el gravitatorio y el electrostático, se manifiestan en la aparición de fuerzas conservativas. Tales campos pueden representarse además de por su intensidad, descripción vectorial, por su potencial, descripción escalar.

El potencial equivale a la energía potencial de la unidad de masa o carga, según qué tipo de campo consideremos. Desde un punto de vista dimensional, la intensidad del campo representa una fuerza por unidad de masa o carga. Asimismo, como acabamos de decir, el potencial puede verse como una energía potencial por unidad de masa o carga.

Sin embargo, para definir la intensidad o el potencial del campo, no habría que recurrir a ninguna fuerza o energía potencial, sino más bien al contrario, pues como ya se ha indicado, el campo tiene existencia real antes incluso de su manifestación en interacciones. Por ello, la definición de las magnitudes representativas del campo, intensidad y potencial, debería ser previa a la definición de las magnitudes que caracterizan las interacciones, fuerza y energía potencial. Usted, profesor, ha mencionado que cuando dos partículas interactúan, lo hacen a través de los respectivos campos creados por cada una de ellas.

¿Qué ocurrirá ahora, si una tercera partícula es situada en el espacio en el que estaban inicialmente presentes sólo las dos primeras? La respuesta a esta interesante pregunta es que la nueva partícula aparece sometida a la acción conjunta de las otras dos, siendo la fuerza resultante que define la interacción de la última partícula con las dos primeras igual a la suma vectorial de las dos fuerzas de interacción entre la partícula considerada y las otras. Este resultado ya conocido es consecuencia de un principio de gran importancia de la naturaleza, el principio de superposición de los campos. Este principio establece que si en una región del espacio existen varias partículas que dan lugar cada una de ellas a la aparición de diferentes campos, éstos se superponen como si no se afectasen unos a otros, dando lugar a la creación de un nuevo campo.

En consecuencia, las magnitudes que expresan este nuevo campo vendrán definidas por la superposición o suma de las magnitudes que definen cada uno de los campos superpuestos. Resulta pues que la superposición de las fuerzas de interacción es consecuencia de la previa superposición de los campos que dan lugar a esas fuerzas. El principio de superposición no se aplica en física únicamente en este caso.

Ya hemos considerado la superposición de movimientos, aunque en este caso la superposición es consecuencia de la superposición de las fuerzas que los provocan o modifican, además de la linealidad de las ecuaciones que describen estos movimientos. Pero quizá sea en el caso de las ondas perturbaciones con doble periodicidad espacial y temporal en la que este principio adquiere su más importante aplicación y que será tratada en un curso próximo. En el texto se dice que no es posible hablar de interacción directa a distancia entre partículas, ya que si tal

ocurriese se violaría el atributo de contigüedad del principio de causalidad.

El campo entonces actúa de vínculo de enlace entre dichas partículas como vehículo de transmisión de energía y momento lineal entre ellas. Sin embargo, existe una cierta ambigüedad en la definición de la intensidad del campo, ya que se precisa de una partícula de prueba para calcular el campo en un punto dado. ¿Podría comentar, profesor, estas cuestiones? Para establecer un campo en el vacío, es decir, para producir la consiguiente deformación del espacio, deberemos gastar una energía que vendrá dada por el trabajo necesario para localizar la partícula o distribución de partículas agentes del campo en dicho espacio.

Es importante notar que esta energía gastada queda almacenada en el espacio propagándose con velocidad finita según las líneas de fuerza. Así, la energía asociada al campo no está contenida en las partículas materiales que lo crean, sino en el espacio circundante. Si introducimos ahora en el campo una partícula de prueba, la energía del conjunto campo-partícula vendrá dada por la suma de la energía del campo, la energía cinética de la partícula y la energía potencial también de la partícula por el hecho de hallarse en el campo.

En problemas elementales admitiremos que la energía del campo no se altera por la presencia de la partícula, por lo que el movimiento de ésta bajo el sistema de fuerzas conservativas descrito por la función energía potencial dependiente de la posición estará caracterizado por la conservación de su energía mecánica suma de la cinética y la potencial. Por otra parte, la medición de un campo a través de su intensidad, por ejemplo, exige admitir la posibilidad de introducción de una partícula de prueba que suponga una perturbación despreciable del campo existente, o bien, alternativamente, hablar de las partículas como singularidades del campo, es decir, como puntos de discontinuidad del mismo. Desgraciadamente, en una teoría integrada de campos, no podemos desacoplar las fuentes del campo de las partículas de prueba, debiendo considerar conjuntamente ambos campos, y en particular el autocampo de las partículas introducidas, así como la acción o autofuerza ejercida sobre ellas mismas.

No obstante, en un estudio simplificado, convendrá desacoplar la causa, partículas con masa o carga, de su efecto, fuerza actuante sobre partículas de prueba similares, admitiendo la existencia del campo incluso en ausencia de tales partículas de prueba, por lo que definimos la intensidad del campo en la forma ya indicada. Las ecuaciones 12.2 y 12.4 dan cuenta de este desacoplamiento como se señala en el texto. Volviendo al campo gravitatorio terrestre, la aceleración de un cuerpo que cae bajo la atracción de la Tierra puede determinarse a partir de su ecuación de movimiento que, despreciando el rozamiento con el aire, será masa por intensidad del campo gravitatorio igual a masa por aceleración.

Creo entonces que esta aceleración de caída coincide numérica y dimensionalmente con la intensidad del campo gravitatorio terrestre. ¿Es esto cierto, profesor? Así es. Lo que usted acaba de mencionar es una consecuencia directa de la identificación efectuada de masa inercial con masa gravitatoria.

En principio, la masa que aparece en el miembro de la izquierda sería gravitatoria, en tanto que

la que figura en el de la derecha sería inercial. Esta identidad, entre ambas magnitudes, aceleración del cuerpo e intensidad del campo, que a través de la oportuna fuerza de interacción da lugar a dicha aceleración, no será posible realizarla, por ejemplo, en el caso de un cuerpo cargado eléctricamente que se mueve bajo la acción de un campo eléctrico, como puede fácilmente comprobarse a partir de la correspondiente ecuación de movimiento. Resulta entonces que, como la intensidad del campo no depende más que de la masa que crea el campo, de la Tierra en este caso, la aceleración de caída de cuerpos a pequeña altura sobre la superficie terrestre es la misma para todos e independiente de su masa.

Este hecho ya era conocido desde las experiencias de Galileo en la Torre de Pisa y encuentra ahora su justificación adecuada en la teoría de campos, una vez admitida la identidad de dos propiedades en principio diferentes de la materia, la masa inercial y la masa gravitatoria. Por todo ello, denominamos aceleración de la gravedad a la intensidad del campo gravitatorio. Acaban ustedes de escuchar introducción al curso universitario de ciencias físico-naturales tema duodécimo El campo gravitatorio por el profesor don Antonio Rueda de Andrés Nos despedimos de ustedes hasta pasado mañana domingo a las 9.30 en que podrán escuchar repertorio de la Universidad Nacional de Educación a Distancia El tercer programa de Radio Nacional de España les ha ofrecido Universidad Nacional de Educación a Distancia En su emisión diaria Universidad para Todos ha sido un espacio universitario preparado por su claustro de profesores y adaptado y presentado radiofónicamente por el tercer programa de Radio Nacional de España