

Rita Brunetti

Come vediamo l'invisibile¹

How We See the Invisible¹



Il Colle di
Galileo

Vedere l'“invisibile” è considerato il compito professionale dei biologi. Col microscopio essi si sforzano di rilevare le strutture più minute delle parti che costituiscono gli organismi grossi e piccini che li interessano e che l'occhio non saprebbe riconoscere direttamente. Artifici di illuminazione e di colorazione dei preparati da esaminare valgono a facilitare questo compito.

Ma anche il biologo più consumato e meglio dotato di strumenti per armare il suo occhio curioso trova un limite nelle sue indagini. Questo limite è imposto dalla natura ondulatoria del processo di propagazione della luce, che per forza si deve utilizzare quando si vuole guardare le cose che ci circondano. A causa di questa natura ondulatoria uno strumento ottico di un punto luminoso dà come immagine un dischetto circondato da anelli alternatamente chiari e oscuri, in luce monocromatica, circondato invece da anelli iridescenti quando la luce è bianca (Fig. 1).

Se due punti sono troppo vicini, le loro immagini possono apparire quindi confuse l'una nell'altra e non rilevabili separatamente.

Si chiama “potere risolutivo” dello strumento l'inverso della più piccola distanza a cui si debbono trovare due punti perché di essi si riesca a riconoscere l'esistenza indipendente. Di tutto quello che sta al di sotto del potere risolutivo dello strumento in uso, microscopio o cannocchiale, non si può dir nulla: le linee

To see the “invisible” is considered the professional work of biologists. With a microscope they seek to reveal the minutest structures of the parts that make up the large and small organisms that they study and that the naked eye wouldn't be able to discern directly. Through adjustment of the light and colour of the samples to be examined, they facilitate their task.

But even the most skilled biologist using the best instruments to aid his curious eye runs up against a limit in his investigations. This limit is imposed by the undulatory (wave) nature of the process of light propagation, which we must necessarily use when we want to observe the things around us. Because of this undulatory (wave) nature, an optical instrument producing a luminous point gives the image of a small disc surrounded by rings which are alternately light and dark, in the case of monochromatic light, and by iridescent rings with white light (Fig. 1).

If two points are too close together, their images may overlap and therefore not be individually distinguishable.



Figura 1. Nel titolo: Aspetto di granuli minutissimi fotografati attraverso all'ultramicroscopio. Ognuno di essi è circondato da anelli di diffrazione.

Figure 1. In the title: Appearance of minute granules photographed through an ultramicroscope. Each one is surrounded by diffraction rings.

The instrument's "resolution power" in fact refers to the inverse of the smallest distance at which two points can appear such they can be distinguished. Below the resolution power of the instrument, whether a microscope or telescope, nothing can be established with certainty: the lines and points that separated distinct parts do not appear clear: the structure of the object is therefore not recognizable.

Builders of optical instruments in general and microscopes in particular should be less concerned with magnification, which is, after all, only a factor of convenience, and more with the resolution power of the lenses with which they are equipped: it is this which determine the instrument's power.

Nevertheless, if the form of a microscopic object cannot be analysed, we sometimes have to content ourselves with the fact of its existence. A simple observation shows us how to overcome this difficulty.

We certainly don't notice an unlit lamp in the distance at night. If the lamp is lit, however, the emitted light, which appears as a small bright star located far away, at least tells us that it exists, even if we don't understand exactly what it is. And if the small star moves, we can deduce that the lamp is connected either to a car driving along the road or to a searchlight revolving around itself.

To see the very small bodies whose structure we have no hope of understanding, we light a lamp in them. After immersing them in a transparent medium with a different refraction index, we beam very powerful light rays onto them. On the separating surface between the granules

e i punti che nel piano d'esame separamo parti distinte non appaiono evidenti: la struttura dell'oggetto rimane quindi inconfondibile.

Il costruttore di strumenti ottici in generale e di microscopi in particolare deve preoccuparsi non tanto dell'ingrandimento, che è solo un elemento di comodità, quanto del potere risolutivo degli obiettivi di cui lo fornisce, che ne classifica la potenza.

Tuttavia se di ente microscopico non si può analizzare la forma ci si può talvolta contentare di riconoscerne almeno la presenza. Un'osservazione semplice insegna il modo di girare la difficoltà.

Di un fanale spento posto a grande distanza nella notte non ci si accorge certamente; se però il fanale è acceso, la luce emessa, una stellina brillante lontana, ci rivela che esso esiste, anche se non dice come è fatto. E se la stellina si muove, potremo anche affermare che il fanale è connesso a un'automobile che corre su una strada, o a un faro che ruota su se stesso, secondo il caso.

Per vedere gli enti minutissimi di cui non possiamo sperare di studiare la struttura noi accendiamo in essi un fanale. Dopo averli immersi in un mezzo trasparente e di indice di rifrazione diverso, concentriamo cioè su di essi fasci potentissimi di luce. Alla superficie di separazione fra i granuli da osservare e il liquido in cui essi sono sospesi avvengono riflessioni e rifrazioni dei raggi incidenti. Attraverso alle lenti dello strumento di esame non può penetrare la luce primaria, ma solo quella che è rimandata dagli oggetti illuminati. Questi su fondo oscuro appaiono quindi come punterelli splendenti più o meno estesi. Di qui la tecnica dell'ultramicroscopia, ideata al principio del '900 da H. Siedentopf e P. Zsigmondy, insie-

under observation and the liquid in which these are suspended, we note reflections and refractions of incidental rays. Primary light cannot penetrate through the lenses of our optical instrument, but only that reflected by the illuminated objects. On a dark surface these then appear as bright points with more or less extension. This is the idea behind ultramicroscopy, conceived at the beginning of the 20th century by H. Siedentopf and P. Zsigmondy, together with the accessories to be incorporated into a normal microscope in order to adopt the new technique.

Ultramicroscopy has revealed that colloidal particles suspended in a liquid move in a disorderly fashion, bumping into the sides of the container and colliding into each other or into the molecules of the liquid in which they are suspended, in much the same way as we imagine gas molecules doing. This is the so-called Brownian motion of colloidal corpuscles, which was first detected in 1827 with particles that were still visible through an ordinary microscope by the English botanist R. Brown. The illuminated object in ultramicroscopy has different optical characteristics from those of the medium in which it is immersed; it also has different dimensions, which can be distinguished up to a millionth of a centimetre. If by the same procedure we hoped to see an oxygen atom in, for example, a nitrogen atmosphere, we would certainly fail. An oxygen atom has a diameter on the order of a hundred-millionth of a centimetre, that is, a hundred times smaller than the tiniest sub-microscopic granule: on the basis of its refraction index, it cannot be adequately distinguished from the nitrogen atoms surrounding it in the air.

We therefore face a third degree of invisibility, if we count as the first the situation in which a layman encounters minute objects, and as the second that in which a biologist looks at cells

me con gli accessori da adattare al microscopio normale per attuarla.

Mediante l'esame ultramicroscopico si è potuto notare che le particelle colloidali in sospensione in un liquido si muovono in modo disordinato, urtano le pareti del loro recipiente, subiscono collisioni reciproche o con le molecole del liquido in cui si trovano sospese così come si immagina che facciano le molecole di un gas. Sono questi i così detti movimenti browniani dei corpuscoli colloidali, che sono stati messi in evidenza per la prima volta nel 1827, con particelle ancora visibili col microscopio ordinario, da un botanico inglese, R. Brown. L'ente illuminato nell'ultramicroscopia ha caratteristiche ottiche differenti da quelle del mezzo in cui sta immerso, oltre che dimensioni non troppo limitate per quanto possano scendere anche fino al milionesimo di cm. Se con lo stesso processo noi intendessimo vedere un atomo di ossigeno per esempio in atmosfera di azoto non ci riusciremmo certamente. Un atomo di ossigeno ha diametro dell'ordine del centomillesimo di centimetro, è cioè cento volte più piccolo del granulo submicroscopico più minuto e per indice di rifrazione non diversifica abbastanza dagli atomi di azoto che nell'aria lo circondano.

Siamo qui di fronte dunque a un terzo grado di invisibilità, se numeriamo come primo quello che incontra il profano di fronte agli oggetti minuti e secondo quello del biologo, che guarda col microscopio le cellule della materia organizzata.

Questa terza invisibilità interessa in modo speciale il fisico. E in certi casi almeno egli è riuscito a superarla.

I casi in cui si è trovato modo di vedere anche l'invisibile atomico sono quelli in cui i corpuscoli da esaminare si muovono nello spazio con velocità considere-

of organized matter through a microscope. This third level of invisibility especially concerns physics, which at least in certain cases has been able to overcome it.

The cases in which a way of seeing the atomic invisible has been found are those in which corpuscles under examination move in space at a considerable speed, thus producing secondary effects on their paths. By making these secondary effects perceptible, one solves this difficult problem.

If a small aeroplane flies high in the sky leaving trails of smoke in its wake, we note its existence and follow its movement by looking at the white lines. If a train moves far away into a dense wood we no longer see it, but we still know it's there and we know its direction if the locomotive leaves a stream of smoke from its chimney.

A corpuscle moving at high speed through a gas is therefore capable of doing something similar to what the aeroplane or locomotive does. A gaseous molecule in motion, when bombarded by another containing sufficient energy, can be split into two parts: of these, one is made up of material mass with a positively charged "ion", while the other is usually an electron, that is, a negatively-charged particle with a mass 1845 times smaller than that of a hydrogen atom.

A corpuscle moving through a gas with a pressure that is not too low therefore leaves a trace of ionized particles in its wake, which can vary in length and density according to its initial speed and the number of collisions that occur in every centimetre of its trajectory. In each ionization, the corpuscle gives up a fraction of its energy, such that at the end it has no more left because of the succession of these processes. At that point, its path of ions ends.

vole. Essi allora producono sul loro percorso effetti secondari. Col render percepibili questi effetti secondari vien risolto il difficile problema.

Se un piccolo aeroplano vola nel cielo più alto lasciando sotto di sé una cortina di fumo, notiamo la sua esistenza e ne seguiamo il moto guardando la traccia fumosa. Se un treno corre lontano dietro un ostacolo di alberi non lo vediamo; ma ci accorgiamo che c'è e sappiamo in che direzione va se la sua locomotiva lancia fumo dal fumaio.

Un corpuscolo che si sposta a gran velocità in un gas è capace appunto di fare qualche cosa di analogo a quello che fanno l'aeroplano e la locomotiva. Una molecola gassosa ferma in moto, quando è bombardata da un'altra dotata di energia sufficiente, può spezzarsi in due parti; di queste una è costituita da massa materiale fornita di carica positiva "ione", l'altra è in generale un elettrone, cioè un individuo con massa 1845 volte più piccola di quella dell'atomo di idrogeno e carica elementare negativa.

Un corpuscolo in moto attraverso un gas a pressione non troppo bassa lascia perciò sul suo percorso una traccia di particelle ionizzate, più o meno lunga più o meno densa a seconda della sua velocità iniziale e del numero di urti che avvengono per ogni centimetro del suo percorso. In ogni ionizzazione il corpuscolo cede una frazione della sua energia e alla fine ne rimane privo a causa del susseguirsi di questi processi. Allora la sua traccia di ioni termina.

Ma anche gli ioni così formati sfuggono alla nostra percezione, se non li trattiamo in modo speciale. Essi sono nel gas come l'immagine latente nella gelatina della lastra fotografica impressionata dalla luce. Bisogna "svilupparli" prima

But ions that are thus formed will also escape our perception if we don't handle them in a special way. They reside in the gas like the latent image in the gelatine of photographic film that has been exposed to light. They need to be "developed" before they disappear, that is, in the short interval in which they are still charged and near each other, before they regroup in a neutral body or move too far from their places.

When a gas contains water vapour close to saturation, a quick reduction of pressure (accompanied by cooling) is sufficient to cause condensation in drops on any particulates and on the ions that are suspended in the atmosphere. If these centres are scattered throughout the gaseous mass, as happens following the introduction of a lighted match under a vacuum chamber, a diffuse mist is formed upon expansion (reduction of pressure). If, on the other hand, these centres of condensation are located in points along lines, the mist is formed on the points or along the lines. In any case, the mist is visible against a dark background and in a brightly-lit field because of the light that diffuses its components.

In order to develop the traces of particles moving through a gas at high speed, conditions favourable to the condensation of water vapour mixed with the gas are created within a hundredth of a second of its passage. The combination of drops which are then for an instant observed represents the trajectory of the corpuscle; their distribution allows their nature and energy to be determined.

The instrument most suited for this investigation is the so-called "condensation chamber" by C. Wilson. The condensation chamber conceived by Wilson in 1912 has since undergone

che scompaiano, cioè nel breve intervallo di tempo in cui sono sempre carichi e vicini fra loro; non si sono cioè ricomposti in ente neutro, né si sono allontanati troppo dal loro posto.

Quando in un gas esiste vapore d'acqua prossimo alla saturazione, basta un rapido abbassamento di pressione (che è accompagnato da raffreddamento) per farlo condensare in goccioline sopra l'eventuale pulviscolo o sopra gli ioni che si trovano sospesi nell'ambiente. Se questi centri sono sparpagliati in tutta la massa gassosa, come avviene dopo l'introduzione di un fiammifero acceso sotto una campana da vuoto, all'atto dell'espansione (abbassamento di pressione) si forma una nebbia diffusa. Se invece i centri di condensazione sono localizzati in punti lungo linee, la nebbia si forma sui punti o lungo le linee. Essa in ogni caso è visibile su fondo oscuro e nel campo di una forte illuminazione a causa della luce che diffondono i suoi componenti.

Per sviluppare le tracce della particella che traversa un gas a grande velocità si creano entro un centesimo di secondo dal suo passaggio, le condizioni adatte alla condensazione del vapor d'acqua mescolato al gas. L'insieme delle goccioline che in seguito si osservano per un istante rappresentano la traiettoria del corpuscolo e colla loro distribuzione ne classificano la natura e l'energia.

Lo strumento atto a permettere questo esame è la cosiddetta "camera di condensazione" di C. Wilson. La camera di condensazione che il Wilson ha ideato nel 1912 ha assunto in questi anni molte forme più o meno semplici, ma che richiedono tutte un lavoro di officina assai accurato. Vale invece la pena di descrivere qui l'ultimo modello proposto dallo stesso Wilson, che è geniale per economia

numerous changes of varying simplicity, each of which, however, requires extremely precise mechanical work. It is therefore worthwhile here to describe the latest version proposed by Wilson himself, which is ingenious for the economy of its construction. A drawing of the instrument is given in Fig. 2. The cylindrical glass walls (1 and 2) are separated by a metal disc closed off by a grid (3). The walls are covered by two other discs, of which the upper one (4) contains a wide glass window, while the lower one (5) is equipped with a broad opening covered by a grid. A thin rubber sheet rests along the edge of the lower glass ring (6). The central disc below the grid is equipped with taps to permit the entrance of the gas needed in the chamber and to connect it to the gauge to measure the initial pressure.

In the space between the grid and the lid, the source of rapid corpuscles is introduced, if this cannot be placed externally. It is of course necessary to prevent the presence of dust as well as the inevitable electrical charges which are diffused by an electric field of few volts per cm created between the grid and the upper lid.

When in operation, air is pumped under the rubber sheet, while communication with the external atmosphere or with a low-pressure container is interrupted. In this way the rubber sheet expands and compresses the gas in the upper area. Expansion takes place when communication with the external atmosphere is opened by means of a handy mechanism. The rubber sheet now relaxes, and condensation takes place in the space thus opened. Traces of mist, which are not perturbed by vortices of air and which are held in by the grid below, can be seen directly or photographed with a traditional or stereoscopic camera.

di costruzione. Lo schema dello strumento è nella Fig. 2. Le pareti cilindriche di vetro 1 e 2 sono separate da un disco di metallo chiuso da una rete, 3. Esse sono coperte da due altri dischi, di cui quello superiore, 4, è provvisto di un'ampia finestra di vetro, quello inferiore, 5, è munito di un largo foro coperto da una rete. Un foglio di gomma sottile è appoggiato lungo il bordo dell'anello inferiore di vetro, 6. Il disco centrale sotto la rete è provvisto di rubinetti per immettere il gas che si vuole nella camera e per connetterla al manometro per la misura della pressione iniziale.

Nello spazio fra rete e coperchio si introduce la sorgente di corpuscoli veloci, quando questa non può essere tenuta all'esterno. Bisogna naturalmente evitare che qui ci sia pulviscolo e si spazzano le inevitabili cariche elettriche diffuse mediante un campo elettrico di pochi volt per cm stabilito fra la rete e il coperchio superiore.

Al momento dell'uso si pompa aria sotto la gomma, mentre la comunicazione con l'atmosfera esterna o con un recipiente a bassa pressione è interrotta. La gomma così si gonfia e comprime il gas nell'ambiente superiore. L'espansione ha luogo quando si apre la comunicazione con l'esterno mediante un conveniente meccanismo. Allora la gomma torna ad afflosciarsi e nello spazio utile avviene la condensazione. Le tracce di nebbia, non perturbata da vortici d'aria, frenati dalla rete sottostante, possono esser guardate a occhio o fotografate da una macchina normale o stereoscopica.

Il rapporto fra la pressione iniziale e la finale è scelto secondo il risultato che si vuol raggiungere, in particolare secondo il tipo the corpuscolo che deve traversare il gas.

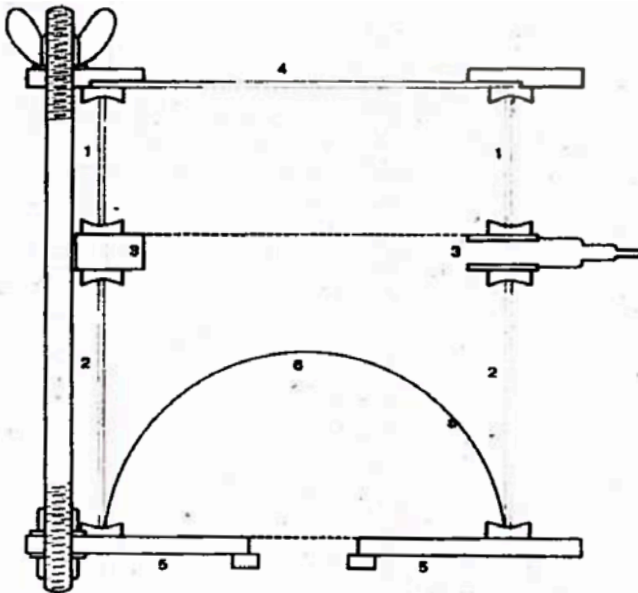


Figura 2. Schema di uno dei modelli della camera di condensazione di Wilson. La illustrazione è nel testo. In figura è disegnato uno solo dei tre bulloni che servono a tenere insieme i pezzi dello strumento.

Figure 2. Drawing of one of the models of Wilson's condensation chamber. The illustration is taken from the text. The figure shows only one of the three bolts needed to hold the pieces of the instrument together.

Questa camera priva di pistoni scorrenti lungo le pareti cilindriche lavora in qualunque posizione e può anche essere facilmente spostata mentre è in funzione. Così in seguito a opportuna modificazione di forma può venire inserita fra i poli di un elettromagnete. Qui si fa formare la nebbia che rivela le traiettorie delle particelle che hanno traversato la camera. Essa poi vien fatta cadere, per liberare la sua parete trasparente dall'ingombro dell'elettromagnete e attraverso a questa prendere la fotografia delle tracce curve formatesi nell'interno del campo.

La nuova disposizione facilita l'applicazione di campi magnetici intensi anche a camere di dimensioni non troppo piccole. Ed è chiaro che la cosa ha molta importanza. Il campo magnetico devia la traiettoria delle particelle cariche e le incurva più o meno a seconda della loro carica e della loro velocità; permette quindi di completare l'analisi delle loro caratteristiche.

Con la camera del Wilson ci sono così potute riconoscere:

- 1) le tracce delle particelle negative (β) espulse da certi corpi radioattivi. Esse sono in generale assai lunghe e costituite di goccioline separate l'una dall'altra (Fig. 3a);
- 2) le tracce dei raggi α , ossia di atomi di elio doppiamente ionizzati, che escono da alcuni nuclei pesanti. Esse appaiono come dense filacce di nebbia, generalmente rettilinee, spezzate solo talvolta verso l'estremo se la particella α ha subito una collisione con una molecola gassosa della camera (Fig. 3b);
- 3) le tracce di protoni messi in moto da particelle α o da altri agenti. Esse sono più sottili e lunghe di quelle delle particelle α (Fig. 3c);
- 4) se un "quanto" di luce colpisce un atomo o una molecola ne libera elettroni

The relationship between the initial and final pressure is selected according to the desired result, in particular according to the type of corpuscle that must cross through the gas.

This chamber lacks sliding pistons along the walls and works in any position. It can also be easily moved while in operation. It can therefore be inserted between the poles of an electromagnet, after making necessary modifications. In this case, the mist that is formed reveals the trajectories of particles that have crossed the chamber. The latter is then lowered to free its transparent wall from the encumbrance of the electromagnet; through it, the curved tracks that were formed in the field can be photographed.

This new instrument also facilitates the application of intense magnetic fields to chambers that are not too small. And it's clear that this is very important. The magnetic field deflects the trajectory of the charged particles and bends them more or less according to their charge and speed; it therefore allows us to completely analyse their characteristics.

With the Wilson chamber, it has therefore been possible to recognize:

1) The paths of the negative particles (β) ejected by certain radioactive bodies. In general these paths are quite long and are made up of small drops separated one from the other (Fig. 3-a).

2) The paths of alpha rays, in other words, doubly ionized helium atoms, which are ejected from some heavy nuclei. These appear as dense thrums of mist, usually rectilinear, only sometimes disrupted at the extremities if the alpha particle collided with a gaseous molecule in the chamber (Fig. 3-b).

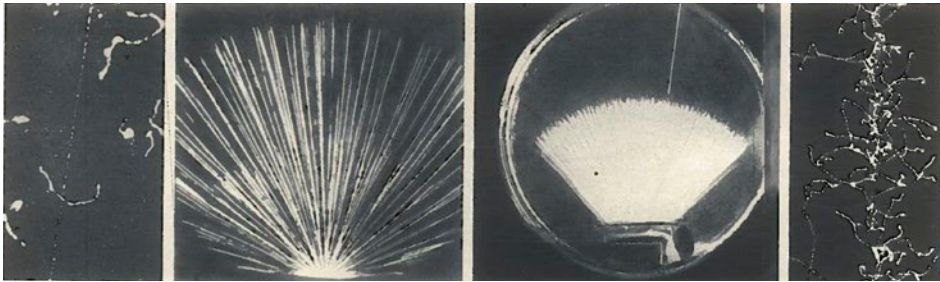


Figura 3. 3a - La traccia punteggiata che attraversa la figura è prodotta da un raggio β . 3b - Tracce di raggi α uscenti da un preparato gli $\text{ThC}+\text{ThC}'$. Sono presenti due gruppi di particelle di diversa velocità. 3c, In corrispondenza della freccia è visibile la traccia di un protone liberato dal materiale in cui è contenuto il preparato emettente raggi α . 3d - Tracce di elettroni liberati lungo il percorso di "quanti" di alta frequenza (Raggi X).

Figure 3. 3a - The dotted path that crosses the figure is produced by a beta ray. 3b - Alpha ray paths emerging from a sample of $\text{ThC}+\text{ThC}'$. Two groups of particles of differing speeds are present. 3c - The arrow indicates the path of a proton freed from the material in which the sample emitting alpha rays is contained. 3d - Paths of freed electrons along that of high-frequency "quanta" (X-rays).

che si allontanano dalla loro sede naturale con velocità più o meno grande. Essi allora si comportano come raggi β di energia moderata e danno luogo a tracce punteggiate e spezzettate. Un fascio di raggi X che traversi la camera del Wilson presenta appunto un insieme di tracce di questo tipo. Per esse noi possiamo dire che la camera del Wilson permette di vedere i "quanti" ad alta frequenza a cui l'occhio non è sensibile (Fig. 3d).

3) The paths of protons set in motion by alpha particles or other agents. These paths are finer and longer than those of the alpha particles (Fig. 3-c).

4) If a "quantum" of light strikes an atom or a molecule, electrons are freed from it and move away from their natural home with more or less speed. These then behave like beta rays with moderate energy and produce lines that are dotted and disrupted. A range of X-rays which cross Wilson's chamber indeed presents a combination of paths of this type. Regarding these, we can say that Wilson's chamber allows us to see the high-frequency "quanta" that the naked eye cannot sense (Fig. 3-d).

Wilson's chamber has been an indispensable tool for studying reactions between "quanta" and matter and elastic collisions between corpuscles. It is also crucial for analyses of artificial disintegration for alpha particles, protons, deuterons and neutrons as well as of that produced by the cosmic radiation that penetrates matter.

Thanks to this instrument, Anderson, Blackett and Occhialini have shown, for example, that the "positive electron" is separable from material nuclei; it was indeed revealed by paths that are identical in appearance to that of beta particles, but which in a magnetic field bend to the side opposite that of normal—that is, negative—beta particles.

Wilson's chamber is therefore a fundamental tool for the study of atomic physics in general and nuclear physics especially. For the latter field, it has done much more than complete the data gathered by other research methods. Without this tool, we would still need to discover a number of things or continue to have uncertain knowledge about them.

Nello studio delle reazioni fra “quanti” di energia raggiante e materia, in quello delle collisioni elastiche fra corpuscoli, nell’analisi delle disintegrazioni artificiali per particelle α , protoni, deutoni, neutroni e in quelle prodotte dalla radiazione cosmica che investe la materia, la camera del Wilson ha reso servigi incontestabili.

Per essa ad esempio Anderson, Blackett e Occhialini hanno messo in evidenza che lo “elettrone positivo” è separabile dai nuclei materiali. Esso si è rivelato appunto con tracce dall’aspetto identico a quello delle particelle β , ma che in campo magnetico deviano dalla parte opposta a quella delle particelle β normali, cioè negative.

La camera di Wilson è dunque uno strumento fondamentale per lo studio della fisica atomica in generale e di quella nucleare in modo speciale. Essa per questa ultima ha fatto assai più che completare i dati raccolti con altri metodi di ricerca. Senza di essa molte cose sarebbero ancora da rivelare o starebbero avvolte nell’incertezza.

Un contributo tecnico certamente geniale, ma in apparenza modesto, è spesso origine di un magnifico sviluppo di una determinata disciplina. Onore va tributato a chi di tali progressi è se non l’esecutore diretto certo il primo responsabile.

Note

¹ Questo articolo è tratto dalla rivista SAPERE, vol II del Gennaio 1936 editore Ulrico Hoepli (Vol. III. no. 26).

An ingenious technical contribution, even if modest in appearance, is often the source of a prodigious development in a given field. In such cases of progress, honour must be accorded, if not to the person who realized the idea then at least to the one who first conceived it.

Note

¹ This article is taken from the journal SAPERE, vol., no., published by Ulrico Hoepli. (Vol. III. no. 26).



Figura 4. La copertina del numero di Sapere n. 2 del 31/1/1936 da cui è tratto il presente articolo.

Figure 4. Cover of Sapere no. 2 of 31 January 1936, from which this article is taken.