

las 'dos culturas' en el pensamiento de un físico

LEOPOLDO MUZZIOLI A.

Profesor Emérito de la Universidad de Concepción

Generalmente se dice, con sencillez, con demasiada sencillez, me parece, que hay dos tipos de culturas: la cultura científica y la cultura humanística.

Es evidente que, entre estos dos tipos de culturas, hay diferencias que, en ciertos casos, deben considerarse determinantes.

Por ejemplo, si debemos organizar una particular facultad universitaria, las diferencias entre los dos tipos de culturas debemos considerarlas determinantes. En efecto, las diferencias resultan evidentemente muy importante cuando queremos establecer los cursos apropiados para esa facultad, los programas de estudio correspondientes y las horas de clases necesarias para cada uno de esos cursos.

En efecto es evidente que por ejemplo, en una facultad de ingeniería sería inoportuno poner como cursos de estudios la historia griega o la historia romana; como también sería inoportuno, en una facultad de letras, poner como cursos de estudio la ciencia de las construcciones o la electrónica.

Todavía, aparte estos casos donde (como repito) las diferencias entre las dos culturas deben considerarse determinantes, lo que une las disciplinas científicas con las disciplinas humanísticas es mucho más esencial de lo que las divide.

Es suficiente, en efecto, señalar que, sea la cultura científica como la cultura humanística, tienen un origen común, por cuanto ambas son actividades humanas.

Este hecho les confiere una unidad que no admite dudas.

Sin embargo hay diferencias; y es oportuno tratar de ver cuáles son.

Las ciencias, y en particular la física, a diferencia de las disciplinas humanísticas, utilizan, para expresarse, además del lenguaje común también el algoritmo matemático. Por consiguiente, para la cultura humanística, el lenguaje común, las palabras, que son, en general, el único medio utilizable como instrumento de expresión tienen una importancia fundamental.

En cambio son precisamente las ciencias, y en particular la física, que, al contrario de las disciplinas humanísticas han realizado, en estos últimos años, una crítica inteligente, sagaz y, al mismo tiempo, despiadada, sobre la utilización de las palabras.

Por ejemplo, una de las consecuencias más significativas de la teoría de la relatividad es que una palabra como "simultaneidad", cuyo significado se había siempre considerado como claro, evidente, y sobre todo absoluto, debe ahora considerarse como relativo y dependiente del observador.

Por consiguiente, en física, la palabra "simultaneidad", a pesar de que se encuentra en todos los diccionarios de todos los idiomas, viene a perder su significado común y tradicional.

Por otra parte, en física se pueden utilizar solamente magnitudes que admiten una definición operativa.

En efecto, condición determinante y absolutamente necesaria para que una magnitud física sea utilizable en física, es que dicha magnitud sea medible.

La orientación actual de la física establece que no tiene ningún sentido hablar de una magnitud física, si no se puede considerar un experimento prácticamente realizable, o, por lo menos, idealmente realizable capaz de medirla.

Entonces, solamente las magnitudes medibles y solamente las palabras con las cuales se denominan estas magnitudes medibles pueden utilizarse y figurar en el diccionario de la física; todas las otras magnitudes y todas las otras palabras con las cuales se denominarían esas magnitudes, no pueden utilizarse ni figurar en el diccionario de la física.

El físico no juzgaría conocer que es la velocidad, la aceleración, la masa, la fuerza, la energía, la temperatura, la carga eléctrica, la corriente eléctrica, la intensidad luminosa de un manantial de luz, etcétera, si este conocimiento no le permitiese contemporáneamente determinar la medida de estas magnitudes; si no tuviese la posibilidad experimental de medir dichas magnitudes.

Todavía más, el físico aún no conociendo la naturaleza íntima o interior de muchas magnitudes (lo que desgraciadamente sucede a menudo en física) las utiliza normalmente y en forma satisfactoria; siempre que se encuentre en condiciones de medirlas con experimentos prácticamente realizables o, por lo menos, idealmente realizables.

Todo esto, porque la física de hoy, más que una "física del ser", debe considerarse como una "física del acontecer" ya que ha vuelto a encuadrarse, más que nunca, en el método que Galileo estableció como base de toda investigación científica.

Ahora bien; ¿las disciplinas humanísticas (que para expresarse tienen solamente la palabra, a diferencia de las disciplinas científicas que tienen, además de la palabra, también el algoritmo matemático) han realizado esta crítica que se ha demostrado tan útil especialmente en las ciencias físicas?

No creo que la contestación a este pregunta sea positiva.

Consideremos, por ejemplo, algunas palabras como democracia, justicia y libertad, empleadas muy a menudo en los discursos políticos.

Me encontraba en Italia durante la campaña electoral de este año (1972) y, a pesar que no me ocupó de política, tuve ocasión de escuchar, por radio y televisión, muchos discursos de los representantes de los varios partidos políticos italianos.

Ahora bien, pude comprobar que todos estos representantes de los

varios partidos políticos italianos, el republicano, el monárquico, el comunista, el liberal, el demócrata cristiano, el socialista, etcétera, en sus discursos pronunciaban con notable frecuencia estas tres palabras: democracia, justicia y libertad.

Me parece evidente que, a pesar que estos políticos utilizaban todos estas mismas palabras, el significado que les daban era, para cada uno de ellos, seguramente muy diferente.

Yo personalmente pienso que sería muy útil redactar un diccionario especial, por ejemplo para las naciones unidas, donde se expusiera, para las palabras más utilizadas por los representantes de las diversas naciones del mundo a la O.N.U., su significado operativo, de modo que cuando uno de esos representantes pronunciara una de esas palabras, supiera cual significado oficial se le da.

Si fuera necesario se deberían aumentar las palabras del diccionario normal; por lo menos para aquéllos que pudieran dar lugar a ambigüedad.

Por ejemplo, en cambio de utilizar para la palabra "democracia" sólo dicha palabra, se podría utilizar: "democracia popular", "democracia burguesa", "democracia dictatorial" (a pesar que esta última denominación no parece tener mucho sentido).

Sin embargo, el significado operativo de las palabras es sólo un aspecto del problema, porque también la gramática de un idioma tiene una importancia trascendental para el desarrollo de un razonamiento.

En efecto hay idiomas, como los de algunas tribus de indios de Norte América, mediante los cuales es muy difícil formular un simple silogismo y casi imposible expresar una proposición universal.

Si Kant hubiera nacido allí, no habría podido, por cierto, escribir la "Crítica de la razón pura".

Sin embargo esos indios de Norte América, que utilizan esos idiomas, se entienden perfectamente entre ellos y pueden superar las dificultades de la vida cotidiana más o menos como lo hacemos nosotros.

Después de estas premisas, vamos a desarrollar ahora algunos aspectos de la "cultura científica" en general y de la "cultura física" en particular.

La "cultura científica" en general y la "cultura física" en particular, tienen, con respecto a todas las otras formas de cultura, características que, a mi juicio, pueden considerarse bastante positivas.

En efecto se puede señalar que su adquisición se basa sobre la educación de la razón y por consiguiente no necesita de particulares sensibilidades selectivas, que son gracia, don o privilegio de pocos; además enseñan a plantear los problemas en forma racional, distinguiendo lo que es esencial con respecto a lo que, por lo menos temporalmente puede ser despreciado.

Por otra parte, hay otro aspecto de la "cultura científica" en general y de la "cultura física" en particular que es de suma importancia: se puede tener la ilusión de comprender, apreciar y sentir poesía, mú-

sica o pintura, pero para la ciencia en general y la física en particular, entre comprender y no comprender hay un abismo, una barrera que se advierte inexorablemente.

Este aspecto nos da la conciencia de nuestras limitaciones y, más en general, nos da la conciencia de las limitaciones humanas.

Quien tiene "cultura científica" en general o "cultura física" en particular, dirige naturalmente hacia sí mismo aquel examen objetivo, humilde y al mismo tiempo valiente y sin indulgencia alguna, que es acostumbrado a aplicar en sus estudios para tratar de comprender el misterio de los fenómenos naturales de su mundo exterior.

Cualquiera persona educada científicamente sabe que éste es el único camino seguro que se debe seguir.

Otra característica fundamental, de un elevado nivel moral, es la libertad de toda forma de prejuicio, de toda forma de degeneración moral colectiva, como el exagerado nacionalismo, como la discriminación racial y como todas las ideologías capaces de herir de un modo u otro la dignidad humana.

Tales manifestaciones son tan claramente irracionales y emotivas, que una mente educada científicamente siente para ellas una instintiva repulsión.

Y esta instintiva repulsión debe verificarse inexorablemente para todos los científicos, cualquiera que sea su convicción política y cualquiera que sea la estructura política y social de su país.

Además una mente educada científicamente, no puede menos que ver, en forma clara y sin lugar a ninguna duda, lo irracional que es esa trágica barbarie que es la guerra, donde un hombre se encuentra obligado, con la más absurda eliminación del libre albedrío, a matar a otros hombres y a perder su propia vida, por un ideal que puede no compartir, o que no conoce, o que, por lo menos, no está en la posibilidad de juzgar.

En estos últimos años, las ciencias han progresado en forma extraordinaria.

La física, por ejemplo, en este último medio siglo, ha experimentado un adelanto que es seguramente superior al adelanto que esta ciencia experimentó en miles de años.

Los dos instrumentos utilizados por la física; es decir, los sobremanera adelantados algoritmos matemáticos y los sobremanera potentes y, al mismo tiempo, delicados equipos de experimentación que se tienen hoy día a disposición, han permitido este enorme progreso; y este progreso, aprovechado casi inmediatamente por la técnica, ha dado lugar, como todos saben, a realizaciones que se pueden definir milagrosas.

Ahora bien, el hombre que puede utilizar estos milagros, ¿ha mejorado simultáneamente su personalidad en el sentido que podría llamarse humanístico?

En otras palabras, el hombre que puede aprovechar de este enorme progreso científico - técnico - material, ¿ha alcanzado la madu-

rez humanística necesaria, para utilizar de lo que dispone para el bien de él y de sus semejantes?

Desgraciadamente la contestación a esta pregunta es negativa y quizás sea ésta una de las razones de las inquietudes, del descontento y de la perturbación psicológica que caracteriza la humanidad actual.

En efecto, la ciencia transmite, de generación en generación su patrimonio, mediante el camino más simple y eficaz, el camino de la razón; el progreso de la ciencia no se puede parar, no se puede detener, no se puede contener; en cambio el progreso moral no sigue el mismo ritmo, simplemente porque la transmisión de una experiencia moral es sumamente difícil.

Si todos los hombres, y en particular aquéllos que, en la historia de nuestro siglo, tuvieron la pesada responsabilidad de decidir de las suertes de naciones enteras, hubieran sido capaces de ver en las páginas de Tolstoi todo el horror y toda la trágica inhumanidad de la guerra, quizás no se habrían tenido guerras; en cambio hemos tenido tantas y tan terriblemente trágicas.

Es que leemos a Tolstoi, pero aparte de algunos momentos de particular emoción, poco de duradero queda en nosotros.

Muchos aspectos de la cultura humanística, como la música, la pintura, la poesía, etcétera, son maravillosos y nos dan, muy a menudo, emociones inenarrables, pero desgraciadamente no poseen aquella robustez que sólo la racionalidad puede dar y que es la que asegura la transmisión de generación en generación de la cultura científica.

La ciencia es como un organismo viviente, siempre en equilibrio dinámico y que vive solamente bajo la inexorable condición de proceder y progresar continuamente.

La historia de la ciencia es un fragmento de la historia, o sea un fragmento de la vida de la humanidad; pero de toda la humanidad, porque cada descubrimiento científico tiene un valor universal, sea desde el punto de vista filosófico, como desde el punto de vista social, puesto que su difusión (como elemento cultural) es sobretodo debida a la razón, y la razón es un bien universal no sujeto a ninguna discriminación.

La noticia de un importante descubrimiento científico es publicada en la misma forma, en todo el mundo, en todos los países, cualquiera que sea su estructura política y social.

Al final de un curso de electrofísica, es decir, cuando debía desarrollar aquella síntesis maravillosa de la electrodinámica que corresponde a las ecuaciones de Maxwell, yo he dicho varias veces a mis alumnos: "Mis queridos jóvenes, Maxwell es un gigante, Muzzioli es un enano; quiero establecer esto en forma muy clara y explícita para no crear confusiones, sin embargo yo puedo ahora explicar y desarrollar a Uds. las ecuaciones de Maxwell, sea desde el punto de vista físico y matemático, como desde el punto de vista conceptual y filosófico, mejor, mucho, mejor, de lo que habría podido hacer Maxwell mismo".

Esta afirmación, en apariencia bastante extraña, no tiene nada de rara porque, no solamente yo, sino que cualquier otro docente de física de hoy podría afirmar la misma cosa.

En efecto un docente de hoy ha tenido la posibilidad de consultar y estudiar, no sólo la obra original de Maxwell, sino que ha podido consultar y estudiar todos los trabajos de tantos otros físicos que han continuado, perfeccionándolo, el desarrollo maxwelliano, utilizando también un sobremanera eficaz algoritmo matemático, que Maxwell no conocía, es decir, el cálculo vectorial de campo, mediante el cual, las ecuaciones de Maxwell adquieren, no sólo mayor sencillez, sino también una mayor elegancia.

Además hay otra razón por la cual un docente de hoy puede desarrollar las ecuaciones de Maxwell en particular o cualquier otro tema de física en general en forma mejor que Maxwell mismo o de otros grandes que hicieron los descubrimientos correspondientes.

Esta razón (que es tal vez la más importante) es debida al hecho que para nosotros los físicos, después de una cierta experiencia, es decir, después de varios años de consultación, de estudio y de meditada elaboración, se verifica como un extraño y trascendental proceso, por el cual la física no está sólo en nuestra mente, así como añadida en nosotros, sino que viene a ser parte de nosotros mismos, se transforma en algo personal, de modo que la explicación a los otros de las ideas y de los conceptos relativos a los grandes descubrimientos, se traduce en una exposición que no es como de algo adquirido, sino que es como de algo propio, personal.

Sólo si a un físico se le ha verificado este proceso, puede decirse que este físico tiene "cultura física"; en caso contrario, puede saber mucha física pero no tiene "cultura física".

Lo que he dicho para la física se puede repetir para todos los aspectos de la cultura.

En efecto, a pesar de que se pueden dar muchas definiciones de cultura, yo creo que la cultura es aquel patrimonio individual que posee cada uno de nosotros y es debido sobretudo a aquel proceso que (como dije antes para la física y que se puede generalizar también para los otros aspectos de las actividades intelectuales) logra transmitir en nosotros y, sobre todo, reconstruir en nosotros las experiencias intelectuales de los grandes hombres que nos han precedido.

Por otra parte la ciencia, para el físico es sobre todo la búsqueda y el estudio del orden, esto es de las leyes que rigen a los hechos que se verifican fuera de nosotros.

Por consiguiente la ciencia, para el físico es esencialmente objetiva, porque la naturaleza es como es, y se comporta como se comporta, a su manera, como ha sido creada.

Sin embargo el orden que está afuera de nosotros es, muy a menudo, imaginado, ideado, previsto por nosotros, esto es mana de nues-

tro espíritu, lo que significa que estaba ya latente, como posible verdad, en nuestra mente.

El gran físico Wolfgang Pauli expresa este concepto en forma magistral.

En efecto, en un célebre discurso hecho en el año 1955 y que tuvo resonancia mundial, Pauli termina con estas palabras: "Nosotros confiamos que el espíritu humano será siempre capaz de producir nuevas ideas que, de alguna manera, se apliquen a los objetivos y a los hechos que nos rodean y que nosotros percibimos con nuestra mente como manifestaciones de materia y energía en el sentido de la física; porque sea el espíritu humano, que está en nosotros, como los objetos y los hechos percibidos que están fuera de nosotros, se encogen en el mismo «orden cósmico»".

Entonces un «orden cósmico» donde se encogen, se funden, se mancomunan, el espíritu humano que está en nosotros y la realidad objetiva que está fuera de nosotros.

Por otra parte, para el descubrimiento de nuevas leyes, en este «orden cósmico», que sea antes el intelecto humano que se mueve, o que sean los hechos experimentales que se descubren que imponen al intelecto humano de moverse, es puramente casual.

Creo que vale la pena esclarecer este «orden cósmico» de Pauli con un ejemplo que puede considerarse bastante interesante y muy significativo.

Las transformaciones de Galileo y las transformaciones de Einstein se deducen de un modo más o menos idéntico.

Se empieza con decir: admitimos que todos los fenómenos se desarrollan en la misma forma en dos sistemas inerciales.

Después de haber admitido esto, tenemos que elegir como se debe medir el tiempo.

¿Se puede introducir el concepto de tiempo absoluto de Newton o debemos recurrir a algo diferente?

Si se introduce el concepto de tiempo absoluto, salen las transformaciones de Galileo y, junto a las transformaciones de Galileo resulta la invariabilidad de las ecuaciones de la mecánica clásica con respecto a las transformaciones de Galileo.

Sin embargo, un cierto día, el "orden externo" pauliano ha impuesto a nuestro espíritu, esto es al "orden interno" pauliano, de considerar también las medidas de los intervalos de tiempo, como magnitudes relativas a un particular sistema inercial; y el tiempo absoluto tuvo que caer.

Ese día fue cuando Michelson no tuvo ningún éxito cuando quiso tratar de determinar el movimiento de la tierra con respecto al "éter cósmico".

Aquel día, el "orden externo", es decir, nuestro mundo exterior, ha impuesto al "orden interno" es decir, a nuestra racionalidad interior, la necesidad de reemplazar al tiempo absoluto, con el tiempo relativo.

En otros términos, el "orden externo" dijo al "orden interno": no se puede utilizar el tiempo absoluto, aún si esto nos fascina por la sensación antropológica, fisiológica y psicológica que tenemos del tiempo; por el contrario, se debe elegir un tiempo compatible con el hecho que la velocidad de la luz sea constante para todos los sistemas de referencia inerciales, independientemente del movimiento de la fuente luminosa.

Ahora bien, es con esta medida del tiempo que salen las transformaciones de Einstein.

Pero las transformaciones de Einstein, no eliminan las de Galileo, porque cuando los cuerpos se mueven con velocidad pequeña con respecto a la de la luz, no hay diferencia apreciable entre el tiempo absoluto de Newton y el tiempo relativo de Einstein, y las leyes de la mecánica clásica tienen una validez plenamente satisfactoria.

Sin embargo hay otro aspecto, relacionado con este tema, que me parece muy interesante poner de relieve.

Se trata de lo siguiente: el descubrimiento de leyes nuevas, el avance del conocimiento físico, no se alcanza observando simplemente las cosas y los hechos; se alcanza mediante un proceso, mucho más arduo y difícil, que es la interpretación de esas cosas y de esos hechos.

Para esclarecer este concepto que es la base del método científico galileano, y que ahora, más que nunca es utilizado por la física de nuestro siglo, creo interesante exponer lo que dice sobre el tema José Ortega y Gasset en su magnífica obra "En torno a Galileo".

José Ortega y Gasset escribe textualmente:

"La ciencia es la interpretación de los hechos. Los hechos por sí mismos, no nos dan la realidad, al contrario, la ocultan, esto es, nos plantean el problema de la realidad.

Para descubrir la realidad, es preciso que retiremos por un momento los hechos de en torno nuestro y nos quedemos solos con nuestra mente.

Entonces, por nuestra propia cuenta y riesgo, imaginamos una realidad, fabricamos una realidad imaginaria, puro invento nuestro: luego siguiendo en la soledad de nuestro íntimo imaginar, hallamos que aspecto, que figuras visibles, en suma que hechos produciría esa realidad imaginaria.

Entonces es cuando salimos de nuestra soledad imaginaria, de nuestra mente pura y aislada y comparamos esos hechos, que la realidad imaginada por nosotros produciría, con los hechos efectivos que nos rodean.

Si casan unos con otros es que hemos descifrado el enigma, que hemos descubierto la realidad que los hechos cubrían y arcanizaban".

Hermosa síntesis, que no sólo define en forma perfecta uno de los aspectos más importantes que caracterizan las faenas del hombre de ciencia, sino que representa una de las metas más elevadas donde puede llegar la cultura científica.

Aquí también considero interesante esclarecer esta concepción de José Ortega y Gasset con un ejemplo que, como el otro ahora expuesto, puede considerarse bastante interesante y muy significativo.

Como es conocido, fue el físico francés Luis De Broglie que, en el año 1925, elaboró su audaz hipótesis que consiste en la previsión (luego confirmada experimentalmente) que un electrón en movimiento debe tener una onda asociada y por consiguiente además de comportarse como corpúsculo debe comportarse también como onda.

Un año después, el notable físico austríaco Schrödinger, partiendo de las fórmulas de la mecánica newtoniana y a base de la concepción de De Broglie, elaboró, en forma magistral, una nueva mecánica, que es la mecánica ondulatoria, y que estaba a la mecánica clásica como la óptica física estaba a la óptica geométrica.

Sin embargo esta nueva mecánica no era relativística.

Fue uno de los más grandes físicos teóricos de nuestro siglo, el inglés Dirac, que se impuso la faena de establecer la forma relativística de la ecuación de Schrödinger.

Ahora bien en la mecánica no relativística la energía de una partícula tiene valores que son siempre y exclusivamente positivos en la mecánica relativista la energía puede tener valores sea positivos como negativos.

¡Valores negativos para la energía de una partícula!

¿No es esto desconcertante?

Pero, ¿qué quiere decir, qué significa, por ejemplo, valores negativos de la energía de un electrón?

Esta es la dramática pregunta que se puso Dirac y para tratar de contestarla, no le quedó otro remedio que utilizar aquel método que Galileo puso como base de toda investigación y que José Ortega y Gasset sintetizó en aquella forma tan hermosa que expuse antes y que entre otro decía: "Para descubrir la realidad es preciso que retiremos por un momento los hechos de en torno nuestro y nos quedemos solos con nuestra mente. Entonces por nuestra propia cuenta y riesgo, imaginamos una realidad, fabricamos una realidad imaginaria, puro invento nuestro: luego, siguiendo en la soledad de nuestro íntimo imaginar, hallamos que aspectos, que figuras visibles, en suma que hechos produciría esta realidad imaginaria".

Esto es lo que hizo Dirac.

En efecto en su memorable "Nota" que presentó el 6 de diciembre de 1929 a la "Sociedad Real de Londres" cuyo título es: "Teoría de los electrones y de los protones", escribe textualmente: "Un electrón, en un estado de energía negativa, es un objeto completamente extraño a nuestra experiencia, pero que podemos, mientras tanto estudiar desde el punto de vista teórico; nosotros podemos, en particular, prever su movimiento en un campo electromagnético cualquiera. El resultado del cálculo es que un electrón que tiene energía negativa viene desviado, por el campo, exactamente como lo sería

un electrón que tiene energía positiva, siempre que tuviera una carga eléctrica positiva $+e$ ".

Esto es lo que escribe Dirac en la primera parte de su "Nota"; pero sucesivamente se equivoca, porque en la segunda parte de su "Nota", formula la hipótesis que este misterioso corpúsculo de carga $+e$ y con energía negativa, puede ser asimilado a un protón.

A este propósito creo interesante poner de relieve que Dirac, después de haber hecho las hipótesis, las consideraciones y los razonamientos más audaces, cuando debía establecer quien era este corpúsculo misterioso que nacía de su teoría, frena el proceso que se desarrollaba en su espíritu, detiene su admirable fantasía creadora, y se equivoca, integrando en su teoría el único corpúsculo a carga positiva e $+$ hasta entonces conocido, esto es el protón.

¿No habría podido el gran teórico llegar más allá e imaginar y suponer inmediatamente la existencia de una nueva partícula, el antielectrón, con la misma masa del electrón y con carga $+e$?

Esto parece demostrar como el teórico por genial que sea, cuando construye un sistema sobremanera abstracto, siente como una imperiosa necesidad de encontrar, lo más pronto posible el contacto con la realidad, el contacto con la experiencia; así cuando la carga $+e$ se presentó en su hermosa teoría, Dirac pensó inmediatamente en la única partícula de carga $+e$ hasta entonces conocida, esto es el protón.

Sin embargo, continuando en su tormentosa meditación, tuvo que darse cuenta de las dificultades que nacían por la gran diferencia de masa que hay entre el protón y el electrón.

Así que el 29 de mayo de 1931 en una segunda "Nota", Dirac daba a conocer sus ulteriores investigaciones sobre el tema y expresaba que la misteriosa partícula de carga $+e$ que nacía de su teoría debía tener la misma masa del electrón.

Dirac propuso para esta eventual partícula, el nombre de "antielectrón" poniendo en evidencia además que su descubrimiento y observación real implicaban (con toda probabilidad) notables dificultades, debido a la enorme facilidad de recombinación y consiguiente aniquilación del antielectrón con los electrones negativos ordinarios, tan abundantes en nuestro mundo físico.

En esa misma "Nota", del año 1931, encontramos todavía más; en efecto Dirac se expresa textualmente con estas palabras: "probablemente también los protones tendrán sus estados de energía negativa posibles; es probable por consiguiente la existencia de otra nueva partícula que puede llamarse "antiprotón".

Ahora bien el antielectrón, llamado después "positrón", fue descubierto y revelado experimentalmente un año después, esto es, en el año 1932; el "antiprotón" en cambio, pudo descubrirse y revelarse experimentalmente sólo en el año 1955, esto es, 24 años después que Dirac lo había previsto.

Magnífico ejemplo, no sólo del proceso de que puede aprovechar la ciencia para tratar de alcanzar el conocimiento, para tratar de encontrar la verdad; sino también, magnífico ejemplo de la realización de una gran síntesis, esto es, el descubrimiento de la posibilidad que en el universo, además de la materia pueda existir también la anti-materia.

Sin embargo, las grandes síntesis, no las hacen los especialistas; no tienen la potencia intelectual necesaria para hacerlo.

El especialista, es más o menos, como un obrero especializado; un obrero de altísimo nivel, pero siempre un obrero.

El gran físico es, en cambio, un filósofo de la naturaleza, que tiene la capacidad de concebir una síntesis de una cierta categoría de fenómenos naturales hasta entonces conocidos, y, descubrir, en dicha síntesis, una laguna o una contradicción aparentemente insolubles.

Posee además la genialidad de plantear (a base de esta laguna o de esta contradicción aparentemente insoluble) en términos claros y precisos la pregunta correspondiente a la naturaleza.

Planteada la pregunta a la naturaleza en términos claros y precisos logra después obtener teóricamente la contestación correspondiente, contestación que corresponde a una previsión de una realidad fenoménica hasta entonces desconocida y que experimentos adecuados podrán comprobar en el futuro que será próximo o lejano según la situación de las técnicas experimentales necesarias para este fin.

Hasta ahora he considerado dos ejemplos, correspondientes a dos físicos teóricos, Einstein y Dirac; sin embargo la posibilidad de alcanzar grandes síntesis no es privilegio solamente de los físicos teóricos, porque Rutherford, por ejemplo, no era un físico teórico, sino que era un gran físico experimental y, sin embargo, logró realizar una síntesis de importancia trascendental.

Porque Rutherford no era un obrero especializado: si hubiese sido un obrero especializado como todos sus contemporáneos, habría continuado a producir descargas eléctricas en los gases enrarecidos examinando la luz emitida mediante un espectroscopio y clasificando, con orden cuidadoso, las correspondientes rayas espectrales; o también, habría estudiado, con más comodidad todavía, la difusión de los rayos catódicos en laminillas metálicas delgadas de todo tipo.

En cambio pensó de utilizar las partículas "alfa", esto es núcleos de Helio, que por ser mucho más pesadas que los electrones, podían con toda probabilidad penetrar dentro del átomo.

En efecto, como es sabido, fue en el año 1910 que Ernest Rutherford, en el Instituto de Física de la Universidad de Cambridge, inició su poderoso trabajo experimental que debía dar lugar a una inevitable y, al mismo tiempo, imprevisible y revolucionaria modificación en la interpretación de la constitución del átomo.

Estas investigaciones consistían, como he señalado antes, en bombardear láminas metálicas delgadas con un haz de partículas "alfa", esto es mediante un haz de núcleos de Helio.

Estos minúsculos y velocísimos proyectiles, emitidos naturalmente por una sustancia radioactiva, atravesaban las láminas delgadas y, de la interpretación de los resultados experimentales obtenidos, se deducía que el átomo ya no podía considerarse impenetrable; por el contrario, podía ser atravesado y además el fenómeno se manifestaba con características tales que Rutherford fue inducido a enunciar su hipótesis, afirmando, con claridad y determinación, que no quedaba otra solución que aquélla de demoler valerosamente la concepción atómica clásica, y considerar el átomo como un microscópico sistema solar, formado por una partícula central extremadamente pequeña y extremadamente densa, constituida por una masa material cargada de electricidad positiva que llamó "núcleo" y por una especie de "atmósfera" penetrable, de dimensiones relativamente enormes con respecto al núcleo, constituida por electrones, es decir, por cargas eléctricas negativas, que con mucha probabilidad debían moverse alrededor del núcleo con órbitas circulares o elípticas.

Este paisaje atómico se presentaba elegante, atrayente, y, por lo demás, simpático; y dato que explicaba brillantemente los resultados experimentales obtenidos por Rutherford en forma tan metódica y completa, se consideró, desde el principio, como una representación notablemente satisfactoria.

Se puede afirmar, además, que este modelo, a pesar de haber experimentado modificaciones formales, debido sobre todo a la interpretación dualística (onda y corpúsculo) del electrón, mantiene, también en la actualidad, su substancial validez.

Resumiendo, las grandes síntesis, los conocimientos más importantes, básicos, que caracterizan las etapas más significativas del aventurero viaje a través del desarrollo de toda la historia de la física, no se deben a especialistas, sino a hombres en cuyo espíritu nacieron las grandes ideas.

Y ahora nace espontánea una pregunta.

¿Será útil, para los físicos, leer, en los textos originales, las obras de estos grandes hombres?

No hay duda que la lectura de estas obras, no sólo lograría estimular la imaginación, sino que resultaría también de mucha utilidad para la cultura personal de un físico.

Sin embargo debemos admitir que, desde el punto de vista profesional, la lectura de esas páginas, muy a menudo hermosísimas, pero antiguas y por consiguiente superadas, no sirve mucho; y no sirve mucho porque, como ya he dicho para el caso particular de las ecuaciones de Maxwell, hoy día quizás yo conozco las ecuaciones de Maxwell, mejor que Maxwell mismo.

Por consiguiente, si mi deseo, si mi objetivo, es la utilización científica de las ecuaciones de Maxwell, es casi inútil que yo lea la obra original de Maxwell, es decir su magnífico "Tratado de electricidad y magnetismo"; si en cambio, mi deseo, mi objetivo no es profesional, sino cultural, entonces leyendo esa obra, como leyendo las obras

originales, por ejemplo de Galileo o de otros grandes, yo experimento un goce espiritual maravilloso semejante a aquel que experimentaría leyendo un "canto" de la "Divina Comedia" de Dante, o un capítulo del "Don Quijote" de Cervantes o una "tragedia" de Shakespeare.

Creo que ahora, tenemos que tratar de concluir con nuestras consideraciones.

Hemos hablado de dos culturas y tenemos que repetir, al final de nuestra exposición, lo que hemos dicho al principio, esto es que, a pesar de las diferencias que hay entre las dos culturas, lo que une las disciplinas científicas con las disciplinas humanísticas, es mucho más esencial de lo que las divide.

Por otra parte, me niego a valuar, como hacen algunos, una de estas dos culturas, aquella humanística, como la cultura esencial, la cultura verdadera, y en cambio considerar la otra, aquella científica, como una pseudo cultura que nos da solamente la posibilidad de un mejoramiento de nuestra vida material mediante la técnica.

Debemos reconocer a estos dos tipos de cultura su esencia más profunda: es decir, que en definitiva representan dos caminos diferentes que deben conducir, o mejor deben tratar de conducir al hombre hacia el incansable dominio de la verdad.

Si se mantuvieran estos dos tipos de cultura completamente diferenciados y separados, se establecería una situación que sería anti-humana.

No creo posible, no es posible, que en nuestro espíritu existan dos modos enteramente diferentes, inconciliables e incommunicables, mediante los cuales se quiera, en definitiva, llegar a un resultado que es, en substancia, el mismo.

En otros términos, oponer un mundo puramente material, a un mundo puramente espiritual, parece ser y es, a mi juicio, una posición que debe considerarse sobremanera falsa.

No se trata, en efecto, de dos mundos opuestos, se trata simplemente de dos aspectos naturales del espíritu humano, de la mente humana, aptos a obtener resultados que, a pesar que se expresan en formas muy diferentes, tienen objetivos muy semejantes.

En otros términos, es necesario eliminar, o, por lo menos, disminuir las diferencias de las dos culturas, con el objeto de tratar de alcanzar su unificación, de modo que, en cambio de tener una cultura científica y una cultura humanística, inconciliables e incommunicables, se tenga una cultura única; una cultura humana.