

TOUS DOIVENT LIRE CET A B C

ALEMBERT

# EINSTEIN

EVERY ONE MUST READ THIS A B C

A  
B  
C

de ses théories, expliquées par 26 gravures et texte facile.

of his theories, explained by 26 pictures and easy text.

das suas teorias, explicadas por 26 gravuras e fácil texto.

de sus teorías, explicadas con 26 grabados y fácil testo.



TODOS DEBEN LEER ESTE A B C

TODOS DEVEM LER ESTE A B C

ALPHABET

EINSTEIN

to the theory, which  
gives rise to the  
theory of the

of the theory, which  
gives rise to the  
theory of the

of the theory, which  
gives rise to the  
theory of the

of the theory, which  
gives rise to the  
theory of the

ALEMBERT

---

# EINSTEIN

---

**A  
B  
C**

de ses théories, expliquées par 26 gravures et texte facile.

---

of his theories, explained by 26 pictures and easy text.

---

das suas teorias, explicadas por 26 gravuras e facil texto.

---

de sus teorias, explicadas con 26 grabados y fácil testo.

---

LIVRARIA SÁ DA COSTA  
L. Poço Novo, 24 — Lisboa-Portugal

## Bibliographie — Bibliography — Bibliografia

---

*Initiation aux théories d'Einstein* — Moch.

(1) *La relativité des phénomènes* — Moch.

*La théorie de la relativité restreinte et généralisée (mise à la portée de tout le monde)* — A. Einstein.

(2) *Einstein's theories of relativity and gravitation* — Bird.

(3) *La théorie de la relativité d'Einstein et ses bases physiques* — Max Born.

*Espace, temps et gravitation* — Eddington.

*Les théories de Einstein* — Fabre.

*La teoria di Relatività* — Pàlatini.

*Exposé élémentaire de la théorie d'Einstein* — Becquerel.

*Les divers aspects de la théorie de la Relativité* — Villey.

*La théorie de la Relativité et ses applications à l'Astronomie* — Picard.

*Les preuves astronomiques de la Relativité* — Esclangon.

*Dados astronómicos para os almanaques de 1924* — Melo e Simas.

*Le spostamento del perielio di Mercurio e la deviazione dei raggi luminosi* — Palatini.

*The theory of Relativity of motion* — Tolman.

*Leçons élémentaires sur la gravitation d'Einstein* — Lemeray.

*Le principe de la Relativité* — Lemeray.

*La gravitique einsteinienne* — Donder.

*Pour comprendre Einstein* — Moreux.

*Einstein et l'Univers* — Nordmann.

*L'éther et la théorie de la Relativité* — Einstein.

## Avant-propos

---

*Ceux doués d'intelligence sont en général pris de l'envie d'apprendre tout ce qu'ils ne connaissent pas.*

*C'est pour de telles personnes, pas encore connaissant la théorie d'Einstein qu'on a écrit cet A, B, C, le quel contient quelques uns de ses plus fondamentaux principes, expliqués en peu de mots, sans formules mathématiques et le plus intuitivement possible, au moyen d'exemples parfois très exagérés à dessein pour en faciliter la compréhension.*

*Ainsi que pour réussir à la connaissance de la haute littérature, il*

## Preface

---

*Intelligent persons usually show their will of learning what they do not know.*

*This A, B, C., containing a few fundamental principles explained in short words, without mathematical formulae and full of examples purposely exaggerated that they may be easily understood, is destined to such persons not yet acquainted with Einstein's Theory about Relativity.*

*As well as one cannot acknowledge high literature without learning its A, B, C., so the Theory of Relativity, though essentially mathematical, re-*

## Prefácio

---

*Toda a pessoa inteligente manifesta, em geral, o desejo de aprender o que ainda não conhece.*

*Para essas pessoas, ainda não conhecedoras da teoria de Einstein sobre a Relatividade, é destinado este A, B, C., que contém alguns dos seus princípios fundamentais explicados em poucas palavras, sem fórmulas matemáticas, e intuitivamente com exemplos, propositadamente exagerados, para mais fácil compreensão.*

*Assim como para se chegar ao conhecimento da alta literatura se tem*

## Prólogo

---

*Toda persona inteligente, manifiesta, generalmente, deseos de aprender lo que aún desconoce.*

*A esas personas todavía desconocedoras de la teoría de Einstein sobre la relatividad, se destina este A, B, C. que contiene algunos de sus principios fundamentales explicados en pocas palabras, sin fórmulas matemáticas e intuitivamente con ejemplos, intencionadamente exagerados, para mayor facilidad de comprensión.*

*Así como para llegar al conocimiento de la alta literatura, ha de*

faut apprendre le A B, C., de même, pour la théorie de la Relativité, quoique extrêmement mathématique, il faudra d'abord faire l'étude de ses principes, puis que c'est sur eux mêmes que Einstein a basé sa grandiose théorie

Comme vulgarisation et pour qu'on puisse connaître les principes de cette théorie qui appartient déjà à l'avenir à cause de son pouvoir d'unification des lois auxquelles les phénomènes de la Nature obéissent, il conviendrait mettre ce petit livre à l'usage des Lycées et de quelques autres écoles.

quires the study of its first principles, as it was upon them that Einstein built his great Theory.

As a way of generalization, that every one might learn such principles, which contain the future great theory on account of its imposing power of unification of the laws ruling natural phenomena, it should be advisable the use of this booklet in our Schools and High Schools

de aprender o A, B, C., assim também na teoria da Relatividade, embora altamente matemática, se tem de começar pelos seus princípios, pois foi sobre eles que Einstein architectou essa grandiosa teoria.

Como divulgação, e para que as gerações novas ficassem conhecendo esses princípios da teoria que é a teoria do futuro pelo seu poder de unificação das leis que regem os fenómenos da Natureza, seria de utilidade adoptar-se este livro nos liceus e em algumas outras escolas.

aprenderse el A, B, C, también en la teoría de la relatividad, aunque altamente matemática ha de empuzarse por sus principios, pues fue sobre ellos que Einstein architectó esa grandiosa teoría.

Como divulgación y para que las nuevas generaciones queden conociendo esos principios de la teoría que es la teoría del porvenir por su poder de unificación de las leyes que rigen los fenómenos de la naturaleza, sería de utilidad adoptarse este libro en los Institutos y algunos otros centros de enseñanza.

# A B C

des théories de | of the theories of | das teorias de

## EINSTEIN

### Rélativité

La théorie de la Rélativité nous enseigne que tout ce qu'on observe est toujours en rapport à nous mêmes à cause de nos observations, et jamais absolu comme le voudrait la mécanique classique.

Ainsi donc, et nous le verrons à la suite, les corps cessent à être apparemment roides, le temps à être absolu, la masse à être constante, etc.

Cherchant à nous montrer la véritable idée des choses pour qu'on ne les juge comme jusqu'à présent selon les apparences, elle emploie les plus difficiles procédés de calcul, mais fondés sur des phénomènes d'expérience.

Elle présente de grands avantages sur les autres théories, puisqu'elle par-

### Relativity

The theory of Relativity teaches us that every thing we observe is relative to us on account of our own observations, and never absolute as classical mechanics would. As a little forward will be shown, bodies cease to be apparently rigid; time ceases to be absolute, substance to be unvarying, &c.

In order to have a perfect idea of matters, not to judge them as till the present through unsettled resemblance, it employs the most difficult ways of calculation, but it is built upon experimental phenomena. It offers advantage over all the theories, all it succeeds in collecting together the laws of Nature by uniting them and by explaining phenomena as yet considered inextricable.

### Relatividade

A teoria da relatividade diz-nos que tudo o que observamos é relativo a nós, pelas nossas observações, e não absoluto como o queria a mecânica clássica. Assim, e como adiante se verá, os corpos deixam de ser, aparentemente, rígidos; o tempo de ser absoluto; a massa de ser constante; etc.

Afim de nos dar a conhecer a verdadeira idea das cousas, para que não as julguemos, como até aqui, pelas aparências, emprega os mais difíceis processos de cálculo, mas é baseada em fenómenos experimentais. Tem vantagem sobre outras teorias porque consegue agrupar as leis da Natureza, unificando-as, e explicar fenómenos que eram considerados inexplicáveis.

### Relatividad

La teoria de la relatividad nos dice que todo lo que observamos nos es relativo por nuestras observaciones y no absoluto como lo quería la mecánica clásica. Asi, y como más adelante se verá, los cuerpos dejan de ser, aparentemente, rígidos; el tiempo de ser absoluto; la masa de ser constante, etc., etc.

A fin de darnos a conocer la verdadera idea de las cosas, para que no las juzguemos, como hasta ahora, por las apariencias, emplea los más difíciles procedimientos de cálculo, pero está basada en fenómenos experimentales. Tiene la ventaja sobre otras teorias de que consigue agrupar las leyes de la Naturaleza, unificándolas, y explicar fe-

vient à classer les lois de la Nature en les unifiant, à expliquer des phénomènes qu'on croyait inexplicables.

C'est en 1905 que le très distingué physicien et mathématicien Einstein a exposé la *Relativité restreinte* qu'on n'applique qu'aux mouvements de translation rectiligne et uniforme, c'est-à-dire ne subissant des accélérations.

Le 1916 il a fait voir la *Relativité généralisée* dont l'application se fait pour tous les mouvements.

### Relativité restreinte

Cette partie de la théorie est fondée sur deux principes expérimentaux :

1.<sup>o</sup> — L'impossibilité pour l'observateur d'un système animé de mouvement uniforme, de discerner s'il est ou n'est pas en mouvement.

Sur un bateau à voiles (fig. 1) où l'on n'entend pas le bruit des machines pour nous en faire savoir l'allure,

It was in 1905 that Einstein, an eminent physician and mathematician, has shown the *Limited Relativity*, only applied to the movement of rectilinear and uniform translation (that is to say: without acceleration).

In 1916 he published his *Generalized Relativity*, able to explain every kind of movements.

### Limited Relativity

This part of the Theory has its roots in the following experimental principles :

1<sup>st</sup> — The impossibility for the observer in a system endowed with an uniform movement to distinguish by way of experiments in such a system, if he is moving or not.

Within a sailing vessel (fig. 1) where there is no noise of machines to inform us about the pushing forward of the ship, if we observe through the port-hole

Foi em 1905 que o eminente físico e matemático alemão Einstein nos fez conhecer a *Relatividade restricta* que é aplicada somente aos movimentos de translação rectilínea e uniforme (isto é, não sofrendo acelerações). Em 1916 fez-nos conhecer a *Relatividade generalizada* que se aplica a todos os movimentos.

### Relatividade restricta

Esta parte da teoria é baseada nos dois seguintes princípios experimentais :

1.<sup>o</sup> Não ser possível a um observador de um sistema animado de movimento uniforme, distinguir por experiências, feitas nesse sistema, se está ou não em movimento.

Se fôrmos dentro de um navio de vela (fig. 1), onde não há o barulho das máquinas para nos dar a conhecer o andamento do navio, e se por uma

nómenos que se consideraban inexplicables.

Fué en 1905 que el eminente físico y matemático alemán — Einstein — nos hizo conocer la *Relatividad restricta*, que se aplica solamente a los movimientos de traslación rectilínea y uniforme (esto es sin sufrir aceleraciones). En 1916 nos hizo conocer la *Relatividad generalizada* que se aplica a todos los movimientos.

### Relatividad restricta

Esta parte de la teoria está basada en los dos siguientes principios experimentales :

1.<sup>o</sup> — No ser posible a un observador de un sistema animado de movimiento uniforme, distinguir por experiencias, hechas en ese sistema, si está o no en movimiento.

Si vamos dentro de un buque de vela (fig. 1), donde no se siente el

si à travers les sabords de chambre nous observons un steamer mouillé, ce n'est pas possible apercevoir le quel des deux bateaux est en mouvement.

a stopped steamer, it is impossible for us to ascertain which of the ships is sailing.

2<sup>nd</sup>—The speed of light in vacuum is



Fig. 1

2.<sup>o</sup> — La vitesse de la lumière dans le vide est constante (300.000 km. la seconde) et indépendante de la vitesse relative entre l'observateur et la source lumineuse.

Si, placés dans un pont sur un canal, nous observons les flots produits par

unvarying (300.000 km. a second) and does not depend upon the relative speed between the observer and the luminous source.

If from a bridge over a channel we observe the waves issuing from the pushing forward of one boat (fig. 2),

vigia observarmos um vapor que esteja parado, é nos impossível perceber qual dos navios é que navega.

2.<sup>o</sup> A velocidade da luz, no vácuo, é constante (300.000 km. por segundo) e independente da velocidade relativa entre o observador e a origem luminosa.

Se de uma ponte sobre um canal observarmos as ondas produzidas pelo avançar de um barco (fig. 2), notaremos que essas ondas caminham, para as margens, sempre com a mesma velocidade, embora o barco avance com maior ou menor rapidez; é isto o que se dá com as ondas luminosas.

Baseado neste princípio, e a seguir,

ruido de las máquinas que nos indica movimiento del navio y si por una atalaya observamos un vapor que está parado, nos é imposible comprender cual de los barcos es el que navega.

2.<sup>o</sup> — La velocidad de la luz, en el vacío es constante (300.000 Km. por segundo) e independiente de la velocidad relativa entre el observador y el origen luminoso.

Si desde un puente sobre un canal observamos las olas producidas por un barco al avanzar (fig. 2), nota-

remos que esas olas caminan, para las orillas, siempre con la misma velocidad, aunque el buque avance con mayor o menor rapidez; esto es lo



Fig. 2

la marche d'un bateau (fig. 2), nous verrons que ces flots avancent sur les rives, toujours à la même vitesse, quoique plus grande où plus petite soit l'allure du bateau.

C'est ça tout de même ce qui arrive pour les ondes lumineuses.

A la suite nous nous rapporterons à un cas très intéressant extrait d'un roman scientifique et fondé sur ces mêmes principes.

### **Constance dans la vitesse de la lumière**

Comme dans un des romans de J. Verne, supposons qu'il y ait des habitants dans une comète et que celle-ci ait rasé notre Terre à une vitesse supérieure à celle de la lumière (fig. 3).

En s'écartant de la Terre, de tels habitants verraient par exemple, parmi bien d'autres choses :

— La réception pleine d'enthousiasme

we shall take notice that those waves run directly to the borders at the same speed of the boat, whatever her speed may be. It is just what arrives to the luminous waves.

An interesting case devised from a scientific tale will be read hereafter.

### **Steadiness in the speed of light**

Let us suppose, as in one of Jule Verne's tales, there were inhabitants in a Comet, and that this one approached our Earth at a superior speed to that of light. (fig. 3).

On turning aside from the Earth, those inhabitants would see amongst many other cases, namely: — the hearty reception to the portuguese aviators — Coutinho and Cabral — following their remarkable aerial cross voyage through Atlantic Ocean, which proved the scientific preciseness of their instruments (1922).

se lerá um caso interessante delineado sobre um romance científico.

### **Constância da velocidade da luz**

Supunhamos, como num dos romances de J. Verne, que havia habitantes num cometa, e que este passava junto à Terra com velocidade superior à da luz (fig. 3). Ao se afastarem da Terra, esses habitantes veriam, por exemplo, entre muitos casos :

A entusiástica recepção feita no Brasil aos aviadores portugueses — Coutinho e Cabral — depois da sua notável travessia aérea sobre o Atlântico, na qual demonstraram a certeza científica dos seus aparelhos (1922); veriam em seguida essa travessia, mas ao contrário do Brasil para Portugal — ; veriam o grande Pasteur nos seus famosos trabalhos (1890); etc., etc.

que sucede con las ondas luminosas.

Basado en éste principio y a continuación, se leerá un caso interesante delineado sobre una obra científica.

### **Constancia de la velocidad de la luz**

Supongámos, como en una de las obras de J. Verne, que habia habitantes en un cometa, y que éste pasaba cerca de la Tierra con velocidad superior a la de la luz (fig. 3). Al separarse de la Tierra, esos habitantes verian, por ejemplo, entre muchos casos :

La entusiástica recepción hecha en el Brasil a los aviadores portugueses — Coutinho y Cabral — después de su notable travesía aérea sobre el Atlántico, en la que demostraron la seguridad científicas de sus aparatos (1922); verian después la travesía, pero al contrario — del Brasil para Portugal; — verian el gran Pasteur en sus famosos

faite aux aviateurs portugais Coutinho et Cabral, au Brésil à la suite de leur remarquable traversée aérienne sur l'Atlantique, où ils ont démontré la certitude scientifique de leurs appareils (1922).

Ils verraient ensuite la traversée elle-même, mais dans une direction opposée, c'est-à-dire, du Brésil pour le Portugal; ils verraient le grand Pasteur dans ses renommés travaux (1890), etc.

Alors ils verraient Washington (1790) Newton (1720), Cervantes (1600), Alvares Cabral découvrant le Brésil, Colombus en Amérique (1492), etc.

Afterwards would they see the above raid voyage, but on the contrary, from Brazils to Portugal. They would see also the great Pasteur in his famous work (1890), & &.

Much later would they see Washington (1790), Newton (1720), Cervantes (1600), Alvares Cabral discovering Brazils (1500), Columbus in America (1492), &.

And it was owing to the fact of the speed of light being steady, 300000 km. a second, so that the Comet should get in the first place the luminous rays of the most recent images and only afterwards those of the most ancient.

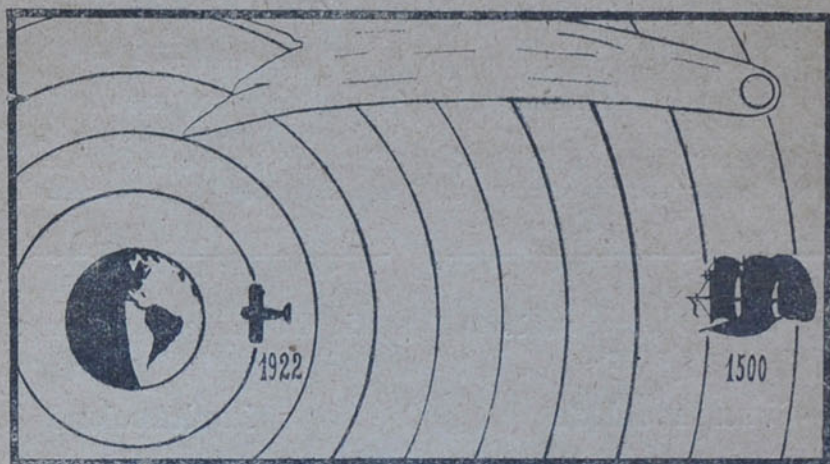


Fig. 3

Muito depois veriam Washington (1790); Newton (1720); Cervantes (1600); Alvares Cabral descobrindo o Brasil (1500); Colombo na America (1492); etc.

E isto assim era porque a velocidade da luz é constante e de 300.000 km. por segundo, de modo que o cometa, com andamento superior, iria alcançando primeiramente os raios luminosos das imagens recentes, e só depois os das imagens mais antigas, parecendo, por isso, aos habitantes do cometa, serem os nossos casos recentes os seus mais antigos, e os nossos mais antigos os seus mais recentes.

trabajos (1890); etc. etc. Mucho después verian a Washington (1790); Newton (1720); Cervantes (1600); Alvares Cabral, descubriendo el Brasil (1500); Colón en América (1492); etc.

I esto seria porque la velocidad de la luz es constante y de 300.000 Kms. por segundo, de manera que el cometa, con marcha superior, iria alcanzando primeramente los rayos luminosos de las imágenes recientes y solo después los de la imágenes más antiguas, pareciendo, por ello, a los habitantes del cometa, ser nuestros casos recientes los suyos más antiguos y los nuestros más antiguos los suyos más recientes.

Et tout arriverait comme cela parce que la vélocité de la lumière est constante (300.000 km. la seconde), de manière que la Comète, ayant une vitesse supérieure, atteindrait d'abord les rayons lumineux des images plus modernes, et seulement à la suite ceux des images plus reculées, ainsi montrant aux habitants de la Comète les événements plus modernes comme plus anciens, et les plus anciens comme s'ils étaient les derniers...

Dans la figure on suppose la Terre seulement animée du mouvement de rotation.

### Simultaneité

A cause du principe ci-dessus de la vélocité de la lumière, la simultanéité n'est pas absolue comme le voudrait la mécanique classique.

Supposons que placés en D (fig. 4) il y a un chauffeur sur un auto, et un

This way for the inhabitants of the Comet it seems our last cases to fall backwards and our past events to be their most recent ones.

Fig. 3 supposes our Earth only endowed with rotatory movement.

### Simultaneity

Owing to the above principle of steadiness in the speed of light, simultaneity is not absolute, according classical mechanics had established.

Let us suppose an observer in D (fig. 4) as well as a moto-car having its chauffeur; in A and B there are two guns and their respective men, every one 300000 km. far from D.

Just at 10 o'clock in the night, men's and observer's watches having previously been set, two shots are fired. At one second past 10 o'clock two luminous rays arrive to D. Both observer and chauffeur altogether see the gleam

Na figura supõe-se a terra somente com movimento de rotação.

### Simultaneidade

Devido ao princípio anterior da constância da velocidade da luz, a simultaneidade não é absoluta como o queria a mecânica clássica. Suponhamos que em D (fig. 4) está um observador e um automóvel com o respectivo chauffeur; em A e B duas peças de artilharia e respectivos artilheiros, cada uma a 300.000 km. de D.

A's 10 horas da noite contadas pelos relógios dos artilheiros e observador, anteriormente conferidos, são disparados dois tiros. Às 10 h 1 segundo chegam a D os dois raios luminosos; observador e chauffeur vêem ao mesmo tempo os clarões dizendo que foram simultâneos.

A's 11 horas fazem nova experiência (fig. 5), mas desta vez o automó-

En la figura se supone a la Tierra solamente con el movimiento de rotación.

### Simultaneidad

Debido al principio anterior de la constancia de la velocidad de la luz, la simultaneidad no es absoluta, como lo quería la mecánica clásica. Supongamos que en D (fig. 4) está un observador y un automovel con su correspondiente chauffeur; en A y B, dos piezas de artillería y sus respectivos artilleros, cada una a 300.000 Kms. de D.

A las diez de la noche, contadas por los relojes de los artilleros y del observador, cuyos relojes habrán sido comprobados con anterioridad, se disparan dos tiros. A las 10<sup>h</sup>, 1<sup>s</sup> llegan a D. los rayos luminosos; el observador y el chauffeur verán ao mismo tiempo los relámpagos y dirán que fueron simultáneos.

autre observateur. En A et B on voit deux canons et leurs canonnières, chacun à 300.000 kilomètres de D.

Reglées les montres de l'observateur et des canonnières à 10 h. de la nuit, on tire deux coups de canon.

Les deux rayons lumineux n'arrivent à D qu'à  $10^h 1^s$ ; l'observateur et le chauffeur verront en même temps la lueur des deux coups, en croyant qu'ils ont été simultanés.

Vers  $11^h$  ils font une nouvelle expérience (fig. 5), mais cette fois l'automobile, à la même vitesse de 300.000 km.

of lights, saying these were simultaneous.

A new experience is made at 11 o'clock (fig. 5), but this time the motor-car starts to C, at the speed of 300000 km. a second, and stops there.

Our *chauffeur* in C shall see at half a second past 11 the gleam from B, but the gleam from A shall be seen only at one second and a half past 11 o'clock.

For him the shots were not fired altogether, but for the observer in D simultaneity was a fact as in the experience before.

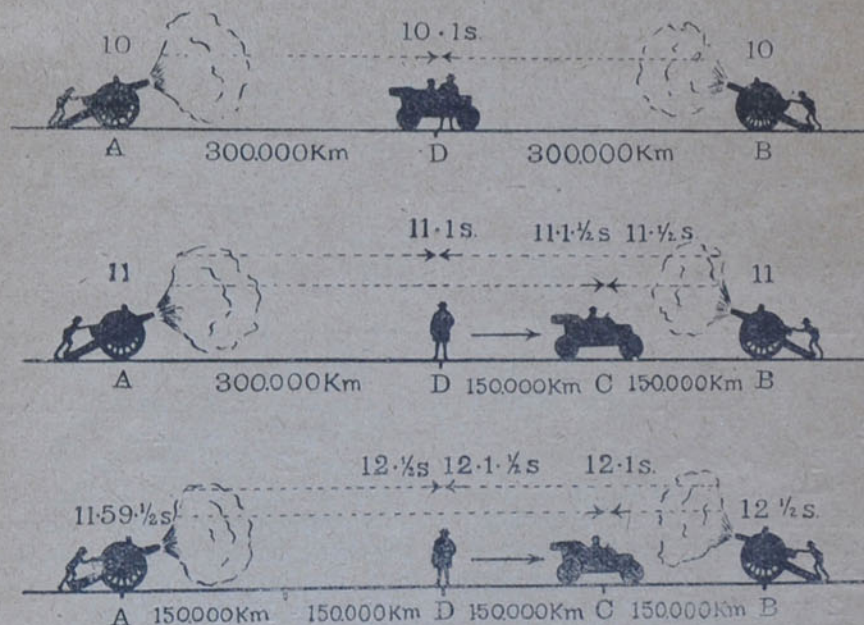


Fig. 4, 5 e 6

vel parte para C, onde para, com a velocidade de 300.000 km. por seg.

O chauffeur verá em C, às 11 h. e  $\frac{1}{2}$  s., o clarão de B; enquanto que só verá o clarão de A às 11 h. e  $1\frac{1}{2}$  seg.

Para ele os tiros não foram simultâneos, mas para o observador D houve como na experiência anterior, simultaneidade.

Ainda outra experiência (fig 6). A's 11 h. 59 m.  $\frac{1}{2}$  s. é disparado um tiro em A; em B às 12 h.  $\frac{1}{2}$  s.; e o automóvel parte de D para C, com

A las 11 se hace nuevamente la experiencia (fig. 5), pero de ésta vez el automóvil parte para C, a donde fué con la velocidad de 300 000 Kms. por segundo. El chauffeur verá en C., a las  $11^h \frac{1}{2}^s$ , el relámpago de B; mientras que solo verá el de A a las  $11^h 1\frac{1}{2}^s$ . Para él los tiros no fueron simultáneos, pero para el observador D. hubo, como en la experiencia anterior, simultaneidad. Todavía otro ejemplo (fig. 6). A las  $11^h 59^m \frac{1}{2}^s$  se dispara un tiro en A; a las  $12^h \frac{1}{2}^s$  se dispara otro en B. y el automovil parte de D para

la seconde, s'en va jusqu'à C. où ils'arrêtera.

Notre chauffeur verra la lueur en C a  $11^h 0^s,5$ , tandis qu'il ne verra, la lueur de A qu'à  $11^h 1^s,5$ .

Pour lui les coups de canon n'ont pas été simultanés, mais pour l'observateur en D il y a eu de la simultanéité, tout de même qu'à l'expérience antérieure.

Voyons une autre expérience encore (fig. 6).

Vers  $11^h 59^m 0^s,5$  on tire un coup de canon en A; un autre en B à  $12^h 0^s,5$  et l'automobile s'en va de D, vers  $12^h$  à la vitesse de 150.000 kilomètres la seconde.

A  $12^h 1^s$  le chauffeur croira voir que les coups ont été simultanés, tandis que pour l'observateur en D il n'y a pas de simultanéité, puis qu'il verra la lueur de A vers les  $12^h 0^s,5$  et celle de B vers  $12^h 1^m 0^s,5$ . La simultanéité est donc relative et jamais absolue.

Fig. 6 shows us another experience

At  $11^h 59^m 0^s,5$  a shot is fired in A; at  $11^h 0^s,5$  another one in B, and our motor car starts from D to C at 12 o'clock at the speed of 150000 km. a second.

At one second past 12 the chauffeur shall have a mind that the shots were simultaneous, while for the observer in D there was no simultaneity, as he saw the gleam from A at half a second past 12, and that from B at  $12^h 1^m 0^s,5$ .

Simultaneity is relative; never absolute.

Now it becomes easy to understand that new stars, so called on account of our seeing them the first to scintillate, may have begun to glitter very long before some others we were perfectly acquainted with very long since, only because of their being nearer us.

The aspect of sky does not show the whole truth; it is relative for inhabitants there may be in any other Planets

a velocidade de 150.000 km. por seg. às 12 h.

Às 12 h. 1 s o chauffeur terá a visão de que os tiros foram simultâneos, enquanto que para o observador D não há simultaneidade, pois que vê o clarão de A às 12 h.  $\frac{1}{2}$  s., e o de B às 12 h. 1 m.  $\frac{1}{2}$  s.

A simultaneidade é relativa e não absoluta.

Pelo que ficou dito facilmente se compreende que as estrelas novas, assim chamadas por as vemos scintilar pela primeira vez, podem ter começado a brilhar muito antes do que algumas das já existentes, para nós, há muito tempo, somente pelo facto de estarem mais próximas. O aspecto do céu não representa a verdade; é relativo para os habitantes que possa haver nos diferentes planetas.

C., con la velocidad de 150.000 Kms. por segundo, a las 12<sup>h</sup>.

A las 12<sup>h</sup> 1<sup>s</sup> el chauffeur tendrá la visión de que los tiros fueron simultáneos, mientras que para el observador D no hay simultaneidad puesto que vé el relámpago de A a las 12<sup>h</sup>  $\frac{1}{2}$ <sup>s</sup> y el de B a las 12<sup>h</sup> 1<sup>m</sup>  $\frac{1}{2}$ <sup>s</sup>.

La simultaneidad es relativa y no absoluta.

Por lo que queda expuesto fácilmente se comprende que las estrellas nuevas, así llamadas porque las vemos fulgar por vez primera, pueden haber empezado a brillar mucho antes que algunas de las ya existentes, para nosotros, de ha mucho tiempo, por el sólo hecho de estar más próximas.

El aspecto del cielo no representa la verdad; es relativo para los habitantes que pueda haber en los diferentes planetas.

Maintenant il devient clair que les étoiles nouvelles, ainsi nommées lorsqu'on les aperçoit étincelant pour la première fois, puissent avoir commencé à reluire bien longtemps avant celles déjà de loin connues pour nous seulement à cause de leur plus grande proximité.

L'aspect du ciel ne représente, donc, la vérité : il est relatif pour les habitants qu'il y ait dans les différentes planètes.

### **Raccourcissement de la longueur**

Dû à la notion antérieure de la simultanéité, l'espace n'est pas absolu, c'est-à-dire, ni tel que nous le voyions ni selon les affirmations de la mécanique classique, mais oui relatif, parce qu'il dépend de la vitesse soit du meuble soit de l'observateur.

Supposons (fig. 7) que entre les

### **The shortening of length**

Owing to the notion of simultaneity, the space is not absolute, that is to say neither as it was observed nor according the assertion of classical mechanics.

Let us suppose (fig. 7) that between the stations A and B there is a distance of 450.000 km., and a train, having the same length, starts from A at the fantastical speed of 150.000 km. a second.

The machine runs over A C within 2 seconds ; just in the moment, the luminous rays from the image of the machine in C start for A, arriving there after the third second.

As the machine is able to run C B during the third second, it occurs that just when the image of the machine in C attains to A, there arrives too the wagon D.

An observer in A, on account of the

### **Encurtamento aparente dos comprimentos pelo movimento**

Devido à noção anterior da simultaneidade, o espaço não é absoluto, isto é, conforme o viamos e como afirmava a mecânica clássica, mas sim relativo porque depende da velocidade do móvel ou do observador. Supunhamos (fig. 7) que entre as estações A e B há a distância de 450.000 km, e que um comboio, do mesmo comprimento, parte de A com a fantástica velocidade de 150 000 km. por segundo.

A locomotiva percorre A C em 2 seg. ; neste instante os raios luminosos da imagem da locomotiva em C partem para A, onde chegam no fim do 3.º seg. Como a locomotiva percorre C B também no 3.º seg., acontece que precisamente no momento

### **Acortamiento aparente de las longitudes por el movimiento**

Debido a la noción anterior de la simultaneidad, el espacio no es absoluto, esto es, según lo veíamos y como lo afirmaba la mecánica clásica, pero si es relativo porque depende de la velocidad del móvil o del observador. Supongámos (fig. 7) que entre las estaciones A y B hay la distancia de 450.000 Kms., y que un tren, de la misma largura, parte de A con la fantástica velocidad de 150.000 Kms. por segundo.

La locomotora hace el recorrido A C en 2 segundos ; en éste momento los rayos luminosos de la imagen de la locomotora en C parten para A, donde llegan a los 3 segundos. Como la locomotora recorre la distancia C B, también a los 3 segundos, sucede que pre-

stations A et B il y a une distance de 450.000 km, et qu'un train de la même longueur part de A à la bizarre vitesse de 150.000 km. la seconde.

La machine parcourt A C, en deux secondes; dans cet instant les rayons lumineux de l'image de la machine en C, partent pour A où ils arrivent à la fin de la troisième seconde.

Comme la machine parcourt C B, aussi pendant la troisième seconde, précisément lorsque l'image de la ma-

simultaneity of luminous rays coming from C and D, shall have a vision that our train is only as long as A C, or that it was shortened till 300.000 km. (fig. 8).

Were not A aware of the length of the train, he should say that the speed was shortened till 100.000 km, as it was but after 3 seconds that he could see the machine arriving at C. (300.000 km.).

An aviator able to fly at the above

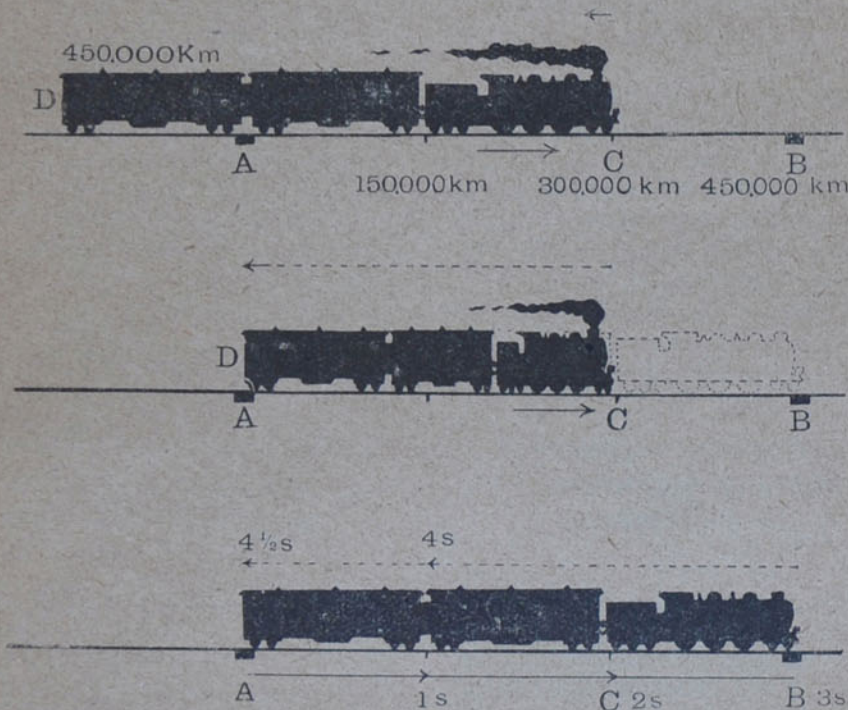


Fig 7, 8 e 9

em que chega a A a imagem da locomotiva em C, chega também ali o vagão D.

Um observador em A terá a visão, pela simultaneidade dos raios luminosos vindos de C e D, de que o comboio tem somente o comprimento A C, ou que foi encurtado para 300.000 km. (fig. 8).

Se A não conhecesse o comprimento do comboio diria que a velocidade de 150.000 km. tinha diminuído para

cisamente en el momento en que llega a A la imagen de la locomotora en C, llega tambien alli el wagon D.

Un observador en A tendrá la visión, por la simultaneidad de los rayos luminosos llegados de C y D, de que el tren tiene tan solo la longitud A C, o que fué acortado para 300.000 Km. (fig. 8).

Si A no conociese la largura del tren diria que la velocidad de 150.000 Km. habia disminuido para 100.000 Km.

chine en C arrive à A, c'est le moment où y arrive le wagon D.

Un observateur en A, à cause de la simultanéité des rayons lumineux arrivés de C et D., s'imaginera que le train n'a qu'une longueur de A C., où qu'il a été raccourci jusqu'à 300.000 km. (fig. 8).

Si A ne connaissait pas la longueur du train, il disait que la vitesse de 150.000 km. s'était amoindrie à 100.000 km. puisqu'il ne voyait pas l'arrivée de la machine en C (300.000 km.) qu'à la fin de trois secondes.

Un aviateur, pouvant voler aux vitesses indiqués, verrait les places carrées d'une ville devenues rectangulaires, et les circulaires, elliptiques, (\*) puis que l'espace semble raccourci seulement dans le sens du mouvement.

Apparemment il ne peut y avoir des corps roides, parce qu'ils se déforment à la plus grande vitesse; au contraire, la mécanique classique soutenait que

said speed, should see the Squares of a Town to become rectangular and the circular Places elyptical, (\*) as the space only seems shortened by way of the movement.

Apparently there cannot be rigid bodies, as they are deformed through the increase of speed. Classical mechanics would rather assure that distance between two points situated on the same body did not depend upon movement.

100 000 km. pois que no fim de 3 segundos é que via a locomotiva chegar a C (300.000 km).

Um aviador que pudesse voar com velocidades como as indicadas, veria as praças quadradas de uma cidade transformadas em rectangulares, e as circulares em elípticas (\*), pois que somente no sentido do movimento o espaço parece encurtado.

Aparentemente não pode haver corpos rígidos pois se deformam com o aumento de velocidade; ao contrário a mecânica clássica afirmava que a distância entre dois pontos situados no mesmo corpo era independente do movimento.

puesto que solo a los 3 segundos veria la locomotora llegar a C (300.000 Km.)

Un aviador que pudiera volar con las velocidades antes indicadas, veria las plazas cuadradas de una ciudad, transformadas en rectangulares y las circulares en elípticas (\*), puesto que solamente en el sentido del movimiento el espacio parece acortado.

Aparentemente no puede haber cuerpos rígidos pues se deforman con el aumento de velocidad; al contrario la mecánica clásica afirmava que la distancia entre los puntos situados en el mismo cuerpo era independiente del movimiento.

(\*) Bibliografia, 1.

la distance entre deux points placés sur le même corps était indépendante du mouvement.

### **Enlargissement du temps ou ralentissement des horloges**

Le temps, de même que l'espace, n'est pas absolu, mais tout à fait relatif, puis qu'il dépend du mouvement.

Notre observateur A de l'exemple antérieur a fait une observation intéressante.

Aussitôt que le wagon D s'est arrêté en A, il a vu la machine et sa plus prochaine voiture suivre roulant jusqu'à atteindre la station *terminus* B, la queue du train étant tout-à-fait arrêtée (fig. 9), Cela est dû à l'arrivée successive des rayons lumineux venus de distances différentes, toujours à la même vitesse.

### **On the lengthening of time or the slower rate of Clocks**

Time, just as space, is not absolute too, but relative, as it is dependent of movement.

The observer A in our last example, remarked a most curious case:

Just when the wagon D stopped in A, he saw the machine and next wagon driving on as far as the Terminus Station B, notwithstanding the rear of the train being quite stopped (fig. 9); it was owing to the arrival of successive luminous rays coming from several distances always at the same speed.

The observer A had his watch agreed with the machinist's, having asked him to make a luminous sign as soon as 3 seconds were gone.

At the end of the 3<sup>rd</sup> second the machinist made the agreed sign, that is to

### **Alargamento do tempo ou atraso aparente dos relógios**

O tempo, como o espaço, também não é absoluto, mas sim relativo, pois depende do movimento.

O observador A do exemplo anterior notou um caso interessante:

Quando o wagon D parou em A, viu a locomotiva e a carruagem próxima continuarem a rodar até a locomotiva atingir a estação *terminus* B, embora com a cauda do comboio completamente parada (fig. 9); e isto devido à chegada sucessiva dos raios luminosos vindos das diferentes distâncias sempre com a mesma velocidade.

O observador A tinha acertado o seu relógio com o do maquinista, e tinha-lhe pedido que fizesse um sinal luminoso no fim de 3 segundos.

No fim do terceiro segundo o ma-

### **Prolongación del tiempo o atraso aparente de los relojes**

El tiempo, como el espacio, también no es absoluto pero si relativo pues depende del movimiento.

El observador A del ejemplo anterior notó un caso interesante:

Cuando el wagon D paró en A, vió que la locomotora y el vehículo próximo siguieron rodando hasta que dicha locomotora llegó a la estación *terminus* B, aún cuando la cola del tren estaba completamente parada (fig. 9); ésto es debido a la llegada sucesiva de los rayos luminosos venidos de diferentes distancias, siempre con la misma velocidad.

El observador A habia ajustado su reloj con el del maquinista y le habia dicho que hiciese una señal luminosa a los 3 segundos.

L'observateur A avait réglé sa montre et celle du mécanicien, en priant celui-ci de faire un signal lumineux à la fin de trois secondes.

A' la fin de la troisième seconde le mécanicien fit le signe combiné, c'est à dire, en arrivant à B.

Mais le signe, à cause de la vitesse de la lumière, n'arriva pas en A qu'à la fin d'une seconde et demi, la quelle, ajoutée aux trois secondes employées par la machine à parcourir A B., a fait l'observateur croire que la montre du mécanicien était retardée, puis qu'il n'a vu le signe qu'à la fin de quatre secondes et demi.

A' vrai dire, il n'y avait pas retard, mais le temps s'est agrandi, parce qu'il a fallu à la lumière parcourir B A.

### **Liaison entre le temps et l'espace**

Des exemples antérieurs on conclut :

quinista fez o sinal combinado, isto é, ao chegar a B; mas esse sinal, por causa da velocidade da luz, só chegou a A no fim de  $1\frac{1}{2}$  seg.<sup>os</sup>, que juntos aos 3 seg.<sup>os</sup> gastos pela locomotiva em percorrer A B, fez julgar ao observador A que o relógio do maquinista se tinha atrasado, pois que só viu o sinal no fim de  $4\frac{1}{2}$  segundos.

O atraso não se deu, mas o tempo é que foi maior porque a luz teve de percorrer B A.

### **Ligação entre o espaço e o tempo**

Pelos exemplos anteriores vemos :

Se A observa pelo tempo preciso (3 segundos) para a locomotiva percorrer A B, vê o comprimento (espaço) do comboio reduzido a 300.000 Km. (fig. 8).

Se observa pelo espaço verdadeiro (450.000 Km.), isto é, quando a loco-

say, on his arrival to B. Meanwhile such a sign, on account of the speed of light, did not reach A before 1 second and a half, which together with the 3 seconds spent by the machine to run over A B, caused the observer to think that the machinist's watch was slow, as he only saw the sign after 4 seconds and a half. The slower rate had not been a fact; only time was a little longer because light had to run over B A.

### **Union between time and space**

Examples above evidently show us:

If A observes under the point of view of necessary time (3 seconds) for the machine to run over A B, he sees the length (space) of the train reduced to 300.000 Km. (fig. 8).

If he observes considering the true space (450.000 Km.), that is to say, on

Transcurridos los 3 segundos el maquinista hizo la seña convenida, esto es, al llegar a B; pero esa seña a causa de la velocidad de la luz, solo llegó a A después de  $1\frac{1}{2}$  segundos, que unidos a los tres, empleados por la locomotora para hacer el recorrido A B, hicieron creer al observador A que el reloj del maquinista se habia atrasado, pues solo vió la seña a los  $4\frac{1}{2}$  segundos. El atraso no sucedió pero el tiempo fué mayor porque la luz tuvo que recorrer B A.

### **Conexión entre el espacio y el tiempo**

Por los ejemplos anteriores vemos :

Si A observa por el tiempo necesario (3 segundos) para que la locomotora recorra A B, vé la longitud (espacio) del tren reducida a 300.000 km. (fig. 8).

Si observa por el espacio verdadero

Si A observe pour le temps nécessaire (3 secondes), pour que la machine parcoure A B, il voit la longueur (l'espace) du train réduite à 300.000 km. (fig. 8).

S'il observe pour le vrai espace (450.000 km.) c'est à dire, lorsque la machine arrive à la station *terminus* B, alors il remarque que le temps s'est accru jusqu'à quatre secondes et demi. (fig. 9).

On conclut donc, que l'espace dépend du temps et le temps, de l'espace, aussitôt qu'il y ait du mouvement.

Pour connaître le vrai espace ou le vrai temps, il faut employer les formules de Lorentz approuvées pour cette théorie.

### Espace à quatre dimensions

Nous venons de voir que l'espace et le temps sont étroitement liés; c'est

the arrival of the machine to the Terminus Station B, he may remark then that time increased to 4 seconds and a half (fig. 9).

One infers that Space depends upon time, and time upon space whenever there is movement.

To acknowledge the true space or time, Lorentz's formulae already put to good use for this theory may be employed.

### Four-dimensional Space

Space and time, as we have seen, are intimately connected; as a consequence the four-dimensional space has been employed in calculation.

In order to find a point P in the space, referring to a definite point O (fig. 10), wanted to employ three dimensions (coordinate) — O A — O B — O C — which are named — x-y-z.

But willing to determine the posi-

motiva chega à estação *terminus* B, então nota que o tempo aumentou para 4  $\frac{1}{2}$  seg.<sup>dos</sup> (fig. 9).

Depreende-se que o espaço depende do tempo, e o tempo do espaço, logo que haja movimento. Para se saber o verdadeiro espaço ou tempo empregam-se então as fórmulas de Lorentz que foram aproveitadas para esta teoria.

### Espaço a 4 dimensões

Como se acabou de lêr — o espaço e o tempo — estão intimamente ligados; por isso se adoptou nos cálculos, o espaço de 4 dimensões.

Para se determinar um ponto P no espaço, em referência a um ponto determinado O (fig. 10), é necessário empregar 3 dimensões (coordenadas) — O A, O B, O C — que se designam por x, y, z.

Se porém quizermos determinar a

(450.000 kms.), esto és, cuando la locomotora llega a la estación terminus B, entonces nota que el tiempo aumentó a 4  $\frac{1}{2}$  segundos (fig. 9).

Se desprende que el espácio depende del tiempo, y el tiempo del espácio siempre que haya movimiento. Para saberse el verdadero espácio o el tiempo se emplean las fórmulas de Lorentz que se han aprovechado para ésta teoría.

### Espácio a cuatro dimensiones

Como se acaba de leer el espácio, y el tiempo, estan intimamente ligados por eso se adoptó, en los cálculos, el espacio a 4 dimensiones.

Para determinar un punto, P., en el espacio en relación con un punto determinado O (fig. 10), es necesario emplear 3 dimensiones (coordenadas) — O A, O B, O C, — que se designan por x, y, z.

porquoi, pour les calculs on a choisi l'espace à quatre dimensions.

Pour déterminer un point P. dans l'espace par rapport à un certain point O. (fig. 10), il faut employer trois dimensions (coordonées) — O A — O B — O C — qu'on nomme  $x, y, z$ .

Mais si l'on veut déterminer la position de ce point en plusieurs moments, il nous faudra rapporter au temps ( $t$ ).

Heureusement dans le calcul, Minkowski a référé le temps à la même espèce (longueur) des autres dimensions, faisant une seconde égale au chemin parcouru par la lumière pendant ce temps ci (300.000 km.).

Voici le meilleur exemple jusqu'à présent connu \* :

Reproduisons cinématographiquement un aéroplan faisant des évolutions, ci-inclus le départ, le vol, l'atterrissage, le relâche, une nouvelle ascension et une nouvelle descente.

tion of the said point in several moments, wanted to refer to time ( $t$ ).

To become calculation a little easier, Minkowsky refered time to the same nature (length) of the other. dimensions, by making 1 second equal to the way which light runs during that time (300.000 Km.)

The following is the best example presented till this day \* :

Let us have a cinematographical series of an aéroplan in its evolutions, including start, flight, *atterrissage*, rest, a new ascencion and descent.

On cutting from the film the photographic copies we suppose to be dense and transparent enough, so as to allow the image of the aéroplan to be seen on the side of the cut, and by joining them like a pile (fig. 11), we will have an example of four-dimensional space.

We will obtain both the successive position of the aéroplan over the space, and the time, presented as space, since

posição desse ponto em diferentes momentos, temos que nos referir ao tempo ( $t$ ). Para facilidade nos cálculos, Minkowski referiu o tempo à mesma espécie (comprimento) das outras dimensões, igualando 1 segundo ao caminho percorrido pela luz nesse tempo (300.000 Km.).

O melhor exemplo até hoje apresentado é o seguinte: (\*)

Fotografemos cinematograficamente um aeroplano em evoluções, incluindo a partida, vôo, aterragem, *descanso*, nova subida e descida.

Se do *film* cortarmos as fotografias, que supomos muito grossas e transparentes de modo a deixar ver a imagem do aeroplano pelo lado do corte, e as colarmos todas em pilha (fig. 11), teremos um exemplo do espaço a 4 dimensões.

Teremos, não só as posições suces

Si queremos determinar la posición de ese punto en diferentes momentos tenemos que referirnos al tiempo ( $t$ ). Para facilidad en los cálculos, Minkowski, atribuyó al tiempo la misma especie (longitud) de las otras dimensiones, igualando 1 segundo al camino recorrido por la luz en ese tiempo (300.000 kms.).

El mejor ejemplo que hasta hoy se ha presentado es el siguiente. (\*)

Fotografiemos cinematográficamente um aeroplano evolucionando, incluso la partida, vuelo, aterrizaje, descanso, nueva ascensión y descenso.

Si de la película cortamos las fotografías, que suponemos muy gruesas y transparentes de manera que se pueda ver la imagen del aeroplano por el lado del corte, y las amontonamos umas sobre otras (fig. 11), tendremos um ejemplo del espacio a cuatro dimensiones.

(\*) Bibliografía, 2.

Si l'on retranche du *film* les photographies que nous supposons assez épaisses et diaphanes pour permettre de voir à travers, l'image de l'aéroplan du côté de la coupe, en les collant toutes comme une pile (fig. 11) nous aurons

the start till last *atterrissage*, including the rest time C D.

The line A B, showing the life of a body over the space in the course of time, is named *line of the Universe*; the several points of the said line are

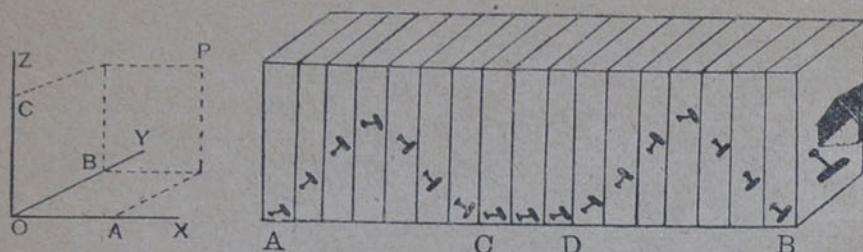


Fig. 10 e 11

un exemple de l'espace à quatre dimensions.

Nous obtiendrons pas seulement les positions successives de l'aéroplan dans l'espace, mais encore représenté en espace le temps écoulé depuis le départ

the *events*, and the shortest distance between those *events* are the *intervals*.

The four-dimensional space bears the name of *Continuum*, as it is a series of points.

sivas do aeroplano no espaço, mas também o tempo, representado em espaço, que decorreu desde a partida até à última aterragem, incluindo o tempo do descanso — C D.

A linha A B representativa da vida de um corpo no espaço e no seguimento do tempo, é designada por *linha do Universo*; os diferentes pontos dessa linha por *acontecimentos*; e a distância mínima entre êsses acontecimentos por *intervalo*.

O espaço a 4 dimensões também é designado por *Continuum* porque é uma continuação de pontos.

### Relatividade generalizada — Equivalência

Baseando-se na relatividade restrita e no seu princípio de Equivalência, formou Einstein, com o emprêgo dos mais difíceis cálculos, esta parte da teoria que engloba a mecânica de Newton e

Tendremos, no solo las posiciones sucesivas del aeroplano en el espacio, si que tambien el tiempo — representado por espacio — que transcurrió desde la partida hasta el último aterrizaje, incluso el del descanso C D.

La línea A B representativa de la vida de um cuerpo en el espacio y en la continuacion del tiempo se designa por *línea de Universo*; los diferentes puntos de esa línea por *acaecimientos*; y la distancia mínima entre esos acaecimientos por *intervalo*.

El espacio a cuatro dimensiones tambien se designa por *continuum*, porque és una continuación de puntos.

### Relatividad generalizada — Equivalencia —

Basandose en la relatividad restringta y en su principio de equivalencia, formó Einstein, empleando los cálculos más difíciles, ésta parte de la teo-

jusqu'au dernier atterrissage, ci inclus le temps de relâche — C D.

La ligne A B montrant la vie d'un corps dans l'espace et dans la succession du temps, est nommée — *ligne de l'Univers*; les différents points de cette ligne sont les *événements*, et la moindre distance entre de tels événements s'appelle — *intervale*.

On nomme aussi *continuum* l'espace à quatre dimensions, parce qu'il est une suite ou succession de temps.

### Rélativité généralisée — De l'équivalence

Appuyé sur la relativité restreinte et son principe d'équivalence, Einstein, en employant les plus difficiles calculs, a créé cette partie de sa théorie, la quelle contient la mécanique de Newton et la Relativité restreinte — elle-même.

Pour démontrer le principe de l'é-

### Generalised Relativity On Equivalency

Grounded upon Limited Relativity and his principle of Equivalency, Einstein, having recourse to the most difficult calculation, produced this part of his Theory which all together involves Newton's Mechanics and Limited Relativity.

To prove his principle of Equivalency, he supposes a cabin in a place over space, where there could be no gravitation. Within it (fig. 12) there is an able man to walk through space for want of gravity; the same reason causes the man to see the objects which he lets go out of his hands, floating free from the phenomenon of the fall of bodies.

Afterwards he supposes that an extraordinary Being makes fast a cable in the exterior ring of the cabin, begin-

a relatividade restrita. Para demonstrar o princípio da equivalência supõe uma *cabine* numa região do espaço onde não houvesse gravitação. Dentro está um indivíduo (fig. 12) que, por não haver gravidade, pode passear pelo espaço; pela mesma razão esse indivíduo vê que os objectos que larga das mãos ficam fluctuando, sem se dar o fenómeno da queda dos corpos.

Supõe depois que um ente extraordinário ata uma corda à argola exterior da *cabine*, e

ria que engloba la mecánica de Newton y la relatividad restrita. Para demostrar el principio de equivalencia

supone una cabina en una región del espacio donde no hubiese gravitación. Dentro está un individuo (fig. 12) que, por no existir la gravedad, puede pasearse por el espacio; por el mismo motivo ese individuo vé que los objetos que suelta de sus manos se quedan flotando, sin

darse el fenómeno de la caída de los cuerpos.

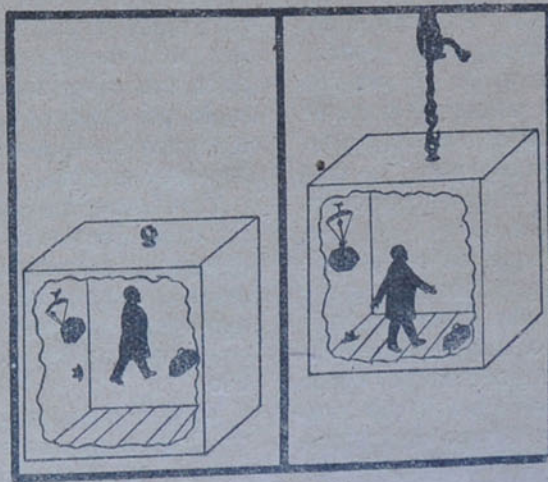


Fig. 12 e 13

quivalence, il suppose une cabine dans une région de l'espace où la gravitation fait défaut.

Au dedans il y a un individu (fig. 12) le quel, faute de gravité, peut se promener dans l'espace.

A' la même raison il voit que les choses qu'il lâche de sa main restent flottant, sans qu'il y ait le phénomène de la chute des corps.

A' la suite il suppose qu'un être extraordinaire attache une corde dans l'anneau extérieur de la cabine et commence l'attirant avec un mouvement accéléré égal à la gravité terrestre. (fig. 13).

Immédiatement l'individu dans la cabine se sent-il attiré vers le sol, de même que la Terre, et il voit tomber tous les corps qui flottaient dans l'espace.

L'observateur extérieur comprend que ce n'est pas une force attractive quelconque par dessous la cabine la

ning to pull up with an accelerated movement equal to earthly gravity (fig. 13).

The cabin's man feels himself directly attracted down to the floor, as if it were in the Earth, and he sees all the bodies which floated in the space dropping down.

The exterior observer understands that it was not any attractive force being under the cabin the cause of the phenomenon, as the said man thinks, but only the floor itself running against him and everything else.

It shows that the gravitational field may be substituted for an accelerative field.

Such a substitution is only advisable to fields of limited extension; nevertheless a body whatever situated on a a gravitational field behaves itself as on an accelerative field.

The hand of the dynamometer where 10 Kilos weight were hanging from, which for want of gravity only marked

que a começa a puxar com movimento acelerado igual à gravidade terrestre (fig. 13). Imediatamente o indivíduo da *cabine* se sente atraído para o chão, assim como na Terra, e vê cair todos os corpos que fluctuavam no espaço.

O observador exterior vê que não foi qualquer força atractiva existente por debaixo da *cabine* a causa do fenómeno, como julga o tal indivíduo, mas que o chão é que foi de encontro aos objectos e ao indivíduo.

Isto demonstra que os campos de gravitação podem ser substituídos por campos de aceleração. Esta substituição só é aplicável a campos de extensão limitada; contudo qualquer corpo situado num campo de gravitação comporta-se como num campo de aceleração.

O ponteiro do dinamómetro onde estava enganchado um peso terrestre de 10 Kg., e que, por não haver gravidade marcava 0, passou depois com

Supone después que un ente extraordinario áta una cuerda a la argolla exterior de la cabina y empieza a tirar de ella con un movimiento acelerado igual al de la gravedad terrestre (fig. 13). Imediatamente el individuo de la cabina se siente atraído hácia el suelo, así como en la Tierra, y vé caer todos los cuerpos que estaban flotando en el espácio.

El observador exterior vé que no fué cualquier fuerza atractiva existente debajo de la cabina, la causa del fenómeno, como crée el referido individuo, pero si que el suelo fué a encontrarse con los objetos y el individuo.

Esto demuestra que los campos de gravitación pueden ser substituídos por campos de aceleración.

Esta substitución és tan solo aplicable a campos de extensión limitada; sin embargo cualquier cuerpo situado en un campo de gravitación se con-

cause du phénomène, comme l'individu croit, mais que le sol, lui-même, s'en va à la rencontre des objets et de l'individu.

Cela nous montre que les aires de gravitation peuvent être substituées par des aires d'accélération.

Une telle substitution ne s'applique qu'aux aires d'extension limitée; cependant les corps situés dans une aire de gravitation agissent comme dans une aire d'accélération.

L'aiguille du dynamomètre où était accroché un poids de 10 Kilos, le quel, faute de gravité, marquait O, après le mouvement marqua 10. k.

Cela nous fait voir que la masse inerte (résistance d'un corps pour ne détourner pas son état de repos) est égale à la masse pesante (poids).

Newton, ayant vérifié cette égalité, ne l'a pas expliquée.

Plus grande serait l'accélération, plus grand poids accuserait l'aiguille

O, afterwards, on account of movement, began to mark 10 Kilos.

It shows us too that motionless substance (the resistance of a body not to change its state of quietness) is just like heavy substance (weight).

Newton verified this equality, but he did not explain it.

Were acceleration more intense, heavier weight should the hand of the dynamometer mark, what causes us to suppose that energy there employed also has its weight.

Light, warmth, electricity, etc., although different forms of energy, yet they are heavy.

The three capital phenomena pointed out to Einstein and already verified (fig. 15 by 25) are to be explained in the following.

o movimento a marcar 10 Kg. Isto nos demonstra que a massa inerte (resistência dum corpo para não alterar o seu estado de repouso) é igual à massa pesada (peso). Newton verificou esta igualdade mas não a explicou. Se maior fôsse a aceleração maior peso marcaria o ponteiro, o que nos faz supôr que a energia empregada também tem peso. A luz, calor, electricidade, etc., sendo diferentes formas de energia, têm peso.

A seguir vão explicados os três principais fenómenos apontados por Einstein, e já verificados (fig. 15 a 25).

tiene en si, como en um campo de aceleración.

El puntero del dinamometro donde estaba enganchado un peso terrestre de 10 kilos y que, por no haber gravedad, marcaba O, marcó después, con el movimiento, 10 kilos. Esto nos demuestra que la masa inerte (resistencia de un cuerpo para no alterar su estado de reposo) es igual a la masa pesada (peso). Newton comprobó esta igualdad pero no la explicó. Si mayor fuese la aceleración mayor peso marcaria el puntero, lo que nos hace suponer que la energia empleada tambien tiene peso. La luz, el calor, la electricidad, etc. teniendo diferentes formas de energia, tienen peso.

A continuación se explicara los tres principales fenómenos señalados por Einstein y que ya han sido comprobados. (fig. 15 a 25).

du dynamomètre, ce qui nous porte à supposer que l'énergie employée est lourde, ayant elle-même son poids.

La lumière, la chaleur, l'électricité, etc., quoique formes différentes de l'énergie, elles ont leur poids.

Suivent les explications des trois principaux phénomènes signalés par Einstein et déjà vérifiés (fig. 15 à 25).

### **Insuffisance de la Géométrie Euclidienne.**

#### **Changement de $\pi$ par le mouvement accéléré**

Supposons en D (fig. 14) un observateur immobile, et à distance un disque se mouvant autour de son essieu à une vitesse constante et dans le même sens, aussitôt qu'on établit de D le contact électrique.

L'observateur, ayant mesuré auparavant avec une règle graduée la gran-

### **Insufficiency of Euclidian Geometry**

#### **Variableness of $\pi$**

Let us suppose in D (fig. 14) motionless an observer and at a distance a large disk turning round its axle at an unvarying speed on one side as soon as from D electric contact is established.

The observer, having beforehand measured with a graduated rule the length of the circumference of the disk which may be considered as a many-sided polygon, marked signs in the corresponding points to both ends of the rule.

In the same way he measured the diameter and by dividing the two lengths he found  $\pi$  equal to 3.1416.

On going to D, there he noted the distance between two signs, say, the length of the resting rule.

### **Insuficiência da geometria de Euclides**

#### **— Alteração do valor de $\pi$ pelo movimento acelerado**

Supunhamos em D (fig. 14) um observador imóvel, e que a distância há um grande disco que gira em volta do seu eixo, com velocidade constante e no mesmo sentido, logo que de D se estabeleça um contacto electrico.

O observador primeiramente tinha medido, com régua graduada, o comprimento da circunferência do disco, que podemos considerar um polígono de muitas faces, e marcou sinais nos pontos correspondentes às extremidades da régua. Do mesmo modo mediu o diâmetro, e dividindo os dois comprimentos achou o valor de  $\pi$  igual a 3,1416.

Foi para D e notou o tamanho, ali, da distância entre dois sinais, ou seja o comprimento da régua em repouso.

### **Insuficiencia de la geometria de Euclides — Alteración del valor de $\pi$ por el movimiento acelerado**

Supongámos en D (fig. 14) a un observador inmóvil y que a cierta distancia hay un gran disco que gira alrededor de su eje, con velocidad constante y en la misma direccion, siempre que desde D se establezca un contacto eléctrico. Con anterioridad, el observador habia medido con una regla graduada, la longitud de la circunferencia del disco, que podemos considerar un poligono de muchos lados, y señalado los puntos correspondientes a las extremidades de la regla. De la misma manera midió el diámetro z dividiendo las dos longitudes encontró el valor de  $\pi$  igual a 3,1416.

Una vez en D vió desde ali el tamaño de la distancia entre dos puntos

deur de la circonference du disque, le quel nous pourrons considérer un polygone à plusieurs angles, aura marqué des signes sur les points correspondants aux extrémités de la règle.

De même aura-t il mesuré le diamètre et en divisant les deux longueurs,

Afterwards he brought the disk into movement and made new observations ; surprised he remarked that distances between signs were shortened, and on dividing again the length of the circumference, doubtless he found a different number from 3.1416.

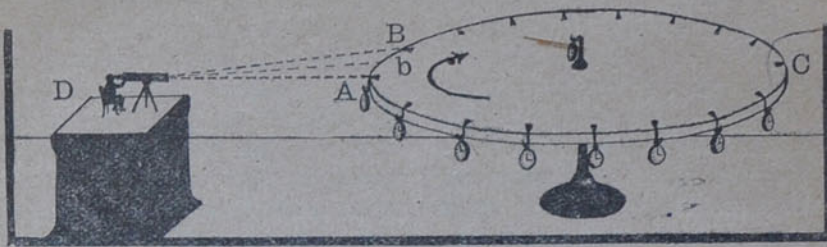


Fig. 14

il aura trouvé la valeur  $\pi$  égale à 3,1416.

Il s'en va jusqu'à D et y regarde la distance entre deux signes, soit la longueur de la règle en repos.

Ensuite il met le disque en mouve-

For these and many other reasons was Einstein bound to embrace Riemann's Geometry of superficial curves with the use of Gauss' coordinates, instead of Euclid's Geometry and Cartesian coordinates (Descartes) in the ca-

Em seguida pôs o disco em movimento e fez novas observações ; com espanto notou que as distâncias entre os sinais tinham encurtado, e ao dividir esse novo comprimento da circunferência, que agora acha menor, pelo mesmo comprimento de diâmetro achou, sem dúvida um número diferente de 3,1416.

Por esta, e ainda por outras razões, foi Einstein forçado a adoptar a geometria das superfícies curvas de Riemann, com a aplicação das coordenadas de Gauss, em vez da geometria de Euclides e coordenadas cartesianas (Descartes), nos casos observados nos campos de aceleração, e, pela equivalência, também nos campos de gravitação.

A explicação da alteração do valor de  $\pi$  é a seguinte :

À medida que o disco gira, vão passando por defronte de D os sinais correspondentes ao tamanho da régua ; mas nós já sabemos (fig. 8) que os

o sea la longitud de la regla en reposo. A continuación puso el disco en movimiento e hizo nuevas observaciones ; con espanto notó que las distancias entre los puntos se habían acortado, y al dividir esa nueva longitud de la circunferencia, que ahora encuentra menor, por la misma longitud del diámetro, encontró, sin duda, un numero diferente de 3.1416.

Por ésta, y aún por otras razones, se vió Einstein obligado a adoptar la geometria de las superficies curvas de Riemann, con aplicación de las coordenadas de Gauss, en vez de la geometria de Euclides y coordenadas cartesianas (Descartes), en los casos observados en los campos de aceleración y por equivalencia, también en los campos de gravitación.

La explicación de la alteración del valor de  $\pi$  es la siguiente :

A medida que el disco gira, van pasando por delante de D los puntos cor-

ment et fait de nouvelles observations.

Plein d'étonnement il aura vu que les distances entre les signes s'étaient raccourcies, et en divisant la nouvelle longueur de la circonférence, maintenant pas si grande, par la même longueur du diamètre, il trouvera sans doute des chiffres bien différents de 3,1416.

A' cette raison et à plusieurs autres encore, Einstein a été conduit à adopter la géométrie des superficies courbes de Riemann, avec l'application des coordonnées de Gauss, en lieu de la géométrie de Euclides et des coordonnées cartésiennes (de Descartes), pour les cas observés dans les aires d'accélération et aussi à cause de l'équivalence dans les aires de gravitation.

Voici l'explication du changement de la valeur de  $\pi$ :

A' mesure que le disque tourne, devant D passent les signes correspon-

ses observés on an accelerative field, and by way of equivalency on a gravitational one.

The explanation of the change in the value of  $\pi$  is as follows:

According the turning round of the disk, so are passing before D the corresponding signs to the length of the rule; but we know already (fig. 8) that length is shortened by way of movement, consequently the distance A B is reduced to Ab. There is no difference to be found for Diameter, because in both times the measure has been taken from A to C, and the disk only moves round its axle and never in that direction.

So have we seen also (fig. 9) that for the observer watches look like if they were slow in reference to his own; on the contrary the central clock will keep right because it is motionless.

According to Euclidian geometry the shortest way between two points (na-

comprimentos são encurtados pelo movimento, e, assim, a distância A B fica reduzida a A b. Para o diâmetro não acha diferença porque de ambas as vezes faz a medida no sentido A C, e o disco, somente, tem movimento em torno do eixo e não naquela direção. Pelo que também vimos (fig. 9) os relógios parecerão, ao observador, que se atrasam em relação ao seu; ao contrário, o relógio do centro manter-se-á certo por estar imóvel.

Pela geometria de Euclides - o caminho mais curto entre dois pontos (e a que Einstein deu o nome de geodésica) é uma recta; pela de Riemann é uma linha curva. Como o nosso Universo é curvo segue-se que as trajetórias dos planetas são curvas, independentemente de qualquer hipótese sobre as forças atractivas ou *compressivas* que actuem sobre elles.

respondientes al tamaño de la regla; pero nosotros ya sabemos (fig. 8) que las longitudes son acortadas por el movimiento, y, de ésta manera, la distancia A B queda reducida a A b. Al diámetro no le nota diferencia porque las dos veces que lo midió lo hizo en la dirección A C y el disco solo tiene movimiento alrededor del eje y no en aquella dirección. Según vimos también (fig. 9) parecerá al observador que los relojes se atrasan en relación con el suyo; en cambio el reloj del centro se mantendrá fijo por estar inmóvil.

Por la geometría de Euclides, el camino más corto entre dos puntos (a que Einstein dió el nombre de geodésica) es una recta; por la de Riemann es una línea curva. Como nuestro Universo es curvo se desprende que las trayectorias de los planetas son curvas, independentemente de cualquier hipótesis sobre las fuerzas atractivas o *comprensoras* que actúen sobre ellos.

dents á la longueur de la règle. Mais nous savons déjà (fig. 8) que les longueurs se raccourcissent par le mouvement, et ainsi la distance AB reste réduite a Ab.

Pour le diamètre, notre observateur ne trouve pas différence parce qu'il a fait deux fois la mesure dans le sens AC et le disque n'a pas de mouvement qu'autour de son axe et jamais dans celle direction.

A' cette raison nous avons déjà vu (fig. 9) que les montres, pour l'observateur semblent retarder à l'égard de la sienne; au contraire la montre du centre se tiendra juste parce qu'elle reste immobile.

Pour la géométrie euclidienne — le plus court chemin entre deux points (lequelle Einstein a nommée géodesique) est une recte; pour Riemann c'est une ligne courbe.

Puisque notre Univers est curviligne, il s'en suit que les trajectoires des

med *Geodesical* by Einstein) is a *straight line*; for Riemann it is a *curve line*.

Our Universe being curve, it follows that trajectories of Planets are curve, independently of any hypothesis regarding attractive or compressive forces which act upon them.

### Displacement of luminous rays

Let us suppose yet an accelerated movement to the cabin on a field free from gravity, but this time having two vitreous sides.

In fig. 15 the observer sees in A a luminous ray issued from D; in fig. 16, the cabin having moved and the said ray run its straight course till B, it seems to him that light followed the way AB; and in fig. 17, for the same reason, it looks like if light had got C, having at last the vision of curvature.

### Desvio dos raios luminosos pelos campos de gravitação

Supunhamos ainda a cabine com movimento acelerado no campo sem gravitação; mas, agora, com dois lados de vidro.

Na fig. 15 o observador vê em A um raio luminoso dirigido do foco D; na fig. 16, como a cabine se moveu e o raio continuou na sua marcha rectilínea até B, parece-lhe que a luz seguiu o caminho AB; e na fig. 17, pela mesma razão, parece-lhe ter chegado a C, dando-lhe a visão final da curvatura.

Pela equivalência este fenómeno observado num campo de aceleração deve ser observado nos campos de gravitação, e, assim, Einstein previu a curvatura dos raios luminosos vindos das estrelas quando passassem junto do campo de gravitação solar. Somente durante os eclipses se pode observar o

### Desvio de los rayos luminosos por los campos de gravitación

Supongámos todavía la cabina con movimiento acelerado en un campo sin gravitación, pero de ésta vez con dos lados de cristal.

En la fig. 15 el observador vé en A un rayo luminoso dirigido del foco D; en la fig. 16 como la cabina se movió y el rayo siguió su marcha rectilínea hacia B, le parece que la luz siguió el camino AB; y en la fig. 17, por el mismo motivo, le parece haber llegado a C, dándole la visión final de la curvatura.

Por equivalencia este fenómeno observado en un campo de aceleración debe ser observado en los campos de gravitación, y, de este modo Einstein previó la curvatura de los rayos luminosos que vienen de las estrellas al

planètes sont courbes, quelle que soit l'hypothèse sur les forces attractives ou compressives que sur elles agissent.

## E'cart des rayons de lumière

Supposons encore notre cabine animée d'un mouvement accéléré dans une aire sans gravitation, mais cette fois ayant deux cotés en verre.

Notre observateur (fig. 15) voit en A un rayon lumineux venant du foyer D; dans la figure 16<sup>me</sup>, comme la cabine a été mise en mouvement et le rayon continua sa marche recti-

As far as Equivalency is concerned, this phenomenon observed on an accelerative field ought to be also observed on a gravitational field; so has Einstein foreseen the curvature of luminous rays coming from stars, whenever they pass close by the field of solar gravitation.

Only during an eclipse may this phenomenon be observed, because of the intensity of Sunlight.

It was verified by comparison between photographic copies drawn during the eclipses of 1919 and 1922, and those of the same region of the sky, drawn during night, just when Sun

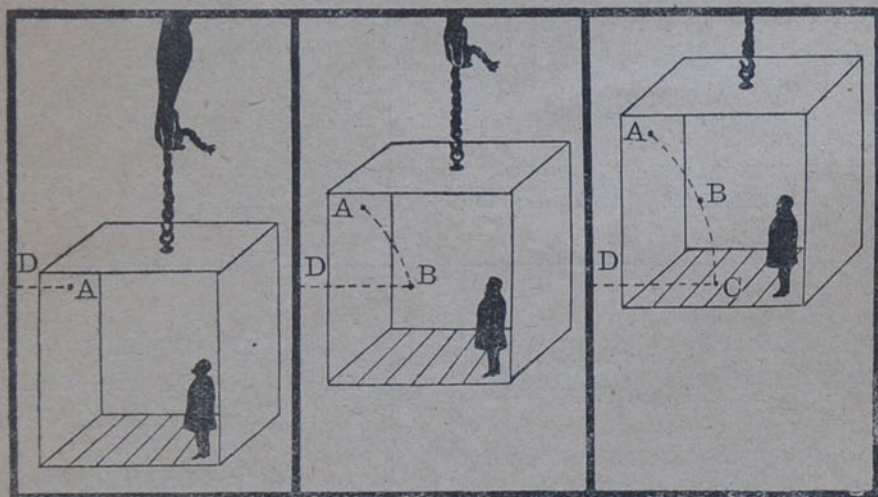


Fig. 15, 16 e 17

fenómeno por causa da intensidade da luz do Sol. A verificação foi feita pelo confronto entre as fotografias tiradas durante os eclipses de 1919 e 1922, e as que se tiraram de noite à mesma região celeste, quando o Sol ocupava, para nós, outra posição, e, portanto, alguns meses mais cedo ou mais tarde.

As estrelas A e B da fig. 18 são visíveis na Terra pelos raios AT e BT.

Durante o eclipse são, estes raios, desviados para F e E, deixando de ser visíveis, e passam a ser visíveis os raios AC e BD que se incurvam tomando as direcções ACT e BDT.

As imagens das estrelas são visí-

pasar cerca del campo de gravitación solar. A causa de la intensidad de la luz del Sol, solamente durante los eclipses se puede observar el fenómeno.

La comprobación se hizo por la comparación hecha entre fotografias sacadas durante los eclipses de 1919 y 1922, y otras que se sacaron de noche, a la misma región celeste, cuando el Sol ocupaba para nosotros otra posición y por consiguiente algunos meses antes o después.

Las estrellas A y B de la fig. 18 son visibles en la Tierra por los raios AT y BT.

Durante el eclipse estos raios son

linha jusqu'à B, il lui semble que la lumière a suivi la route AB; et dans la figure 17<sup>ème</sup>, à la même raison, il lui semble qu'elle sera arrivée jusqu'à C, dans une vision finale de courbure.

Par l'équivalence, ce phénomène observé dans une aire d'accélération doit, tout de même, être observé dans les aires de gravitation. Ainsi Einstein a prévu la courbure des rayons lumineux arrivés des étoiles, lorsqu'ils passent l'aire de la gravitation solaire.

Pendant les éclipses seulement peut-on observer le phénomène à cause de l'intensité de la lumière du Soleil.

La vérification a été faite au moyen de la comparaison des photographies faites pendant les éclipses de 1919 et 1922, et celles obtenues pendant la nuit à

veis nos prolongamentos dos raios TC e TD, ou em a e b, posições distanciadas de A e B conforme à indicação de Einstein.

Metade do desvio é devido á incurvação do espaço (fig. 17), e a outra metade ao peso da luz, como se disse na equivalência.

## Deslocamento das raia dos espectros da luz dos astros

Fizeau ao aplicar o princípio de Doppler, notou que as raia dos espectros das estrelas fixas, em comparação com as raia dos espectros das luzes produzidas nos laboratórios, eram deslocadas num sentido durante 6 meses, e no sentido contrário durante os outros 6 meses do ano. Desta observa-

occupied for us another position, therefore a few months earlier or later.

The stars A and B in fig. 18 are visible over the Earth through the rays AT and BT.

During an eclipse, these rays are displaced to F and E, ceasing to be seen, and the rays AC and BD which bend their directions to ACT and BDT become visible.

The images of Stars are visible in the prolongation of the rays TC and TD, or in A and b, distant positions from A and B, according Einstein's indication.

A half of the displacement is owing to the incurvation of Space (fig. 17), and the other half to the weight of light, as aforesaid regarding equivalency.

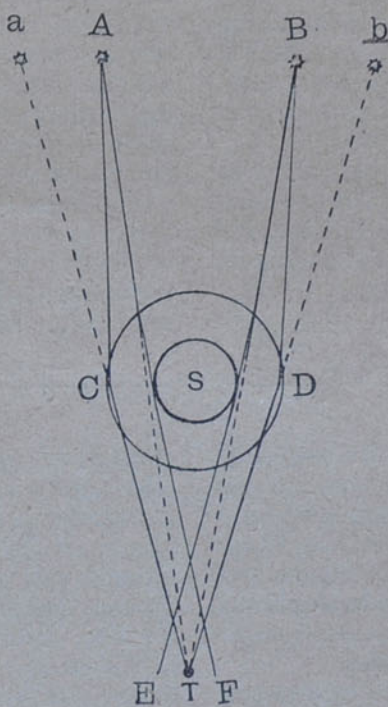


Fig. 18

desviados para F y E, dejando de ser visibles, siéndolo los rayos AC y BD que se curvan tomando las direcciones ACT y BDT.

Las imágenes de las estrellas son visibles en la prolongación de los rayos TC y TD, o en A y b, posiciones distanciadas de A y B, según la indicación de Einstein.

Mitad del desvío se debe a la curvatura del espacio (fig. 17) y la otra mitad al peso de la luz, como dijimos al tratar de la equivalencia.

## Dislocación de los rayos de los espectros de la luz de los astros

Fizeau al aplicar la teoría de Doppler, notó que los rayos de los espe-

la même région céleste, au moment où le Soleil se tient pour nous à une autre position, conséquemment quelques mois plus tôt ou plus tard.

Les étoiles A et B (fig. 18) sont visibles sur la Terre au moyen des rayons AT et BT.

Pendant l'éclipse, ces rayons sont détournés jusqu'à F et E, manquant d'être visibles, tandis que les rayons AC et BD, les quels se plient dans les directions ACT et BDT deviennent visibles.

Les images des étoiles sont visibles dans le prolongement des rayons TC et TD, soit en A et b, positions éloignées de A et B, selon les indications d'Einstein.

La moitié de l'écart est due à la courbure de l'espace (fig. 17) et l'autre moitié, au poids de la lumière, selon ce qu'on a dit au sujet de l'équivalence.

## Displacement of the Spectrum lines

Fizeau, on employing Doppler's principle, observed that spectrum lines of fixed stars, when compared to the spectrum lines of light produced in laboratories, were displaced on one side during half a year, and on an opposite side during the remaining six months.

Hence he concluded that the first half of the year, our Earth, addressing itself to certain fixed stars during its movement round the Sun, receives within one second a larger number of luminous vibrations than if it were stopped, whereas during the second half, as it is going away, it receives a less number of vibrations.

The example of fig. 19 shows us that a motionless observer in A receives from a luminous focus 200 trillion vibrations during a second; but when moving on the side of said focus, he

ção concluiu que no primeiro semestre, como a Terra, no seu movimento em torno do Sol, se dirige para certas estrelas fixas, recebe, num segundo, maior número de vibrações luminosas do que se estivesse parada, e que no outro semestre, como se afasta recebe menor número de vibrações.

O exemplo da fig. 19 mostra-nos que um observador, quando imóvel, em A recebe dum foco luminoso 200 triliões de vibrações num segundo; e que, em movimento na direcção desse foco, recebeu até B, além dos 200 triliões de vibrações, mais as que vai encontrando, por para elas se dirigir, recebendo ao todo 500 triliões. Sabe-se que as cores são devidas ao número de vibrações que nos impressionam a retina, correspondendo as rápidas ao violeta e as lentas ao vermelho.

Pela equivalência, como vimos, podemos substituir um campo de gravitação por um campo de aceleração;

ctros de las estrellas fijas, en comparación con los rayos de los espectros de las luces producidas en los laboratorios, eran dislocados en una dirección durante seis meses e en la contraria durante los otros seis meses del año. De ésta observación dedujo que como la Tierra en su movimiento alrededor del Sol, se dirige, en el primer semestre, hacia ciertas estrellas fijas, recibe, en un segundo, mayor número de vibraciones luminosas que si estuviese parada; del mismo modo que en el otro semestre y como se aleja recibe menor número de vibraciones.

El ejemplo de la figura 19, nos demuestra que un observador, estando inmóvil en A, recibe de um foco luminoso 200 trillones de vibraciones en un segundo y que poniéndose en movimiento hacia el foco de referencia recibe, hasta B, además de los 200 trillones de vibraciones, las que se vá encontrando por dirigirse hacia el-

## Déplacement des raies du Spectre

Fizeau, en faisant l'application du principe Doppler, a remarqué que les raies du spectre des étoiles fixes en comparaison de celles du spectre de la lumière produite dans les laboratoires, se disloquaient dans un sens pendant six mois, et dans le sens contraire pendant les autres six mois de l'année.

D'une telle observation il a conclu que le premier semestre, la Terre dans son mouvement autour du Soleil, s'adressant vers certaines étoiles fixes, reçoit dans une seconde plus grand nombre de vibrations lumineuses que si elle était en repos, tandis que pendant le dernier semestre de l'année, en s'éloignant, elle en reçoit un plus petit nombre.

L'exemple (fig. 9) nous fait voir qu'un observateur immobile en A reçoit d'un foyer lumineux 200 trillions

received till B both 200 trillion vibrations as well as all those he meets with on account of addressing himself to them, receiving at the most 500 trillion.

It is known that colours are owing to the number of vibrations which impress our retina, the quickest ones corresponding to violet and the slowest to red.

By way of equivalency, as we have seen, one may substitute a gravitating field for an accelerating field; so may be therefore considered a floor-glassed cabin, going away from a luminous star S with an accelerated movement (fig. 21) (\*).

The cabin being motionless, the observer might see, for example, the part of spectrum corresponding to yellow (*ab*) and the respective stripe of Fraunhofer, to orange (*bc*) and to red (*cd*).

When moving and on account of its flying away, it receives in a second not

assim podemos considerar uma cabine com o chão de vidro, afastando-se dum astro luminoso S, com movimento acelerado (fig. 21). (\*) Com a cabine parada o observador via, por exemplo (fig. 22) a parte do espectro correspondente às cores — amarelo (*a b*) e respectiva raia D de Fraunhofer — laranja (*b c*) — vermelho (*c d*).

Em movimento, e porque vai fugindo, recebe, num segundo, menor número de vibrações luminosas; para a região *a b*, onde recebia 529 triliões de vibrações que lhe davam a impressão do amarelo, recebe agora somente 528 triliões que lhe dão a impressão do laranja; para *b c* (laranja) recebe também menor número, e tem a sensação do vermelho; *c d* (vermelho), pela mesma razão, passa a raios caloríficos invisíveis (fig. 23).

E' claro que há, neste exemplo,

las, y que hacen un total de 500 trillones.

Se sabe que los colores son debidos al número de vibraciones que nos impresionan la retina, correspondiendo a las rápidas el violeta y a las lentas el rojo.

Por la equivalencia hemos visto que podemos substituir un campo de gravitación por un campo de aceleración; del mismo modo podemos considerar una cabina, con el suelo de cristal, separándose de un astro luminoso (S) con movimiento acelerado (fig. 21). (\*) Con la cabina parada el observador vería, por ejemplo, (fig. 22) la parte del espectro correspondiente a los colores amarillo (*ab*) y correspondiente raya D, de Fraunhofer, naranja (*bc*) y rojo (*cd*).

En movimiento y porque vá huyendo recibe, en un segundo, menor nú-

(\*) Bibliografia, 3.

de vibrations dans une seconde; et en se mouvant dans la direction de ce foyer là, il aura reçu jusqu'à B (fig. 20), non seulement les 200 trillions de vibrations, mais encore celles qu'il rencontre, puis que vers elles il s'adresse en recevant, tout compris, 500 trillions.

On sait que les couleurs sont dûes au nombre de vibrations qui impressionnent notre rétine, les plus rapides correspondant au violet et les plus lourdes au rouge.

Nous avons déjà vu que par l'équivalence on peut faire une aire de gravitation devenir une aire d'accélération, de même peut-on considérer une cabine au planer en verre, en s'éloignant d'un astre lumineux S, avec un mouvement accéléré (fig. 21). (\*)

La cabine étant fixe, l'observateur voyait, par exemple (fig. 22) la partie du spectre, correspondant aux couleurs — jaune (ab), et respective raie

so great a number of luminous vibrations.

For the region *ab* where it received 529 trillion vibrations, which gave it the impression of yellow, it receives now only 528 trillion, which gives it an orange impression. For *bc* (orange), it does not receive so many, thus experiencing a sensation of red; *cd* (red) for the same reason, turns into invisible calorific rays (fig. 23).

In the above example there is of course an exaggeration by diminishing vibrations; but it is to become the phenomenon more easily understood.

By causing the colours of this new spectrum to coincide with the spectral dots in fig. 22, the observer being motionless, we will obtain fig. 24, which brings an impression of displacing the stripe *D* for red.

It is just the case of the spectre of Stars in strong gravitational fields in comparison of our Planet.

exageração na diminuição das vibrações, mas é para facilitar a compreensão do fenómeno que realmente se dá. Se ele fizer coincidir as cores deste novo espectro com as marcações das cores do espectro da fig. 22, quando parado, teremos a fig. 24 que lhe dá a impressão do deslocamento da raia *D* para o vermelho.

E' este o caso que se dá com os espectros dos astros de fortes campos de gravitação em comparação com o terrestre.

São observações difíceis de se fazer, não só pelo fraco deslocamento, como também por haver outros deslocamentos devido ao movimento da Terra, como vimos, e ainda ao movimento dos próprios astros.

A teoria explica também este deslocamento pela marcha mais lenta dos relógios nos campos de aceleração

mero de vibraciones luminosas; así de la región *ab*, de donde recibía 529 trillones de vibraciones que le causaban la impresión del amarillo, recibe ahora solamente 528 trillones, que le causan la impresión del naranja; de *bc* (naranja) recibe tambien menor número y tiene la sensación del rojo; *cd* (rojo) por el mismo motivo se convierte en rayos caloríficos invisibles. (fig. 23).

Es claro que en estes ejemplos hay exageración en la disminución de las vibraciones, pero así lo hacemos para facilitar la comprensión del fenómeno, que es real. Si ello hace coincidir las colores de este nuevo espectro con las indicaciones de las colores del espectro de la figura 22, estando parado, tendremos la fig. 24 que da idea de la desviación de la raya *D* para el rojo.

Es este el caso que se dá con los espectros de los astros de poderosos

(\*) Bibliografia, 3.

D de Fraunhofer, — orange (bc), et rouge (cd).

En étant en mouvement, et parce qu'elle s'enfuit, elle reçoit dans une seconde un plus petit nombre de vibrations lumineuses.

Pour la région (ab) où elle recevait 529 trillions de vibrations, les quelles lui donnaient l'impression du jaune, elle n'en reçoit maintenant que 528 trillions qui lui donnent l'impression de l'orange. Pour bc (orange), elle reçoit aussi un pas si grand nombre, ayant la sensation du rouge; cd (rouge) à la même raison se tient aux rayons calorifiques invisibles (fig. 23).

C'est bien clair que dans cet exemple on a exagéré l'amoin- drissement de vibra-

(fig. 14), ou gravita- ção pela equivalência, comparando a relógios os atmosferas dos gases incandescentes.

### Avanço do periélio de Mercúrio

Na mecânica clássica define-se a massa de um corpo como uma constante, e sendo a relação entre a força aplicada a esse corpo e a aceleração, resultante.

Ora nós sabemos, pelas novas noções do espaço e tempo, que as acelerações são relativas; portanto a massa deixa de ser uma constante, e varia com a velocidade do corpo.

Mercúrio tem a órbita mais excêntrica de todos os planetas do sistema solar, e, portanto, maior velocidade no periélio P (fig. 25) — parte mais próxima do Sol —.

These are most difficult observations to do indeed both for the short displacement and because there are several other displacements owing to the movement of the Earth, as already seen, and yet to the movement of the stars, themselves.

The Theory explains, too, such a displacement with the slower rate of clocks in accelerative or gravitating fields (fig. 14), by comparing to clocks the atoms of incandescent gas.

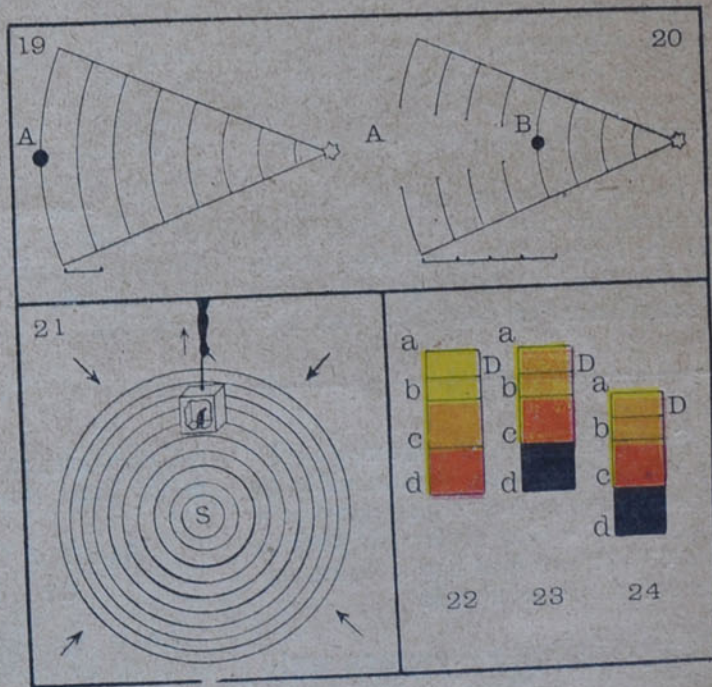


Fig. 19, 20, 21, 22, 23 e 24

campos de gravitación en comparación con el terrestre.

Son observaciones difíciles de hacer, no solo por la pequeña desviación sino que también por haber otras dislocaciones devidas al movimiento de la Tierra, como hemos visto, y aún al movimiento de los propios astros.

La teoría explica también esta desviación por la marcha más lenta de los relojes en los campos de aceleración (fig. 14), ó gravitación por equivalen-

tions pour faire mieux comprendre le phénomène que a vraiment lieu.

En faisant les couleurs de ce nouveau spectre coïncider avec les marques des couleurs du spectre (fig. 22) en repos, nous aurons la fig. 24, laquelle lui donne l'impression du déplacement de la raie D pour le rouge.

C'est ce qui arrive pour les spectres des astres dans les fortes aires de gravitation, en les comparant à notre Planète.

Ce sont des observations bien difficiles à faire, pas seulement à cause du débile délabement, mais encore parce qu'il y a d'autres déplacements dus au mouvement de la Terre, nous l'avons déjà vu, et au mouvement des astres, eux-mêmes.

La théorie nous explique aussi le déplacement par la marche plus ralentie des horloges dans les aires d'accélération (fig. 14), ou la gravitation par l'équivalence, en comparant aux hor-

## Advancement of Mercury Perihelion

Classical mechanics defines the mass of a body as steady, representing the relation between the force applied to that body and its resulting acceleration.

Now we know by way of the new notions of space and time, that acceleration is relative, mass ceasing therefore to be steady and varying according to the speed of the body.

Mercury has the most eccentric orbit of all the Planets in our Solar System; having consequently larger speed in its Perihelion (P) (fig. 25), the nearest part to the Sun.

Without having recourse to hypothesis, only by applying in the formulae the new value of mass, Einstein succeeded in showing the cause of 43 seconds secular advancement of the Perihelion, what till now had not yet been explained.

Sem hipóteses, mas unicamente aplicando nas fórmulas o novo valor da massa, conseguiu Einstein mostrar a causa do avanço secular do periélio em 43", para o qual não se tinha ainda encontrado explicação.

## Tempo infinito e espaço nulo

Da discussão das fórmulas tiram-se muitas conclusões interessantes. Para final se apresenta a que segue:

Supunhamos um aeroplano, em pleno vôo, afastando-se, com velocidade igual à da luz, duma torre onde está colocado um grande relógio marcando 3 horas (fig. 26). O observador do avião, por ir dentro duma cabine especial, nada mais pode observar a não ser na direcção da torre. Como ele vôa com uma velocidade igual à da luz facilmente se compreende que acompanhará sempre os raios luminosos referentes às 3 horas do relógio.

cia, comparando con relojes los átomos de los gases incandescentes.

## Avance del Perihelio de Mercurio

En la mecánica clásica define la masa de un cuerpo como constante y siendo la relación entre la fuerza aplicada a ese cuerpo y a la aceleración resultante. Nosotros sabemos por las nuevas nociones del espacio e del tiempo que las aceleraciones son relativas; por consiguiente la masa deja de ser constante, variando con la velocidad del cuerpo.

Mercurio tiene la órbita más excéntrica que todos los planetas del sistema solar y, por consiguiente, mayor velocidad en el perihelio (P) (fig. 25) — parte más próxima al Sol.

Sin hipótesis, pero si únicamente aplicando en sus fórmulas el nuevo valor de la masa, consiguió Einstein

loges les atomes des gaz incandescents.

### Avancement du Périhélie de Mercure

La mécanique classique définit la masse d'un corps comme une constante, la relation entre la force appliquée à ce corps-là et l'accélération étant la résultante.

Mais au moyen des nouvelles notions d'espace et de temps, nous savons déjà que les accélérations sont relatives ; donc, la masse manque d'être une constante et change tout de même que la vitesse du corps.

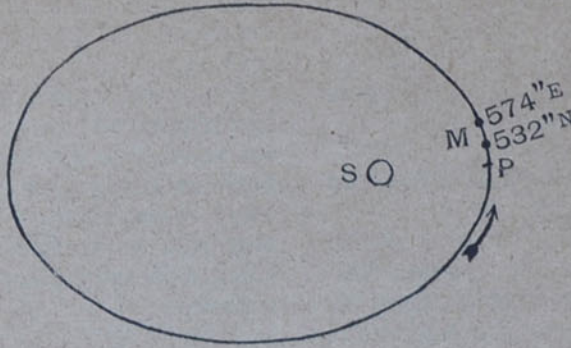


Fig. 25

### Boundless time and null space

From discussion of formulae often derive many interesting conclusions.

To conclude we put before our readers a last experience :

Suppose a flying aeroplane going at a speed equal to that of light, afar from a tower where a big clock is placed, its hands marking 3 o'clock. (fig. 26).

The observer in the aeroplane, because he is within a special

cabin, sees nothing else but on the side of the tower.

On account of his flying at a speed equal to that of light, easily one un-

E' claro que o relógio continuará a trabalhar, mas os novos raios luminosos referentes às outras posições dos ponteiros é que nunca alcançarão o

demonstrar la causa del avance secular del perihelio en 43", para la cual no se habia encontrado, todavia, explicación.

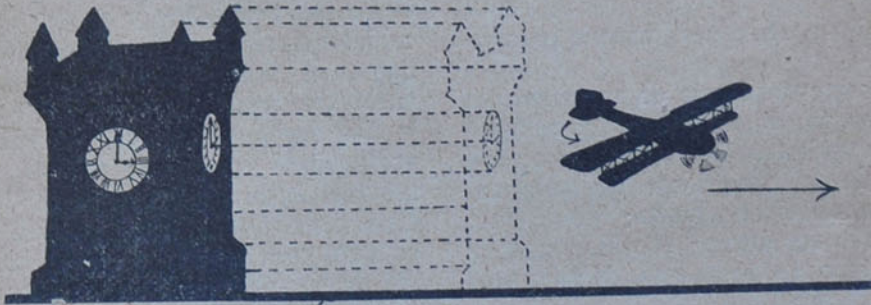


Fig. 26

aeroplano por ele ter a mesma velocidade e ir mais avante. Assim o observador, se pudesse deixar de atender a causas fisiológicas e a outras mecânicas referentes ao aeroplano, teria a impressão de que o tempo não de-

### Tiempo infinito y espacio nulo

De la discusión de las fórmulas se sacan muchas conclusiones interesantes. Para finalizar presentamos la que sigue :

Mercuré présente la plus excentrique orbite de toutes les Planètes de notre système solaire ; conséquemment moins de vitesse au Périhélie P (fig. 25), la plus rapprochée partie du Soleil.

Sans hypothèses, mais seulement par l'application des formules, Einstein a réussi à montrer la cause de l'avancement séculaire du Périhélie de 43" pour le quel on n'avait pas encore trouvé une explication.

## Du temps infini et de l'espace nul

De la discussion des formules dérivent très intéressantes conclusions.

Pour terminer nous présenterons ce qu'il suit :

Supposons un aéroplan à plein vol, s'éloignant à une vitesse égale à celle de la lumière, d'une tour où il y a une grande horloge indiquant les 3 heures (fig. 26).

derstands that he shall be always accompanied by those luminous rays referring to the 3 o'clock by the tower.

Of course the clock will follow going forward, but the new luminous rays referring to other positions of the hands shall never reach the aeroplane, as it keeps just the same speed and it is farther off.

Thus, could our observer not consider physiological and mechanical causes referring to the aeroplane, he should have an impression time did not slide away (being infinite) and that space was null, as he had always seen the clock in the same place and at the same distance.

## Conclusion

Much more and more might be said.

The correspondence of the shortening of space and the slow rate of clocks amongst several systems, limited

corria (era infinito), e de que o espaço era nulo porque via sempre o relógio no mesmo lugar e à mesma distância.

## Conclusão

Muito e muito mais haveria para dizer.

A correspondência do encurtamento do espaço, e do atraso dos relógios entre os diferentes sistemas ; a nova fórmula de composição das velocidades ; a velocidade limite ; densidades ; etc., são assuntos de interesse, mas, se aqui tudo se espuzesse, deixaria este livro de ser um simples A B C. Aqueles que queiram profundar estes assuntos, sem contudo atingir ainda os difíceis processos de cálculo, deverão lêr, em seguida e pela sua ordem, os tres primeiros livros designados na bibliografia.

E para finalizar é bom saber que, devido à má interpretação dos princí-

Supongámos un aeroplano, en pleno vuelo, separándose, con una velocidad igual a la de la luz, de una torre donde esté colocado un gran reloj señalando las 3 horas. (fig. 26). El observador del avión, por ir dentro de una cabina especial, no puede observar más que en la dirección de la torre. Como vuela con una velocidad igual a la de la luz, facilmente se comprende, que acompañará siempre los rayos luminosos referentes a las 3 horas del reloj. Está claro que el reloj seguirá marchando, pero los nuevos rayos luminosos de las otras posiciones de los punteros, nunca alcanzarán el aeroplano por llevar éste la misma velocidad e ir más adelante. Así es que si el observador pudiese dejar de atender a causas fisiológicas y a otras mecánicas referentes al aeroplano, tendría la impresión de que el tiempo no trascurría (era infinito) y de que el espacio era nulo, puesto que vería el reloj siempre

L'observateur, puisqu'il va dans une cabine spéciale sur l'aéroplan, ne peut rien observer que dans la direction de la tour. Comme il vole à une vitesse égale à celle de la lumière, on comprend bien qu'il accompagnera toujours les rayons lumineux relatifs aux 3 heures de l'horloge.

Celle-ci certainement ne cessera pas de travailler, mais les nouveaux rayons lumineux relatifs à d'autres positions des aiguilles jamais atteindront l'aéroplan, puis qu'il tient la même vitesse et s'en va toujours en avant.

Ainsi l'observateur, s'il pouvait manquer de faire attention aux agents physiologiques et à d'autres d'ordre mécanique se rapportant à l'aéroplan, il aurait l'impression que le temps ne s'écoulait pas (il était infini) et que l'espace était nul, parce qu'il voyait toujours l'horloge à une même place et à une même distance.

### Conclusion

Il y aurait bien plus à dire.

La correspondance du raccourcissement de l'espace et du retard des horloges parmi les différents systèmes; la nouvelle formule de la composition des vitesses; les densités, etc., sont des sujets très intéressants.

Mais si l'on développait si longue matière, ceci manquerait d'être un simple A B C.

Ceux voulant approfondir ces sujets, quoique n'atteignant pas encore les difficiles procès de calcul, doivent lire ensuite et en ordre, les trois premiers volumes de notre bibliographie.

Enfin, il convient savoir que, dû à une mauvaise interprétation des principes de la Théorie, quelques paralogismes se sont déjà présentés. Einstein les a rendus nuls au moyen de ses conférences à Paris.

prios da teoria, foram apresentados alguns paralogismos; Einstein anulou os com as explicações dadas nas suas conferências em Paris.

speed, density, &, are all most interesting matters.

But were we to expose every thing in its particulars, this booklet should no more be a single A B C.

Those willing to examine thoroughly the matter, yet without attaining to the difficult ways of calculation, must read the three books first mentioned in the following bibliographical page.

To put an end, we have the high pleasure to inform that, owing to a wrong interpretation of the principles of the Theory, a few sophistical arguments were offered, which Einstein triumphantly annihilated with intelligent explanations in his public lectures in Paris.

en el mismo sitio y a la misma distancia.

### Conclusión

Mucho y mucho más tendríamos que decir.

La correspondencia del acortamiento del espacio y del atraso de los relojes entre los diferentes sistemas; la nueva fórmula de composición de las velocidades; la velocidad límite; densidades; etc. etc., son asuntos de interés, pero si lo expusieramos aquí todo dejaría este libro de ser un A. B. C. Aquellos que quieran profundizar estos asuntos, sin llegar a los procedimientos de cálculo difíciles, deberán leer, y por el orden que se indica los tres primeros libros que se designan en la bibliografía.

Y para terminar es bueno saber que, debido a errónea interpretación de los principios de la teoría, se han presentado algunos paralogismos, pero Einstein los anuló con las explicaciones dadas en sus conferencias en Paris.



## INDEX

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bibliographie . . . . .                                                                           | 2  |
| Avant-propos . . . . .                                                                            | 3  |
| Relativité . . . . .                                                                              | 5  |
| Relativité restreinte . . . . .                                                                   | 6  |
| Constance dans la vitesse de la lumière . . . . .                                                 | 8  |
| Simultanéité . . . . .                                                                            | 10 |
| Raccourcissement de la longueur . . . . .                                                         | 13 |
| Enlargissement du temps ou ralentissement des horloges . . . . .                                  | 16 |
| Liaison entre le temps et l'espace . . . . .                                                      | 17 |
| Espace à quatre dimensions . . . . .                                                              | 18 |
| Relativité généralisée — De l'équivalence . . . . .                                               | 21 |
| Insuffisance de la Géométrie Euclidienne. Changement de $\pi$ par le mouvement accéléré . . . . . | 24 |
| Ecart des rayons de lumière . . . . .                                                             | 28 |
| Déplacement des raies du Spectre . . . . .                                                        | 31 |
| Avancement du Périhélie de Mercure . . . . .                                                      | 35 |
| Du temps infini et de l'espace nul . . . . .                                                      | 36 |
| Conclusion . . . . .                                                                              | 37 |

## CONTENTS

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Bibliography . . . . .                                               | 2  |
| Preface . . . . .                                                    | 3  |
| Relativity . . . . .                                                 | 5  |
| Limited Relativity . . . . .                                         | 6  |
| Steadiness in the speed of light . . . . .                           | 8  |
| Simultaneity . . . . .                                               | 10 |
| The shortening of length . . . . .                                   | 13 |
| On the lengthening of time or the slower rate of clocks . . . . .    | 16 |
| Union between time and space . . . . .                               | 17 |
| Four-dimensional Space . . . . .                                     | 18 |
| Generalised Relativity. — On Equivalence . . . . .                   | 21 |
| Insufficiency of Euclidian Geometry. Variableness of $\pi$ . . . . . | 24 |
| Displacement of luminous rays . . . . .                              | 27 |
| Displacement of the Spectrum lines . . . . .                         | 30 |
| Advancement of Mercury Perihelion . . . . .                          | 34 |
| Boundless time and null space . . . . .                              | 35 |
| Conclusion . . . . .                                                 | 36 |

## INDICE

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bibliografia . . . . .                                                                                  | 2  |
| Prefácio . . . . .                                                                                      | 3  |
| Relatividade . . . . .                                                                                  | 5  |
| Relatividade restrita . . . . .                                                                         | 6  |
| Constância da velocidade da luz . . . . .                                                               | 8  |
| Simultaneidade . . . . .                                                                                | 10 |
| Encurtamento aparente dos comprimentos pelo movimento . . . . .                                         | 13 |
| Alargamento do tempo ou atraso aparente dos relógios . . . . .                                          | 16 |
| Ligação entre o espaço e o tempo . . . . .                                                              | 17 |
| Espaço a quatro dimensões . . . . .                                                                     | 18 |
| Relatividade generalizada — Equivalência . . . . .                                                      | 20 |
| Insuficiência da geometria de Euclides — Alteração do valor de $\pi$ pelo movimento acelerado . . . . . | 24 |
| Desvio dos raios luminosos pelos campos de gravitação . . . . .                                         | 27 |
| Deslocamento das raia dos espectros da luz dos astros . . . . .                                         | 29 |
| Avanço do Periélio de Mercúrio . . . . .                                                                | 33 |
| Tempo infinito e espaço nulo . . . . .                                                                  | 34 |
| Conclusão . . . . .                                                                                     | 36 |

## INDICE

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bibliografia . . . . .                                                                                          | 2  |
| Prólogo . . . . .                                                                                               | 3  |
| Relatividade . . . . .                                                                                          | 5  |
| Relatividade restrita . . . . .                                                                                 | 6  |
| Constancia de la velocidad de la luz . . . . .                                                                  | 8  |
| Simultaneidad . . . . .                                                                                         | 10 |
| Acortamiento aparente de las longitudes por el movimiento . . . . .                                             | 13 |
| Prolongación del tiempo o atraso aparente de los relojes . . . . .                                              | 16 |
| Conexión entre el espacio y el tiempo . . . . .                                                                 | 17 |
| Espacio a cuatro dimensiones . . . . .                                                                          | 18 |
| Relatividad generalizada — Equivalencia . . . . .                                                               | 20 |
| Insuficiencia de la geometria de Euclides — Alteración del valor de $\pi$ por el movimiento acelerado . . . . . | 24 |
| Desvio de los rayos luminosos por los campos de gravitación . . . . .                                           | 27 |
| Dislocación de los rayos de los espectros de la luz de los astros . . . . .                                     | 29 |
| Avance del Perihelio de Mercurio . . . . .                                                                      | 34 |
| Tiempo infinito y espacio nulo . . . . .                                                                        | 35 |
| Conclusión . . . . .                                                                                            | 37 |





