

Durasi dan Keserentakan

"Tentang Teori Einstein"

Daftar Isi

1. Pendahuluan

👤 Profesor sejarah Jimena Canales

1.1. Kontradiksi Einstein

1.2. Kontradiksi Bergson

1.2.1. Bergson dan Sang Absolut

1.3. Pengakuan

2. Durasi dan Kecerentakan

3. 📖 Kata Pengantar

4. Relativitas Setengah

4.1. Eksperimen Michelson-Morley

4.2. Relativitas "Sepihak"

4.3. Dilatasi Waktu

4.4. Dislokasi Kecerentakan

4.5. Pengerutan Memanjang

4.6. Signifikansi Konkret Istilah-Istilah yang Masuk ke dalam Rumus Lorentz

5. Relativitas Lengkap

5.1. Tentang Timbal Balik Gerakan

5.2. Gerakan Relatif dan Gerakan Absolut

5.3. Dari Descartes ke Einstein

5.4. Perambatan dan Pengangkutan

5.5. Sistem Acuan

6. Tentang Hakikat Waktu

6.1. Suksesi dan Kesadaran

6.2. Asal Mula Gagasan tentang Waktu Universal

6.3. Durasi Nyata dan Waktu yang Terukur

6.4. Tentang Kecerentakan yang Langsung Dipersepsikan: Kecerentakan Aliran dan Kecerentakan dalam Sekejap

6.5. Tentang Kecerentakan yang Ditunjukkan oleh Jam

6.6. Waktu yang Terungkai

6.7. Waktu terurai dan dimensi keempat

6.8. Pada tanda apa kita akan mengenali bahwa suatu Waktu adalah nyata

7. Tentang Pluralitas Waktu

7.1. Waktu-Waktu Berganda dan Melambat dalam Teori Relativitas

7.2. Bagaimana Mereka Kompatibel dengan Waktu Tunggal dan Universal

7.3. Pemeriksaan Paradoks tentang Waktu

7.4. Hipotesis Penumpang yang Terkurung dalam Peluru Meriam

7.5. Kecerentakan "*cendekia*", yang dapat terdislokasi menjadi suksesi

7.6. Bagaimana Hal Ini Kompatibel dengan Kecerentakan "*Intuitif*"

7.7. Skema Minkowski

7.8. Kebingungan yang Menjadi Akar Segala Paradoks

8. Figur Cahaya

8.1. "Garis Cahaya" dan "Garis Kaku"

8.2. Gambar Cahaya dan Gambar Ruang

8.3. Tiga Efek Disosiasi

8.4. Sifat Sejati Waktu Einstein

8.5. Transisi ke Teori Ruang-Waktu

9. Ruang-Waktu Empat Dimensi

9.1. Bagaimana Gagasan tentang Dimensi Keempat Diperkenalkan

9.2. Representasi Umum Ruang-dan-Waktu Empat Dimensi

9.3. Bagaimana Kekekalan Mengekspresikan Dirinya dalam Istilah Gerakan

9.4. Bagaimana Waktu Tampak Melebur dengan Ruang

9.5. Ilusi Ganda yang Dihadapi

9.6. Karakteristik Khusus Representasi Ini dalam Teori Relativitas

9.7. Ilusi Khusus yang Mungkin Timbul

9.8. Apa yang Sebenarnya Diwakili oleh Penggabungan Ruang-Waktu

10. Catatan Akhir

Dicetak pada 22 November 2025

<https://id.cosmicphilosophy.org/books/duration-and-simultaneity/>

Pendahuluan

"Durasi dan Kecerentakan" oleh Henri Bergson

Publikasi edisi pertama buku Henri Bergson tahun 1922 "*Durasi dan Kecerentakan*" ini merupakan bagian dari investigasi perdebatan Bergson-Einstein tahun 1922 yang menyebabkan "*kemunduran besar bagi filsafat*" di abad ke-20. Investigasi ini dipublikasikan di blog kami:

(2025) Debat Einstein-Bergson: Albert Einstein Melawan Filsafat tentang Hakikat Waktu

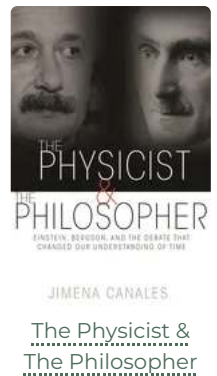
Sumber: [CosmicPhilosophy.org](https://www.CosmicPhilosophy.org)



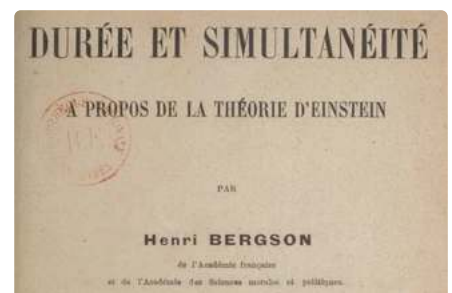
Jimena Canales, profesor sejarah di University of Illinois yang menulis buku tentang perdebatan tersebut, menggambarkan peristiwa itu sebagai berikut:

"Dialog antara filsuf terbesar dan fisikawan terbesar abad ke-20" itu dengan setia dituliskan. Itu adalah naskah yang cocok untuk teater. Pertemuan itu, dan kata-kata yang mereka ucapkan, akan dibahas selama sisa abad ini.

Dalam tahun-tahun setelah perdebatan, ... pandangan ilmuwan tentang waktu mulai mendominasi. ... Bagi banyak orang, kekalahan filsuf mewakili kemenangan "rasionalitas" melawan "intuisi". ... Maka dimulailah "cerita tentang kemunduran bagi filsafat", ... kemudian dimulailah periode ketika relevansi filsafat menurun di hadapan meningkatnya pengaruh sains.



Buku Bergson "*Durasi dan Kecerentakan*" adalah tanggapan langsung terhadap perdebatan tersebut. Sampul bukunya secara khusus merujuk Einstein dalam arti umum dan berjudul "*Tentang Teori Einstein*".



Einstein akan memenangkan perdebatan dengan secara publik menunjukkan bahwa Bergson tidak memahami teori dengan benar. Kemenangan Einstein dalam perdebatan itu mewakili kemenangan bagi sains.

Bergson membuat "*kesalahan yang jelas*" dalam kritik filsafatnya dan para filsuf saat ini mengkaraktirisasi kesalahan Bergson sebagai "*aib besar bagi filsafat*".

Misalnya, filsuf William Lane Craig menulis berikut tentang buku ini pada tahun 2016:


Jatuhnya Henri Bergson dari jajaran filsuf terkemuka abad kedua puluh tanpa diragukan sebagian disebabkan oleh kritiknya yang salah arah, atau lebih tepatnya kesalahpahaman, terhadap


Teori Relativitas Khusus Albert Einstein.

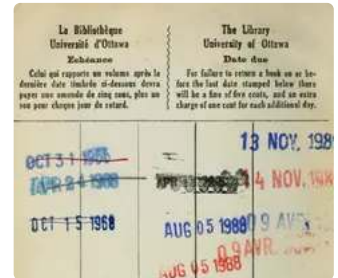
Pemahaman Bergson tentang teori Einstein ternyata sangat salah dan memalukan dan cenderung mendiskreditkan pandangan Bergson tentang waktu.

(2016) Bergson Benar tentang Relativitas (yah, sebagian)!

Sumber: [Reasonable Faith](#)

Publikasi buku pada  CosmicPhilosophy.org telah diterjemahkan ke dalam 42 bahasa dari teks asli Prancis edisi pertama tahun 1922, menggunakan teknologi AI terbaru tahun 2025. Untuk banyak bahasa, publikasi ini merupakan yang pertama di dunia.

Teks sumber Prancis diperoleh melalui  Archive.org yang memindai salinan fisik buku dari perpustakaan Universitas Ottawa,  Kanada dan yang menerbitkan teks hasil ekstraksi OCR. Meskipun kualitas teknologi OCR lama tidak optimal, teknologi AI modern telah mencoba mengembalikan teks Prancis asli sedekat mungkin sebelum diterjemahkan. Matematika dikonversi ke MathML.




Pemindaian buku fisik Prancis asli yang digunakan untuk ekstraksi teks tersedia di PDF ini.

Terjemahan baru yang tidak bias dari edisi pertama buku ini dapat membantu memeriksa catatan pribadi Albert Einstein yang bertentangan yang menyatakan bahwa Bergson telah "memahaminya".

BAB 1.1.

Kontradiksi Einstein

Sementara Einstein menyerang Bergson di depan umum karena gagal memahami teori, secara pribadi ia secara bersamaan menulis bahwa Bergson telah 'memahaminya', yang merupakan kontradiksi.

Pada 6 April 1922 di pertemuan filsuf terkemuka di  Paris yang dihadiri oleh Henri Bergson, Einstein pada dasarnya menyatakan emansipasi sains dari filsafat:

Die Zeit der Philosophen ist vorbei.

Terjemahan:

"Waktu para filsuf telah berakhir"

(2025) Debat Einstein-Bergson: Albert Einstein Melawan Filsafat tentang Hakikat  Waktu

Sumber: [CosmicPhilosophy.org](#)

Buku Bergson adalah tanggapan langsung terhadap acara kuliah di Paris dan menjelaskan judul sampul "Tentang Teori Einstein".

Dalam buku hariannya saat bepergian ke 🇯🇵 Jepang pada akhir 1922, berbulan-bulan setelah acara kuliah di Paris dan tak lama setelah publikasi buku Bergson, Einstein menulis catatan pribadi berikut:

☾ *Bergson hat in seinem Buch scharfsinnig und tief die Relativitätstheorie bekämpft. Er hat also richtig verstanden.*

Terjemahan:

"Bergson telah menantang teori relativitas dengan cerdas dan mendalam dalam bukunya. Oleh karena itu, ia memahaminya."

Sumber: Canales, Jimena. *The Physicist & The Philosopher*, Princeton University Press, 2015. hlm. 177.

Investigasi kami, yang dipublikasikan di blog kami, mengungkapkan bahwa catatan pribadi Einstein harus dianggap sebagai panduan untuk perspektif tentang pemahaman sebenarnya Bergson terhadap teori tersebut, terlepas dari "kesalahan memalukan"-nya. Publikasi ini memungkinkan untuk memeriksa "kesalahan jelas" Bergson.

BAB 1.2.

Kontradiksi Bergson

Bergson secara fundamental merusak filosofinya sendiri dalam buku ini dengan mengusulkan konteks waktu Absolut, waktu universal yang dibagikan oleh semua kesadaran di kosmos. Bergson berpendapat bahwa semua kesadaran manusia berbagi durasi yang umum dan universal — "waktu impersonal di mana semua hal berlalu". Ia bahkan berpendapat bahwa relativitas Einstein, bertentangan dengan menghilangkan waktu universal, sebenarnya bergantung pada waktu bersama seperti itu.

Filosofi Bergson memperoleh ketenaran dunia khusus karena merusak gagasan tentang Absolut yang abadi (baik dalam metafisika, sains, atau teologi).

Ini menyiratkan kontradiksi:

- ▶ Di satu sisi, Bergson menempatkan dalam buku ini waktu universal yang dibagikan oleh semua kesadaran, realitas yang menyatukan dan mencakup segalanya atau 'Absolut'.
- ▶ Di sisi lain, seluruh proyek filosofisnya adalah kritik terhadap Absolut—terhadap totalitas apa pun yang tetap, tidak berubah, atau murni konseptual. Penentangannya terhadap konsep Absolut adalah penyebab langsung ketenarannya di dunia berbahasa Inggris.

BAB 1.2.1.

Bergson dan Sang Absolut

Filsuf William James terlibat dalam apa yang dia sebut "*Pertempuran Sang Absolut*" melawan kaum idealis seperti F.H. Bradley dan Josiah Royce, yang memperdebatkan Absolut abadi sebagai realitas tertinggi.

James melihat Bergson sebagai filsuf yang akhirnya mencegah gagasan tentang Absolut. Kritik Bergson terhadap abstraksi dan penekanannya pada perubahan, keragaman, dan pengalaman hidup memberi James alat untuk mengalahkan reifikasi Absolut. Seperti yang ditulis James:



☾ *Kontribusi penting Bergson bagi filsafat adalah kritiknya terhadap intelektualisme (Sang Absolut). Menurut pendapat saya, ia telah membunuh intelektualisme secara pasti dan tanpa harapan pemulihan.*

Waktu universal Bergson dalam buku ini adalah Absolut yang kontradiktif, tidak kompatibel dengan prinsipnya sendiri maupun relativitas Einstein. Kesalahan fisiknya yang "*memalukan*" dalam Durasi dan Keserentakan jelas dan dikritik, tetapi ketika kesalahan dikoreksi—ketika penyangkalan relativitas terhadap keserentakan absolut sepenuhnya diterima—gagasannya tentang waktu universal runtuh, mengungkap absurditas mengobjektifikasi waktu.

Paradoksnya: dengan memperkenalkan konsep Absolut dan mengungkap ketidakberkelanjutannya dengan menjerumuskan filsafat bersamanya ke dalam apa yang kemudian digambarkan oleh sejarawan sebagai "*kemunduran besar bagi filsafat dalam sejarah*", Bergson secara tidak langsung memperkuat pesan intinya yang menurut James merupakan "*kontribusi penting Bergson bagi filsafat*".

BAB 1.3.

Pengakuan

Saat membaca buku ini, ingatlah '*pengakuan*' oleh Komite Nobel pada hari mereka menolak Hadiah Nobel untuk Teori Relativitas Einstein.

☾ *"Bukanlah rahasia lagi bahwa filsuf terkenal Bergson di Paris telah menantang teori ini."*

Apa yang dimaksud ketua Svante Arrhenius sebagai alasan menolak Hadiah Nobel, adalah buku ini "*Tentang Teori Einstein*".



Profesor sejarah Jimena Canales mendeskripsikan situasinya sebagai berikut:

☾ *Penjelasan Komite Nobel hari itu pasti mengingatkan Einstein pada [penolakannya terhadap filsafat] di Paris yang akan memicu konflik dengan Bergson.*

(2025) Debat Einstein-Bergson: Albert Einstein Melawan Filsafat tentang Hakikat Waktu

Sumber: [CosmicPhilosophy.org](https://cosmicphilosophy.org)

BAB 2.

Durasi dan Keserentakan Tentang Teori Einstein

cetakan pertama, 1922

Henri Bergson
anggota Akademi Prancis
dan Akademi Ilmu Moral dan Politik.

Paris
Penerbit Félix Alcan
108, Boulevard Saint-Germain
1922

BAB 3.

Kata Pengantar

Beberapa kata tentang asal-usul karya ini akan menjelaskan maksudnya. Kami mengerjakannya semata-mata untuk diri kami sendiri. Kami ingin tahu sejauh mana konsepsi kami tentang durasi kompatibel dengan pandangan Einstein tentang waktu. Kekaguman kami terhadap fisikawan ini, keyakinan bahwa ia tidak hanya membawa fisika baru tetapi juga cara berpikir baru, gagasan bahwa sains dan filsafat adalah disiplin yang berbeda tetapi saling melengkapi, semua itu mengilhami keinginan dan bahkan mewajibkan kami untuk melakukan konfrontasi. Namun penelitian kami segera menawarkan minat yang lebih umum. Konsepsi kami tentang durasi memang menerjemahkan pengalaman langsung dan segera. Tanpa membawa sebagai konsekuensi yang diperlukan hipotesis Waktu universal, ia selaras dengan keyakinan ini secara alami. Jadi, sedikit banyak, ide-ide semua oranglah yang akan kami konfrontasikan dengan teori Einstein. Dan aspek di mana teori ini tampak bertentangan dengan pendapat umum kemudian muncul ke permukaan: kami harus membahas "*paradoks*" teori Relativitas, tentang Waktu ganda yang mengalir lebih atau kurang cepat, tentang keserentakan yang menjadi suksepsi dan suksepsi yang menjadi keserentakan ketika sudut pandang diubah. Tesis-tesis ini memiliki makna fisik yang jelas: mereka mengatakan apa yang dibaca Einstein, melalui intuisi jenius, dalam persamaan Lorentz. Tapi apa makna filosofisnya? Untuk mengetahuinya, kami mengambil rumus Lorentz suku demi suku, dan kami mencari realitas konkret apa, hal apa yang dirasakan atau dapat dirasakan, yang sesuai dengan setiap suku. Pemeriksaan ini memberi kami hasil yang cukup tak terduga. Tidak hanya tesis Einstein tampaknya tidak lagi bertentangan, tetapi mereka juga mengkonfirmasi, menemani dengan bukti awal keyakinan alami manusia akan Waktu yang tunggal dan universal. Mereka hanya berutang penampilan paradoks mereka pada kesalahpahaman. Kebingungan tampaknya telah terjadi, bukan pada Einstein sendiri, bukan pada fisikawan yang menggunakan metodenya secara fisik, tetapi pada beberapa orang yang

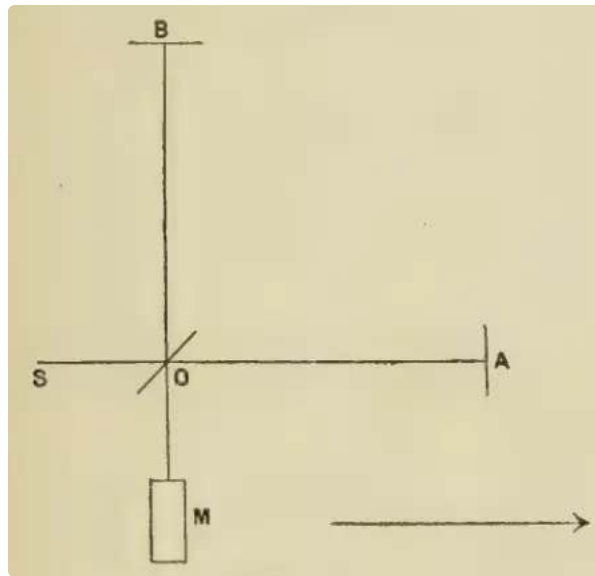
mengangkat fisika ini, apa adanya, menjadi filsafat. Dua konsepsi relativitas yang berbeda, yang satu abstrak dan yang lain bergambar, yang satu tidak lengkap dan yang lain selesai, hidup berdampingan dalam pikiran mereka dan saling mengganggu. Dengan menghilangkan kebingungan, paradoks itu runtuh. Kami merasa berguna untuk mengatakannya. Dengan demikian, kami akan membantu memperjelas, di mata filsuf, teori Relativitas.

Demikianlah dua alasan yang mendorong kami untuk mempublikasikan kajian ini. Seperti yang terlihat, kajian ini membahas objek yang jelas batasannya. Kami telah memotong dari teori Relativitas apa yang berkaitan dengan waktu; kami telah meninggalkan masalah lainnya. Dengan demikian, kami tetap berada dalam kerangka Relativitas Terbatas. Teori Relativitas Umum juga menempatkan dirinya di sana, ketika ia menginginkan salah satu koordinat untuk secara efektif mewakili waktu.

B A B 4 .

Relativitas Setengah Eksperimen Michelson–Morley

Teori Relativitas, bahkan yang "*terbatas*", tidak sepenuhnya didasarkan pada eksperimen Michelson–Morley, karena ia mengungkapkan secara umum kebutuhan untuk mempertahankan bentuk invarian hukum elektromagnetisme ketika berpindah dari satu sistem referensi ke sistem referensi lainnya. Namun eksperimen Michelson–Morley memiliki keuntungan besar karena mengajukan masalah yang harus dipecahkan dalam istilah konkret, dan juga menempatkan elemen solusinya di depan mata kita. Ia mematerialkan kesulitan, bisa dikatakan. Dari eksperimen inilah filsuf harus memulai, dan kepadanya ia harus terus merujuk, jika ia ingin memahami makna sebenarnya dari pertimbangan waktu dalam teori Relativitas. Berapa kali eksperimen ini tidak dijelaskan dan dikomentari! Namun kami harus mengomentarnya, bahkan menjelaskannya lagi, karena kami tidak akan langsung mengadopsi, seperti yang biasa dilakukan, interpretasi yang diberikan oleh teori Relativitas saat ini. Kami ingin menyediakan semua transisi antara sudut pandang psikologis dan sudut pandang fisik, antara Waktu akal sehat dan waktu Einstein. Untuk itu, kami harus menempatkan diri kembali dalam keadaan pikiran di mana seseorang bisa berada pada awalnya, ketika orang masih percaya pada eter yang tidak bergerak, dalam keadaan diam mutlak, dan namun harus menjelaskan eksperimen Michelson–Morley. Dengan demikian, kami akan memperoleh konsepsi Waktu tertentu yang relativistik setengah, hanya di satu sisi, yang belum merupakan konsepsi Einstein, tetapi yang kami anggap penting untuk diketahui. Teori Relativitas mungkin tidak memperhitungkannya dalam deduksi ilmiahnya yang sebenarnya: namun ia dipengaruhi olehnya, kami percaya, begitu ia berhenti menjadi fisika dan menjadi filsafat. Paradoks yang begitu menakutkan beberapa orang, begitu memikat yang lain, tampaknya berasal dari sana. Mereka bergantung pada ambiguitas. Mereka lahir dari fakta bahwa dua representasi relativitas yang berbeda, yang satu abstrak dan yang lain bergambar, yang satu tidak lengkap dan yang lain selesai, hidup berdampingan tanpa disadari dalam pikiran kita dan saling mengganggu, dan konsep tersebut mengalami kontaminasi dari gambar.



Gambar 1

Mari kita jelaskan secara skematis eksperimen yang dimulai pada tahun 1881 oleh fisikawan Amerika Michelson, diulang olehnya dan Morley pada tahun 1887, dan dilakukan kembali dengan lebih hati-hati oleh Morley dan Miller pada tahun 1905. Seberkas cahaya SO (gbr. 1) yang berasal dari sumber S dibagi, pada titik O , oleh selembar kaca miring 45° terhadap arahnya, menjadi dua berkas, yang satu dipantulkan tegak lurus terhadap SO ke arah OB sedangkan yang lain melanjutkan perjalanannya dalam perpanjangan OA dari SO . Pada titik A dan B , yang kita asumsikan berjarak sama dari O , terdapat dua cermin datar yang tegak lurus terhadap OA dan OB . Kedua berkas, dipantulkan oleh cermin B dan A masing-masing, kembali ke O : yang pertama, melewati lempeng kaca, mengikuti garis OM , perpanjangan dari BO ; yang kedua dipantulkan oleh lempeng kaca sepanjang garis yang sama OM . Mereka saling bertumpuk dan menghasilkan sistem pita interferensi yang dapat diamati, dari titik M , dalam teleskop yang diarahkan sepanjang MO .

Misalkan sejenak bahwa perangkat tidak dalam translasi di dalam eter. Jelas pertama bahwa, jika jarak OA dan OB sama, waktu yang diambil oleh sinar pertama untuk pergi dari O ke A dan kembali sama dengan waktu yang diambil oleh sinar kedua untuk pergi dari O ke B dan kembali, karena perangkat diam dalam medium di mana cahaya merambat dengan kecepatan yang sama ke segala arah. Oleh karena itu, penampilan pita interferensi akan tetap sama untuk rotasi apa pun dari perangkat. Ini akan sama, khususnya, untuk rotasi 90 derajat yang akan menukar lengan OA dan OB satu sama lain.

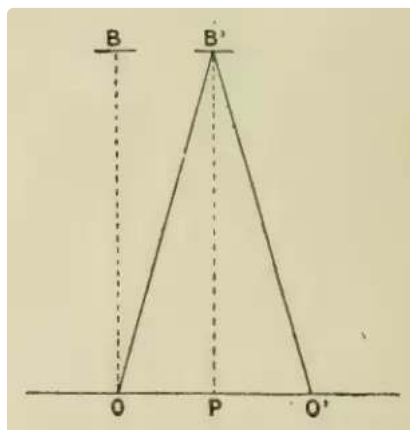
Namun, pada kenyataannya, perangkat ini terbawa dalam gerak Bumi pada orbitnya⁽¹⁾. Mudah dilihat bahwa, dalam kondisi ini, perjalanan ganda sinar pertama seharusnya tidak memiliki durasi yang sama dengan perjalanan ganda sinar kedua⁽²⁾.

⁽¹⁾ Gerak Bumi dapat dianggap sebagai translasi lurus dan seragam selama durasi eksperimen.

⁽²⁾ Jangan lupa, dalam semua yang akan menyusul, bahwa radiasi yang dipancarkan oleh sumber S segera disimpan dalam eter diam dan sejak itu independen, dalam hal propagasinya, dari gerak sumber.

Mari kita hitung, menurut kinematika biasa, durasi masing-masing perjalanan ganda. Untuk menyederhanakan paparan, kita asumsikan bahwa arah SA sinar cahaya telah dipilih sedemikian rupa sehingga merupakan arah gerak Bumi melalui eter. Kita sebut v kecepatan Bumi, c kecepatan

cahaya, l panjang umum dari dua garis OA dan OB . Kecepatan cahaya relatif terhadap perangkat, dalam perjalanan dari O ke A , adalah $c - v$. Pada perjalanan kembali, kecepatannya adalah $c + v$. Waktu yang dibutuhkan cahaya untuk pergi dari O ke A dan kembali adalah $\frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v}$, yaitu $\frac{2lc}{c^2 - v^2}$, dan jalur yang ditempuh oleh sinar ini dalam eter adalah $\frac{2lc^2}{c^2 - v^2}$ atau $\frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Sekarang perhatikan perjalanan sinar yang pergi dari pelat kaca O ke cermin B dan kembali. Cahaya bergerak dari O ke B dengan kecepatan c , tetapi di sisi lain perangkat bergerak dengan kecepatan v dalam arah OA yang tegak lurus terhadap OB , kecepatan relatif cahaya di sini adalah $\sqrt{c^2 - v^2}$, dan karenanya durasi total perjalanan adalah $\frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}$.



Gambar 2

Berikut penjelasan yang diusulkan oleh Lorentz, penjelasan yang juga terpikir oleh fisikawan lain, Fitzgerald. Garis O' akan berkontraksi akibat geraknya, sehingga mengembalikan kesetaraan antara dua perjalanan ganda. Jika panjang O' , yang semula B' saat diam, menjadi $OB'O'$ ketika garis ini bergerak dengan kecepatan OO' , jalur yang ditempuh sinar dalam eter tidak lagi diukur dengan $B'P$, melainkan $\frac{OB'O'}{c} = \frac{OO'}{v}$, dan kedua lintasan akan benar-benar setara. Oleh karena itu, harus diakui bahwa benda apa pun yang bergerak dengan kecepatan OO' mengalami, dalam arah geraknya, kontraksi sedemikian rupa sehingga dimensi barunya terhadap yang lama memiliki rasio $\frac{OB'}{c} = \frac{OP}{v}$ terhadap satuan. Kontraksi ini, tentu saja, juga memengaruhi penggaris yang digunakan untuk mengukur objek maupun objek itu sendiri. Dengan demikian, kontraksi ini luput dari pengamat di Bumi. Namun, kontraksi ini akan terlihat jika seseorang mengadopsi observatorium diam, yaitu eter⁽²⁾.

BAB 4.2.

Relativitas "Sepihak"

Berikut penjelasan yang diusulkan oleh Lorentz, penjelasan yang juga terpikir oleh fisikawan lain, Fitzgerald. Garis OA akan berkontraksi akibat geraknya, sehingga mengembalikan kesetaraan antara dua perjalanan ganda. Jika panjang OA , yang semula l saat diam, menjadi $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ketika garis ini bergerak dengan kecepatan v , jalur yang ditempuh sinar dalam eter tidak lagi diukur dengan $\frac{2l}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, melainkan $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, dan kedua lintasan akan benar-benar setara. Oleh karena itu, harus diakui bahwa benda apa pun yang bergerak dengan kecepatan v mengalami, dalam arah geraknya,

kontraksi sedemikian rupa sehingga dimensi barunya terhadap yang lama memiliki rasio $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ terhadap satuan. Kontraksi ini, tentu saja, juga memengaruhi penggaris yang digunakan untuk mengukur objek maupun objek itu sendiri. Dengan demikian, kontraksi ini luput dari pengamat di Bumi. Namun, kontraksi ini akan terlihat jika seseorang mengadopsi observatorium diam, yaitu eter⁽²⁾.

⁽¹⁾ Selain itu, eksperimen ini memiliki kondisi ketelitian sedemikian rupa sehingga perbedaan antara dua lintasan cahaya, jika ada, pasti akan terwujud.

⁽²⁾ Pada awalnya tampak bahwa alih-alih kontraksi longitudinal, seseorang juga dapat mengasumsikan dilatasi transversal, atau keduanya sekaligus, dalam proporsi yang sesuai. Pada titik ini, seperti pada banyak hal lainnya, kami terpaksa mengabaikan penjelasan yang diberikan oleh teori Relativitas. Kami membatasi diri pada apa yang relevan dengan penelitian kami saat ini.

Secara lebih umum, sebutlah S sistem diam dalam eter, dan S' salinan lain dari sistem ini, sebuah duplikat, yang awalnya menyatu dengannya dan kemudian terlepas dalam garis lurus dengan kecepatan v . Segera setelah berangkat, S' berkontraksi dalam arah geraknya. Semua yang tidak tegak lurus terhadap arah gerak ikut berkontraksi. Jika S adalah bola, S' akan menjadi elipsoid. Melalui kontraksi ini, dijelaskan bahwa eksperimen Michelson-Morley memberikan hasil yang sama seolah-olah cahaya memiliki kecepatan konstan dan sama dengan c di semua arah.

Tetapi kita juga perlu tahu mengapa kita sendiri, pada gilirannya, mengukur kecepatan cahaya melalui eksperimen terestrial seperti yang dilakukan oleh Fizeau atau Foucault, selalu mendapatkan angka yang sama c , berapa pun kecepatan Bumi relatif terhadap eter⁽¹⁾. Pengamat diam dalam eter akan menjelaskannya sebagai berikut. Dalam eksperimen semacam ini, sinar cahaya selalu melakukan perjalanan ganda pulang-pergi antara titik O dan titik lain, A atau B , di Bumi, seperti dalam eksperimen Michelson-Morley. Di mata pengamat yang ikut dalam gerak Bumi, panjang perjalanan ganda ini adalah $2l$. Namun, kami mengatakan bahwa ia selalu menemukan kecepatan cahaya yang sama c . Oleh karena itu, jam yang dikonsultasikan oleh eksperimentator di titik O selalu menunjukkan bahwa interval yang sama t , setara dengan $\frac{2l}{c}$, telah berlalu antara keberangkatan dan kembalinya sinar. Tetapi pengamat yang ditempatkan di eter, yang mengikuti jalur yang ditempuh sinar dalam medium ini, tahu betul bahwa jarak yang ditempuh sebenarnya adalah $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Ia melihat bahwa jam bergerak, jika mengukur waktu seperti jam diam yang disimpannya di sampingnya, akan menandai interval $\frac{2l}{c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Karena jam itu tetap menandai $\frac{2l}{c}$, maka Waktunya mengalir lebih lambat. Jika, dalam interval yang sama antara dua peristiwa, sebuah jam menghitung lebih sedikit detik, masing-masing detik bertahan lebih lama. Jadi, detik dari jam yang melekat pada Bumi yang bergerak lebih panjang daripada detik jam yang diam di eter diam. Durasi detik itu adalah $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Tetapi penghuni Bumi tidak mengetahuinya.

⁽¹⁾ Memang penting untuk dicatat (sering diabaikan) bahwa kontraksi Lorentz saja tidak cukup untuk membangun, dari sudut pandang eter, teori lengkap eksperimen Michelson-Morley yang dilakukan di Bumi. Perlu ditambahkan perpanjangan Waktu dan pergeseran keserentakan, semua yang akan kita temukan kembali, setelah transposisi, dalam teori Einstein. Poin ini telah disorot dengan baik dalam artikel menarik C. D. Broad, Euclid, Newton and Einstein (Hibbert Journal, April 1921).

BAB 4.3.

Dilatasi Waktu

Secara lebih umum, sebutlah lagi S sistem diam dalam eter, dan S' duplikat sistem ini, yang awalnya bertepatan dengannya dan kemudian terlepas dalam garis lurus dengan kecepatan v . Sementara S' berkontraksi dalam arah geraknya, Waktunya mengembang. Seseorang yang melekat pada sistem S , melihat S' dan memusatkan perhatian pada detik jam S' tepat pada saat pemisahan, akan melihat detik S memanjang pada S' seperti benang elastis yang ditarik, seperti garis yang dilihat dengan kaca pembesar. Mari kita pahami: tidak ada perubahan yang terjadi pada mekanisme jam, maupun pada fungsinya. Fenomena ini tidak ada hubungannya dengan perpanjangan pendulum. Bukan karena jam berjalan lebih lambat sehingga Waktu memanjang; melainkan karena Waktu memanjang sehingga jam, yang tetap seperti adanya, berjalan lebih lambat. Akibat gerak, waktu yang lebih panjang, terentang, terdilatasi, mengisi interval antara dua posisi jarum jam. Perlambatan yang sama, juga, untuk semua gerakan dan semua perubahan sistem, karena masing-masing bisa menjadi perwakilan Waktu dan berfungsi sebagai jam.

Memang benar, kita baru saja mengasumsikan bahwa pengamat di Bumi mengikuti perjalanan pulang-pergi sinar cahaya dari O ke A dan dari A kembali ke O , serta mengukur kecepatan cahaya tanpa perlu berkonsultasi dengan jam lain selain yang ada di titik O . Apa yang akan terjadi jika kita mengukur kecepatan ini hanya pada perjalanan perginya saja, dengan berkonsultasi pada dua jam⁽¹⁾ yang masing-masing ditempatkan di titik O dan A ? Sejujurnya, dalam semua pengukuran kecepatan cahaya di Bumi, yang diukur adalah lintasan ganda sinar. Jadi percobaan yang kita bicarakan ini belum pernah dilakukan. Namun tidak ada yang membuktikan bahwa hal ini tidak mungkin dilakukan. Kita akan menunjukkan bahwa percobaan ini tetap akan menghasilkan angka yang sama untuk kecepatan cahaya. Tapi untuk itu, mari kita ingat kembali apa yang dimaksud dengan keselarasan jam-jam kita.

⁽¹⁾ Sudah jelas bahwa yang kita sebut jam, dalam paragraf ini, adalah segala perangkat yang memungkinkan pengukuran interval waktu atau penentuan tepat dua momen relatif satu sama lain. Dalam eksperimen terkait kecepatan cahaya, roda bergigi Fizeau, cermin putar Foucault adalah jam. Bahkan lebih umum lagi makna kata ini dalam keseluruhan studi ini. Ia berlaku juga untuk proses alami. Jam adalah Bumi yang berotasi.

Di sisi lain, ketika kita berbicara tentang titik nol suatu jam, dan operasi untuk menentukan posisi titik nol pada jam lain guna mencapai keselarasan antara keduanya, ini semata-mata untuk mempermudah pemahaman bahwa kita melibatkan tampilan dan jarum. Diberikan dua perangkat apa pun, alami atau buatan, yang berfungsi mengukur waktu, dan karenanya dua gerakan, kita dapat menyebut titik nol sebagai titik mana pun yang dipilih secara arbitrer sebagai asal, pada lintasan benda bergerak pertama. Penetapan titik nol pada perangkat kedua hanya akan berupa penandaan, pada lintasan benda bergerak kedua, titik yang dianggap sesuai dengan momen yang sama. Singkatnya, "penetapan titik nol" harus dipahami dalam konteks berikut sebagai operasi nyata atau ideal, dilakukan atau sekadar dibayangkan, di mana telah ditandai masing-masing, pada kedua perangkat, dua titik yang menunjukkan keserentakan pertama.

BAB 4.4.

Dislokasi Keserentakan

Bagaimana kita menyelaraskan dua jam yang terletak di tempat berbeda? Melalui komunikasi yang terjalin antara dua orang yang bertugas melakukan penyelarasan. Namun, tidak ada komunikasi instan; dan karena setiap transmisi membutuhkan waktu, kita harus memilih transmisi yang terjadi dalam kondisi tetap. Hanya sinyal yang diluncurkan melalui eter yang memenuhi persyaratan ini: semua transmisi melalui materi berat bergantung pada keadaan materi tersebut dan ribuan keadaan yang mengubahnya setiap saat. Jadi kedua operator harus berkomunikasi melalui sinyal optik, atau lebih umum elektromagnetik. Orang di O mengirimkan

sinar cahaya ke orang di A yang dimaksudkan untuk segera kembali. Dan segalanya berlangsung seperti dalam eksperimen Michelson-Morley, dengan perbedaan bahwa cermin digantikan oleh orang. Telah disepakati antara kedua operator di O dan A bahwa yang kedua akan menandai titik nol pada posisi jarum jamnya tepat saat sinar tiba padanya. Sejak itu, yang pertama hanya perlu mencatat pada jamnya awal dan akhir interval yang ditempati oleh perjalanan ganda sinar: titik tengah interval itulah yang ia tempatkan sebagai titik nol jamnya, karena ia ingin kedua titik nol menandai momen "serentak" dan kedua jam selaras selamanya.

Ini tentu akan sempurna, jika lintasan sinyal sama saat pergi dan kembali, atau dengan kata lain, jika sistem tempat jam O dan A terpasang diam di eter. Bahkan dalam sistem yang bergerak, ini masih akan sempurna untuk menyelaraskan dua jam O dan B yang terletak pada garis tegak lurus terhadap arah lintasan: kita tahu bahwa jika gerakan sistem membawa O ke O' , sinar cahaya menempuh jarak yang sama dari O ke B' dan dari B' ke O' , karena segitiga $OB'O'$ adalah sama kaki. Namun berbeda untuk transmisi sinyal dari O ke A dan sebaliknya. Pengamat yang diam mutlak di eter melihat dengan jelas bahwa lintasannya tidak sama, karena dalam perjalanan pertama, sinar yang diluncurkan dari titik O harus mengejar titik A yang melarikan diri, sedangkan dalam perjalanan kembali sinar yang dipantulkan dari titik A menemukan titik O yang mendatangnya. Atau, jika Anda lebih suka, ia menyadari bahwa jarak OA , yang diasumsikan identik dalam kedua kasus, ditempuh oleh cahaya dengan kecepatan relatif $c - v$ pada yang pertama, $c + v$ pada yang kedua, sehingga waktu tempuh berbanding $c + v$ dengan $c - v$. Dengan menandai titik nol di tengah interval yang ditempuh jarum jam antara keberangkatan dan kembalinya sinar, menurut pengamat diam kita, titik itu ditempatkan terlalu dekat dengan titik keberangkatan. Mari kita hitung jumlah kesalahannya. Tadi kita mengatakan bahwa interval yang ditempuh jarum pada tampilan selama perjalanan pulang-pergi sinar adalah $\frac{2l}{c}$. Jadi, jika pada saat pemancaran sinyal, kita menandai titik nol sementara pada posisi jarum saat itu, maka titik $\frac{l}{c}$ pada tampilanlah yang akan kita tempati sebagai titik nol tetap M yang menurut kita sesuai dengan titik nol tetap jam di A . Tapi pengamat diam tahu bahwa titik nol tetap jam di O , untuk benar-benar sesuai dengan titik nol tetap jam di A , untuk menjadi serentak dengannya, seharusnya ditempatkan pada titik yang membagi interval $\frac{2l}{c}$ bukan menjadi bagian yang sama, tetapi menjadi bagian yang proporsional dengan $c + v$ dan $c - v$. Sebut x sebagai bagian pertama dari dua bagian ini. Kita akan memiliki

$$\frac{x}{\frac{2l}{c} - x} = \frac{c + v}{c - v}$$

dan karenanya

$$x = \frac{l}{c} + \frac{lv}{c^2}.$$

Artinya, bagi pengamat diam, titik M tempat kita menandai titik nol tetap adalah $\frac{lv}{c^2}$ terlalu dekat dengan titik nol sementara, dan jika kita ingin membiarkannya di situ, kita seharusnya, untuk mendapatkan keserentakan nyata antara titik nol tetap kedua jam, menggeser titik nol tetap jam di A sebesar $\frac{lv}{c^2}$. Singkatnya, jam di A selalu tertinggal sebesar interval tampilan $\frac{lv}{c^2}$ dari waktu yang seharusnya ditunjukkannya. Ketika jarum berada pada titik yang kita sepakati untuk sebut t' (kita menyimpan sebutan t untuk waktu jam-jam diam di eter), pengamat diam mengatakan pada dirinya sendiri bahwa, jika jarum itu benar-benar selaras dengan jam di O , ia akan menunjukkan $t' + \frac{lv}{c^2}$.

Lalu, apa yang akan terjadi ketika operator yang masing-masing berada di O dan A ingin mengukur kecepatan cahaya dengan mencatat, pada jam-jam yang telah diselaraskan di kedua titik tersebut, momen keberangkatan, momen kedatangan, dan karenanya waktu yang dibutuhkan cahaya untuk menempuh jarak tersebut?

Kita telah melihat bahwa nol kedua jam ditempatkan sedemikian rupa sehingga seberkas cahaya selalu tampak, bagi siapa pun yang menganggap jam-jam itu selaras, membutuhkan waktu yang sama untuk pergi dari O ke A dan kembali. Kedua fisikawan kita akan secara alami menemukan bahwa waktu perjalanan dari O ke A , dihitung menggunakan dua jam yang ditempatkan masing-masing di O dan A , sama dengan setengah dari total waktu, dihitung hanya pada jam di O , untuk perjalanan pulang-pergi penuh. Sekarang, kita tahu bahwa durasi perjalanan ganda ini, dihitung pada jam di O , selalu sama, berapa pun kecepatan sistemnya. Hal yang sama akan terjadi untuk durasi perjalanan tunggal, dihitung dengan metode baru ini menggunakan dua jam: dengan demikian akan diamati lagi ketetapan kecepatan cahaya. Pengamat yang diam di eter akan mengikuti setiap detail apa yang terjadi. Dia akan menyadari bahwa jarak yang ditempuh cahaya dari O ke A berbanding jarak yang ditempuh dari A ke O dalam rasio $c + v$ terhadap $c - v$, alih-alih sama. Dia akan mencatat bahwa, karena nol jam kedua tidak sesuai dengan jam pertama, waktu pergi dan kembali, yang tampak sama ketika membandingkan indikasi kedua jam, sebenarnya berada dalam rasio $c + v$ terhadap $c - v$. Karena itu, katanya pada dirinya sendiri, telah terjadi kesalahan tentang panjang lintasan dan kesalahan tentang durasi perjalanan, tetapi kedua kesalahan saling mengimbangi, karena kesalahan ganda yang sama telah mengatur penyetulan kedua jam satu sama lain sebelumnya.

Jadi, baik waktu dihitung pada satu jam di tempat tertentu, atau menggunakan dua jam yang berjauhan; dalam kedua kasus akan diperoleh, di dalam sistem bergerak S' , angka yang sama untuk kecepatan cahaya. Pengamat yang terikat pada sistem bergerak akan menilai bahwa percobaan kedua mengonfirmasi yang pertama. Tetapi pengamat yang diam, duduk di eter, akan menyimpulkan bahwa dia memiliki dua koreksi yang harus dilakukan, bukan satu, untuk semua yang berkaitan dengan waktu yang ditunjukkan oleh jam-jam sistem S' . Dia sebelumnya telah mencatat bahwa jam-jam ini berjalan terlalu lambat. Sekarang dia akan mengatakan pada dirinya sendiri bahwa jam-jam yang berjajar sepanjang arah gerakan juga saling tertinggal. Mari kita asumsikan sekali lagi bahwa sistem bergerak S' telah terlepas, seperti salinan, dari sistem diam S , dan pemisahan terjadi ketika jam H'_0 dari sistem bergerak S' , yang bertepatan dengan jam H_0 dari sistem S , menandai nol seperti jam itu. Mari kita perhatikan dalam sistem S' sebuah jam H'_1 , ditempatkan sedemikian rupa sehingga garis lurus $\overrightarrow{H'_0 H'_1}$ menunjukkan arah gerakan sistem, dan sebut l sebagai panjang garis ini. Ketika jam H'_1 menunjukkan waktu t' , pengamat yang diam sekarang mengatakan dengan benar bahwa, karena jam H'_1 tertinggal sebesar interval $\frac{lv}{c^2}$ pada jam H'_0 dari sistem ini, sebenarnya telah berlalu sejumlah $t' + \frac{lv}{c^2}$ detik dari sistem S' . Tetapi dia sudah tahu bahwa, karena perlambatan waktu akibat gerakan, setiap detik semu ini bernilai, dalam detik nyata, $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Dia akan menghitung bahwa jika jam H'_1 memberikan indikasi t' , waktu yang sebenarnya telah berlalu adalah $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(t' + \frac{lv}{c^2})$. Dengan berkonsultasi pada saat itu

juga dengan salah satu jam sistem diamnya, dia akan menemukan bahwa waktu t' yang ditandainya adalah angka tersebut.

Namun, bahkan sebelum menyadari koreksi yang harus dilakukan untuk berpindah dari waktu t' ke waktu t , dia akan melihat kesalahan yang dilakukan, di dalam sistem bergerak, dalam penilaian keserentakan. Dia akan menangkapi langsung dengan menyaksikan penyetulan jam-jam. Mari kita perhatikan, pada garis $H'_0 H'_1$ yang diperpanjang tanpa batas dari sistem ini, sejumlah besar jam $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$ dst., dipisahkan satu sama lain oleh interval yang sama l . Ketika S' bertepatan dengan S dan akibatnya diam di eter, sinyal optik yang pergi dan datang antara dua jam yang berurutan menempuh jarak yang sama dalam kedua arah. Jika semua jam yang disetel demikian menunjukkan waktu yang sama, itu benar-benar pada saat yang sama. Sekarang setelah S' terlepas dari S akibat pemisahan, orang di dalam S' , yang tidak tahu dirinya bergerak, membiarkan jam-jamnya $H'_0, H'_1, H'_2 \dots$ dst. seperti semula; dia percaya pada keserentakan nyata ketika jarum menunjukkan angka yang sama pada dial. Lagipula, jika dia ragu, dia akan melakukan penyetulan lagi: dia hanya menemukan konfirmasi dari apa yang dia amati dalam keadaan diam. Tetapi pengamat yang diam, yang melihat bagaimana sinyal optik sekarang menempuh jarak lebih jauh untuk pergi dari H'_0 ke H'_1 , dari H'_1 ke H'_2 , dst., daripada untuk kembali dari H'_1 ke H'_0 , dari H'_2 ke H'_1 , dst., menyadari bahwa, agar ada keserentakan nyata ketika jam menunjukkan waktu yang sama, nol jam H'_1 harus digeser mundur sebesar $\frac{lv}{c^2}$, nol jam H'_2 harus digeser mundur sebesar $\frac{2lv}{c^2}$, dst. Dari nyata, keserentakan menjadi nominal. Ia telah melengkung menjadi sukseksi.

BAB 4.5.

Pengerutan Memanjang

Singkatnya, kita telah menyelidiki bagaimana cahaya dapat memiliki kecepatan yang sama bagi pengamat diam dan pengamat bergerak: pendalaman titik ini mengungkapkan bahwa suatu sistem S' , yang berasal dari penggandaan sistem S dan bergerak lurus dengan kecepatan v , mengalami modifikasi aneh. Kita akan merumuskannya sebagai berikut:

1. Semua panjang S' telah mengerut searah gerakannya. Panjang baru terhadap panjang lama berada dalam rasio $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ terhadap satuan.
2. Waktu sistem telah mengembang. Detik baru terhadap detik lama berada dalam rasio satuan terhadap $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.
3. Apa yang merupakan keserentakan dalam sistem S umumnya menjadi sukseksi dalam sistem S' . Hanya peristiwa-peristiwa yang kontemporer dalam S dan terletak pada bidang yang sama tegak lurus terhadap arah gerakan yang tetap kontemporer dalam S' . Dua peristiwa lain apa pun, kontemporer dalam S , dipisahkan dalam S' oleh $\frac{lv}{c^2}$ detik dari sistem S' , jika

kita menyebut l jarak mereka yang dihitung searah gerakan sistem mereka, yaitu jarak antara dua bidang, tegak lurus terhadap arah ini, yang masing-masing melewati salah satunya.

Singkatnya, sistem S' , dipandang dalam Ruang dan Waktu, adalah salinan sistem S yang telah mengerut, dalam hal ruang, searah gerakannya; yang telah mengembang, dalam hal waktu, setiap detiknya; dan yang akhirnya, dalam waktu, telah memecah menjadi sukseksi setiap keserentakan antara dua peristiwa yang jaraknya telah menyusut dalam ruang. Tetapi perubahan ini luput dari pengamat yang menjadi bagian sistem bergerak. Hanya pengamat diam yang menyadarinya.

B A B 4 . 6 .

Signifikansi Konkret Istilah-Istilah yang Masuk ke dalam Rumus Lorentz

Saya bayangkan kemudian bahwa kedua pengamat ini, Pierre dan Paul, dapat berkomunikasi. Pierre, yang tahu persoalannya, akan berkata kepada Paul: *"Saat kau memisahkan diri dariku, sistemmu menjadi pipih, Waktumu mengembang, jam-jammu tidak selaras lagi. Inilah rumus koreksi yang akan memungkinkanmu kembali pada kebenaran. Kau yang menentukan apa yang harus dilakukan."* Jelas Paul akan menjawab: *"Aku tidak akan melakukan apa-apa, karena secara praktis dan ilmiah, segala sesuatu akan menjadi tidak koheren di dalam sistemku. Panjang-panjang telah menyusut, katamu? Tapi hal yang sama terjadi pada meteran yang kubawa; dan karena pengukuran panjang-panjang ini, di dalam sistemku, adalah perbandingannya dengan meteran yang telah bergeser ini, pengukuran itu harus tetap seperti semula."* Waktu, tambahmu, telah mengembang, dan kau menghitung lebih dari satu detik di tempat jamku hanya menandai satu? Tapi jika kita anggap S dan S' adalah dua replika planet Bumi, detik dari S' , seperti detik dari S , menurut definisi adalah fraksi tertentu dari waktu rotasi planet; dan meski durasinya tidak sama, keduanya tetap satu detik. Keserentakan menjadi sukseksi? Jam di titik H'_1, H'_2, H'_1 menunjukkan jam yang sama padahal ada tiga momen berbeda? Tapi, pada momen berbeda ketika mereka menandai jam yang sama dalam sistemku, peristiwa terjadi di titik H'_1, H'_2, H'_1 sistemku yang, dalam sistem S , sah disebut kontemporer: aku akan setuju untuk tetap menyebutnya kontemporer, agar tidak harus mempertimbangkan hubungan baru antara peristiwa-peristiwa ini, dan kemudian dengan semua yang lain. Dengan begitu aku akan mempertahankan semua urutanmu, semua relasimu, semua penjelasanmu. Dengan menyebut sukseksi apa yang kusebut keserentakan, aku akan memiliki dunia yang tidak koheren, atau dibangun dengan rencana yang sama sekali berbeda darimu. Jadi segala hal dan semua hubungan antarhal akan mempertahankan ukurannya, tetap dalam kerangka yang sama, tunduk pada hukum yang sama. Karena itu aku dapat bertindak seolah-olah tidak ada panjangku yang menyusut, seolah-olah Waktuku tidak mengembang, seolah-olah jamku selaras. Setidaknya untuk materi berat, yang kubawa dalam gerakan sistemku: perubahan mendalam telah terjadi dalam hubungan temporal dan spasial antar bagian-bagiannya, tapi aku tidak menyadarinya dan tidak perlu menyadarinya.

Sekarang, aku harus menambahkan bahwa aku menganggap perubahan-perubahan ini bermanfaat. Mari kita tinggalkan materi berat. Betapa buruknya posisiku terhadap cahaya, dan

lebih umum terhadap fenomena elektro-magnetik, jika dimensi ruang dan waktu tetap seperti semula! Peristiwa-peristiwa ini tidak terbawa dalam gerakan sistemku. Gelombang cahaya, gangguan elektro-magnetik mungkin muncul dalam sistem bergerak: pengalaman membuktikan bahwa mereka tidak mengadopsi gerakannya. Sistem bergerakku mengendapkannya, bisa dikatakan, dalam eter diam, yang kemudian menanggungnya. Bahkan jika eter tidak ada, kita akan menciptakannya untuk melambangkan fakta eksperimental ini, kemerdekaan kecepatan cahaya dari gerakan sumber yang memancarkannya. Nah, dalam eter ini, di depan fenomena optik ini, di tengah peristiwa elektro-magnetik ini, kau duduk, tak bergerak. Tapi aku melintasinya, dan apa yang kau lihat dari observatorium tetapmu dalam eter mungkin akan tampak sangat berbeda bagiku. Ilmu elektro-magnetisme, yang kau bangun dengan susah payah, akan harus kusun ulang; aku harus memodifikasi persamaanku, setelah ditetapkan, untuk setiap kecepatan baru sistemku. Apa yang akan kulakukan dalam alam semesta yang dibangun seperti ini? Dengan pengorbanan pencairan seluruh ilmu apa soliditas hubungan temporal dan spasial akan dibeli! Tapi berkat penyusutan panjangku, pengembangan Waktuku, dislokasi keserentakanku, sistemku menjadi, terhadap fenomena elektro-magnetik, tiruan persis dari sistem tetap. Biar pun ia berlari secepat yang ia suka di samping gelombang cahaya: yang terakhir akan selalu memiliki kecepatan yang sama baginya, ia akan seperti diam terhadapnya. Semuanya berjalan dengan baik, dan ada jin baik yang mengatur hal-hal seperti ini.

Namun, ada satu kasus di mana aku harus memperhitungkan indikasimu dan memodifikasi pengukuranku. Yaitu ketika menyusun representasi matematis integral alam semesta, maksudku semua yang terjadi di semua dunia yang bergerak relatif terhadapmu dengan semua kecepatan. Untuk membangun representasi yang akan memberi kita, setelah lengkap dan sempurna, hubungan segala sesuatu dengan segala sesuatu, kita harus mendefinisikan setiap titik di alam semesta dengan jarak x, y, z ke tiga bidang persegi panjang tertentu, yang akan dinyatakan diam, dan yang akan berpotongan di sepanjang sumbu OX, OY, OZ . Selain itu, sumbu OX, OY, OZ yang kita pilih lebih disukai daripada yang lain, satu-satunya sumbu yang benar-benar dan tidak secara konvensional diam, adalah yang akan kita berikan dalam sistem tetapmu. Nah, dalam sistem bergerak tempat aku berada, aku mengacu pengamatanku pada sumbu $O'X', O'Y', O'Z'$ yang dibawa sistem ini, dan setiap titik dalam sistemku didefinisikan di mataku dengan jarak x', y', z' ke tiga bidang yang berpotongan di sepanjang garis-garis ini. Karena sudut pandangmu yang diam yang harus membangun representasi global Keseluruhan, aku harus menemukan cara untuk menghubungkan pengamatanku ke sumbumu OX, OY, OZ , atau dengan kata lain, menetapkan sekali untuk selamanya rumus yang memungkinkanku, dengan mengetahui x', y', z' , menghitung x, y dan z . Tapi ini akan mudah bagiku, berkat indikasi yang baru saja kau berikan. Pertama, untuk menyederhanakan, aku akan menganggap bahwa sumbuku $O'X', O'Y', O'Z'$ bertepatan dengan sumbumu sebelum pemisahan dua dunia S dan S' (yang lebih baik, demi kejelasan demonstrasi ini, dibuat kali ini sama sekali berbeda satu sama lain), dan aku juga akan menganggap bahwa OX , dan karenanya $O'X'$, menandai arah gerakan S' . Dalam kondisi ini, jelas bahwa bidang $Z'O'X', X'O'Y'$ hanya meluncur masing-masing di atas bidang ZOX, XOY , bahwa mereka selalu bertepatan dengannya, dan karenanya y dan y' sama, z dan z' juga. Tinggal kemudian menghitung x . Jika, sejak saat O' meninggalkan O , aku telah menghitung pada

jam yang ada di titik x', y', z' waktu t' , aku secara alami membayangkan jarak titik x', y', z' ke bidang ZOY sama dengan $x' + vt'$. Tapi, karena penyusutan yang kausinyalir, panjang $x' + vt'$ ini tidak akan bertepatan dengan x -mu; itu akan bertepatan dengan $x\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Dan karenanya apa yang kau sebut x adalah $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x' + vt')$. Masalah terpecahkan. Aku tidak akan lupa bahwa waktu t' , yang telah berlalu bagiku dan ditunjukkan oleh jamku di titik x', y', z' , berbeda dengan waktumu. Ketika jam ini memberi saya indikasi t' , waktu t yang dihitung oleh jam-jammu adalah, seperti yang kau katakan, $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(t' + \frac{vx'}{c^2})$. Inilah waktu t yang akan kutandai untukmu. Untuk waktu maupun ruang, aku akan berpindah dari sudut pandangku ke sudut pandangmu.

Demikianlah Paul berbicara. Dan sekaligus ia telah menetapkan "*persamaan transformasi*" terkenal dari Lorentz, yang, jika kita mengadopsi sudut pandang Einstein yang lebih umum, tidak mengimplikasikan bahwa sistem S benar-benar tetap. Kita akan menunjukkan sebentar lagi bagaimana, menurut Einstein, kita dapat menjadikan S sebagai sistem apa pun yang sementara dibekukan dalam pikiran, dan bagaimana kemudian kita harus mengaitkan pada S' , dilihat dari sudut pandang S , deformasi temporal dan spasial yang sama yang Pierre kaitkan pada sistem Paul. Dalam hipotesis, yang selalu diterima hingga saat ini, tentang Waktu Tunggal dan Ruang yang Independen dari Waktu, jelas bahwa jika S' bergerak relatif terhadap S dengan kecepatan konstan v , jika x', y', z' adalah jarak suatu titik M' dalam sistem S' ke tiga bidang yang ditentukan oleh tiga sumbu persegi panjang, diambil berpasangan, $O'X', O'Y', O'Z'$, dan jika akhirnya x, y, z adalah jarak titik yang sama ke tiga bidang persegi panjang tetap yang awalnya bertepatan dengan tiga bidang bergerak, kita memiliki:

$$\begin{aligned} x &= x' + vt' \\ y &= y' \\ z &= z' \end{aligned}$$

Karena waktu yang sama berjalan secara invarian untuk semua sistem, kita memiliki:

$$t = t'.$$

Tetapi jika gerakan menentukan kontraksi panjang, pelambatan waktu, dan menyebabkan bahwa, dalam sistem dengan waktu yang terdilatasi, jam-jam hanya menunjukkan waktu lokal, maka dari penjelasan yang dipertukarkan antara Pierre dan Paul, kita akan memiliki:

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(x' + vt') \\ y &= y' \\ z &= z' \\ t &= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}(t' + \frac{vx'}{c^2}) \end{aligned}$$

①

Dari sini muncul rumus baru untuk komposisi kecepatan. Misalkan titik M' bergerak dengan gerak seragam, di dalam S' , sejajar dengan $O'X'$, dengan kecepatan v' , diukur secara alami oleh $\frac{x'}{t'}$. Berapa kecepatannya bagi pengamat yang duduk di S dan yang melaporkan posisi-posisi berturut-turut dari benda bergerak ke sumbu-sumbunya OX, OY, OZ ? Untuk mendapatkan kecepatan v'' ini, diukur oleh $\frac{x''}{t''}$, kita harus membagi suku demi suku persamaan pertama dan keempat di atas, dan kita akan mendapatkan:

$$v'' = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

sedangkan hingga saat ini mekanika menyatakan:

$$v'' = v + v'$$

Jadi, jika S adalah tepi sungai dan S' sebuah perahu yang bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap tepi, seorang penumpang yang bergerak di geladak perahu searah gerak dengan kecepatan v' tidak memiliki, di mata pengamat yang diam di tepi, kecepatan $v + v'$, seperti yang dikatakan hingga sekarang, tetapi kecepatan yang lebih rendah dari jumlah kedua komponen kecepatan tersebut. Setidaknya begitulah yang tampak pada awalnya. Pada kenyataannya, kecepatan resultan memang merupakan jumlah dari kedua komponen kecepatan, jika kecepatan penumpang di perahu diukur dari tepi, seperti halnya kecepatan perahu itu sendiri. Diukur dari perahu, kecepatan v' penumpang adalah $\frac{x'}{t'}$, jika kita sebut misalnya x' panjang perahu yang ditemukan penumpang (panjang yang invarian baginya, karena perahu selalu diam baginya) dan t' waktu yang dibutuhkannya untuk menempuhnya, yaitu selisih antara waktu yang ditunjukkan saat keberangkatan dan kedatangan oleh dua jam yang ditempatkan masing-masing di buritan dan haluan (kita asumsikan perahu yang sangat panjang yang jamnya hanya dapat disinkronkan melalui sinyal yang dikirimkan dari jarak jauh). Tetapi, bagi pengamat yang diam di tepi, perahu telah berkontraksi ketika berpindah dari diam ke bergerak, Waktunya terdilatasi, jam-jamnya tidak lagi sinkron. Ruang yang ditempuh menurutnya oleh penumpang di perahu bukan lagi x' (jika x' adalah panjang dermaga yang bertepatan dengan perahu saat diam), melainkan $x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$; dan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh ruang ini bukan t' , melainkan $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (t' + \frac{vx'}{c^2})$. Ia akan menyimpulkan bahwa kecepatan yang harus ditambahkan ke v untuk mendapatkan v'' bukan v' , melainkan

$$\frac{x' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (t' + \frac{vx'}{c^2})}$$

yaitu

$$\frac{v' (1 - \frac{v^2}{c^2})}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

. Maka ia akan mendapatkan:

$$v'' = v + \frac{v' \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}{1 + \frac{vv'}{c^2}} = \frac{v + v'}{1 + \frac{vv'}{c^2}}$$

Dari sini terlihat bahwa tidak ada kecepatan yang dapat melebihi kecepatan cahaya, karena setiap komposisi kecepatan apa pun v' dengan kecepatan v yang diasumsikan sama dengan c selalu menghasilkan kecepatan yang sama c .

Demikianlah, untuk kembali ke hipotesis pertama kita, rumus-rumus yang akan Paul ingat jika ia ingin beralih dari sudut pandangnya ke sudut pandang Pierre dan dengan demikian memperoleh — dengan semua pengamat yang terikat pada semua sistem bergerak S'' , S''' , dll. melakukan hal yang sama — sebuah representasi matematis integral alam semesta. Jika ia dapat menetapkan persamaannya secara langsung, tanpa campur tangan Pierre, ia akan memberikannya juga kepada Pierre untuk memungkinkannya, dengan mengetahui x, y, z, t, v'' , menghitung x', y', z', t', v' . Memang, dengan menyelesaikan persamaan ① terhadap x', y', z', t', v' ; kita segera mendapatkan:

$$x' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x - vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$

$$v' = \frac{v - v''}{1 - \frac{vv''}{c^2}}$$

persamaan yang lebih sering diberikan untuk transformasi Lorentz⁽¹⁾. Tetapi tidak penting untuk saat ini. Kami hanya ingin, dengan menemukan kembali rumus-rumus ini suku demi suku, dengan mendefinisikan persepsi-persepsi pengamat yang ditempatkan dalam satu atau sistem lainnya, mempersiapkan analisis dan demonstrasi yang menjadi objek karya ini.

⁽¹⁾ Perlu dicatat bahwa, jika kami baru saja merekonstruksi rumus Lorentz dengan mengomentari eksperimen Michelson-Morley, itu adalah untuk menunjukkan makna konkret dari setiap suku yang menyusunnya. Kebenarannya adalah bahwa grup transformasi yang ditemukan Lorentz menjamin, secara umum, invariansi persamaan elektromagnetisme.

BAB 5.

Relativitas Lengkap

Kami telah tergelincir sejenak dari sudut pandang yang kami sebut "relativitas sepihak" menuju timbal balik, yang merupakan ciri khas Einstein. Mari kita segera kembali ke posisi semula. Namun katakanlah sejak sekarang bahwa kontraksi benda bergerak, dilatasi waktunya, dislokasi keserentakan menjadi suksesi, akan dipertahankan apa adanya dalam teori Einstein: tidak akan ada perubahan pada persamaan yang telah kami tetapkan, maupun secara umum pada apa yang telah kami katakan tentang sistem S1 dalam hubungan temporal dan spasialnya dengan sistem S2.

Hanya saja kontraksi keluasan ini, dilatasi waktu ini, pecahnya keserentakan ini akan menjadi timbal balik secara eksplisit (mereka sudah implisit, berdasarkan bentuk persamaannya), dan pengamat di S1 akan mengulangi tentang S2 semua yang telah ditegaskan pengamat di S2 tentang S1. Dengan demikian, seperti yang akan kami tunjukkan nanti, paradoks awal dalam teori Relativitas akan lenyap: kami tegaskan bahwa waktu tunggal dan keluasan independen dari durasi tetap ada dalam hipotesis Einstein yang murni: mereka tetap seperti yang selalu dipahami akal sehat. Namun hampir mustahil mencapai hipotesis relativitas ganda tanpa melalui relativitas sederhana, di mana kita masih mengandaikan titik acuan absolut, eter yang diam. Bahkan ketika kita memahami relativitas dalam pengertian kedua, kita masih melihatnya sedikit dalam pengertian pertama; karena meski dikatakan hanya gerakan timbal balik S2 dan S1 yang ada satu sama lain, kita tidak mempelajari timbal balik ini tanpa mengadopsi salah satu dari dua istilah, S2 atau S1, sebagai "sistem acuan": begitu suatu sistem diimobilisasi demikian, ia menjadi titik acuan absolut sementara, pengganti eter. Singkatnya, diam absolut yang diusir akal budi, dipulihkan oleh imajinasi. Dari sudut pandang matematika, ini tak masalah. Entah sistem S2 yang diadopsi sebagai sistem acuan benar-benar diam dalam eter, atau hanya diam relatif terhadap semua sistem yang akan dibandingkan, dalam kedua kasus pengamat di S2 akan memperlakukan pengukuran waktu yang dikirimkan dari sistem seperti S1 dengan cara sama; dalam kedua kasus ia akan menerapkan rumus transformasi Lorentz. Kedua hipotesis ini setara bagi matematikawan. Namun tidak demikian bagi filsuf. Sebab jika S2 benar-benar diam, dan semua sistem lain benar-benar bergerak, teori Relativitas akan benar-benar menyiratkan keberadaan banyak waktu, semua setara dan nyata. Sebaliknya, jika kita berada dalam hipotesis Einstein, banyak waktu akan tetap ada, tetapi hanya satu yang nyata—seperti yang akan kami buktikan: yang lain hanyalah fiksi matematika. Karena itu, menurut kami, semua kesulitan filosofis tentang waktu lenyap jika kita berpegang teguh pada hipotesis Einstein, tetapi semua keanehan yang membingungkan banyak orang juga lenyap. Jadi kami tak perlu bersikeras pada makna "deformasi benda", "perlambatan waktu", dan "pecahnya keserentakan" ketika kita percaya pada eter diam dan sistem istimewa. Cukup bagi kami mencari cara memahaminya dalam hipotesis Einstein. Dengan melihat kembali sudut pandang pertama, kita akan akui perlunya memulai dari sana, menilai wajar godaan untuk kembali meski telah mengadopsi yang kedua; tetapi kita juga akan melihat bagaimana masalah palsu muncul dari pencampuran gambar-gambar dari satu sudut pandang untuk mendukung abstraksi dari sudut pandang lain.

BAB 5.1.

Tentang Timbal Balik Gerakan

Kami telah membayangkan sistem S1 diam dalam eter yang tak bergerak, dan sistem S2 bergerak relatif terhadap S1. Namun, eter tak pernah dirasakan; ia diperkenalkan dalam fisika untuk mendukung perhitungan. Sebaliknya, gerakan sistem S2 relatif terhadap sistem S1 adalah fakta pengamatan bagi kami. Seseorang juga harus menganggap sebagai fakta, hingga pemberitahuan lebih lanjut, keteguhan kecepatan cahaya untuk sistem yang mengubah kecepatannya sesuka hati, sehingga kecepatannya bisa turun hingga nol. Mari kita ambil kembali tiga pernyataan awal: 1° S2 bergerak relatif terhadap S1; 2° cahaya memiliki kecepatan sama untuk keduanya; 3° S1 diam

dalam eter tak bergerak. Jelas bahwa dua di antaranya menyatakan fakta, dan yang ketiga adalah hipotesis. Mari kita tolak hipotesisnya: kita hanya punya dua fakta. Namun pernyataan pertama tak lagi dirumuskan sama. Kami menyatakan S2 bergerak relatif terhadap S1: mengapa tidak kami katakan S1 bergerak relatif terhadap S2? Hanya karena S1 dianggap ikut dalam keabadian eter. Tapi eter tak ada lagi⁽¹⁾, tak ada lagi keabadian di mana pun. Jadi kami bisa mengatakan, sesuka hati, bahwa S2 bergerak relatif terhadap S1, atau S1 bergerak relatif terhadap S2, atau lebih baik S1 dan S2 bergerak relatif satu sama lain. Singkatnya, yang benar-benar diberikan adalah timbal balik perpindahan. Bagaimana mungkin sebaliknya, sebab gerakan yang terlihat dalam ruang hanyalah perubahan kontinu jarak? Jika kita mempertimbangkan dua titik A dan B dan perpindahan "salah satunya", semua yang mata amati, semua yang sains catat, adalah perubahan panjang interval⁽²⁾. Bahasa akan mengungkapkan fakta dengan mengatakan A bergerak, atau B. Ada pilihan; tapi akan lebih dekat dengan pengalaman dengan mengatakan A dan B bergerak relatif satu sama lain, atau lebih sederhana bahwa jarak antara A dan B menyusut atau membesar. "Timbal balik" gerakan karena itu adalah fakta pengamatan. Seseorang bahkan bisa mengenalinya secara apriori sebagai syarat sains, sebab sains hanya beroperasi pada pengukuran, pengukuran umumnya tentang panjang, dan ketika panjang bertambah atau berkurang, tak ada alasan memprioritaskan salah satu ujungnya: semua yang bisa ditegaskan adalah bahwa jarak antara keduanya membesar atau menyusut⁽³⁾.

⁽¹⁾ Kami tidak berbicara, tentu saja, kecuali tentang eter tetap, yang merupakan sistem acuan istimewa, unik, absolut. Namun hipotesis eter, diubah dengan tepat, bisa diadopsi kembali oleh teori Relativitas. Einstein berpendapat demikian (Lihat kuliahnya tahun 1920 tentang "Eter dan Teori Relativitas"). Sebelumnya, untuk mempertahankan eter, orang telah mencoba menggunakan ide-ide Larmor. (Lihat Cunningham, *The Principle of Relativity*, Cambridge, 1911, bab xvi).

⁽²⁾ Pada titik ini, dan tentang "timbal balik" gerakan, kami telah menarik perhatian dalam *Matter and Memory*, Paris, 1896, bab IV, dan dalam *Introduction to Metaphysics* (*Review of Metaphysics and Moral*, Januari 1903).

⁽³⁾ Lihat tentang ini, dalam *Matter and Memory*, halaman 214 dan berikutnya.

BAB 5.2.

Gerakan Relatif dan Gerakan Absolut

Memang benar bahwa tidak semua gerakan terbatas pada apa yang diamati dalam ruang. Di samping gerakan yang hanya kita amati dari luar, ada gerakan yang kita rasakan sendiri saat kita menghasilkannya. Ketika Descartes berbicara tentang timbal balik gerakan⁽¹⁾, bukan tanpa alasan Morus menjawabnya: "Jika saya duduk tenang, dan orang lain, setelah menjauh seribu langkah, menjadi merah karena lelah, dialah yang bergerak dan sayalah yang beristirahat⁽²⁾." Apa pun yang dapat dikatakan sains tentang relativitas gerakan yang diamati oleh mata kita, diukur dengan penggaris dan jam kita, tidak akan mengganggu perasaan mendalam bahwa kita melakukan gerakan dan memberikan upaya yang menjadi tanggung jawab kita. Biarlah karakter Morus, "duduk dengan tenang", mengambil keputusan untuk berlari pada gilirannya, bangkit dan berlari: sia-sia berargumen bahwa larinya adalah perpindahan timbal balik antara tubuhnya dan tanah, bahwa dia bergerak jika pikiran kita membekukan Bumi, tetapi bahwa Bumi-lah yang bergerak jika kita menetapkan pelari itu diam, dia tidak akan pernah menerima keputusan itu, dia akan selalu menyatakan bahwa dia merasakan langsung tindakannya, bahwa tindakan itu adalah fakta, dan fakta itu sepihak. Kesadaran ini tentang gerakan yang diputuskan dan dilaksanakan, dimiliki

oleh semua manusia lain dan mungkin sebagian besar hewan. Dan, karena makhluk hidup melakukan gerakan seperti itu yang memang berasal dari mereka, yang terkait hanya dengan mereka, yang dirasakan dari dalam, tetapi yang, dilihat dari luar, hanya muncul sebagai perpindahan timbal balik, kita dapat menduga bahwa hal yang sama berlaku untuk gerakan relatif pada umumnya, dan bahwa perpindahan timbal balik adalah manifestasi di mata kita dari perubahan internal, mutlak, yang terjadi di suatu tempat dalam ruang. Kami telah menekankan hal ini dalam sebuah karya yang kami beri judul Pengantar Metafisika. Demikianlah fungsi ahli metafisika menurut kami: dia harus menembus ke dalam hal-hal; dan esensi sejati, realitas mendalam dari suatu gerakan tidak pernah dapat diungkapkan lebih baik daripada ketika dia melakukan gerakan itu sendiri, ketika dia masih mempersepsikannya dari luar seperti gerakan lainnya, tetapi juga menangkapnya dari dalam sebagai sebuah upaya, yang hanya jejaknya yang terlihat. Namun, ahli metafisika hanya memperoleh persepsi langsung, internal, dan pasti ini untuk gerakan yang dia lakukan sendiri. Hanya untuk gerakan-gerakan itu dia dapat menjamin bahwa itu adalah tindakan nyata, gerakan mutlak. Bahkan untuk gerakan yang dilakukan oleh makhluk hidup lain, itu bukan karena persepsi langsung, melainkan karena simpati, karena alasan analogi bahwa dia akan menegakkannya sebagai realitas independen. Dan tentang gerakan materi pada umumnya dia tidak dapat mengatakan apa-apa, kecuali bahwa kemungkinan besar ada perubahan internal, serupa atau tidak dengan upaya, yang terjadi entah di mana dan yang terwujud di mata kita, seperti tindakan kita sendiri, sebagai perpindahan timbal balik benda dalam ruang. Karena itu, kita tidak perlu memperhitungkan gerakan mutlak dalam konstruksi sains: kita hanya tahu secara tidak biasa di mana itu terjadi, dan bahkan ketika itu terjadi, sains tidak akan membutuhkannya, karena itu tidak terukur dan fungsi sains adalah mengukur. Sains tidak dapat dan tidak boleh mempertahankan dari realitas kecuali apa yang tersebar dalam ruang, homogen, terukur, visual. Gerakan yang dipelajarinya karena itu selalu relatif dan hanya dapat terdiri dari timbal balik perpindahan. Sementara Morus berbicara sebagai ahli metafisika, Descartes menandai dengan presisi yang pasti sudut pandang sains. Dia bahkan melampaui sains zamannya, mekanika Newton, mekanika kita, merumuskan prinsip yang diserahkan kepada Einstein untuk memberikan demonstrasinya.

⁽¹⁾ Descartes, *Prinsip*, ii, 29.

⁽²⁾ H. Morus, *Scripta philosophica*, 1679, t. II, p. 218.

B A B 5 . 3 .

Dari Descartes ke Einstein

Sebab sungguh suatu fakta yang mengagumkan bahwa relativitas radikal gerak, yang dipostulatkan oleh Descartes, tidak dapat ditegaskan secara kategoris oleh sains modern. Sains, sebagaimana dipahami sejak Galileo, tentu menginginkan gerak menjadi relatif. Dengan senang hati ia menyatakannya demikian. Namun ia memperlakukannya secara lunak dan tidak lengkap. Ada dua alasan untuk ini. Pertama, sains tidak bertentangan dengan akal sehat kecuali dalam batas yang benar-benar diperlukan. Padahal, jika semua gerak lurus yang tidak dipercepat jelas bersifat relatif, jika demikian, di mata sains, rel kereta sama Bergeraknya terhadap kereta seperti kereta terhadap rel, ilmuwan tetap akan mengatakan bahwa rel itu diam; ia akan berbicara seperti

orang kebanyakan ketika tidak berkepentingan untuk menyatakan sebaliknya. Tapi itu bukanlah hal yang utama. Alasan mengapa sains tidak pernah bersikeras pada relativitas radikal gerak seragam adalah karena ia merasa tidak mampu memperluas relativitas ini ke gerak dipercepat: setidaknya ia harus menyerahkannya untuk sementara. Lebih dari sekali, dalam sejarahnya, ia mengalami kebutuhan semacam ini. Dari prinsip yang melekat dalam metodenya, ia mengorbankan sesuatu demi hipotesis yang segera dapat diverifikasi dan memberikan hasil yang berguna: jika keuntungannya bertahan, itu karena hipotesis tersebut benar dari satu sisi, dan sejak saat itu hipotesis itu mungkin suatu hari telah berkontribusi secara definitif untuk menegakkan prinsip yang sementara diabaikannya. Demikianlah dynamisme Newton tampak memutus pengembangan mekanisme Cartesian. Descartes menegaskan bahwa semua yang termasuk fisika terhampar sebagai gerak dalam ruang: dengan itu ia memberikan rumus ideal mekanisme universal. Namun berpegang pada rumus ini berarti mempertimbangkan secara global hubungan segalanya dengan segalanya; seseorang tidak dapat memperoleh solusi, meskipun sementara, untuk masalah-masalah khusus tanpa memotong dan mengisolasi bagian-bagian secara artifisial dalam keseluruhan: tetapi begitu seseorang mengabaikan hubungan, ia memperkenalkan kekuatan. Pengenalan ini hanyalah penghilangan itu sendiri; ia mengungkapkan kebutuhan di mana kecerdasan manusia menemukan dirinya untuk mempelajari realitas bagian demi bagian, tidak berdaya untuk membentuk sekaligus konsepsi sintesis dan analitis tentang keseluruhan. Dynamisme Newton karenanya bisa—dan faktanya terbukti—menjadi jalan menuju demonstrasi lengkap mekanisme Cartesian, yang mungkin telah diwujudkan oleh Einstein. Namun, dynamisme ini menyiratkan keberadaan gerak absolut. Orang masih dapat menerima relativitas gerak dalam kasus translasi lurus yang tidak dipercepat; tetapi munculnya gaya sentrifugal dalam gerak rotasi tampaknya membuktikan bahwa seseorang berhadapan dengan sesuatu yang benar-benar absolut; dan setiap gerak dipercepat lainnya juga harus dianggap absolut. Demikianlah teori yang tetap klasik hingga Einstein. Namun ini hanya bisa menjadi konsepsi sementara. Seorang sejarawan mekanika, Mach, telah menandai ketidacukupannya⁽¹⁾, dan kritiknya pasti berkontribusi membangkitkan ide-ide baru. Tak ada filsuf yang bisa sepenuhnya puas dengan teori yang menganggap mobilitas sebagai hubungan timbal balik dalam kasus gerak seragam, dan sebagai realitas yang melekat pada benda bergerak dalam kasus gerak dipercepat. Jika kami menganggap perlu, untuk bagian kami, untuk mengakui perubahan absolut di mana pun gerak spasial diamati, jika kami percaya bahwa kesadaran akan upaya mengungkap karakter absolut gerak yang menyertai, kami menambahkan bahwa pertimbangan gerak absolut ini hanya menyangkut pengetahuan kami tentang batin segala sesuatu, yaitu psikologi yang berlanjut menjadi metafisika⁽²⁾. Kami menambahkan bahwa untuk fisika, yang perannya adalah mempelajari hubungan antara data visual dalam ruang homogen, semua gerak *harus* bersifat relatif. Namun beberapa gerak *tidak bisa* demikian. Sekarang mereka bisa. Hanya untuk alasan ini, teori Relativitas umum menandai tanggal penting dalam sejarah ide. Kami tidak tahu nasib akhir apa yang fisika akan berikan padanya. Tapi, bagaimanapun juga, konsepsi gerak spasial yang kami temukan pada Descartes, dan yang selaras dengan semangat sains modern, akan dibuat oleh Einstein secara ilmiah dapat diterima dalam kasus gerak dipercepat maupun gerak seragam.

(1) Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, II. vi

(2) *Matière et Mémoire*, loc. cit. Cf. *Introduction à la Métaphysique* (*Rev. de Métaphysique et de Morale*, janvier 1903)

Memang benar bahwa bagian karya Einstein ini adalah yang terakhir. Ini adalah teori Relativitas "umum". Pertimbangan tentang waktu dan keserentakan termasuk dalam teori Relativitas "khusus", dan yang terakhir ini hanya menyangkut gerak seragam. Namun dalam teori khusus ada semacam tuntutan teori umum. Sebab meskipun ia *terbatas*, yaitu terbatas pada gerak seragam, ia tidak kurang *radikal*, karena membuat mobilitas menjadi timbal balik. Nah, mengapa orang belum secara eksplisit sampai sejauh itu? Mengapa, bahkan pada gerak seragam, yang dinyatakan relatif, orang hanya menerapkan ide relativitas secara lunak? Karena orang tahu bahwa ide itu tidak akan cocok lagi untuk gerak dipercepat. Tapi, sejak seorang fisikawan memegang relativitas radikal gerak seragam, ia harus berusaha memandang gerak dipercepat sebagai relatif. Hanya untuk alasan ini juga, teori Relativitas khusus memanggil teori Relativitas umum untuk menyusulnya, dan bahkan tidak dapat meyakinkan di mata filsuf jika tidak meminjamkan diri untuk generalisasi ini.

Nah, jika semua gerak bersifat relatif dan tidak ada titik acuan absolut, tidak ada sistem istimewa, pengamat di dalam suatu sistem jelas tidak akan memiliki cara untuk mengetahui apakah sistemnya bergerak atau diam. Katakanlah lebih baik: ia akan salah untuk menanyakannya, karena pertanyaan itu tidak masuk akal lagi; ia tidak diajukan dalam istilah ini. Ia bebas untuk menetapkan apa yang ia suka: sistemnya akan diam, menurut definisi itu sendiri, jika ia menjadikannya "*sistem acuannya*" dan memasang observatoriumnya di sana. Ia tidak bisa demikian, bahkan dalam kasus gerak seragam, ketika orang percaya pada eter diam. Ia tidak bisa demikian, dengan cara apa pun, ketika orang percaya pada karakter absolut gerak dipercepat. Tapi begitu kedua hipotesis disingkirkan, sistem apa pun diam atau bergerak, sesukanya. Tentu saja orang harus tetap pada pilihan yang dibuat untuk sistem diam, dan memperlakukan yang lain sesuai dengan itu.

B A B 5 . 4 .

Perambatan dan Pengangkutan

Kami tidak ingin memperpanjang pendahuluan ini secara berlebihan. Namun, kami harus mengingatkan kembali apa yang pernah kami katakan dahulu tentang gagasan tubuh, dan juga tentang gerak mutlak: rangkaian pertimbangan ganda ini memungkinkan kami menyimpulkan relativitas radikal gerak sebagai perpindahan dalam ruang. Apa yang langsung diberikan kepada persepsi kami, seperti yang kami jelaskan, adalah kontinuitas yang terentang tempat kualitas-kualitas terpapar: lebih khusus lagi, ini adalah kontinuitas keluasan visual, dan karenanya warna. Di sini tidak ada yang artifisial, konvensional, atau sekadar manusiawi. Warna mungkin akan tampak berbeda jika mata dan kesadaran kami dibentuk secara lain: tetap akan selalu ada sesuatu yang nyata secara tak tergoyahkan yang akan terus dipecahkan fisika menjadi getaran-getaran elementer. Singkatnya, selama kami hanya berbicara tentang kontinuitas yang berkualitas dan termodifikasi secara kualitatif, seperti keluasan berwarna dan perubahan warna, kami mengungkapkan secara langsung, tanpa campur tangan konvensi manusia, apa yang kami amati: kami tidak punya alasan untuk mengira bahwa kami tidak berhadapan dengan realitas itu sendiri. Setiap penampakan harus dianggap nyata selama belum terbukti ilusif, dan pembuktian ini belum pernah dilakukan untuk kasus saat ini: orang mengira telah melakukannya, tetapi itu adalah ilusi;

kami yakin telah membuktikannya⁽¹⁾. Materi karenanya disajikan kepada kami secara langsung sebagai realitas. Tapi apakah hal yang sama berlaku untuk tubuh tertentu, yang diangkat menjadi entitas yang lebih atau kurang independen? Persepsi visual tentang tubuh berasal dari pemecahan yang kami lakukan terhadap keluasan berwarna; ia telah dipotong oleh kami dari kontinuitas keluasan. Sangat mungkin bahwa fragmentasi ini dilakukan secara berbeda oleh berbagai spesies hewan. Banyak yang tidak mampu melakukannya; dan mereka yang mampu, dalam operasi ini, mengatur diri berdasarkan bentuk aktivitas dan sifat kebutuhan mereka. "Tubuh-tubuh, seperti yang kami tulis, dipotong dari kain alam melalui sebuah *persepsi* yang guntingnya mengikuti garis putus-putus tempat *tindakan* akan melintas"⁽²⁾. Itulah yang dikatakan oleh analisis psikologis. Dan fisika mengonfirmasinya. Fisika mengurai tubuh menjadi jumlah korpuskul elementer yang hampir tak terbatas; dan pada saat yang sama menunjukkan tubuh ini terhubung dengan tubuh lain melalui ribuan aksi dan reaksi timbal balik. Ia dengan demikian memperkenalkan begitu banyak diskontinuitas ke dalamnya, dan di sisi lain menetapkan begitu banyak kontinuitas antara tubuh ini dan sisa segala sesuatu, sehingga dapat ditebak betapa artifisial dan konvensionalnya pembagian materi kami menjadi tubuh-tubuh. Tetapi jika setiap tubuh, diambil secara terpisah dan dihentikan di tempat kebiasaan persepsi kami mengakhirinya, sebagian besar adalah makhluk konvensional, bagaimana mungkin gerak yang dianggap mempengaruhi tubuh ini secara terpisah tidak sama? Hanya ada satu gerak, seperti yang kami katakan, yang dirasakan dari dalam, dan yang kami tahu merupakan peristiwa itu sendiri: yaitu gerak yang menerjemahkan upaya kami. Di tempat lain, ketika kami melihat suatu gerak terjadi, semua yang kami yakini adalah bahwa beberapa modifikasi terjadi di alam semesta. Sifat dan bahkan tempat pasti modifikasi ini luput dari kami; kami hanya dapat mencatat perubahan posisi tertentu yang merupakan aspek visual dan dangkal, dan perubahan ini tentu bersifat timbal balik. Setiap gerak — bahkan gerak kami sendiri sejauh dirasakan dari luar dan divisualisasikan — karenanya bersifat relatif. Perlu dicatat, bahwa ini hanya menyangkut gerak materi berat. Analisis yang baru saja kami lakukan menunjukkan hal itu dengan cukup. Jika warna adalah realitas, hal yang sama harus berlaku untuk osilasi yang terjadi di dalamnya: haruskah kami, karena mereka memiliki karakter mutlak, masih menyebutnya gerak? Di sisi lain, bagaimana mungkin menyamakan tindakan di mana osilasi nyata ini, elemen dari suatu kualitas dan berpartisipasi dalam apa yang mutlak dalam kualitas, merambat melalui ruang, dan perpindahan yang sepenuhnya relatif, tentu timbal balik, dari dua sistem S dan S' yang dipotong lebih atau kurang secara artifisial dalam materi? Orang berbicara, di sana-sini, tentang gerak; tetapi apakah kata itu memiliki arti yang sama dalam kedua kasus? Katakanlah *perambatan* dalam kasus pertama, dan *pengangkutan* dalam kasus kedua: ini akan mengikuti dari analisis kami sebelumnya bahwa perambatan harus dibedakan secara mendalam dari pengangkutan. Tetapi kemudian, teori emisi ditolak, perambatan cahaya bukanlah perpindahan partikel, orang tidak akan berharap bahwa kecepatan cahaya relatif terhadap suatu sistem akan bervariasi tergantung pada apakah sistem itu "*diam*" atau "*bergerak*". Mengapa itu harus memperhitungkan cara tertentu yang sangat manusiawi dalam mempersepsikan dan memahami sesuatu?

⁽¹⁾ *Materi dan Memori*, hal. 225 dan seterusnya. Lihat seluruh bab pertama

⁽²⁾ *Evolusi Kreatif*, 1907, hal. 12-13. Lihat *Materi dan Memori*, 1896, seluruh bab I; dan bab IV, hal. 218 dan seterusnya

Sistem Acuan

Mari kita sepenuhnya berada dalam hipotesis timbal balik. Kita sekarang harus mendefinisikan secara umum istilah-istilah tertentu yang maknanya tampaknya cukup ditunjukkan sejauh ini, dalam setiap kasus tertentu, oleh penggunaan yang kita lakukan. Oleh karena itu kita akan menyebut "*sistem acuan*" sebagai bidang tiga sudut siku-siku yang dengannya kita setuju untuk menempatkan, dengan menunjukkan jarak masing-masing ke tiga bidang, semua titik di alam semesta. Fisikawan yang membangun Ilmu Pengetahuan akan melekat pada bidang tiga sudut ini. Titik puncak bidang tiga sudut biasanya akan berfungsi sebagai observatorium. Tentunya titik-titik dalam sistem acuan akan diam satu sama lain. Tetapi harus ditambahkan bahwa, dalam hipotesis Relativitas, sistem acuan itu sendiri akan diam selama digunakan untuk merujuk. Apa sebenarnya yang dimaksud dengan ketetapan bidang tiga sudut dalam ruang jika bukan sifat yang diberikan kepadanya, situasi yang secara istimewa diberikan sementara, dengan mengadopsinya sebagai sistem acuan? Selama seseorang mempertahankan eter stasioner dan posisi absolut, ketenangan benar-benar dimiliki oleh benda-benda; itu tidak tergantung pada keputusan kita. Setelah eter menghilang bersama sistem istimewa dan titik-titik tetap, tidak ada lagi gerak relatif objek satu sama lain; tetapi karena seseorang tidak dapat bergerak relatif terhadap dirinya sendiri, ketenangan akan, menurut definisi, menjadi keadaan observatorium tempat seseorang menempatkan diri dalam pikiran: di sanalah tepatnya bidang tiga sudut acuan. Tentu saja, tidak ada yang mencegah untuk mengasumsikan, pada saat tertentu, bahwa sistem acuan itu sendiri bergerak. Fisika sering memiliki kepentingan untuk melakukannya, dan teori Relativitas dengan senang hati menempatkan dirinya dalam hipotesis ini. Tetapi ketika fisikawan menggerakkan sistem acuannya, itu karena dia memilih sistem lain untuk sementara, yang kemudian menjadi diam. Memang benar bahwa sistem kedua ini dapat digerakkan oleh pikiran pada gilirannya, tanpa pikiran itu harus memilih tempat tinggal di sistem ketiga. Tetapi kemudian ia beresilasi di antara keduanya, membuatnya diam bergantian dengan perjalanan bolak-balik yang begitu cepat sehingga dapat memberikan ilusi membiarkan keduanya bergerak. Dalam pengertian inilah kita akan berbicara tentang "*sistem acuan*".

Di sisi lain, kita akan menyebut "*sistem invarian*", atau sekadar "*sistem*", setiap kumpulan titik yang mempertahankan posisi relatif yang sama dan karenanya diam satu sama lain. Bumi adalah sebuah sistem. Tak diragukan lagi, banyak perpindahan dan perubahan terjadi di permukaannya dan tersembunyi di dalamnya; tetapi gerakan-gerakan ini terjadi dalam kerangka tetap: maksud saya, kita dapat menemukan di Bumi sebanyak titik tetap yang kita inginkan satu sama lain dan hanya berfokus pada mereka, peristiwa-peristiwa yang terjadi di antara titik-titik tersebut kemudian menjadi sekadar representasi: mereka tidak lebih dari bayangan-bayangan yang melintas berturut-turut dalam kesadaran pengamat yang diam di titik-titik tetap tersebut.

Sekarang, sebuah "*sistem*" umumnya dapat ditingkatkan menjadi "*sistem referensi*". Ini berarti kita setuju untuk melokalisasi sistem referensi yang telah kita pilih dalam sistem ini. Terkadang perlu menunjukkan titik tertentu dalam sistem tempat kita menempatkan puncak trihedron. Seringkali ini tidak diperlukan. Jadi sistem Bumi, ketika kita hanya mempertimbangkan keadaan diam atau geraknya relatif terhadap sistem lain, dapat kita anggap sebagai titik material sederhana; titik ini

kemudian akan menjadi puncak trihedron kita. Atau, membiarkan Bumi tetap berdimensi penuh, kita akan menyiratkan bahwa trihedron ditempatkan di mana saja di atasnya.

Transisi dari "*sistem*" ke "*sistem referensi*" sebenarnya kontinu jika kita mengadopsi teori Relativitas. Memang penting bagi teori ini untuk menyebarkan jam-jam yang disinkronkan dalam jumlah tak terbatas pada "*sistem referensi*"-nya, dan karenanya juga pengamat. Sistem referensi tidak bisa lagi menjadi sekadar trihedron dengan satu pengamat. Saya setuju bahwa "*jam*" dan "*pengamat*" tidak memiliki substansi material: "*jam*" di sini hanya berarti pencatatan waktu secara ideal menurut hukum atau aturan tertentu, dan "*pengamat*" berarti pembaca waktu yang dicatat secara ideal. Namun demikian, kita sekarang membayangkan kemungkinan jam material dan pengamat hidup di semua titik sistem. Kecenderungan untuk menyebut "*sistem*" atau "*sistem referensi*" secara bergantian memang melekat dalam teori Relativitas sejak awal, karena dengan mengimobilisasi Bumi, mengadopsi sistem global ini sebagai sistem referensi, kita menjelaskan ketidakberubahan hasil eksperimen Michelson-Morley. Dalam kebanyakan kasus, asimilasi sistem referensi dengan sistem global semacam ini tidak menimbulkan masalah. Dan ini dapat memiliki keuntungan besar bagi filsuf, yang akan mencari, misalnya, sejauh mana Waktu Einstein adalah Waktu nyata, dan yang untuk itu akan dipaksa untuk menempatkan pengamat dalam daging dan darah, makhluk sadar, di semua titik sistem referensi di mana ada "*jam*".

Demikianlah pertimbangan pendahuluan yang ingin kami sampaikan. Kami telah memberikan banyak ruang untuknya. Tetapi karena kami tidak mendefinisikan dengan ketat istilah-istilah yang digunakan, karena tidak cukup terbiasa melihat relativitas sebagai timbal balik, karena tidak terus-menerus menyadari hubungan antara relativitas radikal dan relativitas yang diredam dan tidak melindungi diri dari kebingungan di antara keduanya, akhirnya karena tidak meneliti secara dekat transisi dari fisik ke matematis, orang telah salah memahami secara serius makna filosofis dari pertimbangan waktu dalam teori Relativitas. Mari kita tambahkan bahwa orang hampir tidak lebih memperhatikan sifat waktu itu sendiri. Namun, di sanalah kita seharusnya memulai. Mari kita berhenti pada titik ini. Dengan analisis dan perbedaan yang baru saja kita buat, dengan pertimbangan yang akan kita sajikan tentang waktu dan pengukurannya, akan menjadi mudah untuk mendekati interpretasi teori Einstein.

B A B 6 .

Tentang Hakikat Waktu

Suksesi dan Kesadaran

Tidak diragukan lagi bahwa waktu pada awalnya bagi kita menyatu dengan kontinuitas kehidupan batin kita. Apakah kontinuitas ini? Kontinuitas suatu aliran atau peralihan, tetapi aliran dan peralihan yang cukup pada dirinya sendiri, aliran tidak menyiratkan sesuatu yang mengalir dan peralihan tidak mengandaikan keadaan yang dilalui: *hal* dan *keadaan* hanyalah cuplikan artifisial yang diambil dari transisi; dan transisi ini, yang dialami secara alami, adalah durasi itu sendiri. Ia adalah ingatan, tetapi bukan ingatan pribadi, eksternal terhadap apa yang diingatnya, berbeda dari masa lalu yang dijaminnya untuk dilestarikan; ini adalah ingatan internal terhadap

perubahan itu sendiri, ingatan yang memperpanjang sebelum ke sesudah dan mencegah mereka menjadi cuplikan murni yang muncul dan menghilang dalam masa kini yang terus-menerus terlahir kembali. Sebuah melodi yang kita dengarkan dengan mata tertutup, hanya memikirkannya, sangat dekat untuk bertepatan dengan waktu yang merupakan fluiditas kehidupan batin kita; tetapi ia masih memiliki terlalu banyak kualitas, terlalu banyak penentuan, dan kita harus terlebih dahulu menghapus perbedaan antara suara, kemudian menghapus karakteristik khas suara itu sendiri, hanya mempertahankan kelanjutan dari apa yang mendahului dalam apa yang mengikuti dan transisi yang tak terputus, keragaman tanpa keterpisahan dan suksesi tanpa pemisahan, untuk akhirnya menemukan kembali waktu fundamental. Demikianlah durasi yang langsung dirasakan, tanpanya kita tidak akan memiliki gagasan tentang waktu.

BAB 6.2.

Asal Mula Gagasan tentang Waktu Universal

Bagaimana kita beralih dari waktu internal ini ke waktu benda-benda? Kita mempersepsikan dunia material, dan persepsi ini tampak bagi kita, benar atau salah, berada sekaligus di dalam dan di luar diri kita: di satu sisi, ia adalah keadaan kesadaran; di sisi lain, ia adalah lapisan permukaan materi di mana yang merasakan dan yang dirasakan bertepatan. Pada setiap momen kehidupan internal kita, demikianlah momen tubuh kita dan seluruh materi sekitarnya yang "serentak" dengannya: materi ini tampak ikut serta dalam durasi kesadaran kita⁽¹⁾. Secara bertahap kita memperluas durasi ini ke seluruh dunia material, karena kita tidak melihat alasan untuk membatasinya pada lingkungan terdekat tubuh kita: alam semesta tampak membentuk satu kesatuan; dan jika bagian di sekitar kita berdurasi dengan cara kita, hal yang sama, pikir kita, pasti terjadi pada bagian yang mengelilinginya, dan seterusnya tanpa batas. Demikianlah lahir gagasan tentang Durasi Alam Semesta, yaitu sebuah kesadaran impersonal yang menjadi penghubung antara semua kesadaran individual, sekaligus antara kesadaran-kesadaran ini dan sisa alam⁽²⁾. Kesadaran seperti itu akan menangkap dalam satu persepsi tunggal dan seketika berbagai peristiwa yang terletak di titik-titik berbeda ruang; keserentakan justru merupakan kemungkinan bagi dua atau lebih peristiwa untuk masuk ke dalam persepsi tunggal dan seketika. Apa yang benar, apa yang ilusif dalam cara merepresentasikan hal-hal ini? Yang penting saat ini bukanlah membedakan bagian kebenaran atau kesalahan, melainkan melihat dengan jelas di mana pengalaman berakhir dan hipotesis dimulai. Tidak diragukan bahwa kesadaran kita merasakan dirinya berdurasi, bahwa persepsi kita adalah bagian dari kesadaran kita, dan bahwa sesuatu dari tubuh kita, serta materi di sekitar kita, masuk ke dalam persepsi kita⁽³⁾: demikianlah, durasi kita dan partisipasi tertentu yang dirasakan, dialami, dari lingkungan material kita dalam durasi internal ini adalah fakta pengalaman. Namun pertama-tama, seperti yang pernah kami tunjukkan sebelumnya, sifat partisipasi ini tidak diketahui: ia mungkin bergantung pada sifat yang dimiliki hal-hal eksternal, tanpa mereka sendiri berdurasi, untuk mewujudkan dalam durasi kita sejauh mereka bertindak pada kita dan dengan demikian menandai atau menandai jalannya kehidupan sadar kita⁽⁴⁾. Kemudian, dengan asumsi lingkungan ini "berdurasi", tidak ada yang membuktikan secara ketat bahwa kita menemukan durasi yang sama ketika kita berganti

lingkungan: durasi yang berbeda, maksud saya dengan ritme berbeda, bisa saja hidup berdampingan. Kami pernah membuat hipotesis semacam ini terkait spesies hidup. Kami membedakan durasi dengan ketegangan lebih atau kurang tinggi, karakteristik berbagai tingkat kesadaran, yang akan berjajar sepanjang kerajaan hewan. Namun kami tidak melihat saat itu, dan masih belum melihat hari ini, alasan untuk memperluas hipotesis multiplisitas durasi ini ke alam semesta material. Kami telah membiarkan pertanyaan terbuka apakah alam semesta dapat dibagi menjadi dunia-dunia independen; dunia kami sendiri, dengan dorongan khusus yang ditunjukkan kehidupan di dalamnya, cukup bagi kami. Tetapi jika harus memutuskan, kami akan memilih, dalam keadaan pengetahuan kami saat ini, hipotesis Waktu Material Tunggal dan Universal. Ini hanyalah hipotesis, tetapi ia didasarkan pada penalaran analogi yang kami anggap meyakinkan selama tidak ada yang lebih memuaskan ditawarkan. Penalaran yang hampir tidak disadari ini akan dirumuskan, kami yakini, sebagai berikut. Semua kesadaran manusia memiliki sifat yang sama, mempersepsikan dengan cara yang sama, berjalan dengan langkah yang sama dan mengalami durasi yang sama. Sekarang, tidak ada yang menghalangi kita untuk membayangkan sebanyak mungkin kesadaran manusia, tersebar di sana-sini di seluruh alam semesta, tetapi cukup dekat satu sama lain sehingga dua di antaranya yang berurutan, diambil secara acak, memiliki bagian ekstrem dari bidang pengalaman eksternal mereka yang sama. Masing-masing dari dua pengalaman eksternal ini berpartisipasi dalam durasi masing-masing dari dua kesadaran. Dan karena kedua kesadaran memiliki ritme durasi yang sama, hal yang sama pasti terjadi pada kedua pengalaman. Tetapi kedua pengalaman memiliki bagian yang sama. Melalui penghubung ini, maka, mereka bersatu dalam satu pengalaman tunggal, terungkap dalam satu durasi tunggal yang akan, sesuka hati, menjadi milik salah satu dari dua kesadaran. Penalaran yang sama dapat diulangi dari dekat ke dekat, satu durasi yang sama akan mengumpulkan sepanjang jalannya peristiwa dari totalitas dunia material; dan kita kemudian dapat menghilangkan kesadaran manusia yang pertama-tama kita tempatkan di sana-sini sebagai relai untuk gerakan pemikiran kita: tidak akan ada lagi waktu impersonal di mana segala sesuatu mengalir. Dengan merumuskan keyakinan umat manusia seperti ini, kami mungkin memberi lebih banyak presisi daripada yang seharusnya. Setiap dari kita umumnya puas memperluas tanpa batas, melalui upaya imajinasi yang samar, lingkungan material terdekatnya, yang, karena dipersepsikan olehnya, berpartisipasi dalam durasi kesadarannya. Tetapi begitu upaya ini menjadi tepat, begitu kita berusaha melegitimasinya, kita mendapati diri kita menggandakan dan memperbanyak kesadaran kita, memindahkannya ke ujung terjauh pengalaman eksternal kita, kemudian ke ujung bidang pengalaman baru yang ditawarkannya, dan seterusnya tanpa batas: inilah kesadaran-kesadaran ganda yang berasal dari kita, serupa dengan kita, yang kita tugaskan untuk membuat rantai melintasi keluasan alam semesta dan memberi kesaksian, melalui identitas durasi internal mereka dan kesinambungan pengalaman eksternal mereka, tentang kesatuan Waktu impersonal. Inilah hipotesis akal sehat. Kami menyatakan bahwa hal yang sama bisa saja menjadi milik Einstein, dan bahwa teori Relativitas justru dibuat untuk mengonfirmasi gagasan tentang Waktu yang umum bagi segala sesuatu. Gagasan ini, hipotesis dalam segala hal, bahkan tampak bagi kami memperoleh kekakuan dan konsistensi khusus dalam teori Relativitas, dipahami sebagaimana mestinya. Inilah kesimpulan yang akan muncul dari karya analisis kami. Tetapi itu bukanlah poin penting saat ini. Mari kita kesampingkan pertanyaan tentang Waktu tunggal. Yang ingin kami tegaskan adalah bahwa seseorang tidak dapat berbicara tentang realitas

yang berdurasi tanpa memperkenalkan kesadaran di dalamnya. Metafisikawan akan secara langsung melibatkan kesadaran universal. Akal sehat akan memikirkannya secara samar. Ahli matematika, memang benar, tidak perlu mempedulikannya, karena ia tertarik pada pengukuran hal-hal dan bukan pada sifatnya. Tetapi jika ia bertanya pada dirinya sendiri apa yang ia ukur, jika ia memusatkan perhatiannya pada waktu itu sendiri, ia pasti akan membayangkan sukseksi, dan konsekuensinya sebelum dan sesudah, dan konsekuensinya sebuah jembatan di antara keduanya (jika tidak, hanya akan ada salah satunya, murni sesaat): namun, sekali lagi, tidak mungkin membayangkan atau memahami penghubung antara sebelum dan sesudah tanpa elemen memori, dan akibatnya kesadaran.

⁽¹⁾ Untuk pengembangan pandangan yang disajikan di sini, lihat *Essai sur les données immédiates de la Conscience*, Paris, 1889, terutama bab II dan III; *Matière et Mémoire*, Paris, 1896, bab I dan IV; *L'Évolution créatrice*, passim. Cf. *Introduction à la métaphysique*, 1903; dan *La perception du changement*, Oxford, 1911

⁽²⁾ Lihat karya-karya kami yang baru saja kami kutip

⁽³⁾ Lihat *Matière et Mémoire*, bab I

⁽⁴⁾ Cf. *Essai sur les données immédiates de la conscience*, en particulier p. 82 et suiv

Mungkin ada keengganan untuk menggunakan kata tersebut jika seseorang mengaitkannya dengan makna antropomorfik. Namun sama sekali tidak perlu, untuk membayangkan sesuatu yang berlangsung, mengambil ingatan sendiri dan memindahkannya, bahkan yang sudah dilemahkan, ke dalam hal itu. Betapapun seseorang mengurangi intensitasnya, ia berisiko meninggalkan di dalamnya sampai tingkat tertentu keragaman dan kekayaan kehidupan batin; oleh karena itu ia akan mempertahankan karakter pribadinya, bagaimanapun juga manusiawi. Ini adalah jalan sebaliknya yang harus diikuti. Seseorang harus mempertimbangkan suatu momen dalam perjalanan alam semesta, yaitu sebuah gambaran sesaat yang akan ada terlepas dari kesadaran apa pun, kemudian seseorang akan berusaha membayangkan bersama-sama momen lain yang sedekat mungkin dengan itu, dan dengan demikian memasukkan ke dunia suatu minimum waktu tanpa membiarkan sedikit pun kilatan ingatan melewatinya. Orang akan melihat bahwa itu mustahil. Tanpa ingatan elementer yang menghubungkan dua saat itu satu sama lain, hanya akan ada satu atau yang lain, akibatnya satu saat yang unik, tidak ada sebelum dan sesudah, tidak ada sukseksi, tidak ada waktu. Seseorang dapat memberikan pada ingatan ini hanya apa yang diperlukan untuk membuat hubungan; itu akan, jika Anda mau, hubungan itu sendiri, sekadar perpanjangan dari sebelum ke sesudah yang segera dengan kelupaan yang terus-menerus diperbarui tentang apa yang bukan momen sebelumnya yang segera. Orang tidak akan kurang memperkenalkan ingatan. Sejujurnya, tidak mungkin membedakan antara durasi, betapapun singkatnya, yang memisahkan dua saat dan ingatan yang akan menghubungkannya satu sama lain, karena durasi pada dasarnya adalah kelanjutan dari apa yang tidak ada lagi dalam apa yang ada. Inilah waktu nyata, maksud saya dirasakan dan dialami. Di sini juga waktu apa pun yang dikonsepsikan, karena seseorang tidak dapat membayangkan waktu tanpa mewakilkannya sebagai dirasakan dan dialami. Durasi menyiratkan kesadaran; dan kami menempatkan kesadaran di dasar segala sesuatu dengan fakta itu sendiri bahwa kami mengaitkan waktu yang berlangsung padanya.

Durasi Nyata dan Waktu yang Terukur

Apakah kita meninggalkannya dalam diri kita atau menempatkannya di luar kita, waktu yang berlangsung tidak dapat diukur. Pengukuran yang tidak murni konvensional memang menyiratkan pembagian dan superposisi. Namun seseorang tidak dapat menumpuk durasi-durasi yang berurutan untuk memverifikasi apakah mereka sama atau tidak; berdasarkan hipotesis, yang satu tidak ada lagi ketika yang lain muncul; gagasan kesetaraan yang dapat diamati kehilangan semua makna di sini. Di sisi lain, jika durasi nyata menjadi dapat dibagi, seperti yang akan kita lihat, oleh solidaritas yang terbentuk antara dirinya dan garis yang melambangkannya, ia sendiri terdiri dari kemajuan yang tidak dapat dibagi dan global. Dengarkan melodi dengan menutup mata, hanya memikirkannya, tidak lagi menyusun di atas kertas atau keyboard imajiner not-not yang Anda simpan satu sama lain, yang kemudian setuju untuk menjadi serentak dan melepaskan kontinuitas fluiditas mereka dalam waktu untuk membeku dalam ruang: Anda akan menemukan kembali, tidak terbagi, tidak dapat dibagi, melodi atau bagian melodi yang telah Anda tempatkan kembali dalam durasi murni. Sekarang durasi batin kita, dilihat dari saat pertama hingga terakhir dari kehidupan sadar kita, adalah sesuatu seperti melodi ini. Perhatian kita dapat beralih darinya dan akibatnya dari ketakterbagiannya; tetapi ketika kita mencoba memotongnya, seolah-olah kita menggerakkan pisau dengan tiba-tiba melalui nyala api: kita hanya membagi ruang yang ditempatinya. Ketika kita menyaksikan gerakan yang sangat cepat, seperti bintang jatuh, kita membedakan dengan sangat jelas garis api, yang dapat dibagi sesuka hati, dari mobilitas tak terbagi yang ditunjangnya: mobilitas inilah yang merupakan durasi murni. Waktu Impersonal dan Universal, jika ada, mungkin memanjang tanpa batas dari masa lalu ke masa depan: ia adalah satu kesatuan; bagian-bagian yang kita bedakan hanyalah bagian-bagian dari ruang yang melacaknya dan yang menjadi setara di mata kita; kita membagi yang tergulung, tetapi bukan penggulangan. Bagaimana kita pertama kali beralih dari penggulangan ke yang tergulung, dari durasi murni ke waktu yang terukur? Mudah untuk merekonstruksi mekanisme operasi ini.

Jika saya menggerakkan jari saya di selembar kertas tanpa melihatnya, gerakan yang saya lakukan, dirasakan dari dalam, adalah kontinuitas kesadaran, sesuatu dari aliran saya sendiri, akhirnya durasi. Jika sekarang saya membuka mata, saya melihat jari saya menelusuri di atas kertas garis yang bertahan, di mana semuanya bersebelahan dan bukan lagi suksesi; Saya memiliki yang tergulung, yang merupakan rekaman dari efek gerakan, dan yang juga akan menjadi simbolnya. Sekarang garis ini dapat dibagi, dapat diukur. Dengan membaginya dan mengukurnya, saya kemudian dapat mengatakan, jika itu nyaman bagi saya, bahwa saya membagi dan mengukur durasi gerakan yang menelusurinya.

Memang benar bahwa waktu diukur melalui perantara gerakan. Tetapi harus ditambahkan bahwa, jika pengukuran waktu melalui gerakan ini dimungkinkan, itu terutama karena kita mampu melakukan gerakan kita sendiri dan gerakan ini kemudian memiliki aspek ganda: sebagai sensasi otot, mereka adalah bagian dari arus kehidupan sadar kita, mereka bertahan; sebagai persepsi visual, mereka menggambarkan lintasan, mereka memberi diri mereka ruang. Saya mengatakan "terutama", karena secara ketat seseorang dapat membayangkan makhluk sadar yang terbatas pada persepsi visual dan yang tetap akan sampai pada gagasan waktu yang terukur.

Maka hidupnya harus dihabiskan untuk mengamati gerakan eksternal yang berlanjut tanpa henti. Ia juga harus dapat mengekstrak dari gerakan yang dirasakan dalam ruang, dan yang berpartisipasi dalam keterbagian lintasannya, mobilitas murni, maksud saya solidaritas tanpa gangguan antara sebelum dan sesudah yang diberikan kepada kesadaran sebagai fakta yang tak terbagi: kami membuat perbedaan ini sebelumnya ketika kami berbicara tentang garis api yang dilacak oleh bintang jatuh. Kesadaran seperti itu akan memiliki kontinuitas kehidupan yang terdiri dari perasaan tanpa gangguan dari mobilitas eksternal yang akan terungkap tanpa batas. Dan ketidakterputusan pengungkapan akan tetap berbeda dari jejak yang dapat dibagi yang tertinggal di ruang angkasa, yang masih tergulung. Yang terakhir ini terbagi dan terukur karena merupakan ruang. Yang lainnya adalah durasi. Tanpa penggulangan yang berkelanjutan, tidak akan ada lagi ruang, dan ruang yang tidak lagi menopang durasi, tidak akan lagi mewakili waktu.

Sekarang, tidak ada yang mencegah untuk menganggap bahwa setiap orang menelusuri di ruang angkasa suatu gerakan tanpa gangguan dari awal hingga akhir kehidupan sadarnya. Ia bisa berjalan siang dan malam. Dengan demikian ia akan melakukan perjalanan yang sejajar dengan kehidupan sadarnya. Seluruh kisahnya kemudian akan terungkap dalam Waktu yang Terukur.

Apakah perjalanan seperti inilah yang kita pikirkan ketika berbicara tentang Waktu Impersonal? Tidak sepenuhnya, karena kita menjalani kehidupan sosial dan bahkan kosmik, sebanyak dan lebih dari kehidupan individual. Secara alami kita menggantikan perjalanan yang akan kita lakukan dengan perjalanan orang lain mana pun, kemudian gerakan tak terputus apa pun yang akan bersifat kontemporer dengannya. Saya menyebut "*kontemporer*" dua aliran yang bagi kesadaran saya adalah *satu* atau *dua* tanpa perbedaan, kesadaran saya mempersepsikannya bersama sebagai aliran tunggal jika ia memilih untuk memberikan satu tindakan perhatian yang tak terbagi, membedakannya sepanjang jalan jika ia lebih suka membagi perhatiannya di antara mereka, bahkan melakukan keduanya sekaligus jika ia memutuskan untuk membagi perhatian namun tidak memotongnya menjadi dua. Saya menyebut "*simultan*" dua persepsi instan yang ditangkap dalam satu tindakan pikiran yang sama, perhatian di sini lagi dapat menjadikannya satu atau dua, sesuka hati. Dengan ini ditetapkan, mudah untuk melihat bahwa kita memiliki semua kepentingan untuk mengambil sebagai "*perjalanan waktu*" suatu gerakan yang independen dari tubuh kita sendiri. Sejujurnya, kita sudah menemukannya diambil. Masyarakat telah mengadopsinya untuk kita. Itu adalah gerakan rotasi Bumi. Tetapi jika kita menerimanya, jika kita memahami bahwa itu adalah waktu dan bukan hanya ruang, itu karena perjalanan tubuh kita sendiri selalu ada di sana, virtual, dan itu *dapat* menjadi bagi kita perjalanan waktu.

BAB 6.4.

Tentang Keserentakan yang Langsung Dipersepsikan: Keserentakan Aliran dan Keserentakan dalam Sekejap

Lagipula, tidak penting apakah itu benda bergerak atau lainnya yang kita adopsi sebagai penghitung waktu, begitu kita telah mengeksternalisasi durasi kita sendiri dalam gerakan di ruang, sisanya mengikuti. Mulai sekarang waktu akan muncul kepada kita sebagai perjalanan sebuah benang, yaitu sebagai lintasan benda bergerak yang ditugaskan untuk menghitungnya.

Kita akan mengukur, katakanlah, waktu dari perjalanan ini dan akibatnya juga waktu dari perjalanan universal.

Tetapi segala sesuatu tidak akan tampak berjalan dengan benang, setiap momen aktual alam semesta tidak akan menjadi ujung benang bagi kita, jika kita tidak memiliki konsep keserentakan di tangan. Kita akan segera melihat peran konsep ini dalam teori Einstein. Untuk saat ini, kita ingin menandai dengan baik asal psikologis-nya, yang telah kita sebutkan sepatah kata. Para teoretikus Relativitas hanya berbicara tentang keserentakan dua instan. Sebelum itu, ada yang lain, yang idenya lebih alami: keserentakan dua aliran. Kita akan mengatakan bahwa esensi dari perhatian kita adalah kemampuan untuk membagi diri tanpa terpecah. Ketika kita duduk di tepi sungai, aliran air, luncuran perahu atau terbangnya burung, gumaman tak terputus dari kehidupan dalam kita adalah tiga hal berbeda atau satu hal bagi kita, sesuka hati. Kita dapat menginternalisasikan semuanya, berurusan dengan satu persepsi tunggal yang membawa, tercampur, ketiga aliran dalam jalurnya; atau kita dapat membiarkan dua yang pertama eksternal dan kemudian membagi perhatian kita antara dalam dan luar; atau, lebih baik lagi, kita dapat melakukan keduanya sekaligus, perhatian kita menghubungkan namun memisahkan ketiga aliran, berkat hak istimewa unik yang dimilikinya untuk menjadi satu dan banyak. Inilah ide pertama kita tentang keserentakan. Kita kemudian menyebut simultan dua aliran eksternal yang menempati durasi yang sama karena keduanya berada dalam durasi ketiga yang sama, milik kita: durasi ini hanya milik kita ketika kesadaran kita hanya melihat diri kita sendiri, tetapi ia menjadi sama dengan mereka ketika perhatian kita merangkul ketiga aliran dalam satu tindakan tak terbagi.

Sekarang, dari keserentakan dua aliran kita tidak akan pernah beralih ke keserentakan dua instan jika kita tetap dalam durasi murni, karena setiap durasi tebal: waktu nyata tidak memiliki instan. Tetapi kita secara alami membentuk ide instan, dan juga ide instan simultan, segera setelah kita terbiasa mengubah waktu menjadi ruang. Karena jika durasi tidak memiliki instan, sebuah garis diakhiri oleh titik-titik⁽¹⁾. Dan, sejak saat itu, ke durasi kita membuat garis yang sesuai, ke bagian-bagian garis harus sesuai dengan "*bagian durasi*", dan ke ujung garis sebuah "*ujung durasi*": inilah yang akan menjadi instan — sesuatu yang tidak ada saat ini, tetapi secara virtual. Instan adalah apa yang akan mengakhiri durasi jika berhenti. Tetapi itu tidak berhenti. Waktu nyata tidak dapat menyediakan instan; yang terakhir berasal dari titik matematika, yaitu dari ruang. Namun, tanpa waktu nyata, titik hanyalah titik, tidak akan ada instan. Keserentakan dengan demikian menyiratkan dua hal: kontinuitas waktu nyata, maksud saya durasi, dan waktu yang terspatialisasi, maksud saya garis yang, dijelaskan oleh gerakan, telah menjadi simbolik waktu: waktu yang terspatialisasi ini, yang mencakup titik-titik, memantul pada waktu nyata dan membuat instan muncul. Ini tidak akan mungkin, tanpa kecenderungan — subur dalam ilusi — yang membuat kita menerapkan gerakan *melawan* ruang yang dilalui, untuk membuat lintasan bertepatan dengan perjalanan, dan kemudian menguraikan gerakan yang melintasi garis seperti kita menguraikan garis itu sendiri: jika kita memilih untuk membedakan titik-titik pada garis, titik-titik ini kemudian akan menjadi "*posisi*" benda bergerak (seolah-olah benda itu, bergerak, bisa pernah *bertepatan* dengan sesuatu yang diam! seolah-olah ia tidak akan segera melepaskan diri untuk bergerak!). Kemudian, setelah menandai posisi pada lintasan gerakan, yaitu ujung-ujung subdivisi garis, kita membuatnya sesuai dengan "*instan*" kontinuitas gerakan: sekadar

berhenti virtual, pandangan pikiran belaka. Kami telah menjelaskan mekanisme operasi ini sebelumnya; kami juga telah menunjukkan bagaimana kesulitan yang diajukan oleh para filsuf seputar pertanyaan gerakan lenyap begitu saja begitu seseorang melihat hubungan instan dengan waktu yang terspatialisasi, yang terakhir dengan durasi murni. Di sini kami akan membatasi diri untuk menunjukkan bahwa operasi ini, betapapun tampak canggihnya, adalah alami bagi pikiran manusia; kami mempraktikkannya secara naluriah. Resepnya tersimpan dalam bahasa.

⁽¹⁾ *Bahwa konsep titik matematika adalah alami, diketahui dengan baik oleh mereka yang telah mengajarkan sedikit geometri kepada anak-anak. Pikiran yang paling sulit menerima elemen pertama membayangkan segera, dan tanpa kesulitan, garis tanpa ketebalan dan titik tanpa dimensi.*

Keserentakan dalam seketika dan keserentakan aliran adalah hal yang berbeda, tetapi saling melengkapi. Tanpa keserentakan aliran, kita tidak akan menganggap ketiga istilah ini—kesinambungan kehidupan batin kita, kesinambungan gerakan sukarela yang diperpanjang pikiran kita tanpa batas, kesinambungan gerakan apa pun melintasi ruang—dapat saling menggantikan. Durasi nyata dan waktu yang dispatialisasi karenanya tidak akan setara, dan akibatnya tidak akan ada waktu secara umum bagi kita; yang ada hanyalah durasi masing-masing individu. Namun di sisi lain, waktu ini hanya dapat dihitung berkat keserentakan dalam seketika. Keserentakan dalam seketika ini diperlukan untuk: 1) mencatat keserentakan suatu fenomena dengan petunjuk jam, 2) menandai, sepanjang durasi kita sendiri, keserentakan momen-momen ini dengan momen-momen durasi kita yang diciptakan oleh tindakan penandaan itu sendiri. Dari kedua tindakan ini, yang pertama adalah yang terpenting untuk pengukuran waktu. Tetapi tanpa yang kedua, hanya akan ada pengukuran sembarang, kita akan mendapatkan angka yang mewakili apa saja, kita tidak akan memikirkan waktu. Jadi, keserentakan antara dua momen dari dua gerakan di luar kitalah yang memungkinkan kita mengukur waktu; tetapi keserentakan momen-momen ini dengan momen-momen yang ditandai oleh mereka sepanjang durasi internal kitalah yang membuat pengukuran ini menjadi pengukuran waktu.

BAB 6.5.

Tentang Keserentakan yang Ditunjukkan oleh Jam

Kita akan membahas kedua poin ini lebih mendalam. Tapi mari buka tanda kurung terlebih dahulu. Kita baru saja membedakan dua "*keserentakan dalam seketika*": keduanya bukanlah keserentakan yang paling banyak dibahas dalam teori Relativitas, yakni keserentakan antara petunjuk dua jam yang berjauhan. Yang terakhir ini telah kita bahas di bagian awal karya kita; kita akan membahasnya secara khusus nanti. Tapi jelas teori Relativitas sendiri tidak dapat menghindari mengakui dua keserentakan yang baru kita jelaskan: teori ini hanya akan menambahkan keserentakan ketiga, yang bergantung pada penyetelan jam. Sekarang, kita mungkin akan menunjukkan bahwa petunjuk dua jam H dan H' yang berjauhan, disetel satu sama lain dan menunjukkan waktu yang sama, adalah atau bukan serentak tergantung sudut pandang. Teori Relativitas berhak mengatakan ini—kita akan lihat dalam kondisi apa. Tapi dengan ini teori mengakui bahwa suatu peristiwa E , yang terjadi di dekat jam H , diberikan secara serentak dengan petunjuk jam H dalam arti yang sangat berbeda—dalam arti yang diberikan

psikolog pada kata keserentakan. Demikian pula untuk keserentakan peristiwa E' dengan petunjuk jam "terdekat" H' . Karena jika kita tidak mulai dengan mengakui keserentakan semacam ini, yang mutlak dan tidak ada hubungannya dengan penyetelan jam, jam-jam itu tidak akan berguna. Jam-jam itu hanyalah mesin yang bisa dibanding-bandingkan untuk bersenang-senang; jam-jam itu tidak digunakan untuk mengklasifikasikan peristiwa; singkatnya, jam-jam itu ada untuk diri mereka sendiri dan bukan untuk melayani kita. Jam-jam itu akan kehilangan alasan keberadaannya bagi teoretikus Relativitas maupun siapa pun, karena dia juga hanya menggunakannya untuk menandai waktu suatu peristiwa. Sekarang, sangat benar bahwa keserentakan yang dipahami seperti ini hanya dapat diamati antara momen-momen dua aliran jika aliran-aliran itu melewati "tempat yang sama". Juga benar bahwa akal sehat, bahkan sains itu sendiri hingga saat ini, telah memperluas *a priori* konsepsi keserentakan ini ke peristiwa-peristiwa yang dipisahkan oleh jarak berapa pun. Mereka mungkin membayangkan, seperti yang kita katakan sebelumnya, kesadaran yang meliputi seluruh alam semesta, mampu mencakup dua peristiwa dalam persepsi tunggal dan seketika. Tapi terutama, mereka menerapkan prinsip yang melekat pada semua representasi matematis tentang hal-hal, dan yang juga berlaku untuk teori Relativitas. Di sana kita akan menemukan gagasan bahwa perbedaan antara "kecil" dan "besar", "dekat" dan "jauh", tidak memiliki nilai ilmiah, dan bahwa jika kita dapat berbicara tentang keserentakan di luar penyetelan jam, terlepas dari sudut pandang apa pun, ketika menyangkut suatu peristiwa dan jam yang berdekatan, kita juga berhak melakukannya ketika jaraknya jauh antara jam dan peristiwa, atau antara dua jam. Tidak akan ada fisika, astronomi, atau sains yang mungkin, jika kita menolak hak ilmuwan untuk menggambarkan secara skematis keseluruhan alam semesta di selembar kertas. Jadi secara implisit kita mengakui kemungkinan untuk mengurangi tanpa mendistorsi. Kita beranggapan bahwa dimensi bukanlah sesuatu yang mutlak, bahwa yang ada hanyalah hubungan antara dimensi, dan bahwa semuanya akan terjadi dengan cara yang sama dalam alam semesta yang diperkecil sesuka hati jika hubungan antar bagian dipertahankan. Tapi bagaimana kemudian mencegah imajinasi kita, bahkan pemahaman kita, memperlakukan keserentakan petunjuk dua jam yang sangat berjauhan seperti keserentakan dua jam yang berdekatan, yaitu terletak "di tempat yang sama"? Seekor mikroba yang cerdas akan menemukan jarak yang sangat besar antara dua jam "terdekat"; dan dia tidak akan mengakui adanya keserentakan mutlak, yang dipersepsikan secara intuitif, antara petunjuk mereka. Lebih Einsteinian daripada Einstein, dia hanya akan berbicara tentang keserentakan di sini jika dia dapat mencatat petunjuk identik pada dua jam mikroba, disetel satu sama lain dengan sinyal optik, yang dia gantikan untuk dua jam "terdekat" kita. Keserentakan yang mutlak di mata kita akan relatif baginya, karena dia akan melaporkan keserentakan mutlak ke petunjuk dua jam mikroba yang dia lihat pada gilirannya (yang juga akan salah dia lihat) "di tempat yang sama". Tapi tidak penting untuk saat ini: kita tidak mengkritik konsepsi Einstein; kita hanya ingin menunjukkan apa yang mendasari perluasan alami yang selalu dilakukan terhadap gagasan keserentakan, setelah mengambilnya dari pengamatan dua peristiwa "terdekat". Analisis ini, yang belum pernah dicoba sampai sekarang, mengungkapkan sebuah fakta yang bisa dimanfaatkan teori Relativitas. Kita melihat bahwa, jika pikiran kita beralih dengan begitu mudah dari jarak kecil ke jarak besar, dari keserentakan antara peristiwa terdekat ke keserentakan antara peristiwa jauh, jika ia memperluas karakter mutlak dari kasus pertama ke kasus kedua, itu karena ia terbiasa percaya bahwa dimensi semua hal dapat diubah secara sewenang-wenang, asalkan hubungan-hubungannya dipertahankan. Tapi

sekarang saatnya menutup tanda kurung. Mari kembali ke keserentakan yang dipersepsikan secara intuitif yang kita bicarakan sebelumnya dan dua proposisi yang telah kita nyatakan: 1) keserentakan antara dua momen dari dua gerakan di luar kitalah yang memungkinkan kita mengukur selang waktu; 2) keserentakan momen-momen ini dengan momen-momen yang ditandai oleh mereka sepanjang durasi internal kitalah yang membuat pengukuran ini menjadi pengukuran waktu.

B A B 6 . 6 .

Waktu yang Terungkai

Poin pertama jelas. Telah kita lihat sebelumnya bagaimana durasi batin tereksternalisasi menjadi waktu terspatialisasi dan bagaimana yang terakhir ini, lebih merupakan ruang daripada waktu, dapat diukur. Melalui perantaranya, kita akan mengukur setiap interval waktu. Setelah membaginya menjadi bagian-bagian yang sesuai dengan ruang-ruang setara—yang secara definisi setara—kita akan memiliki di setiap titik pembagian sebuah ujung interval, sebuah momen, dan kita akan mengambil interval itu sendiri sebagai satuan waktu. Kita kemudian dapat mempertimbangkan setiap gerakan yang terjadi di samping gerakan model ini, setiap perubahan: sepanjang proses ini kita akan menandai "*keserentakan dalam seketika*". Sebanyak keserentakan yang kita amati, sebanyak itu pula satuan waktu yang kita hitung untuk durasi fenomena tersebut. Mengukur waktu berarti menghitung keserentakan. Setiap pengukuran lain menyiratkan kemungkinan menumpuk satuan ukur secara langsung atau tidak langsung pada objek yang diukur. Setiap pengukuran lain menyangkut interval-interval antara ujung-ujungnya, bahkan ketika kita hanya menghitung ujung-ujung tersebut. Namun, ketika menyangkut waktu, kita hanya dapat menghitung ujung-ujungnya: kita *bersepakat* untuk mengatakan bahwa dengan itu kita telah mengukur intervalnya. Jika kita perhatikan bahwa ilmu pengetahuan beroperasi secara eksklusif pada pengukuran, kita akan menyadari bahwa dalam hal waktu, ilmu pengetahuan menghitung momen-momen, mencatat keserentakan, tetapi tetap tidak dapat mengakses apa yang terjadi dalam interval-intervalnya. Ia dapat memperbanyak jumlah ujung tanpa batas, mempersempit interval tanpa batas; namun interval selalu luput darinya, hanya menunjukkan ujung-ujungnya. Jika semua gerakan di alam semesta tiba-tiba dipercepat dalam proporsi yang sama, termasuk yang menjadi pengukur waktu, akan ada perubahan bagi kesadaran yang tidak terikat pada gerakan molekuler intra-serebral; antara terbit dan terbenamnya matahari ia tidak akan menerima pengayaan yang sama; ia akan menyadari perubahan; bahkan, hipotesis percepatan serentak semua gerakan alam semesta hanya masuk akal jika kita membayangkan kesadaran pengamat yang durasinya seluruhnya kualitatif memungkinkan lebih atau kurang tanpa dapat diukur⁽¹⁾. Namun perubahan itu hanya akan ada bagi kesadaran yang mampu membandingkan aliran segala sesuatu dengan aliran kehidupan batin. Di mata ilmu pengetahuan, tidak akan ada perubahan. Mari kita melangkah lebih jauh. Kecepatan penguraian Waktu eksternal dan matematis ini dapat menjadi tak terhingga, semua keadaan masa lalu, kini, dan masa depan alam semesta dapat diberikan sekaligus, sebagai pengganti penguraian mungkin hanya ada yang terurai: gerakan representatif Waktu akan menjadi sebuah garis; pada setiap pembagian garis ini akan sesuai bagian yang sama dari alam

semesta terurai yang sebelumnya sesuai dalam alam semesta yang sedang terurai; tidak ada yang berubah di mata ilmu pengetahuan. Rumus dan perhitungannya akan tetap seperti adanya.

⁽¹⁾ Jelas bahwa hipotesis akan kehilangan maknanya jika kesadaran direpresentasikan sebagai "epifenomena", tambahan pada fenomena otak yang hanya menjadi hasil atau ekspresinya. Kita tidak dapat membahas lebih lanjut teori kesadaran-fenomen ini di sini, yang semakin dianggap sewenang-wenang. Kami telah membahasnya secara rinci dalam beberapa karya kami, terutama dalam tiga bab pertama Materi dan Memori dan dalam berbagai esai Energi Spiritual. Kami hanya akan mengingatkan: 1° teori ini tidak berasal dari fakta; 2° asal-usul metafisisnya mudah ditemukan; 3° jika diartikan secara harfiah, ia akan bertentangan dengan dirinya sendiri (pada poin terakhir ini, dan pada osilasi yang disiratkan teori antara dua pernyataan kontradiktif, lihat halaman 203-223 Energi Spiritual). Dalam karya ini, kami mengambil kesadaran sebagaimana diberikan oleh pengalaman, tanpa membuat hipotesis tentang sifat dan asal-usulnya.

BAB 6.7.

Waktu terurai dan dimensi keempat

Memang benar bahwa pada saat tepat ketika kita beralih dari penguraian menjadi yang terurai, kita harus melengkapi ruang dengan dimensi tambahan. Kami telah menunjukkan, lebih dari tiga puluh tahun lalu ⁽¹⁾, bahwa waktu terspatialisasi pada hakikatnya adalah dimensi keempat ruang. Hanya dimensi keempat inilah yang memungkinkan kita menyandingkan apa yang diberikan dalam sukseksi: tanpanya, kita tidak akan memiliki tempat. Apakah alam semesta memiliki tiga dimensi, atau dua, atau satu, atau bahkan tidak sama sekali dan menyusut menjadi satu titik, kita selalu dapat mengubah sukseksi tak terbatas semua peristiwanya menjadi penyandingan seketika atau abadi hanya dengan memberinya dimensi tambahan. Jika tidak memiliki dimensi apa pun, menyusut menjadi satu titik yang terus-menerus berubah kualitas, kita dapat menganggap kecepatan sukseksi kualitas menjadi tak terhingga dan *titik-titik kualitas* ini diberikan sekaligus, asalkan kita membawa garis tempat titik-titik itu disandingkan ke dunia tanpa dimensi ini. Jika sudah memiliki satu dimensi, jika bersifat linear, diperlukan dua dimensi untuk menyandingkan *garis-garis kualitas*—masing-masing tak terbatas—yang merupakan momen-momen suksesif dalam sejarahnya. Pengamatan yang sama berlaku jika memiliki dua dimensi, jika itu adalah alam semesta superfisial, kanvas tak terbatas tempat gambar-gambar datar terpampang tanpa henti, masing-masing menempati seluruhnya: kecepatan sukseksi gambar-gambar ini masih dapat menjadi tak terhingga, dan dari alam semesta yang terurai kita akan kembali ke alam semesta terurai, asalkan kita diberi dimensi tambahan. Kita kemudian akan memiliki, bertumpuk satu sama lain, semua kanvas tak berujung yang memberi kita semua gambar suksesif yang menyusun seluruh sejarah alam semesta; kita akan memilikinya bersama-sama; tetapi dari alam semesta datar kita harus beralih ke alam semesta volumetrik. Jadi mudah dipahami bagaimana sekadar menganggap waktu memiliki kecepatan tak terhingga, menggantikan yang terurai dengan penguraian, akan memaksa kita untuk melengkapi alam semesta padat kita dengan dimensi keempat. Namun, karena ilmu pengetahuan tidak dapat menentukan "*kecepatan penguraian*" waktu, karena ia menghitung keserentakan tetapi dengan sengaja mengabaikan interval-intervalnya, ia berurusan dengan waktu yang kecepatan penguraiannya dapat kita anggap tak terhingga, dan dengan demikian secara virtual memberikan dimensi tambahan pada ruang.

⁽¹⁾ Esai tentang Data Kesadaran Langsung, hlm. 83.

Imanen dalam pengukuran waktu kita adalah kecenderungan untuk mengosongkan isinya ke dalam ruang empat dimensi di mana masa lalu, kini, dan masa depan disandingkan atau

ditumpuk untuk selamanya. Kecenderungan ini hanya mengungkapkan ketidakmampuan kita untuk menerjemahkan waktu itu sendiri secara matematis, kebutuhan kita untuk menggantinya, untuk mengukurnya, dengan keserentakan yang kita hitung: keserentakan ini adalah ketakterjangkauan; mereka tidak berpartisipasi dalam sifat waktu nyata; mereka tidak bertahan. Mereka hanyalah pandangan pikiran, yang menandai perhentian virtual dalam durasi sadar dan gerakan nyata, menggunakan untuk tujuan ini titik matematis yang telah dipindahkan dari ruang ke waktu.

Namun jika ilmu pengetahuan kita hanya mencapai ruang, mudah dipahami mengapa dimensi ruang yang menggantikan waktu masih disebut waktu. Itu karena kesadaran kita hadir di sana. Ia meniupkan kembali durasi hidup ke dalam waktu yang telah dikeringkan menjadi ruang. Pikiran kita, menafsirkan waktu matematis, menelusuri kembali jalan yang telah dilaluinya untuk memperolehnya. Dari durasi internal ia telah beralih ke suatu gerakan tak terbagi yang masih erat terikat padanya dan yang menjadi gerakan model, penghasil atau penghitung Waktu; dari apa yang murni mobilitas dalam gerakan ini, yang merupakan penghubung antara gerakan dengan durasi, ia telah beralih ke lintasan gerakan, yang murni ruang: dengan membagi lintasan menjadi bagian-bagian yang sama, ia telah beralih dari titik-titik pembagian lintasan ini ke titik-titik pembagian yang bersesuaian atau "serempak" dari lintasan gerakan lain mana pun: durasi gerakan terakhir ini dengan demikian terukur; kita memperoleh sejumlah simultanitas tertentu; ini akan menjadi ukuran waktu; ini akan menjadi waktu itu sendiri. Namun ini disebut waktu hanya karena kita dapat merujuk kembali pada apa yang telah kita lakukan. Dari simultanitas-simultanitas yang menandai kontinuitas gerakan-gerakan, kita selalu siap untuk kembali ke gerakan-gerakan itu sendiri, dan melalui mereka ke durasi internal yang sezaman dengannya, sehingga menggantikan serangkaian simultanitas dalam sekejap, yang kita hitung tetapi yang bukan lagi waktu, dengan simultanitas aliran yang membawa kita kembali ke durasi internal, ke durasi yang nyata.

Beberapa orang mungkin bertanya-tanya apakah berguna untuk kembali ke sana, dan apakah ilmu pengetahuan justru tidak memperbaiki ketidaksempurnaan pikiran kita, menghilangkan batasan kodrat kita, dengan menyebarkan "durasi murni" dalam ruang. Mereka akan berkata: *"Waktu yang merupakan durasi murni selalu dalam proses mengalir; kita hanya menangkap masa lalu dan masa kini darinya, yang sudah menjadi masa lalu; masa depan tampak tertutup bagi pengetahuan kita, justru karena kita meyakini terbuka bagi tindakan kita — janji atau harapan akan kebaruan yang tak terduga. Tetapi operasi yang dengannya kita mengubah waktu menjadi ruang untuk mengukurnya secara implisit memberi kita informasi tentang isinya. Pengukuran suatu hal terkadang mengungkapkan sifatnya, dan ekspresi matematis di sini justru memiliki keajaiban: diciptakan oleh kita atau muncul atas panggilan kita, ia melakukan lebih dari yang kita minta; karena kita tidak dapat mengubah waktu yang telah berlalu menjadi ruang tanpa memperlakukan seluruh Waktu dengan cara yang sama: tindakan yang dengannya kita memperkenalkan masa lalu dan masa kini ke dalam ruang, tanpa berkonsultasi dengan kita, menyebarkan masa depan di sana. Masa depan ini tentu masih tersembunyi di balik layar; tetapi kita memilikinya di sana sekarang, sudah jadi, diberikan bersama sisanya. Bahkan, apa yang kita sebut sebagai pengaliran waktu hanyalah pergeseran terus-menerus dari layar dan penglihatan yang diperoleh secara bertahap dari apa yang menunggu, secara keseluruhan, dalam keabadian. Mari kita ambil durasi ini sebagaimana adanya, sebagai suatu negasi, sebagai*

penghalang yang terus-mundur untuk melihat segalanya: tindakan-tindakan kita sendiri tidak akan lagi tampak sebagai sumbangsih kebaruan yang tak terduga. Mereka adalah bagian dari jalinan semesta hal-hal, yang diberikan sekaligus. Kita tidak memperkenalkannya ke dunia; dunia yang memperkenalkannya kepada kita dalam bentuk jadi, ke dalam kesadaran kita, seiring kita mencapainya. Ya, kitalah yang melewati ketika kita mengatakan bahwa waktu berlalu; gerakan maju penglihatan kitalah yang mengaktualisasikan, momen demi momen, suatu sejarah yang secara virtual diberikan seluruhnya" — Demikianlah metafisika yang melekat pada representasi spasial waktu. Ini tak terhindarkan. Terpisah atau bingung, ia selalu menjadi metafisika alami dari pikiran yang berspekulasi tentang menjadi. Kita tidak perlu membahasnya di sini, apalagi menggantinya dengan yang lain. Kita telah mengatakan di tempat lain mengapa kita melihat dalam durasi itu sendiri bahan dasar keberadaan kita dan segala sesuatu, dan bagaimana alam semesta dalam pandangan kita adalah suatu kontinuitas penciptaan. Dengan demikian kita tetap sedekat mungkin dengan yang langsung; kita tidak menegaskan apa pun yang tidak dapat diterima dan digunakan oleh ilmu pengetahuan; baru-baru ini, dalam sebuah buku yang mengagumkan, seorang matematikawan filsuf menegaskan perlunya mengakui suatu "*kemajuan Alam*" dan menghubungkan konsep ini dengan konsep kita ⁽¹⁾. Untuk saat ini, kita hanya membatasi diri untuk menelusuri garis demarkasi antara apa yang merupakan hipotesis, konstruksi metafisika, dan apa yang merupakan data murni dan sederhana dari pengalaman, karena kita ingin berpegang pada pengalaman. Durasi nyata dialami; kita mengamati bahwa waktu berjalan, dan di sisi lain kita tidak dapat mengukurnya tanpa mengubahnya menjadi ruang dan menganggap terurai semua yang kita ketahui tentangnya. Namun, mustahil untuk menspatialisasikan hanya sebagian darinya melalui pikiran; tindakan, sekali dimulai, yang dengannya kita mengurai masa lalu dan dengan demikian menghapus kesinambungan nyata, menarik kita pada penguraian total waktu; dengan demikian kita secara tak terelakkan dibawa untuk menyalahkan ketidaksempurnaan manusia atas ketidaktahuan kita akan masa depan yang akan menjadi masa kini dan untuk menganggap durasi sebagai negasi murni, suatu "*kekurangan keabadian*". Secara tak terelakkan kita kembali ke teori Platonis. Tetapi karena konsepsi ini *harus* muncul dari fakta bahwa kita tidak memiliki cara untuk membatasi masa lalu pada representasi spasial kita tentang waktu yang telah berlalu, adalah *mungkin* bahwa konsepsi itu keliru, dan bagaimanapun juga *pasti* bahwa itu adalah konstruksi pikiran belaka. Mari kita berpegang pada pengalaman.

⁽¹⁾ Whitehead, *The Concept of Nature*, Cambridge, 1920. Karya ini (yang memperhitungkan teori Relativitas) pastilah salah satu yang paling mendalam yang pernah ditulis tentang filsafat alam.

Jika waktu memiliki realitas positif, jika keterlambatan durasi terhadap kecepatan sesaat mewakili suatu keraguan atau ketidaktentuan yang melekat pada bagian tertentu dari segala sesuatu yang menggantungkan seluruh sisanya, akhirnya jika ada evolusi kreatif, saya sangat memahami bahwa bagian waktu yang telah terurai muncul sebagai penjajaran dalam ruang dan bukan lagi sebagai suksesi murni; saya juga memahami bahwa seluruh bagian alam semesta yang terikat secara matematis dengan masa kini dan masa lalu — yaitu penguraian masa depan dunia anorganik — dapat direpresentasikan melalui skema yang sama (kami telah menunjukkan sebelumnya bahwa dalam bidang astronomi dan fisika, *prediksi* pada hakikatnya adalah *penglihatan*). Tergambar bahwa suatu filsafat di mana durasi dianggap nyata dan bahkan aktif dapat dengan baik menerima Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein (di mana dimensi keempat

yang disebut waktu tidak lagi, seperti dalam contoh kita sebelumnya, merupakan dimensi yang sepenuhnya dapat disamakan). Sebaliknya, Anda takkan pernah menyimpulkan gagasan tentang aliran temporal dari skema Minkowski. Bukankah lebih baik berpegang pada salah satu dari dua sudut pandang yang tidak mengorbankan pengalaman apa pun, dan akibatnya — tanpa prasangka — tidak mengorbankan penampakan? Bagaimana pula menolak total pengalaman internal jika seseorang adalah fisikawan, yang beroperasi pada persepsi dan karenanya pada data kesadaran? Memang benar bahwa doktrin tertentu menerima kesaksian indera, yaitu kesadaran, untuk memperoleh istilah-istilah di mana hubungan dapat dibangun, kemudian hanya mempertahankan hubungan-hubungan tersebut dan menganggap istilah-istilahnya tidak ada. Namun ini adalah metafisika yang dicangkokkan pada sains, bukan sains itu sendiri. Dan sejujurnya, melalui abstraksi kita membedakan istilah-istilah, juga melalui abstraksi hubungan-hubungan: suatu kontinum fluida di mana kita menarik istilah dan hubungan sekaligus dan yang, di atas semuanya, merupakan fluiditas, itulah satu-satunya data langsung dari pengalaman.

Namun kita harus menutup tanda kurung yang terlalu panjang ini. Kami yakin telah mencapai tujuan kami, yaitu menentukan karakteristik waktu di mana benar-benar terjadi suksesi. Hapus karakteristik ini; tidak ada lagi suksesi, hanya penjajaran. Anda dapat mengatakan bahwa Anda masih berurusan dengan waktu — seseorang bebas memberi makna pada kata-kata sesuka hati, asalkan didefinisikan terlebih dahulu — tetapi kami akan tahu bahwa ini bukan lagi waktu yang dialami; kami akan berhadapan dengan waktu simbolis dan konvensional, besaran tambahan yang diperkenalkan untuk menghitung besaran nyata. Mungkin karena tidak menganalisis terlebih dahulu representasi kita tentang waktu yang mengalir, perasaan kita tentang durasi nyata, orang kesulitan menentukan makna filosofis teori Einstein, maksud saya hubungannya dengan realitas. Mereka yang terganggu oleh penampakan paradoks teori tersebut mengatakan bahwa Waktu Berganda Einstein hanyalah entitas matematis murni. Tetapi mereka yang ingin melarutkan segala sesuatu ke dalam hubungan, yang menganggap setiap realitas, bahkan milik kita, sebagai matematika yang samar-samar terlihat, akan dengan senang hati mengatakan bahwa Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein adalah realitas itu sendiri, bahwa semua Waktu Einstein sama-sama nyata, sebanyak dan mungkin lebih dari waktu yang mengalir bersama kita. Di kedua sisi, orang terburu-buru. Kami baru saja mengatakan, dan akan menunjukkan lebih detail nanti, mengapa teori Relativitas tidak dapat mengekspresikan seluruh realitas. Tetapi tidak mungkin tidak mengekspresikan realitas apa pun. Karena waktu yang terlibat dalam eksperimen Michelson-Morley adalah waktu nyata; — nyata pula waktu di mana kita kembali dengan penerapan rumus Lorentz. Jika seseorang berangkat dari waktu nyata untuk sampai pada waktu nyata, mungkin telah menggunakan tipu daya matematika di antaranya, tetapi tipu daya ini harus memiliki hubungan tertentu dengan segala sesuatu. Jadi, bagian yang nyata dan bagian yang konvensional itulah yang perlu dilakukan. Analisis kami hanya dimaksudkan untuk mempersiapkan pekerjaan ini.

B A B 6 . 8 .

Pada tanda apa kita akan mengenali bahwa suatu Waktu adalah nyata

Namun kita baru saja mengucapkan kata "*realitas*"; dan terus-menerus, dalam uraian berikut, kita akan berbicara tentang apa yang nyata, apa yang tidak. Apa yang akan kita maksud dengan ini? Jika kita harus mendefinisikan realitas secara umum, mengatakan dengan tanda apa ia dikenali, kita tidak dapat melakukannya tanpa memasukkan diri ke dalam suatu aliran: para filsuf tidak sepakat, dan masalah ini telah menerima solusi sebanyak nuansa yang dimiliki realisme dan idealisme. Kita juga harus membedakan antara sudut pandang filsafat dan sains: yang pertama lebih menganggap nyata hal yang konkret, penuh dengan kualitas; yang kedua mengekstrak atau mengabstraksi aspek tertentu dari segala sesuatu, dan hanya mempertahankan apa yang besaran atau hubungan antara besaran. Untungnya kita hanya perlu membahas satu realitas, waktu. Dalam kondisi ini, akan mudah bagi kita untuk mengikuti aturan yang kita tetapkan dalam esai ini: tidak menyatakan apa pun yang tidak dapat diterima oleh filsuf mana pun, ilmuwan mana pun — bahkan apa pun yang tidak tersirat dalam semua filsafat dan semua sains.

Semua orang tentu akan setuju bahwa kita tidak dapat membayangkan waktu tanpa sebuah *sebelum* dan *sesudah*: waktu adalah sukseksi. Namun kita baru saja menunjukkan bahwa di mana tidak ada ingatan, kesadaran, nyata atau virtual, yang diamati atau dibayangkan, hadir secara efektif atau diperkenalkan secara ideal, tidak mungkin ada sebuah *sebelum* dan *sesudah*: yang ada hanyalah salah satunya, tidak ada keduanya; dan kita membutuhkan keduanya untuk menciptakan waktu. Oleh karena itu, dalam pembahasan selanjutnya, ketika kita ingin mengetahui apakah kita berhadapan dengan waktu yang nyata atau fiktif, kita hanya perlu bertanya apakah objek yang disajikan kepada kita dapat atau tidak dapat dipersepsikan, menjadi sadar. Kasus ini istimewa; bahkan unik. Jika menyangkut warna, misalnya, kesadaran memang ikut campur di awal penelitian untuk memberi fisikawan persepsi tentang hal tersebut; tetapi fisikawan berhak dan berkewajiban untuk menggantikan data kesadaran dengan sesuatu yang terukur dan terhitung yang akan dioperasikannya selanjutnya, hanya menyisakan nama persepsi asli demi kenyamanan. Ia dapat melakukan ini karena, meskipun persepsi asli dihilangkan, sesuatu tetap ada atau setidaknya dianggap tetap ada. Tetapi apa yang tersisa dari waktu jika Anda menghilangkan sukseksi? Dan apa yang tersisa dari sukseksi jika Anda menyingkirkan kemungkinan mempersepsikan sebuah *sebelum* dan *sesudah*? Saya mengakui hak Anda untuk menggantikan waktu dengan sebuah garis, misalnya, karena waktu memang harus diukur. Tetapi sebuah garis hanya boleh disebut waktu di mana penjumlahan yang ditawarkannya dapat dikonversi menjadi sukseksi; jika tidak, Anda akan meninggalkan nama waktu untuk garis ini secara arbitrer, konvensional: Anda harus memberi tahu kami, agar kami tidak mengalami kebingungan yang serius. Bagaimana jika Anda memperkenalkan hipotesis bahwa hal yang disebut oleh Anda "*waktu*" tidak dapat, tanpa kontradiksi, dipersepsikan oleh kesadaran, nyata atau imajiner? Bukankah itu berarti, menurut definisi, Anda beroperasi pada waktu fiktif, tidak nyata? Dan inilah kasusnya dengan waktu-waktu yang sering kita temui dalam teori Relativitas. Kita akan menemukan waktu yang dipersepsikan atau dapat dipersepsikan; yang ini dapat dianggap nyata. Tetapi ada waktu lain yang oleh teori dilarang, dalam arti tertentu, untuk dipersepsikan atau menjadi dapat dipersepsikan: jika mereka menjadi demikian, mereka akan berubah besarnya—sedemikian rupa sehingga pengukuran, akurat jika dilakukan pada apa yang tidak terlihat, akan menjadi salah segera setelah terlihat. Yang ini, bagaimana tidak menyatakannya tidak nyata, setidaknya sebagai "*temporal*"? Saya akui bahwa fisikawan merasa nyaman menyebutnya sebagai waktu;—kita akan segera melihat alasannya. Tetapi jika kita menyamakan Waktu-waktu ini

dengan yang lain, kita jatuh ke dalam paradoks yang pasti merugikan teori Relativitas, meskipun telah berkontribusi membuatnya populer. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika properti untuk dipersepsikan atau dapat dipersepsikan dituntut oleh kami, dalam penelitian ini, untuk semua yang ditawarkan kepada kami sebagai sesuatu yang nyata. Kami tidak akan memutuskan apakah semua realitas memiliki karakter ini. Di sini hanya menyangkut realitas waktu.

B A B 7.

Tentang Pluralitas Waktu

Waktu-Waktu Berganda dan Melambat dalam Teori Relativitas

Mari kita akhirnya sampai pada Waktu Einstein, dan ulangi semua yang telah kita katakan dengan terlebih dahulu mengasumsikan eter yang diam. Inilah Bumi bergerak pada orbitnya. Perangkat Michelson-Morley ada di sana. Eksperimen dilakukan; diulang pada berbagai waktu sepanjang tahun dan karenanya untuk kecepatan variabel planet kita. Sinar cahaya selalu berperilaku seolah-olah Bumi diam. Itulah faktanya. Di mana penjelasannya?

Tetapi pertama-tama, mengapa berbicara tentang kecepatan planet kita? Apakah Bumi, secara absolut, bergerak melalui ruang? Jelas tidak; kita berada dalam hipotesis Relativitas dan tidak ada lagi gerakan absolut. Ketika Anda berbicara tentang orbit yang dilalui Bumi, Anda menempatkan diri pada sudut pandang yang dipilih secara arbitrer, yaitu penduduk Matahari (Matahari yang menjadi layak huni). Anda memilih untuk mengadopsi sistem referensi ini. Tetapi mengapa sinar cahaya yang dipancarkan ke cermin perangkat Michelson-Morley harus memperhatikan fantasi Anda? Jika semua yang benar-benar terjadi adalah perpindahan timbal balik Bumi dan Matahari, kita dapat mengambil Matahari atau Bumi atau observatorium lain sebagai sistem referensi. Mari kita pilih Bumi. Masalahnya lenyap baginya. Tidak perlu lagi bertanya mengapa pinggiran interferensi mempertahankan penampilan yang sama, mengapa hasil yang sama diamati kapan saja sepanjang tahun. Itu semata-mata karena Bumi diam.

Memang benar masalah itu kemudian muncul kembali di mata kita untuk penduduk Matahari, misalnya. Saya katakan "*di mata kita*", karena bagi seorang fisikawan matahari pertanyaan itu tidak lagi menyangkut Matahari: sekarang Bumi yang bergerak. Singkatnya, masing-masing dari dua fisikawan akan kembali mengajukan masalah untuk sistem yang bukan miliknya.

Masing-masing dari mereka akan menemukan diri dalam situasi di mana Pierre sebelumnya berhadapan dengan Paul. Pierre berada di dalam eter yang diam; dia menghuni sistem istimewa S . Dia melihat Paul, yang terbawa dalam gerakan sistem bergerak S' , melakukan eksperimen yang sama dengannya dan menemukan kecepatan cahaya yang sama, padahal kecepatan itu seharusnya dikurangi oleh kecepatan sistem bergerak. Fakta itu dijelaskan oleh perlambatan waktu, pengerutan panjang, dan pemecahan keserentakan yang disebabkan oleh gerakan dalam S' . Sekarang, tidak ada lagi gerakan mutlak, dan akibatnya tidak ada lagi diam mutlak: dari dua sistem, yang berada dalam keadaan perpindahan timbal balik, masing-masing akan diimobilisasi bergantian oleh dekrit yang menetapkannya sebagai sistem acuan. Namun, selama konvensi ini dipertahankan, seseorang dapat mengulangi tentang sistem yang diimobilisasi apa yang

sebelumnya dikatakan tentang sistem yang benar-benar diam, dan tentang sistem yang dimobilisasi apa yang berlaku untuk sistem bergerak yang benar-benar melintasi eter. Untuk mempermudah, mari kita sebut lagi S dan S' dua sistem yang saling berpindah satu sama lain. Dan, untuk menyederhanakan, anggaplah seluruh alam semesta tereduksi menjadi dua sistem ini. Jika S adalah sistem acuan, fisikawan yang berada di S , mempertimbangkan bahwa rekannya di S' menemukan kecepatan cahaya yang sama dengannya, akan menafsirkan hasilnya seperti yang kita lakukan sebelumnya. Dia akan berkata: "Sistem bergerak dengan kecepatan v relatif terhadap saya yang diam. Namun, eksperimen Michelson-Morley memberikan hasil yang sama di sana seperti di sini. Oleh karena itu, akibat gerakan, terjadi kontraksi dalam arah perpindahan sistem; panjang l menjadi $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Terkait dengan kontraksi panjang ini, ada juga dilatasi waktu: di mana sebuah jam di S' menghitung sejumlah detik t' , sebenarnya telah berlalu $\frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Akhirnya, ketika jam-jam di S' , yang tersusun sepanjang arah gerakannya dan dipisahkan satu sama lain oleh jarak l , menunjukkan waktu yang sama, saya melihat bahwa sinyal yang pergi dan datang antara dua jam berturut-turut tidak menempuh lintasan yang sama saat pergi dan pulang, seperti yang dipercayai oleh fisikawan di dalam sistem S' yang tidak menyadari gerakannya: di mana jam-jam ini menandai keserentakan baginya, mereka sebenarnya menunjukkan momen-momen berurutan yang dipisahkan oleh $\frac{lv}{c^2}$ detik dari jam-jamnya, dan karenanya oleh $\frac{lv}{c^2\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ detik dari jam saya". Demikianlah penalaran fisikawan di S .

Dan, dalam membangun representasi matematis integral alam semesta, dia tidak akan menggunakan pengukuran ruang dan waktu yang diambil oleh rekannya dari sistem S' kecuali setelah memberlakukan transformasi Lorentz pada mereka.

Tetapi fisikawan dari sistem S' akan melakukan hal yang sama persis. Menyatakan dirinya diam, dia akan mengulangi tentang S semua yang rekannya di S katakan tentang S' . Dalam representasi matematis yang akan dia bangun tentang alam semesta, dia akan menganggap akurat dan definitif pengukuran yang dia lakukan sendiri di dalam sistemnya, tetapi dia akan mengoreksi menurut rumus Lorentz semua pengukuran yang dilakukan oleh fisikawan yang terikat pada sistem S .

Dengan demikian akan diperoleh dua representasi matematis alam semesta, sangat berbeda satu sama lain jika kita mempertimbangkan angka-angka yang tercantum di dalamnya, identik jika kita memperhitungkan hubungan yang mereka tunjukkan melalui angka-angka tersebut di antara fenomena-fenomena — hubungan yang kita sebut hukum-hukum alam. Perbedaan ini, lebih jauh, adalah syarat identitas itu sendiri. Ketika seseorang mengambil berbagai foto suatu objek dengan berputar mengelilinginya, variabilitas detail hanya menerjemahkan invariansi hubungan yang dimiliki detail-detail tersebut di antara mereka, yaitu ketetapan objek tersebut.

Kita kemudian kembali ke Waktu-waktu Jamak, keserentakan-keserentakan yang akan menjadi sukseksi dan sukseksi-sukseksi yang akan menjadi keserentakan, panjang-panjang yang harus dihitung secara berbeda tergantung apakah mereka dianggap diam atau bergerak. Namun kali ini kita berada di hadapan bentuk definitif teori Relativitas. Kita harus bertanya dalam arti apa kata-kata itu dipahami.

Pertama-tama mari kita pertimbangkan kemajemukan Waktu, dan ambil kembali dua sistem kita S dan S' . Fisikawan yang berada di S mengadopsi sistemnya sebagai sistem acuan. Jadi S diam dan S' bergerak. Di dalam sistemnya, yang dianggap diam, fisikawan kita melakukan eksperimen Michelson-Morley. Untuk tujuan terbatas yang kita kejar saat ini, akan berguna untuk membagi eksperimen menjadi dua dan hanya mengambil, jika boleh dikatakan demikian, separuhnya. Oleh karena itu, kita akan menganggap bahwa fisikawan hanya memperhatikan lintasan cahaya dalam arah OB yang tegak lurus terhadap arah perpindahan timbal balik kedua sistem. Pada sebuah jam yang ditempatkan di titik O , dia membaca waktu t yang dibutuhkan sinar untuk pergi dari O ke B dan kembali dari B ke O . Waktu apa yang dimaksud?

Jelas sekali waktu nyata, dalam arti yang kita berikan sebelumnya pada ungkapan ini. Antara keberangkatan dan kembalinya sinar, kesadaran fisikawan telah menjalani durasi tertentu: gerakan jarum jam adalah arus yang sezaman dengan arus batin ini dan berfungsi untuk mengukurnya. Tidak ada keraguan, tidak ada kesulitan. Sebuah waktu yang dijalani dan dihitung oleh sebuah kesadaran adalah nyata menurut definisi.

Sekarang mari kita lihat seorang fisikawan kedua yang ditempatkan di S' . Dia menganggap dirinya diam, karena terbiasa mengambil sistemnya sendiri sebagai sistem acuan. Dia melakukan eksperimen Michelson-Morley atau, dia juga, separuh eksperimen. Pada sebuah jam yang ditempatkan di O' dia mencatat waktu yang dibutuhkan sinar cahaya untuk pergi dari O' ke B' dan kembali. Jadi, waktu apa yang dia hitung? Jelas waktu yang dia jalani. Gerakan jamnya sezaman dengan arus kesadarannya. Ini juga merupakan waktu nyata menurut definisi.

BAB 7.2.

Bagaimana Mereka Kompatibel dengan Waktu Tunggal dan Universal

Jadi, waktu yang dijalani dan dihitung oleh fisikawan pertama dalam sistemnya, dan waktu yang dijalani dan dihitung oleh fisikawan kedua dalam sistemnya, keduanya adalah waktu nyata.

Apakah keduanya satu dan Waktu yang sama? Apakah mereka Waktu yang berbeda? Kami akan menunjukkan bahwa ini adalah Waktu yang sama dalam kedua kasus.

Memang, dalam arti apa pun kita memahami perlambatan atau percepatan waktu dan akibatnya Waktu Berganda yang dibahas dalam teori Relativitas, satu hal yang pasti: perlambatan dan percepatan ini semata-mata bergantung pada gerakan sistem yang dipertimbangkan dan hanya pada kecepatan yang diasumsikan dimiliki setiap sistem. Oleh karena itu, kita tidak akan mengubah apa pun pada Waktu apa pun, nyata atau fiktif, dalam sistem S' jika kita menganggap bahwa sistem ini adalah duplikat sistem S , karena isi sistem, sifat peristiwa yang terjadi di dalamnya, tidak relevan: hanya kecepatan translasi sistem yang penting. Tetapi jika S' adalah salinan S , jelas bahwa Waktu yang Dihidupi dan dicatat oleh fisikawan kedua selama eksperimennya dalam sistem S' , yang dianggapnya diam, identik dengan Waktu yang Dihidupi dan dicatat oleh fisikawan pertama dalam sistem S yang juga dianggap diam, karena S dan S' ,

begitu diimobilisasi, dapat dipertukarkan. Jadi, Waktu yang dihidupi dan dihitung dalam sistem, Waktu Internal dan Immanen dalam sistem, Waktu Nyata pada akhirnya, adalah sama untuk S dan S' .

Tetapi lalu, apakah yang dimaksud dengan Waktu Berganda, dengan kecepatan aliran yang tidak merata, yang ditemukan teori Relativitas dalam berbagai sistem sesuai dengan kecepatan yang dimiliki sistem-sistem tersebut?

Mari kita kembali ke dua sistem S dan S' . Jika kita mempertimbangkan Waktu yang fisikawan Pierre, yang berada di S , atributkan ke sistem S' , kita melihat bahwa Waktu ini memang lebih lambat daripada Waktu yang dihitung Pierre dalam sistemnya sendiri. Jadi Waktu ini tidak dihidupi oleh Pierre. Tetapi kita tahu bahwa ia juga tidak dihidupi oleh Paul. Jadi ia tidak dihidupi oleh Pierre maupun Paul. Apalagi oleh orang lain. Tetapi ini belum cukup. Jika Waktu yang diatribusikan Pierre ke sistem Paul tidak dihidupi oleh Pierre, Paul, atau siapa pun, apakah setidaknya ia dikonsepsikan oleh Pierre sebagai dihidupi atau dapat dihidupi oleh Paul yang hidup dan sadar, atau secara umum oleh siapa pun, atau secara lebih umum oleh apa pun? Jika diperhatikan lebih dekat, akan terlihat bahwa tidak demikian. Memang Pierre menempelkan label dengan nama Paul pada Waktu ini; tetapi jika dia membayangkan Paul sebagai makhluk sadar, menghidupi durasinya sendiri dan mengukurnya, *dengan demikian dia akan melihat Paul mengadopsi sistemnya sendiri sebagai sistem acuan, dan kemudian menempatkan dirinya dalam Waktu tunggal yang imanen dalam setiap sistem, yang baru saja kita bicarakan: dengan demikian juga, Pierre akan secara sementara meninggalkan sistem acuannya sendiri, dan akibatnya kesadarannya; Pierre tidak akan lagi melihat dirinya sendiri kecuali sebagai visi Paul.* Tetapi ketika Pierre mengatribusikan Waktu yang melambat ke sistem Paul, dia tidak lagi memandang Paul sebagai fisikawan, atau bahkan sebagai makhluk sadar, atau bahkan sebagai makhluk: dia mengosongkan citra visual Paul dari interior sadar dan hidupnya, hanya menyisakan penampilan luar karakter tersebut (hanya ini yang menarik bagi fisika): kemudian, angka-angka yang akan dicatat Paul untuk interval waktu sistemnya jika dia sadar, Pierre mengalikannya dengan $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ untuk

memasukkannya ke dalam representasi matematika alam semesta yang diambil dari sudut pandangnya sendiri, bukan dari sudut pandang Paul. Jadi, singkatnya, sementara waktu yang diatribusikan Pierre ke sistemnya sendiri adalah waktu yang dihidupinya, waktu yang Pierre atributkan ke sistem Paul bukanlah waktu yang dihidupi Pierre, bukan waktu yang dihidupi Paul, bukan waktu yang Pierre konsepsikan sebagai dihidupi atau dapat dihidupi oleh Paul yang hidup dan sadar. Lalu apakah itu, jika bukan sekadar ekspresi matematika yang dimaksudkan untuk menandakan bahwa sistem Pierre, dan bukan sistem Paul, yang diambil sebagai sistem acuan?

Saya seorang pelukis, dan harus melukis dua tokoh, Jean dan Jacques, yang satu di samping saya, sementara yang lain berjarak dua atau tiga ratus meter. Saya akan menggambar yang pertama dalam ukuran sebenarnya, dan yang lain dalam ukuran kerdil. Salah satu kolega saya, yang akan berada di dekat Jacques dan juga ingin melukis keduanya, akan melakukan kebalikan dari apa yang saya lakukan; dia akan menunjukkan Jean sangat kecil dan Jacques dalam ukuran sebenarnya. Kami berdua akan benar. Tetapi, dari fakta bahwa kami berdua benar, apakah berhak disimpulkan bahwa Jean dan Jacques tidak memiliki ukuran normal maupun ukuran kerdil, atau bahwa mereka memiliki keduanya sekaligus, atau terserah keinginan? Jelas tidak. Tinggi dan

dimensi adalah istilah yang memiliki arti tepat ketika menyangkut model yang berpose: itulah yang kita persepsikan tentang tinggi dan lebar seseorang ketika kita berada di sampingnya, ketika kita dapat menyentuhnya dan mengukur sepanjang tubuhnya dengan penggaris. Berada di dekat Jean, mengukurnya jika saya mau dan bermaksud melukisnya dalam ukuran sebenarnya, saya memberinya dimensi sebenarnya; dan, dengan menggambarkan Jacques sebagai kerdil, saya hanya menyatakan ketidakmungkinan saya untuk menyentuhnya—bahkan, jika boleh dikatakan demikian, tingkat ketidakmungkinan itu: *tingkat ketidakmungkinan* inilah yang disebut jarak, dan jarak inilah yang diperhitungkan dalam perspektif. Demikian pula, di dalam sistem tempat saya berada, dan yang saya imobilisasi dalam pikiran dengan menjadikannya sistem acuan, saya mengukur secara langsung waktu yang merupakan milik saya dan sistem saya; pengukuran inilah yang saya catat dalam representasi saya tentang alam semesta untuk semua yang menyangkut sistem saya. Tetapi, dengan mengimobilisasi sistem saya, saya telah memobilisasi yang lain, dan saya telah memobilisasi mereka secara berbeda. Mereka telah memperoleh kecepatan yang berbeda. Semakin besar kecepatan mereka, semakin *jauh* dari keimobilisan saya. *Jarak* yang lebih besar atau lebih kecil ini dari kecepatan mereka ke kecepatan nol saya yang saya ekspresikan dalam representasi matematika saya tentang sistem lain ketika saya menghitung Waktu yang lebih atau kurang lambat bagi mereka, semuanya lebih lambat dari milik saya, seperti halnya jarak yang lebih besar atau lebih kecil antara Jacques dan saya yang saya ekspresikan dengan mengurangi ukurannya. Pluralitas Waktu yang saya peroleh dengan cara ini tidak menghalangi kesatuan waktu nyata; malah mengandaikannya, seperti halnya pengurangan ukuran dengan jarak, pada serangkaian kanvas tempat saya menggambarkan Jacques lebih atau kurang jauh, akan menunjukkan bahwa Jacques mempertahankan ukuran yang sama.

BAB 7.3.

Pemeriksaan Paradoks tentang Waktu

Dengan demikian bentuk paradoks yang diberikan pada teori pluralitas Waktu terhapus.

"Misalkan, katanya, seorang penumpang terkurung dalam proyektil yang diluncurkan dari Bumi dengan kecepatan sekitar seperduapuluhribu lebih lambat dari cahaya, yang bertemu dengan sebuah bintang dan dikembalikan ke Bumi dengan kecepatan yang sama. Setelah menua dua tahun misalnya ketika dia keluar dari proyektilnya, dia akan menemukan bahwa planet kita telah menua dua ratus tahun." — Apakah kita benar-benar yakin? Mari kita lihat lebih dekat. Kita akan melihat lenyapnya efek fatamorgana, karena ini bukanlah hal lain.

BAB 7.4.

Hipotesis Penumpang yang Terkurung dalam Peluru Meriam

Peluru itu ditembakkan dari meriam yang terpasang di Bumi yang diam. Sebutlah Pierre sebagai orang yang tetap di dekat meriam, dengan Bumi sebagai sistem S kita. Penumpang yang terkurung dalam peluru S' menjadi tokoh kita Paul. Seperti yang kami katakan, kami berada dalam hipotesis di mana Paul akan kembali setelah dua ratus tahun yang dialami Pierre. Jadi Pierre

dianggap hidup dan sadar: memang dua ratus tahun aliran batinnya telah berlalu bagi Pierre antara keberangkatan dan kepulangan Paul.

Sekarang mari kita beralih ke Paul. Kami ingin tahu berapa lama dia hidup. Jadi kita harus berbicara dengan Paul yang hidup dan sadar, bukan dengan citra Paul yang direpresentasikan dalam kesadaran Pierre. Tetapi Paul yang hidup dan sadar jelas menjadikan pelurunya sebagai sistem referensi: dengan demikian dia menghentikannya. Begitu kita berbicara dengan Paul, kita bersamanya, kita mengadopsi sudut pandangnya. Tapi kemudian, peluru itu berhenti: meriam beserta Bumi yang melekat padanya melesat melalui ruang angkasa. Segala sesuatu yang kami katakan tentang Pierre, sekarang harus kami ulangi untuk Paul: karena gerakannya timbal balik, kedua tokoh ini dapat dipertukarkan. Jika tadi, dengan melihat ke dalam kesadaran Pierre, kami menyaksikan suatu aliran tertentu, itu persis aliran yang sama yang akan kami temukan dalam kesadaran Paul. Jika kami mengatakan aliran pertama adalah dua ratus tahun, aliran yang lain juga akan menjadi dua ratus tahun. Pierre dan Paul, Bumi dan peluru, telah hidup dalam durasi yang sama dan menua secara setara.

Jadi di manakah dua tahun waktu yang melambat yang seharusnya berlalu dengan malas untuk peluru sementara dua ratus tahun harus berlalu di Bumi? Apakah analisis kami telah menghilangkannya? Tentu tidak! Kami akan menemukannya kembali. Tapi kami tidak bisa menempatkan apa pun di sana—baik makhluk maupun benda; dan kita harus mencari cara lain untuk tidak menua.

Kedua tokoh kita memang tampak hidup dalam satu waktu yang sama, dua ratus tahun, karena kita menempatkan diri dari sudut pandang keduanya. Hal ini diperlukan untuk menafsirkan secara filosofis tesis Einstein, yang bersifat radikal dan karenanya timbal balik sempurna dari gerak lurus beraturan⁽¹⁾. Tetapi cara pendekatan ini khas bagi filsuf yang mengambil tesis Einstein secara utuh dan berpegang pada realitas—maksud saya hal yang dirasakan atau dapat dirasakan—yang jelas diungkapkan oleh tesis ini. Ini menyiratkan bahwa kita tidak pernah kehilangan pandangan tentang ide timbal balik dan karenanya terus bergerak dari Pierre ke Paul dan dari Paul ke Pierre, memperlakukan mereka sebagai hal yang dapat dipertukarkan, menghentikan mereka bergantian, meskipun hanya untuk sesaat, berkat osilasi cepat perhatian yang tidak ingin mengorbankan apa pun dari tesis Relativitas. Tetapi fisikawan terpaksa melakukan pendekatan yang berbeda, bahkan jika dia sepenuhnya mendukung teori Einstein. Dia akan mulai, tanpa diragukan lagi, dengan menyesuaikan diri dengannya. Dia akan menegaskan timbal balik. Dia akan menetapkan bahwa seseorang dapat memilih antara sudut pandang Pierre dan Paul. Tapi setelah itu, dia akan memilih salah satunya, karena dia tidak dapat merujuk peristiwa alam semesta secara bersamaan ke dua sistem sumbu yang berbeda. Jika dia menempatkan pikirannya pada posisi Pierre, dia akan menghitung untuk Pierre waktu yang Pierre hitung untuk dirinya sendiri, yaitu waktu yang benar-benar dialami Pierre, dan untuk Paul waktu yang Pierre pinjamkan padanya. Jika dia bersama Paul, dia akan menghitung untuk Paul waktu yang Paul hitung untuk dirinya sendiri, yaitu waktu yang Paul alami secara efektif, dan untuk Pierre waktu yang Paul berikan padanya. Tapi, sekali lagi, dia harus memilih Pierre atau Paul. Misalkan dia memilih Pierre. Maka dia harus menghitung dua tahun, dan hanya dua tahun, untuk Paul.

⁽¹⁾ Gerakan peluru dapat dianggap lurus dan seragam di masing-masing dari dua lintasan pergi dan pulang yang diambil secara terpisah. Itu semua yang diperlukan untuk validitas penalaran yang baru saja kita lakukan.

Memang, Pierre dan Paul berurusan dengan fisika yang sama. Mereka mengamati hubungan yang sama antara fenomena, mereka menemukan hukum alam yang sama. Tetapi sistem Pierre diam dan sistem Paul bergerak. Selama menyangkut fenomena yang terkait dengan sistem, yaitu didefinisikan oleh fisika sedemikian rupa sehingga sistem dianggap membawanya ketika dianggap bergerak, hukum fenomena ini jelas harus sama untuk Pierre dan Paul: fenomena yang bergerak, karena dirasakan oleh Paul yang digerakkan oleh gerakan yang sama, tidak bergerak di matanya dan tampak persis seperti fenomena analog di sistemnya sendiri bagi Pierre. Tetapi fenomena elektromagnetik disajikan sedemikian rupa sehingga seseorang tidak dapat lagi, ketika sistem tempat mereka diproduksi dianggap bergerak, menganggap mereka berpartisipasi dalam gerakan sistem. Namun demikian, hubungan antara fenomena ini satu sama lain, hubungan mereka dengan fenomena yang terlibat dalam gerakan sistem, masih sama untuk Paul seperti untuk Pierre. Jika kecepatan peluru memang seperti yang kita asumsikan, Pierre tidak dapat mengekspresikan ketekunan hubungan ini kecuali dengan mengaitkan Paul dengan Waktu seratus kali lebih lambat dari miliknya, seperti yang terlihat dari persamaan Lorentz. Jika dia menghitung sebaliknya, dia tidak akan mencatat dalam representasi matematisnya tentang dunia bahwa Paul yang bergerak menemukan hubungan yang sama antara semua fenomena—termasuk fenomena elektromagnetik—seperti Pierre yang diam. Dia dengan demikian secara implisit menetapkan bahwa Paul yang dirujuk dapat menjadi Paul yang merujuk, karena mengapa hubungan dipertahankan untuk Paul, mengapa mereka harus ditandai oleh Pierre untuk Paul seperti yang muncul untuk Pierre, jika bukan karena Paul akan mendeklarasikan dirinya diam dengan hak yang sama seperti Pierre? Tapi itu hanya konsekuensi dari timbal balik yang dia catat, dan bukan timbal balik itu sendiri. Sekali lagi, dia telah menjadikan dirinya sendiri sebagai perujuk, dan Paul hanya dirujuk. Dalam kondisi ini, Waktu Paul seratus kali lebih lambat dari Pierre. Tapi itu adalah waktu yang dikaitkan, bukan waktu yang dialami. Waktu yang dialami Paul akan menjadi Waktu Paul yang merujuk dan bukan lagi yang dirujuk: itu akan persis waktu yang baru saja ditemukan Pierre.

Jadi kita selalu kembali ke titik yang sama: hanya ada satu Waktu nyata, dan yang lainnya fiktif. Apa sebenarnya Waktu nyata, jika bukan Waktu yang dialami atau yang bisa dialami? Apa itu Waktu tidak nyata, tambahan, fiktif, jika bukan yang tidak dapat dialami secara efektif oleh siapa pun atau apa pun?

Namun kita melihat asal kebingungan tersebut. Kami akan merumuskannya demikian: hipotesis timbal balik hanya dapat diterjemahkan secara matematis ke dalam ketidaktimbalbalikan, karena menerjemahkan secara matematis kebebasan memilih antara dua sistem sumbu berarti memilih salah satunya secara efektif⁽¹⁾. Kemampuan memilih yang dimiliki tidak dapat dibaca dalam pilihan yang dibuat berdasarkan kemampuan itu. Suatu sistem sumbu, semata karena diadopsi, menjadi sistem istimewa. Dalam penggunaan matematisnya, ia tidak dapat dibedakan dari sistem yang benar-benar diam. Inilah mengapa relativitas sepihak dan relativitas timbal balik setara secara matematis, setidaknya dalam kasus yang kita bahas. Perbedaan hanya ada bagi filsuf; ia hanya terungkap jika kita bertanya realitas apa—yaitu hal apa yang dirasakan atau dapat dirasakan—yang diimplikasikan oleh kedua hipotesis tersebut. Yang lebih tua, tentang sistem

istimewa dalam keadaan diam mutlak, memang akan menempatkan banyak Waktu yang nyata. Pierre, yang benar-benar diam, akan menjalani durasi tertentu; Paul, yang benar-benar bergerak, akan menjalani durasi yang lebih lambat. Tetapi yang lain, tentang timbal balik, mengimplikasikan bahwa durasi yang lebih lambat harus dikaitkan oleh Pierre kepada Paul atau oleh Paul kepada Pierre, tergantung Pierre atau Paul yang menjadi acuan, tergantung Paul atau Pierre yang menjadi acuannya. Situasi mereka identik; mereka menjalani satu Waktu yang sama, tetapi mereka saling mengaitkan Waktu yang berbeda darinya dan dengan demikian mengungkapkan, menurut aturan perspektif, bahwa fisika pengamat imajiner yang bergerak harus sama dengan pengamat nyata yang diam. Jadi, dalam hipotesis timbal balik, kita memiliki setidaknya alasan yang sama dengan akal sehat untuk mempercayai satu Waktu tunggal: gagasan paradoks tentang banyak Waktu hanya dipaksakan dalam hipotesis sistem istimewa. Namun, sekali lagi, kita hanya dapat mengekspresikan diri secara matematis dalam hipotesis sistem istimewa, bahkan ketika kita mulai dengan menetapkan timbal balik; dan fisikawan, merasa telah memenuhi kewajiban terhadap hipotesis timbal balik setelah memberi penghormatan dengan memilih sistem acuan sesukanya, meninggalkannya kepada filsuf dan akan berbicara selanjutnya dalam bahasa sistem istimewa. Berdasarkan fisika ini, Paul akan memasuki peluru meriam. Di tengah perjalanan ia akan menyadari bahwa filsafat benar⁽²⁾.

⁽¹⁾ Ini tentu saja masih hanya menyangkut teori Relativitas Terbatas.

⁽²⁾ Hipotesis tentang pelancong yang terkurung dalam peluru meriam, dan hanya hidup dua tahun sementara dua ratus tahun berlalu di Bumi, telah dikemukakan oleh Tuan Langevin dalam komunikasinya di kongres Bologna tahun 1911. Ini dikenal secara universal dan dikutip di mana-mana. Dapat ditemukan khususnya dalam karya penting Tuan Jean Becquerel, *Le principe de relativité et la théorie de la gravitation*, halaman 52.

Bahkan dari sudut pandang fisika murni, ini menimbulkan kesulitan tertentu, karena kita sebenarnya tidak lagi berada dalam Relativitas Terbatas. Karena kecepatan berubah arah, ada percepatan dan kita berhadapan dengan masalah Relativitas Umum.

Namun, bagaimanapun juga, solusi yang diberikan di atas menghilangkan paradoks dan membuat masalah lenyap.

Kami mengambil kesempatan ini untuk menyatakan bahwa komunikasi Tuan Langevin di kongres Bologna adalah yang dulu menarik perhatian kami pada ide-ide Einstein. Diketahui apa yang dihutang kepada Tuan Langevin, karya dan ajarannya, oleh semua yang tertarik pada teori Relativitas.

Yang turut memperpanjang ilusi adalah bahwa teori Relativitas Terbatas secara tegas menyatakan mencari representasi hal-hal yang independen dari sistem acuan⁽¹⁾. Ini seolah melarang fisikawan untuk mengambil sudut pandang tertentu. Namun ada perbedaan penting di sini. Memang teoritis Relativitas bermaksud memberikan ekspresi pada hukum alam yang mempertahankan bentuknya, sistem acuan apa pun yang digunakan untuk peristiwa. Tetapi ini hanya berarti bahwa, dengan menempatkan diri pada sudut pandang tertentu seperti semua fisikawan, mengadopsi sistem acuan tertentu dan dengan demikian mencatat besaran tertentu, ia akan menetapkan hubungan antara besaran-besaran ini yang harus tetap invarian, antara besaran baru yang akan ditemukan jika sistem acuan baru diadopsi. *Justru karena metode penelitian dan prosedur notasinya menjamin kesetaraan antara semua representasi alam semesta yang diambil dari semua sudut pandang, ia memiliki hak mutlak (yang juga dijamin fisika lama) untuk tetap pada sudut pandang pribadinya dan merujuk semuanya ke sistem acuannya yang unik.* Namun pada sistem acuan ini ia terpaksa melekat secara umum⁽²⁾. Pada sistem inilah filsuf juga harus melekat ketika ingin membedakan yang nyata dari yang fiktif. Yang nyata adalah apa yang diukur oleh fisikawan nyata, yang fiktif adalah apa yang direpresentasikan dalam pikiran fisikawan nyata sebagai diukur oleh fisikawan fiktif. Namun kami akan kembali ke poin ini dalam pekerjaan kami. Untuk saat ini, mari kita tunjukkan sumber ilusi lain, yang bahkan kurang jelas dari yang pertama.

⁽¹⁾ Kami tetap berpegang pada Relativitas Terbatas di sini karena kami hanya membahas Waktu. Dalam Relativitas Umum, tidak dapat disangkal bahwa ada kecenderungan untuk tidak mengambil sistem acuan apa pun, untuk melanjutkan seperti dalam konstruksi geometri intrinsik, tanpa sumbu koordinat, hanya menggunakan elemen invarian. Namun, bahkan di sini, invarian yang dipertimbangkan pada kenyataannya umumnya masih merupakan hubungan antara elemen-elemen yang tunduk pada pilihan sistem acuan.

⁽²⁾ Dalam buku kecilnya yang menarik tentang teori Relativitas (*The General Principle of Relativity*, London, 1920), Tuan Wildon Carr berpendapat bahwa teori ini menyiratkan konsepsi idealis tentang alam semesta. Kami tidak akan sejauh itu; tetapi kami percaya bahwa fisika ini harus diarahkan ke arah idealis jika ingin didirikan sebagai filsafat.

Fisikawan Pierre secara alamiah mengakui (ini hanya keyakinan, karena tak dapat dibuktikan) bahwa ada kesadaran lain selain miliknya, tersebar di permukaan Bumi, bahkan dapat dibayangkan di titik mana pun di alam semesta. Paul, Jean, dan Jacques mungkin bergerak relatif terhadapnya: ia melihat mereka sebagai jiwa-jiwa yang berpikir dan merasai seperti dirinya. Ini karena ia manusia sebelum menjadi fisikawan. Namun ketika ia menganggap Paul, Jean, dan Jacques sebagai makhluk serupa dirinya, memiliki kesadaran seperti miliknya, ia benar-benar melupakan fisika-nya atau memanfaatkan kebebasan yang diberikan untuk berbicara dalam kehidupan sehari-hari seperti orang biasa. Sebagai fisikawan, ia berada di dalam sistem tempat ia mengambil pengukuran dan merujuk segala sesuatu padanya. Hanya orang-orang yang terikat pada sistem yang sama yang akan menjadi fisikawan sekaligus sadar seperti dirinya: mereka membangun representasi dunia yang sama dengan angka identik dari sudut pandang yang sama; mereka juga menjadi rujukan. Tapi manusia lain hanya akan menjadi acuan; bagi fisikawan, mereka kini hanyalah boneka kosong. Jika Pierre memberi mereka jiwa, ia akan segera kehilangan jiwanya sendiri; dari acuan mereka menjadi rujukan; mereka menjadi fisikawan, dan Pierre harus berubah menjadi boneka. Bolak-balik kesadaran ini jelas hanya dimulai ketika berurusan dengan fisika, karena saat itulah harus memilih sistem referensi. Di luar itu, manusia tetap apa adanya, sama-sama sadar. Tak ada alasan mereka tak hidup dalam durasi sama dan berevolusi dalam Waktu yang sama. Pluralitas Waktu-waktu muncul tepat ketika hanya tersisa satu manusia atau satu kelompok yang *menghidupi* waktu. Waktu itu kemudian menjadi satu-satunya yang nyata: Waktu nyata tadi, tapi dimonopoli oleh manusia atau kelompok yang menobatkan diri sebagai fisikawan. Semua manusia lain, yang menjadi boneka sejak saat itu, kini berevolusi dalam Waktu-waktu yang direpresentasikan fisikawan dan yang tak bisa lagi disebut Waktu nyata, karena tak dihidupi dan tak mungkin dihidupi. Imajiner, orang akan membayangkannya sebanyak yang diinginkan.

Yang akan kami tambahkan sekarang mungkin tampak paradoks, namun inilah kebenaran sederhana. Gagasan tentang Waktu nyata yang umum bagi kedua sistem, identik untuk S dan S' , justru lebih kuat dalam hipotesis pluralitas Waktu matematis daripada dalam hipotesis yang umum diterima tentang satu Waktu matematis universal. Sebab, dalam semua hipotesis selain Relativitas, S dan S' tidak benar-benar dapat dipertukarkan: mereka menempati posisi berbeda relatif terhadap sistem istimewa tertentu; dan meski seseorang membuat salah satunya sebagai duplikat yang lain, mereka langsung terdiferensiasi hanya karena tidak memiliki hubungan yang sama dengan sistem pusat. Meski memberi mereka Waktu matematis yang sama, seperti yang selalu dilakukan sebelum Lorentz dan Einstein, mustahil membuktikan secara ketat bahwa pengamat di kedua sistem hidup dalam durasi internal yang sama dan karenanya kedua sistem memiliki Waktu nyata yang sama; bahkan sulit mendefinisikan identitas durasi ini secara presisi; yang bisa dikatakan hanyalah bahwa tak ada alasan bagi pengamat yang berpindah dari satu sistem ke sistem lain untuk tidak bereaksi secara psikologis dengan cara yang sama, tidak

menghidupi durasi internal yang sama, untuk bagian yang dianggap setara dari satu Waktu matematis universal. Argumen masuk akal ini, yang tak terbantahkan secara meyakinkan, namun kurang ketat dan presisi. Sebaliknya, hipotesis Relativitas pada dasarnya menolak sistem istimewa: S dan S' karenanya harus dianggap, selama dipertimbangkan, benar-benar dapat dipertukarkan jika seseorang telah membuat salah satunya sebagai duplikat yang lain. Tapi kemudian kedua tokoh di S dan S' dapat dibuat bertepatan dalam pikiran, seperti dua figur identik yang ditumpuk: mereka harus bertepatan, tidak hanya dalam berbagai aspek *kuantitas*, tetapi juga, jika boleh saya katakan, dalam *kualitas*, karena kehidupan internal mereka menjadi tak terbedakan, seperti halnya apa pun yang dapat diukur: kedua sistem tetap persis seperti saat ditempatkan, duplikat satu sama lain, sedangkan di luar hipotesis Relativitas mereka tidak sepenuhnya identik sesaat kemudian, ketika dibiarkan begitu saja. Tapi kami tak akan mempersoalkan ini. Katakan saja bahwa kedua pengamat di S dan S' menghidupi durasi yang persis sama, dan kedua sistem karenanya memiliki Waktu nyata yang sama.

Apakah ini berlaku untuk semua sistem di alam semesta? Kami memberi S' kecepatan apa pun: setiap sistem S'' dapat kami ulangi seperti S' ; pengamat yang ditempatkan di sana akan menghidupi durasi yang sama seperti di S . Paling-paling akan dikemukakan bahwa perpindahan timbal balik S'' dan S tidak sama dengan S dan S' , dan karenanya, ketika kami mengimobilisasi S sebagai sistem referensi dalam kasus pertama, kami tidak melakukan hal yang persis sama seperti dalam kasus kedua. Durasi pengamat di S yang diam, ketika S' adalah sistem yang dirujuk ke S , karenanya tidak perlu sama dengan durasi pengamat yang sama, ketika sistem yang dirujuk ke S adalah S'' ; akan ada, semacam, *intensitas imobilitas* berbeda, tergantung apakah kecepatan perpindahan timbal balik kedua sistem sebelum salah satunya, tiba-tiba dinaikkan menjadi sistem referensi, diimobilisasi oleh pikiran, lebih besar atau lebih kecil. Kami tak berpikir siapa pun akan melangkah sejauh itu. Tapi bahkan dalam kasus itu, orang hanya akan menempatkan diri dalam hipotesis yang biasa dibuat ketika membayangkan seorang pengamat melintasi dunia dan merasa berhak memberinya durasi yang sama di mana-mana. Ini berarti tidak melihat alasan untuk percaya sebaliknya: ketika penampakan ada di satu sisi, yang menyatakannya ilusif harus membuktikannya. Gagasan untuk menempatkan pluralitas Waktu matematis tak pernah terpikir sebelum teori Relativitas; hanya teori inilah yang akan dirujuk untuk meragukan kesatuan Waktu. Dan kami baru saja melihat bahwa dalam kasus tunggal yang sepenuhnya presisi dan jelas, dua sistem S dan S' yang saling berpindah relatif, teori Relativitas justru menegaskan kesatuan Waktu nyata lebih ketat dari biasanya. Teori ini memungkinkan mendefinisikan dan hampir membuktikan identitas, alih-alih berpegang pada pernyataan samar dan hanya masuk akal yang biasanya diterima. Kami menyimpulkan, bagaimanapun juga, mengenai universalitas Waktu nyata, bahwa teori Relativitas tidak menggoyahkan gagasan yang diterima dan justru cenderung mengukuhkannya.

BAB 7.5.

Keserentakan "*cendekia*", yang dapat terdislokasi menjadi suksesi

Mari kita beralih ke poin kedua, dislokasi keserentakan. Tapi mari kita ingatkan dulu secara singkat apa yang telah kita katakan tentang keserentakan intuitif, yang bisa kita sebut nyata dan dialami. Einstein tentu mengakuinya, karena melalui keserentakan inilah ia mencatat waktu suatu peristiwa. Kita bisa memberikan definisi paling ilmiah tentang keserentakan, mengatakan bahwa itu adalah identitas antara indikasi jam-jam yang disinkronkan satu sama lain melalui pertukaran sinyal optik, dan menyimpulkan bahwa keserentakan itu relatif terhadap prosedur penyetulan. Namun tetap benar bahwa jika kita membandingkan jam, itu untuk menentukan waktu peristiwa: dan keserentakan suatu peristiwa dengan indikasi jam yang memberikan waktunya tidak bergantung pada penyetulan peristiwa terhadap jam; itu bersifat mutlak⁽¹⁾. Jika itu tidak ada, jika keserentakan hanyalah korespondensi antara indikasi jam, jika itu tidak juga, dan terutama, korespondensi antara indikasi jam dan suatu peristiwa, orang tidak akan membangun jam, atau tidak ada yang akan membelinya. Karena orang membelinya hanya untuk mengetahui jam berapa sekarang. Tapi "mengetahui jam berapa sekarang" berarti mencatat keserentakan suatu peristiwa, suatu momen dalam hidup kita atau dunia luar, dengan suatu indikasi jam; itu bukan, secara umum, mengonfirmasi keserentakan antara indikasi jam. Jadi, mustahil bagi teoris Relativitas untuk tidak mengakui keserentakan intuitif⁽²⁾. Bahkan dalam penyetulan dua jam satu sama lain melalui sinyal optik, ia menggunakan keserentakan ini, dan ia menggunakannya tiga kali, karena ia harus mencatat 1° momen keberangkatan sinyal optik, 2° momen kedatangan, 3° momen kembalinya. Sekarang, mudah dilihat bahwa keserentakan lainnya, yang bergantung pada penyetulan jam yang dilakukan melalui pertukaran sinyal, masih disebut keserentakan hanya karena orang percaya mampu mengubahnya menjadi keserentakan intuitif⁽³⁾. Orang yang menyétel jam satu sama lain tentu mengambilnya di dalam sistemnya: karena sistem ini adalah sistem acuannya, ia menganggapnya diam. Baginya, oleh karena itu, sinyal yang dipertukarkan antara dua jam yang berjauhan melakukan perjalanan yang sama saat pergi dan kembali. Jika ia menempatkan diri di titik mana pun yang berjarak sama dari kedua jam, dan jika ia memiliki penglihatan yang cukup baik, ia akan menangkap dalam satu tindakan penglihatan instan indikasi yang diberikan oleh dua jam yang disetel secara optik satu sama lain, dan ia akan melihat mereka menunjukkan waktu yang sama pada saat itu. Keserentakan ilmiah tampaknya baginya selalu dapat diubah menjadi keserentakan intuitif, dan itulah alasan mengapa ia menyebutnya keserentakan.

⁽¹⁾ Keserentakan itu tidak tepat, tentu saja. Tapi ketika, melalui eksperimen laboratorium, seseorang menetapkan hal ini, ketika seseorang mengukur "keterlambatan" yang dibawa pada konfirmasi psikologis suatu keserentakan, seseorang masih harus merujuk padanya untuk mengkritiknya: tanpanya tidak mungkin pembacaan instrumen apa pun. Pada akhirnya, semuanya bertumpu pada intuisi keserentakan dan intuisi suksesi.

⁽²⁾ Orang tentu akan tergoda untuk membantah bahwa pada prinsipnya tidak ada keserentakan pada jarak, betapapun kecilnya jarak itu, tanpa sinkronisasi jam. Orang akan beralasan seperti ini: "Pertimbangkan keserentakan 'intuitif' Anda antara dua peristiwa yang sangat berdekatan A dan B. Entah itu keserentakan yang hanya perkiraan, perkiraan yang cukup memadai mengingat jarak yang jauh lebih besar yang memisahkan peristiwa-peristiwa di mana Anda akan menetapkan keserentakan 'ilmiah'; atau itu adalah keserentakan sempurna, tetapi kemudian Anda hanya mengonfirmasi tanpa disadari suatu identitas indikasi antara dua jam mikroba yang disinkronkan yang Anda sebutkan tadi, jam yang ada secara virtual di A dan B. Jika Anda mengklaim bahwa mikroba Anda yang ditempatkan di A dan B menggunakan keserentakan 'intuitif' untuk membaca peralatan mereka, kami akan mengulangi penalaran kami dengan membayangkan kali ini sub-mikroba dan jam sub-mikroba. Singkatnya, ketidaktepatan terus berkurang, kami akan menemukan, pada akhirnya, sistem keserentakan ilmiah yang independen dari keserentakan intuitif: yang terakhir hanyalah visi yang bingung, perkiraan, sementara, dari yang pertama." — Tapi penalaran ini akan bertentangan dengan prinsip dasar teori Relativitas, yaitu untuk tidak pernah menganggap apa pun di luar apa yang saat ini dikonfirmasi dan pengukuran yang benar-benar dilakukan. Itu akan mengasumsikan bahwa sebelum ilmu pengetahuan manusia kita, yang berada dalam keadaan menjadi terus-menerus, ada ilmu pengetahuan lengkap, diberikan dalam satu blok, dalam keabadian, dan menyatu dengan realitas itu sendiri: kami hanya akan memperolehnya sepotong demi sepotong. Itulah ide dominan metafisika Yunani, ide yang diambil kembali oleh filsafat modern dan yang memang alami bagi pemahaman kita. Jika orang ingin

merangkungnya, saya setuju; tetapi orang tidak boleh lupa bahwa itu adalah metafisika, dan metafisika yang didasarkan pada prinsip-prinsip yang tidak ada hubungannya dengan prinsip-prinsip Relativitas.

⁽³⁾ Kami telah menunjukkan di atas (hal. 72) dan baru saja mengulangi bahwa seseorang tidak dapat membuat perbedaan radikal antara keserentakan di tempat dan keserentakan pada jarak. Selalu ada jarak, yang, betapapun kecilnya bagi kita, akan tampak sangat besar bagi mikroba pembuat jam mikroskopis.

BAB 7.6.

Bagaimana Hal Ini Kompatibel dengan Keserentakan "Intuitif"

Dengan ini dinyatakan, mari kita pertimbangkan dua sistem S dan S' yang bergerak relatif satu sama lain. Mari kita ambil S sebagai sistem acuan terlebih dahulu. Dengan demikian kita mengimobilisasikannya. Jam-jam di sana telah disetel, seperti dalam sistem apa pun, melalui pertukaran sinyal optik. Seperti untuk semua penyetelan jam, diasumsikan bahwa sinyal yang dipertukarkan melakukan perjalanan yang sama saat pergi dan kembali. Tapi mereka benar-benar melakukannya, karena sistemnya diam. Jika kita menyebut H_m dan H_n titik-titik di mana kedua jam berada, seorang pengamat di dalam sistem, memilih titik mana pun yang berjarak sama dari H_m dan H_n , akan dapat, jika ia memiliki penglihatan yang cukup baik, merangkum dalam satu tindakan penglihatan instan dua peristiwa apa pun yang terjadi masing-masing di titik H_m dan H_n ketika kedua jam ini menunjukkan waktu yang sama. Secara khusus, ia akan merangkum dalam persepsi instan ini dua indikasi yang sesuai dari kedua jam — indikasi yang juga merupakan peristiwa. Setiap keserentakan yang ditunjukkan oleh jam-jam karena itu dapat diubah di dalam sistem menjadi keserentakan intuitif.

Sekarang pertimbangkan sistem S' . Bagi seorang pengamat di dalam sistem, jelas hal yang sama akan terjadi. Pengamat ini mengambil S' sebagai sistem acuannya. Jadi ia membuatnya diam. Sinyal optik yang digunakannya untuk menyetel jam-jamnya satu sama lain kemudian melakukan perjalanan yang sama saat pergi dan kembali. Jadi, ketika dua jamnya menunjukkan waktu yang sama, keserentakan yang mereka tunjukkan dapat dialami dan menjadi intuitif.

Dengan demikian, tidak ada yang artifisial atau konvensional dalam keserentakan, baik Anda mengambilmu dalam satu atau sistem lainnya.

Namun mari kita perhatikan bagaimana salah satu dari dua pengamat, yang berada di S , menilai apa yang terjadi di S' . Baginya, S' bergerak sehingga sinyal optik yang dipertukarkan antara dua jam dalam sistem tersebut tidak menempuh jarak yang sama saat pergi dan pulang—seperti yang diyakini oleh pengamat yang melekat pada sistem—kecuali dalam kasus khusus di mana kedua jam berada pada bidang yang sama yang tegak lurus terhadap arah gerakan. Jadi, menurutnya, penyetelan kedua jam telah dilakukan sedemikian rupa sehingga mereka menunjukkan indikasi yang sama di mana tidak ada keserentakan, melainkan sukseksi. Namun, perhatikan bahwa dengan demikian ia mengadopsi definisi yang sepenuhnya konvensional tentang sukseksi, dan konsekuensinya juga tentang keserentakan. Ia memilih untuk menyebut sukseksi sebagai indikasi jam yang sesuai yang telah disetel satu sama lain dalam kondisi di mana ia melihat sistem S' — maksudnya disetel sedemikian rupa sehingga pengamat di luar sistem tidak menganggap lintasan

sinyal optik sama saat pergi dan pulang. Mengapa ia tidak mendefinisikan keserentakan melalui kesesuaian indikasi antara jam-jam yang disetel sedemikian rupa sehingga lintasan pergi dan pulang sama bagi pengamat internal sistem? Dijawab bahwa masing-masing dari dua definisi tersebut valid untuk masing-masing dari dua pengamat, dan justru karena alasan inilah peristiwa yang sama dalam sistem S' dapat disebut serentak atau berurutan, tergantung apakah dilihat dari sudut pandang S' atau S . Tetapi mudah untuk melihat bahwa salah satu dari dua definisi tersebut murni konvensional, sedangkan yang lain tidak.

Untuk meyakinkannya, mari kita kembali ke hipotesis yang telah kita buat sebelumnya. Kita akan menganggap bahwa S' adalah duplikat dari sistem S , bahwa kedua sistem identik, dan bahwa mereka menjalankan sejarah yang sama di dalamnya. Mereka berada dalam keadaan perpindahan timbal balik, dapat dipertukarkan secara sempurna; tetapi salah satunya diadopsi sebagai sistem referensi dan sejak saat itu dianggap diam: ini akan menjadi S . Hipotesis bahwa S' adalah duplikat S tidak mengurangi keumuman demonstrasi kita, karena dislokasi keserentakan menjadi sukseksi—dan sukseksi yang lebih atau kurang lambat tergantung pada kecepatan perpindahan sistem—hanya bergantung pada kecepatan sistem, sama sekali tidak pada isinya. Dengan ini, jelas bahwa jika peristiwa A, B, C, D dalam sistem S serentak bagi pengamat di S , maka peristiwa identik A', B', C', D' dalam sistem S' juga akan serentak bagi pengamat di S' . Sekarang, akankah kedua kelompok A, B, C, D dan A', B', C', D' —yang masing-masing terdiri dari peristiwa-peristiwa serentak satu sama lain bagi pengamat internal sistem—juga serentak satu sama lain, maksudnya dipersepsikan sebagai serentak oleh suatu kesadaran tertinggi yang mampu bersimpati secara instan atau berkomunikasi secara telepati dengan kedua kesadaran di S dan S' ? Jelas tidak ada yang menghalangi. Kita dapat membayangkan, seperti sebelumnya, bahwa duplikat S' telah terpisah pada suatu saat dari S dan kemudian harus kembali menyatu. Kita telah menunjukkan bahwa pengamat internal kedua sistem akan mengalami durasi total yang sama. Oleh karena itu, dalam masing-masing sistem, kita dapat membagi durasi ini menjadi jumlah irisan yang sama sehingga masing-masing sama dengan irisan yang sesuai di sistem lain. Jika momen M ketika peristiwa serentak A, B, C, D terjadi adalah ujung salah satu irisan (dan kita selalu dapat mengaturnya demikian), maka momen M' ketika peristiwa serentak A', B', C', D' terjadi dalam sistem S' akan menjadi ujung irisan yang sesuai. Terletak dengan cara yang sama seperti M di dalam interval durasi yang ujung-ujungnya bertepatan dengan interval tempat M berada, ia tentu akan serentak dengan M . Dengan demikian kedua kelompok peristiwa serentak A, B, C, D dan A', B', C', D' memang akan serentak satu sama lain. Jadi kita dapat terus membayangkan, seperti sebelumnya, pemotongan instan dari Waktu Tunggal dan keserentakan absolut peristiwa-peristiwa.

Namun, dari sudut pandang fisika, penalaran yang baru saja kita lakukan tidak akan dihitung. Masalah fisika muncul sebagai berikut: S diam dan S' bergerak, bagaimana eksperimen tentang kecepatan cahaya yang dilakukan di S akan memberikan hasil yang sama di S' ? Dan tersirat bahwa fisikawan sistem S adalah satu-satunya yang ada sebagai fisikawan: fisikawan sistem S' hanyalah dibayangkan. Dibayangkan oleh siapa? Tentu saja oleh fisikawan sistem S . Begitu seseorang mengambil S sebagai sistem referensi, maka dari sana, dan hanya dari sana, pandangan

ilmiah tentang dunia dimungkinkan. Mempertahankan pengamat yang sadar di S dan S' sekaligus berarti mengizinkan kedua sistem untuk menegakkan diri sebagai sistem referensi, untuk mendeklarasikan diri mereka diam secara bersamaan: padahal mereka dianggap dalam keadaan perpindahan timbal balik; jadi setidaknya salah satunya harus bergerak. Pada yang bergerak, orang mungkin meninggalkan manusia; tetapi mereka akan melepaskan kesadaran mereka atau setidaknya kemampuan pengamatan mereka untuk sementara; di mata fisikawan tunggal, mereka hanya akan mempertahankan aspek material pribadi mereka selama fisika menjadi perhatian. Oleh karena itu penalaran kita runtuh, karena itu menyiratkan keberadaan manusia yang sama-sama nyata, sama-sama sadar, menikmati hak yang sama dalam sistem S' dan S . Sekarang hanya dapat dipertanyakan tentang satu orang atau satu kelompok orang yang nyata, sadar, fisikawan: mereka dari sistem referensi. Yang lain mungkin boneka kosong; atau mereka hanya akan menjadi fisikawan virtual, hanya diwakili dalam pikiran fisikawan di S . Bagaimana yang terakhir akan mewakili mereka? Ia akan membayangkan mereka, seperti sebelumnya, bereksperimen tentang kecepatan cahaya, tetapi tidak lagi dengan satu jam, tidak lagi dengan cermin yang memantulkan kembali sinar cahaya ke dirinya sendiri dan mengandakan lintasan: sekarang ada lintasan tunggal, dan dua jam yang ditempatkan masing-masing di titik awal dan titik kedatangan. Ia kemudian harus menjelaskan bagaimana fisikawan yang dibayangkan ini akan menemukan kecepatan cahaya yang sama seperti dirinya, fisikawan nyata, jika eksperimen teoretis ini menjadi dapat direalisasikan secara praktis. Di matanya, cahaya bergerak dengan kecepatan yang lebih rendah untuk sistem S' (kondisi eksperimen adalah seperti yang kami tunjukkan di atas); tetapi juga, jam di S' telah disetel untuk menandai keserentakan di mana ia melihat sukseksi, hal-hal akan diatur sedemikian rupa sehingga eksperimen nyata di S dan eksperimen yang hanya dibayangkan di S' akan memberikan angka yang sama untuk kecepatan cahaya. Inilah sebabnya mengapa pengamat kami di S berpegang pada definisi keserentakan yang membuatnya bergantung pada penyetelan jam. Ini tidak mencegah kedua sistem, S' maupun S , memiliki keserentakan yang dialami, nyata, dan yang tidak diatur oleh penyetelan jam.

Oleh karena itu, kita harus membedakan dua jenis keserentakan, dua jenis sukseksi. Jenis pertama bersifat intrinsik bagi peristiwa-peristiwa, merupakan bagian dari materialitas mereka, berasal dari mereka sendiri. Jenis kedua hanyalah ditempelkan pada mereka oleh seorang pengamat eksternal terhadap sistem. Jenis pertama mengungkapkan sesuatu tentang sistem itu sendiri; ia bersifat absolut. Jenis kedua bersifat berubah, relatif, fiktif; ia bergantung pada jarak, yang bervariasi dalam skala kecepatan, antara keadaan diam yang dimiliki sistem bagi dirinya sendiri dan mobilitas yang ditunjukkannya relatif terhadap sistem lain: terjadi pelengkungan semu keserentakan menjadi sukseksi. Keserentakan pertama, sukseksi pertama, milik suatu keseluruhan hal-hal, sedangkan yang kedua milik citra yang dibentuk oleh pengamat dalam cermin-cermin yang semakin mendistorsi seiring meningkatnya kecepatan yang diatribusikan kepada sistem. Pelengkungan keserentakan menjadi sukseksi ini justru merupakan apa yang diperlukan agar hukum-hukum fisika, khususnya elektromagnetisme, tetap sama bagi pengamat internal sistem—yang berada dalam semacam keabsolutan—dan bagi pengamat eksternal, yang hubungannya dengan sistem dapat bervariasi tanpa batas.

Saya berada dalam sistem S' yang dianggap diam. Di sana saya mencatat keserentakan intuitif antara dua peristiwa O' dan A' yang terpisah jauh dalam ruang, setelah menempatkan diri pada jarak yang sama dari keduanya. Sekarang, karena sistemnya diam, sebuah sinar cahaya yang pergi-pulang antara titik O' dan A' menempuh lintasan yang sama saat pergi dan kembali: jadi jika saya mengatur dua jam yang ditempatkan masing-masing di O' dan A' dengan asumsi bahwa kedua lintasan pergi dan kembali P dan Q adalah sama, saya berada dalam kebenaran. Saya memiliki dua cara untuk mengenali keserentakan di sini: satu intuitif, dengan merangkum dalam satu tindakan penglihatan instan apa yang terjadi di O' dan A' ; yang lain turunan, dengan mengonsultasikan jam-jam; dan kedua hasilnya selaras. Sekarang saya anggap bahwa, tanpa ada perubahan pada apa yang terjadi dalam sistem, P tidak lagi tampak sama dengan Q . Inilah yang terjadi ketika seorang pengamat di luar S' melihat sistem ini bergerak. Apakah semua keserentakan lama⁽¹⁾ akan menjadi suksesi bagi pengamat ini? Ya, secara konvensi, jika disepakati untuk menerjemahkan semua hubungan temporal antara semua peristiwa dalam sistem ke dalam bahasa yang mengharuskan ekspresinya diubah tergantung apakah P tampak sama atau tidak sama dengan Q . Inilah yang dilakukan dalam teori Relativitas. Saya, fisikawan relativis, setelah berada di dalam sistem dan mempersepsikan P sama dengan Q , keluar darinya: dengan menempatkan diri dalam banyak sistem tak terbatas yang dianggap bergantian diam dan relatif terhadapnya S' kemudian dianggap bergerak dengan kecepatan yang meningkat, saya melihat ketidaksetaraan antara P dan Q bertambah. Saya kemudian mengatakan bahwa peristiwa-peristiwa yang tadi serentak menjadi berurutan, dan interval waktu mereka semakin besar. Namun ini hanyalah sebuah konvensi, konvensi yang diperlukan jika saya ingin mempertahankan integritas hukum-hukum fisika. *Karena kebetulan hukum-hukum ini, termasuk elektromagnetisme, dirumuskan dalam hipotesis di mana keserentakan dan suksesi fisik didefinisikan oleh kesetaraan atau ketidaksetaraan semu lintasan P dan Q .* Dengan mengatakan bahwa suksesi dan keserentakan bergantung pada sudut pandang, seseorang menerjemahkan hipotesis ini, mengingatkan definisi ini, tidak lebih. Apakah ini menyangkut suksesi dan keserentakan nyata? Itu realitas, jika kita menyepakati untuk menyebut representatif dari yang nyata setiap konvensi yang diadopsi untuk ekspresi matematis fakta fisik. Baiklah; tetapi jangan lagi kita bicara tentang waktu; katakanlah bahwa ini menyangkut suksesi dan keserentakan yang tidak ada hubungannya dengan durasi; karena, berdasarkan konvensi sebelumnya yang diterima secara universal, tidak ada waktu tanpa *sebelum* dan *sesudah* yang dicatat atau dapat dicatat oleh kesadaran yang membandingkan satu sama lain, kesadaran ini sekecil apa pun hanya kesadaran infinitesimal yang koekstensif dengan interval antara dua momen yang sangat berdekatan. Jika Anda mendefinisikan realitas dengan konvensi matematika, Anda memiliki realitas konvensional. Tetapi realitas sejati adalah apa yang dipersepsikan atau dapat dipersepsikan. Sekali lagi, di luar lintasan ganda PQ yang berubah penampilannya tergantung apakah pengamat berada di dalam atau di luar sistem, semua yang dipersepsikan dan dapat dipersepsikan dari S' tetap apa adanya. Artinya S' dapat dianggap diam atau bergerak, tidak masalah: keserentakan nyata akan tetap keserentakan; dan suksesi, suksesi.

⁽¹⁾ Dikecualikan, tentu saja, yang menyangkut peristiwa-peristiwa yang terletak pada bidang yang sama tegak lurus terhadap arah gerakan.

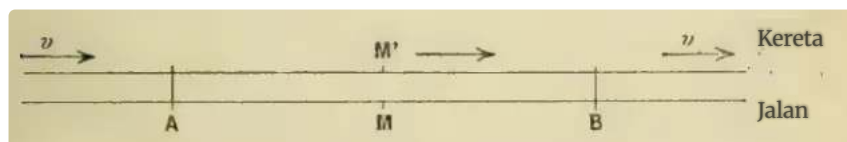
Ketika Anda membiarkan S' diam dan akibatnya menempatkan diri di dalam sistem, keserentakan ilmiah, yang disimpulkan dari kesesuaian antara jam-jam yang disetel secara optik

satu sama lain, bertepatan dengan keserentakan intuitif atau alami; dan *hanya karena ia membantu Anda mengenali keserentakan alami ini, karena ia adalah tandanya, karena ia dapat dikonversi menjadi keserentakan intuitif, maka Anda menyebutnya keserentakan*. Sekarang, S' dianggap bergerak, kedua jenis keserentakan tidak lagi bertepatan; semua yang merupakan keserentakan alami tetap menjadi keserentakan alami; tetapi semakin besar kecepatan sistem, semakin besar ketidaksetaraan antara lintasan P dan Q , padahal keserentakan ilmiah didefinisikan justru oleh kesetaraan mereka. Apa yang harus Anda lakukan jika Anda mengasihani filsuf malang, terkutuk berhadapan dengan realitas dan hanya mengenalnya? Anda akan memberi nama lain pada keserentakan ilmiah, setidaknya ketika Anda berbicara secara filosofis. Anda akan menciptakan kata untuknya, apa pun itu, tetapi Anda tidak akan menyebutnya keserentakan, karena nama itu semata-mata berasal dari fakta bahwa, dalam S' yang dianggap diam, ia menandai kehadiran keserentakan alami, intuitif, nyata, dan orang mungkin mengira sekarang bahwa ia menandakan kehadiran itu lagi. Anda sendiri, terlebih lagi, terus mengakui legitimasi makna asli kata ini, sekaligus keutamaannya, karena ketika S' tampak bergerak bagi Anda, ketika berbicara tentang kesesuaian antara jam-jam sistem, Anda tampaknya tidak lagi memikirkan apa pun selain keserentakan ilmiah, Anda terus-menerus melibatkan yang lain, yang sebenarnya, hanya dengan mencatat suatu 'keserentakan' antara indikasi jam dan suatu peristiwa '*berdekatan dengannya*' (berdekatan bagi Anda, berdekatan bagi manusia seperti Anda, tetapi sangat jauh bagi mikroba yang memahami dan berpengetahuan). Namun Anda mempertahankan kata itu. Bahkan, melalui kata yang umum bagi kedua kasus ini dan yang beroperasi secara magis (bukankah ilmu pengetahuan bertindak pada kita seperti sihir kuno?) Anda mempraktikkan transfusi realitas dari satu keserentakan ke keserentakan lainnya, dari keserentakan alami ke keserentakan ilmiah. Peralihan dari ketetapan ke mobilitas telah menggandakan makna kata, Anda menyelipkan ke dalam makna kedua semua yang ada dalam materialitas dan soliditas makna pertama. Saya akan mengatakan bahwa alih-alih melindungi filsuf dari kesalahan, Anda ingin menjebaknya ke dalamnya, jika saya tidak tahu keuntungan yang Anda miliki, sebagai fisikawan, dalam menggunakan kata keserentakan dalam kedua makna: Anda mengingatkan bahwa keserentakan ilmiah awalnya adalah keserentakan alami, dan selalu dapat kembali menjadi demikian jika pemikiran mengimobilisasi sistem lagi.

Dari sudut pandang yang kami sebut sebagai relativitas sepihak, ada Waktu mutlak dan jam mutlak, Waktu dan jam pengamat yang berada dalam sistem istimewa S . Mari kita asumsikan sekali lagi bahwa S' , setelah awalnya bertepatan dengan S , kemudian terlepas darinya melalui penggandaan. Dapat dikatakan bahwa jam-jam S' , yang terus disesuaikan satu sama lain dengan metode yang sama, melalui sinyal optik, menunjukkan jam yang sama ketika seharusnya menunjukkan jam yang berbeda; mereka mencatat keserentakan dalam kasus-kasus di mana sebenarnya ada sukseksi. Jadi jika kita menempatkan diri dalam hipotesis relativitas sepihak, kita harus mengakui bahwa keserentakan S terdislokasi dalam duplikatnya S' hanya oleh efek gerakan yang membuat S' keluar dari S . Bagi pengamat dalam S' mereka tampak bertahan, tetapi mereka telah menjadi sukseksi. Sebaliknya, dalam teori Einstein, tidak ada sistem istimewa; relativitas adalah bilateral; semuanya timbal balik; pengamat dalam S sama benarnya ketika melihat dalam S' suatu sukseksi seperti pengamat dalam S' ketika melihat keserentakan di sana. Tetapi juga, ini menyangkut sukseksi dan keserentakan yang semata-mata didefinisikan oleh

aspek yang diambil oleh dua lintasan P dan Q : pengamat dalam S tidak salah, karena P baginya sama dengan Q ; pengamat dalam S' juga tidak salah, karena P dan Q dari sistem S' baginya tidak setara. Namun, secara tidak sadar, setelah menerima hipotesis relativitas ganda, orang kembali ke relativitas sederhana, pertama karena keduanya setara secara matematis, kedua karena sangat sulit untuk tidak membayangkan yang kedua ketika berpikir sesuai dengan yang pertama. Maka orang akan bertindak seolah-olah, dengan dua lintasan P dan Q tampak tidak setara ketika pengamat berada di luar S' , pengamat dalam S' salah dalam menyebut garis-garis ini setara, seolah-olah peristiwa-peristiwa sistem material S' telah benar-benar terdislokasi dalam disosiasi kedua sistem, padahal itu hanyalah pengamat di luar S' yang mendekretkannya terdislokasi dengan mengatur diri pada definisi yang dia tetapkan tentang keserentakan. Orang akan lupa bahwa keserentakan dan sukseksi telah menjadi konvensional, bahwa mereka hanya mempertahankan dari keserentakan dan sukseksi primitif properti yang sesuai dengan kesetaraan atau ketidaksetaraan dua lintasan P dan Q . Lagi pula, itu menyangkut kesetaraan dan ketidaksetaraan yang diamati oleh pengamat di dalam sistem, dan karenanya bersifat definitif, tidak berubah.

Bahwa kebingungan antara kedua sudut pandang ini alami dan bahkan tak terhindarkan, akan diyakini tanpa kesulitan dengan membaca beberapa halaman Einstein sendiri. Bukan berarti Einstein harus melakukannya; tetapi perbedaan yang baru saja kita buat sedemikian rupa sehingga bahasa fisikawan hampir tidak mampu mengungkapkannya. Lagi pula, itu tidak penting bagi fisikawan, karena kedua konsepsi diterjemahkan dengan cara yang sama dalam istilah matematis. Tetapi itu penting bagi filsuf, yang akan mewakili waktu secara sangat berbeda tergantung pada apakah dia menempatkan diri dalam satu hipotesis atau yang lain. Halaman-halaman yang Einstein dedikasikan untuk relativitas keserentakan dalam bukunya tentang "*Teori Relativitas Terbatas dan Umum*" sangat instruktif dalam hal ini. Mari kita kutip hal penting dari demonstrasinya:



Gambar 3

Misalkan sebuah kereta api yang sangat panjang bergerak sepanjang jalan dengan kecepatan v seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Para penumpang kereta ini akan lebih suka menganggap kereta ini sebagai sistem referensi; mereka menghubungkan semua peristiwa ke kereta. Setiap peristiwa yang terjadi di suatu titik di jalan juga terjadi di titik tertentu di kereta. Definisi keserentakan adalah sama terhadap kereta maupun terhadap jalan. Tetapi kemudian muncul pertanyaan berikut: apakah dua peristiwa (misalnya dua kilatan A dan B) yang serentak terhadap jalan juga serentak terhadap kereta? Kami akan segera menunjukkan bahwa jawabannya negatif.

Dengan mengatakan bahwa kedua kilat A dan B serentak relatif terhadap rel, kami maksudkan ini: sinar cahaya yang berasal dari titik A dan B bertemu di tengah M jarak AB yang diukur sepanjang rel. Tetapi kejadian A dan B juga berhubungan dengan titik A dan B pada kereta.

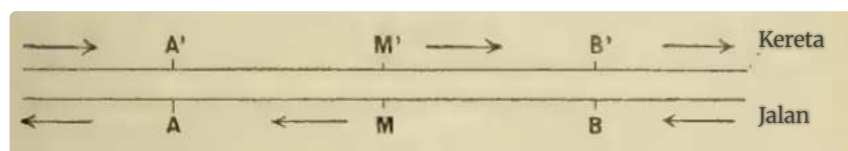
Misalkan M' adalah titik tengah vektor AB pada kereta yang sedang bergerak. Titik M' ini memang bertepatan dengan titik M pada saat kilat terjadi (saat dihitung relatif terhadap rel), tetapi kemudian bergerak ke kanan pada gambar dengan kecepatan v kereta.

Jika seorang pengamat yang berada di kereta pada titik M' tidak ikut terbawa dengan kecepatan ini, ia akan tetap diam di M , dan sinar cahaya dari titik A dan B akan mencapainya secara serentak, artinya sinar-sinar ini akan bersilangan tepat padanya. Namun kenyataannya ia bergerak (relatif terhadap rel) dan bergerak menyongsong cahaya yang datang dari B , sementara menghindari cahaya yang datang dari A . Pengamat akan melihat yang pertama lebih awal daripada yang kedua. Para pengamat yang mengambil kereta api sebagai sistem acuan menyimpulkan bahwa kilat B terjadi sebelum kilat A .

Kita sampai pada fakta penting berikut. Peristiwa-peristiwa yang serentak relatif terhadap rel tidak lagi serentak relatif terhadap kereta, dan sebaliknya (relativitas keserentakan). Setiap sistem acuan memiliki waktunya sendiri; indikasi waktu hanya bermakna jika sistem pembandingan yang digunakan untuk pengukuran waktu ditunjukkan⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Einstein, *La Théorie de la Relativité restreinte et généralisée* (trad. Rouvière), halaman 21 dan 22.

Bagian ini membuat kita menyadari langsung suatu ambiguitas yang menjadi penyebab banyak kesalahpahaman. Untuk menghilangkannya, kita akan mulai dengan menggambar skema yang lebih lengkap (gbr. 4). Perhatikan bahwa Einstein telah menunjukkan arah kereta dengan panah. Kami akan menunjukkan arah sebaliknya—rel—dengan panah lain. Sebab kita tidak boleh lupa bahwa kereta dan rel berada dalam keadaan perpindahan timbal balik.



Gambar 4

Tentu, Einstein juga tidak melupakannya ketika ia tidak menggambar panah sepanjang rel; ia menunjukkan dengan itu bahwa ia memilih rel sebagai sistem acuan. Tetapi filsuf, yang ingin memahami hakikat waktu, yang bertanya apakah rel dan kereta memiliki Waktu nyata yang sama—yakni waktu yang dialami atau dapat dialami yang sama—filsuf itu harus terus ingat bahwa ia tidak perlu memilih antara kedua sistem: ia akan menempatkan seorang pengamat yang sadar di masing-masing sistem dan mencari tahu apa itu waktu yang dialami bagi masing-masing. Mari kita gambar panah tambahan. Sekarang tambahkan dua huruf, A' dan B' , untuk menandai ujung-ujung kereta: dengan tidak memberi mereka nama khusus, membiarkan mereka dengan sebutan A dan B dari titik-titik di Bumi yang bertepatan dengan mereka, kita sekali lagi berisiko lupa bahwa rel dan kereta menikmati rezim timbal balik sempurna dan memiliki kemandirian yang setara. Terakhir, kita akan menyebut secara umum M' setiap titik pada garis $A'B'$ yang terletak relatif terhadap B' dan A' seperti M terhadap A dan B . Itulah untuk gambarnya.

Sekarang mari kita nyalakan kedua kilat kita. Titik-titik asal mereka tidak lebih milik tanah daripada milik kereta; gelombang merambat terlepas dari gerak sumbernya.

Segera terlihat bahwa kedua sistem dapat dipertukarkan, dan hal yang sama persis akan terjadi di M' seperti di titik koresponden M . Jika M adalah titik tengah AB , dan di M -lah keserentakan di rel dirasakan, maka di M' , titik tengah $B'A'$, keserentakan yang sama akan dirasakan dalam kereta.

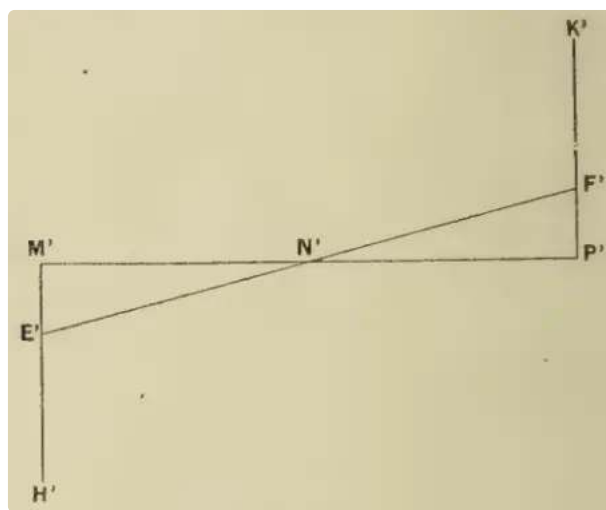
Jadi, jika kita sungguh-sungguh berpegang pada yang dirasakan, pada yang dialami, jika kita bertanya kepada seorang pengamat nyata di kereta dan seorang pengamat nyata di rel, kita akan menemukan bahwa kita berhadapan dengan satu Waktu yang sama: apa yang serentak relatif terhadap rel adalah serentak relatif terhadap kereta.

Tetapi, dengan menandai kedua kelompok panah, kita telah melepaskan adopsi sistem acuan; kita telah menempatkan diri dalam pikiran, *secara bersamaan*, di rel dan di kereta; kita telah menolak menjadi fisikawan. Memang, kita tidak mencari representasi matematis alam semesta: itu harus diambil dari sudut pandang tertentu dan akan mengikuti hukum perspektif matematis. Kita bertanya apa yang nyata, yaitu yang diamati dan dibuktikan secara efektif.

Sebaliknya, bagi fisikawan, ada apa yang ia amati sendiri—ini, ia catat apa adanya—dan kemudian ada apa yang ia amati dari pengamatan potensial orang lain: ini, ia akan menyesuaikannya, membawanya kembali ke sudut pandangnya, karena setiap representasi fisik alam semesta harus dikaitkan dengan sistem acuan. Tetapi notasi yang ia buat kemudian tidak akan lagi sesuai dengan apa pun yang dirasakan atau dapat dirasakan; itu tidak akan lagi nyata, itu akan menjadi simbolis. Fisikawan yang berada di kereta akan memberikan dirinya visi matematis alam semesta di mana semuanya diubah dari realitas yang dirasakan menjadi representasi yang berguna secara ilmiah, kecuali untuk apa yang menyangkut kereta dan objek yang terikat padanya. Fisikawan yang berada di rel akan memberikan dirinya visi matematis alam semesta di mana semuanya disesuaikan dengan cara yang sama, kecuali untuk apa yang menyangkut rel dan objek yang melekat pada rel. Besaran yang akan muncul dalam kedua visi ini umumnya berbeda, tetapi dalam keduanya hubungan tertentu antara besaran, yang kita sebut hukum alam, akan sama, dan identitas ini justru mengungkapkan fakta bahwa kedua representasi adalah milik satu hal yang sama, alam semesta yang independen dari representasi kita.

Apa yang akan dilihat fisikawan yang berada di M pada rel? Ia akan mengamati keserentakan kedua kilatan cahaya. Fisikawan kita tidak bisa berada di titik M' . Yang bisa ia lakukan hanyalah mengatakan bahwa ia secara ideal melihat di M' pengamatan ketidakserentakan antara kedua kilatan. Representasi yang akan ia bangun tentang dunia sepenuhnya didasarkan pada fakta bahwa sistem referensi yang diadopsi terikat pada Bumi: jadi kereta bergerak; sehingga tidak mungkin menempatkan pengamatan keserentakan kedua kilatan di M' . Sejujurnya, tidak ada yang *diamati* di M' , karena untuk itu diperlukan seorang fisikawan di M' , sedangkan satu-satunya fisikawan di dunia menurut hipotesis berada di M . Yang ada di M' hanyalah suatu *notasi* yang dilakukan pengamat di M , notasi yang memang menunjukkan ketidakserentakan. *Atau, jika lebih disukai, di M' ada seorang fisikawan yang hanya dibayangkan, hanya ada dalam pikiran fisikawan di M . Yang terakhir ini kemudian akan menulis seperti Einstein: "Apa yang serentak relatif terhadap rel tidak serentak relatif terhadap kereta." Dan ia berhak melakukannya, asalkan menambahkan: "karena fisika dibangun dari sudut pandang rel". Selain itu, perlu ditambahkan: "Apa*

yang serentak relatif terhadap kereta tidak serentak relatif terhadap rel, karena fisika dibangun dari sudut pandang kereta." Dan akhirnya perlu dikatakan: "Sebuah filosofi yang menempatkan diri baik dari sudut pandang rel maupun kereta, yang kemudian mencatat sebagai keserentakan dalam kereta apa yang dicatatnya sebagai keserentakan pada rel, tidak lagi terbagi antara realitas yang dipersepsikan dan konstruksi ilmiah; ia sepenuhnya berada dalam yang nyata, dan ia hanya mengambil sepenuhnya ide Einstein, yaitu ide tentang timbal balik gerak. Tetapi ide ini, sebagai sesuatu yang lengkap, bersifat filosofis dan bukan lagi fisika. Untuk menerjemahkannya ke dalam bahasa fisikawan, kita harus menempatkan diri dalam apa yang kita sebut hipotesis relativitas sepihak. Dan karena bahasa ini diperlukan, orang tidak menyadari bahwa mereka telah mengadopsi hipotesis ini untuk sementara. Orang kemudian akan berbicara tentang banyaknya Waktu yang semuanya berada pada tingkat yang sama, semuanya nyata karena salah satunya nyata. Tetapi kebenarannya adalah bahwa yang satu ini berbeda secara radikal dari yang lain. Ia nyata, karena ia benar-benar dialami oleh fisikawan. Yang lain, hanya dipikirkan, adalah waktu bantu, matematis, simbolis."



Gambar 5

Tetapi kesalahpahaman ini begitu sulit dihilangkan sehingga tidak bisa diserang dari terlalu banyak sisi. Mari kita pertimbangkan (gambar 5), dalam sistem S' , pada garis lurus yang menunjukkan arah geraknya, tiga titik M' , N' , P' sedemikian rupa sehingga N' berada pada jarak l yang sama dari M' dan P' . Misalkan ada seseorang di N' . Di masing-masing dari ketiga titik M' , N' , P' , terjadi serangkaian peristiwa yang membentuk sejarah tempat itu. Pada saat tertentu orang tersebut mengamati suatu peristiwa tertentu di N' . Tetapi apakah peristiwa-peristiwa yang terjadi pada saat yang sama di M' dan P' juga ditentukan? Tidak, menurut teori Relativitas. Bergantung pada kecepatan sistem S' , peristiwa yang terjadi di M' dan di P' yang bersamaan dengan peristiwa di N' akan berbeda. Jadi jika kita menganggap saat sekarang orang di N' , pada saat tertentu, sebagai terdiri dari semua peristiwa serentak yang terjadi pada saat itu di semua titik sistemnya, hanya sebagian kecil yang akan ditentukan: yaitu peristiwa yang terjadi di titik N' tempat orang itu berada. Sisanya tidak ditentukan. Peristiwa di M' dan P' , yang juga merupakan bagian dari saat sekarang orang kita, akan menjadi ini atau itu tergantung pada kecepatan yang diberikan kepada sistem S' , tergantung pada sistem referensi yang digunakan. Sebutlah v kecepatannya. Kita tahu bahwa ketika jam-jam, diatur sebagaimana mestinya, menunjukkan waktu yang sama di ketiga titik, dan karenanya ketika ada keserentakan di dalam

sistem S' , pengamat yang berada dalam sistem referensi S melihat jam di M' maju dan jam di P' tertinggal dari jam di N' , maju dan tertinggal sebesar $\frac{lv}{c^2}$ detik dari sistem S' . Jadi, bagi pengamat di luar sistem, masa lalu di M' dan masa depan di P' masuk ke dalam struktur saat sekarang pengamat di N' . Apa yang, di M' dan P' , menjadi bagian dari saat sekarang pengamat di N' , muncul bagi pengamat dari luar sebagai semakin jauh ke belakang dalam sejarah masa lalu tempat M' , semakin jauh ke depan dalam sejarah masa depan tempat P' , seiring dengan meningkatnya kecepatan sistem. Mari kita angkat di sepanjang garis lurus $M'P'$, dalam dua arah berlawanan, garis tegak lurus $M'H'$ dan $P'K'$, dan misalkan semua peristiwa sejarah masa lalu tempat M' disusun sepanjang $M'H'$, semua peristiwa sejarah masa depan tempat P' disusun sepanjang $P'K'$. Kita dapat menyebut *garis keserentakan* garis lurus, melewati titik N' , yang menghubungkan peristiwa E' dan F' yang terletak, bagi pengamat di luar sistem, di masa lalu tempat M' dan di masa depan tempat P' pada jarak $\frac{lv}{c^2}$ dalam waktu (angka $\frac{lv}{c^2}$ menunjukkan detik dari sistem S'). Garis ini, seperti terlihat, menyimpang semakin jauh dari $M'N'P'$ seiring dengan meningkatnya kecepatan sistem.

BAB 7.7.

Skema Minkowski

Di sini lagi teori Relativitas pada awalnya tampak paradoks, yang mencolok imajinasi. Ide segera muncul bahwa orang kita di N' , jika pandangannya dapat melintasi secara instan ruang yang memisahkannya dari P' , akan melihat sebagian masa depan tempat itu, karena ia ada di sana, karena saat masa depan itu serentak dengan saat sekarang orang tersebut. Ia akan memprediksi kepada penghuni tempat P' peristiwa-peristiwa yang akan dialaminya. Tentu saja, pikir orang, penglihatan instan dari jarak jauh ini tidak mungkin secara faktual; tidak ada kecepatan yang melebihi cahaya. Tetapi orang dapat membayangkan secara mental penglihatan instan, dan itu cukup untuk membuat interval $\frac{lv}{c^2}$ masa depan tempat P' sudah ada secara prinsipil di masa sekarang tempat itu, sudah terbentuk sebelumnya dan karenanya sudah ditentukan. — Kita akan melihat bahwa di sini ada efek fatamorgana. Sayangnya, para ahli teori Relativitas tidak melakukan apa pun untuk menghilangkannya. Mereka malah senang memperkuatnya. Saat ini belum waktunya untuk menganalisis konsep Ruang-Waktu Minkowski, yang diadopsi Einstein. Konsep ini diwujudkan dalam skema yang sangat cerdas, di mana seseorang berisiko, jika tidak hati-hati, membaca apa yang baru saja kami tunjukkan, di mana Minkowski sendiri dan para penerusnya memang telah membacanya. Tanpa membahas skema ini lebih dulu (skema ini akan memerlukan serangkaian penjelasan yang bisa kita kesampingkan untuk saat ini), mari kita terjemahkan pemikiran Minkowski pada gambar yang lebih sederhana yang baru saja kita gambar.

Jika kita mempertimbangkan garis keserentakan kita $E'N'F'$, kita melihat bahwa, setelah awalnya bertepatan dengan $M'N'P'$, ia menyimpang semakin jauh seiring dengan

meningkatnya kecepatan v sistem S' relatif terhadap sistem acuan S . Namun ia tidak akan menyimpang tanpa batas. Kita tahu bahwa tidak ada kecepatan yang melebihi kecepatan cahaya. Oleh karena itu, panjang $M'E'$ dan $P'F'$, yang sama dengan $\frac{lv}{c}$, tidak dapat melebihi $\frac{l}{c}$. Misalkan panjangnya demikian. Kita akan memiliki, seperti yang dikatakan, di luar E' dalam arah $E'H'$, suatu wilayah *masa lalu mutlak*, dan di luar F' dalam arah $F'K'$ suatu wilayah *masa depan mutlak*; tidak ada dari masa lalu maupun masa depan ini yang dapat menjadi bagian dari masa kini pengamat di N' . Namun, sebaliknya, tidak ada satu pun momen dalam interval $M'E'$ maupun interval $P'F'$ yang sepenuhnya mendahului atau sepenuhnya mengikuti apa yang terjadi di N' ; semua momen berurutan dari masa lalu dan masa depan ini akan bersamaan dengan peristiwa di N' , jika diinginkan; cukup dengan mengaitkan ke sistem S' kecepatan yang sesuai, yaitu memilih sistem acuan yang sesuai. Semua yang telah terjadi di M' dalam interval yang telah berlalu $\frac{l}{c}$, semua yang akan terjadi di $M'N'P'$ dalam interval yang akan datang $\frac{l}{c}$, dapat masuk ke dalam masa kini, yang sebagian belum ditentukan, dari pengamat di N' : kecepatan sistem yang akan memilih.

Selain itu, bahwa pengamat di N' , jika ia memiliki kemampuan penglihatan instan dari kejauhan, akan melihat sebagai masa kini di P' apa yang akan menjadi masa depan P' bagi pengamat di P' dan dapat, melalui telepati yang juga instan, memberitahu di P' apa yang akan terjadi di sana, para ahli teori Relativitas secara implisit telah mengakuinya, karena mereka telah berusaha meyakinkan kita tentang konsekuensi dari keadaan semacam itu⁽¹⁾. Faktanya, mereka menunjukkan, pengamat di N' tidak akan pernah menggunakan keberadaan ini, dalam masa kininya, dari apa yang merupakan masa lalu di M' bagi pengamat di M' atau apa yang merupakan masa depan di P' bagi pengamat di P' ; ia tidak akan pernah membuat penduduk M' dan P' mendapat manfaat atau menderita karenanya; karena tidak ada pesan yang dapat dikirimkan, tidak ada sebab-akibat yang dapat terjadi, dengan kecepatan melebihi kecepatan cahaya; sehingga orang yang berada di N' tidak dapat diberi tahu tentang masa depan P' yang meskipun demikian merupakan bagian dari masa kininya, maupun mempengaruhi masa depan itu dengan cara apa pun: masa depan itu mungkin ada di sana, termasuk dalam masa kini orang di N' ; bagi dirinya, itu praktis tidak ada.

⁽¹⁾ Lihat, mengenai hal ini: Langevin, *Le temps, l'espace et la causalité*. *Bulletin de la Société française de philosophie*, 1912 dan Eddington. *Espace, temps et gravitation*, trad. Rossignol, p61-66.

Mari kita lihat apakah tidak ada ilusi di sini. Kita akan kembali ke asumsi yang telah kita buat sebelumnya. Menurut teori Relativitas, hubungan temporal antara peristiwa-peristiwa yang terjadi dalam suatu sistem hanya bergantung pada kecepatan sistem tersebut, dan bukan pada sifat peristiwa-peristiwa tersebut. Hubungan-hubungan itu akan tetap sama jika kita membuat S' sebagai duplikat S , yang menjalankan sejarah yang sama dengan S dan awalnya bertepatan dengannya. Asumsi ini akan sangat mempermudah hal-hal, dan tidak akan mengurangi keumuman demonstrasi.

Jadi, dalam sistem S terdapat garis MNP yang darinya garis $M'N'P'$ muncul, melalui proses penggandaan, pada saat S' memisahkan diri dari S . Dengan asumsi, seorang pengamat yang ditempatkan di M' dan seorang pengamat yang ditempatkan di M , berada di dua lokasi yang sesuai dalam dua sistem identik, masing-masing menyaksikan sejarah yang sama dari tempat tersebut, rangkaian peristiwa yang sama yang terjadi di sana. Demikian pula untuk kedua pengamat di N dan N' , dan untuk mereka di P dan P' , selama masing-masing hanya mempertimbangkan tempat di mana mereka berada. Inilah yang disepakati semua orang. Sekarang, kita akan fokus khususnya pada dua pengamat di N dan N' , karena ini tentang keserentakan dengan apa yang terjadi di titik tengah garis ini ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Untuk menyederhanakan penalaran, kita akan mengasumsikan dalam semua yang berikut bahwa peristiwa yang sama sedang terjadi di titik N dan N' dalam dua sistem S dan S' yang satu adalah duplikat dari yang lain. Dengan kata lain, kita mempertimbangkan N dan N' pada saat yang tepat ketika kedua sistem terpisah, dengan asumsi bahwa sistem S' dapat memperoleh kecepatannya v secara instan, melalui lompatan tiba-tiba, tanpa melalui kecepatan perantara. Pada peristiwa yang merupakan masa kini bersama dari kedua orang di N dan N' ini, kita kemudian memusatkan perhatian kita. Ketika kita mengatakan bahwa kita meningkatkan kecepatan v , yang kita maksud adalah kita mengembalikan keadaan, kita membuat kedua sistem bertepatan lagi, sehingga kita membuat orang-orang di N dan N' menyaksikan peristiwa yang sama lagi, dan kemudian kita memisahkan kedua sistem dengan memberikan kecepatan yang lebih tinggi dari sebelumnya ke S' , juga secara instan.

Bagi pengamat di N , apa yang terjadi di M dan P yang bersamaan dengan masa kininya sepenuhnya ditentukan, karena sistem tersebut dianggap diam.

Sedangkan bagi pengamat di N' , apa yang terjadi di M' dan P' yang bersamaan dengan masa kininya, ketika sistemnya S' bertepatan dengan S , juga ditentukan: itu adalah dua peristiwa yang sama yang, di M dan P , bersamaan dengan masa kini N .

Sekarang, S' bergerak relatif terhadap S dan mengambil, misalnya, kecepatan yang semakin meningkat. Tetapi bagi pengamat di N' , yang berada di dalam S' , sistem ini diam. Kedua sistem S dan S' berada dalam keadaan resiprositas sempurna; demi kemudahan studi, demi membangun fisika, kita telah mengimobilisasi satu atau yang lain sebagai sistem acuan. Segala sesuatu yang diamati oleh seorang pengamat nyata, dalam daging dan darah, di N , segala sesuatu yang akan ia amati secara instan, secara telepati, di titik mana pun yang jauh darinya di dalam sistemnya, akan dilihat secara identik oleh seorang pengamat nyata, dalam daging dan darah, yang ditempatkan di N' , di dalam S' . Jadi bagian dari sejarah tempat M' dan P' yang benar-benar masuk ke dalam masa kini pengamat di N' baginya, yang akan ia lihat di M' dan P' jika ia memiliki kemampuan penglihatan instan dari kejauhan, ditentukan dan tidak berubah, berapa pun kecepatan S' di mata pengamat di dalam sistem S . Ini adalah bagian yang sama yang akan dilihat oleh pengamat di N di M dan P .

Tambahkan bahwa jam di S' berjalan secara mutlak bagi pengamat di N' seperti jam di S bagi pengamat di N , karena S dan S' berada dalam keadaan gerak resiprokal dan karenanya dapat dipertukarkan. Ketika jam yang terletak di M , N , P , dan disinkronkan secara optik satu sama lain, menunjukkan waktu yang sama dan kemudian menurut definisi, menurut relativisme, ada keserentakan antara peristiwa-peristiwa yang terjadi di titik-titik tersebut, hal yang sama berlaku untuk jam yang sesuai di S' dan kemudian, lagi-lagi menurut definisi, ada keserentakan antara

peristiwa-peristiwa yang terjadi di M' , N' , P' — peristiwa-peristiwa yang masing-masing identik dengan yang pertama.

Namun, begitu saya mengimobilisasi S sebagai sistem referensi, inilah yang terjadi. Dalam sistem S yang kini diam, dan di mana jam-jam telah disetel secara optik seperti biasa, dengan asumsi sistem tersebut tidak bergerak, keserentakan menjadi sesuatu yang *mutlak*; maksud saya, karena jam-jam telah disetel oleh pengamat yang secara inheren berada di dalam sistem, dengan asumsi bahwa sinyal optik antara dua titik N dan P menempuh jarak yang sama saat pergi dan pulang, asumsi ini menjadi definitif, dikukuhkan oleh fakta bahwa S dipilih sebagai sistem referensi dan diimobilisasi secara permanen.

Namun, justru karena itu, S' bergerak; dan pengamat di S kemudian menyadari bahwa sinyal optik antara dua jam di N' dan P' (yang oleh pengamat di S' diasumsikan dan masih diasumsikan menempuh jarak yang sama saat pergi dan pulang) kini menempuh jarak yang tidak sama—ketidaksamaan ini semakin besar seiring meningkatnya kecepatan S' . Sesuai definisinya, (karena kita menganggap pengamat di S adalah seorang relativis), jam-jam yang menunjukkan waktu yang sama dalam sistem S' tidak menandai, *di matanya*, peristiwa-peristiwa yang kontemporer. Peristiwa-peristiwa itu memang kontemporer baginya, dalam sistemnya sendiri; seperti juga peristiwa-peristiwa itu kontemporer bagi pengamat di N' , dalam sistemnya sendiri. Namun, bagi pengamat di N , mereka tampak sebagai suksesi dalam sistem S' ; atau lebih tepatnya *mereka tampak baginya sebagai sesuatu yang harus dicatat sebagai suksesi*, berdasarkan definisi keserentakan yang telah ia tetapkan.

Kemudian, seiring meningkatnya kecepatan S' , pengamat di N mencatat—dengan memberi nomor—peristiwa yang terjadi di titik M' semakin jauh di masa lalu dan di titik P' semakin jauh di masa depan, padahal peristiwa-peristiwa itu kontemporer baginya dalam sistemnya sendiri, dan juga kontemporer bagi seorang pengamat yang berada di sistem S' . Tentang pengamat terakhir ini, yang nyata dan sadar, tidak lagi dibahas; ia telah diam-diam dikosongkan dari isinya, setidaknya kesadarannya; dari pengamat ia menjadi sekadar yang diamati, karena pengamat di N —lah yang diangkat sebagai fisikawan pembangun seluruh sains. Sejak itu, saya ulangi, seiring v meningkat, fisikawan kita *mencatat* peristiwa yang sama—yang terjadi di M' atau P' —sebagai bagian dari kesadaran nyata pengamat di N' , dan karenanya bagian dari kesadarannya sendiri, sebagai sesuatu yang semakin jauh di masa lalu tempat M' dan semakin jauh di masa depan tempat P' . Jadi, tidak ada berbagai peristiwa berbeda di tempat P' , misalnya, yang akan masuk secara bergantian ke dalam kesadaran nyata pengamat di N' untuk kecepatan sistem yang meningkat. Melainkan peristiwa yang sama di tempat P' , yang merupakan bagian dari kesadaran pengamat di N' dalam asumsi diamnya sistem, dicatat oleh pengamat di N sebagai milik masa depan yang semakin jauh dari pengamat di N' , seiring meningkatnya kecepatan sistem S' yang bergerak. Jika pengamat di N tidak mencatat seperti itu, konsepsi fisiknya tentang alam semesta akan menjadi tidak koheren, karena pengukuran yang ia catat untuk fenomena dalam suatu sistem akan menerjemahkan hukum yang harus diubah sesuai kecepatan sistem: demikian, sistem yang identik dengan miliknya, di mana setiap titik memiliki sejarah yang identik dengan

titik yang sesuai, tidak akan diatur oleh fisika yang sama (setidaknya dalam hal elektromagnetisme). Namun, dengan mencatat seperti ini, ia hanya mengekspresikan kebutuhan di mana ia menemukan dirinya, ketika ia menganggap sistem N -nya yang diam bergerak dengan nama S' , untuk *melengkungkan* keserentakan antar peristiwa. Ini selalu keserentakan yang sama; itu akan tampak seperti itu bagi seorang pengamat di dalam S' . Tetapi, diekspresikan secara perspektif dari titik N , itu harus dilengkungkan menjadi bentuk sukseksi.

Karena itu, sia-sia saja untuk menenangkan kita, mengatakan bahwa pengamat di N' mungkin menyimpan sebagian masa depan tempat P' dalam kesadarannya saat ini, tetapi ia tidak dapat mengetahuinya atau memberitahunya, dan karenanya masa depan ini baginya seolah tidak ada. Kami sangat tenang: kami tidak dapat mengisi dan menghidupkan kembali pengamat kami di N' yang telah dikosongkan isinya, menjadikannya kembali makhluk sadar dan terutama fisikawan, tanpa peristiwa di tempat P' , yang baru saja kami klasifikasikan ulang ke masa depan, kembali menjadi kesadaran tempat itu. Pada dasarnya, fisikawan di N -lah yang perlu ditenangkan di sini, dan dialah yang ditenangkannya. Ia harus membuktikan kepada dirinya sendiri bahwa dengan memberi nomor seperti yang ia lakukan pada peristiwa di titik P , melokalisasikannya di masa depan titik itu dan di kesadaran pengamat di N' , ia tidak hanya memenuhi tuntutan sains, tetapi juga tetap selaras dengan pengalaman umum. Dan ia tidak kesulitan membuktikannya, karena begitu ia merepresentasikan segala sesuatu sesuai aturan perspektif yang ia adopsi, apa yang koheren dalam realitas tetap koheren dalam representasi. Alasan yang sama yang membuatnya mengatakan tidak ada kecepatan melebihi cahaya, bahwa kecepatan cahaya sama untuk semua pengamat, dll., memaksanya untuk mengklasifikasikan peristiwa yang merupakan bagian dari kesadaran pengamat di N' , yang juga bagian dari kesadarannya sendiri di N , dan yang termasuk dalam kesadaran tempat P , ke masa depan tempat P' . Secara ketat, ia harus menyatakannya seperti ini: "*Saya menempatkan peristiwa di masa depan tempat P' , tetapi selama saya membiarkannya dalam interval waktu masa depan $\frac{1}{c}$, tidak mendorongnya lebih jauh, saya tidak akan pernah membayangkan orang di N' mampu melihat apa yang akan terjadi di P' dan memberitahu penghuninya.*" Tetapi cara pandangannya membuatnya berkata: "*Pengamat di N' mungkin menyimpan sesuatu dari masa depan tempat P' dalam kesadarannya saat ini, ia tidak dapat mengetahuinya, atau memengaruhinya, atau menggunakannya dengan cara apa pun.*" Tentu saja, tidak akan ada kesalahan fisik atau matematis yang diakibatkan; tetapi besar ilusi filsuf yang menerima kata-kata fisikawan itu begitu saja.

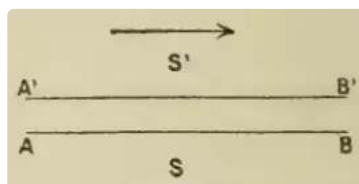
Karena itu, tidak ada, di M' dan P' , di samping peristiwa-peristiwa yang diizinkan untuk tetap dalam "*masa lalu absolut*" atau "*masa depan absolut*" bagi pengamat di N' , seluruh rangkaian peristiwa yang, berlalu dan akan datang di dua titik ini, akan masuk ke dalam kesadarannya saat ini ketika kita menghubungkan sistem S' dengan kecepatan yang sesuai. Di setiap titiknya, hanya ada satu peristiwa yang menjadi bagian dari kesadaran *nyata* pengamat di N' , berapa pun kecepatan sistemnya: itu adalah peristiwa yang sama yang, di M dan P , menjadi bagian dari kesadaran pengamat di N . Tetapi peristiwa ini akan dicatat oleh fisikawan sebagai terletak lebih atau kurang di masa lalu M' , lebih atau kurang di masa depan P' , tergantung pada kecepatan

yang dikaitkan dengan sistem. Di M' dan P' , selalu pasangan peristiwa yang sama yang membentuk dengan peristiwa tertentu di N' kesadaran Paul yang terletak di titik terakhir ini. Tetapi keserentakan ketiga peristiwa ini tampak dilengkungkan menjadi masa lalu-kesadaran-masa depan, ketika dilihat, oleh Pierre yang membayangkan Paul, dalam cermin gerakan.

Namun ilusi yang terkandung dalam interpretasi umum begitu sulit diungkap sehingga tidak akan sia-sia untuk menyerangnya dari sisi lain. Mari kita asumsikan lagi bahwa sistem S' , identik dengan sistem S , baru saja terpisah darinya dan telah memperoleh kecepatannya secara instan. Pierre dan Paul menyatu di titik N : kini mereka terpisah di N dan N' yang masih bertepatan. Sekarang bayangkan Pierre, di dalam sistem S -nya, memiliki karunia penglihatan instan pada jarak berapa pun. Jika gerakan yang diberikan pada sistem S' benar-benar membuat peristiwa di lokasi masa depan P' menjadi serempak dengan apa yang terjadi di N' (dan karenanya dengan apa yang terjadi di N , karena pemisahan kedua sistem terjadi pada saat yang sama), Pierre akan menyaksikan peristiwa masa depan di lokasi P , peristiwa yang baru akan memasuki masa kini Pierre sebentar lagi: singkatnya, melalui perantara sistem S' , ia akan membaca masa depan sistem S -nya sendiri, bukan untuk titik N tempat ia berada, tetapi untuk titik jauh P . Dan semakin besar kecepatan yang diperoleh sistem S' secara tiba-tiba, semakin jauh pandangannya menyelam ke masa depan titik P . Jika ia memiliki sarana komunikasi instan, ia akan mengumumkan kepada penghuni lokasi P apa yang akan terjadi di sana, setelah melihatnya di P' . Tapi sama sekali tidak. Apa yang ia lihat di P' , di masa depan lokasi P' , persis sama dengan apa yang ia lihat di P , di masa kini lokasi P . Semakin besar kecepatan sistem S' , semakin jauh di masa depan lokasi P' apa yang ia lihat di P , tetapi itu tetaplah masa kini yang sama dari titik P . Penglihatan jarak jauh, dan ke masa depan, tidak mengajarkannya apa pun. Dalam "selang waktu" antara masa kini lokasi P dan masa depan yang identik dengan masa kini ini dari lokasi korelatif P' , bahkan tidak ada ruang untuk apa pun: semuanya terjadi seolah-olah selang itu nol. Dan memang nol: itu adalah kehampaan yang mengembang. Tapi ia mengambil penampakan selang melalui fenomena optik mental, analog dengan efek yang menjauhkan objek dari dirinya sendiri ketika tekanan pada bola mata membuat kita melihat ganda. Lebih tepatnya, penglihatan yang Pierre berikan pada sistem S' tidak lain adalah penglihatan sistem S yang ditempatkan secara miring dalam Waktu. "Penglihatan terdistorsi" ini membuat garis keserentakan yang melewati titik M , N , P dari sistem S tampak semakin miring dalam sistem S' , duplikat S , seiring meningkatnya kecepatan S' : duplikat apa yang terjadi di M ditemukan mundur ke masa lalu, duplikat apa yang terjadi di P ditemukan maju ke masa depan; tetapi pada dasarnya, ini hanyalah efek puntiran mental. Sekarang, apa yang kami katakan tentang sistem S' , duplikat S , akan berlaku untuk sistem lain mana pun dengan kecepatan yang sama; karena, sekali lagi, hubungan temporal peristiwa internal S' dipengaruhi, menurut Teori Relativitas, oleh kecepatan sistem yang lebih besar atau lebih kecil, tetapi hanya oleh kecepatannya. Mari kita asumsikan bahwa S' adalah sistem apa pun, bukan lagi duplikat S . Jika kita ingin menemukan makna tepat Teori Relativitas, kita harus membuat S' pertama diam bersama S tanpa menyatu, lalu bergerak. Kita akan menemukan bahwa apa yang merupakan keserentakan dalam keadaan diam tetap menjadi keserentakan dalam gerakan, tetapi keserentakan ini, dilihat dari sistem S , hanya ditempatkan secara miring: garis keserentakan

antara tiga titik M' , N' , P' tampak telah berputar pada sudut tertentu di sekitar N' , sehingga salah satu ujungnya tertinggal di masa lalu sementara ujung lainnya mendahului masa depan.

Kami telah menekankan "*perlambatan waktu*" dan "*dislokasi keserentakan*". Masih tersisa "*kontraksi longitudinal*". Kami akan segera menunjukkan bagaimana ini hanyalah manifestasi spasial dari efek temporal ganda ini. Tapi untuk saat ini kami bisa membicarakannya secara singkat. Misalkan (gbr. 6), dalam sistem bergerak S' , dua titik A' dan B' yang, selama perjalanan sistem, menempati dua titik A dan B dari sistem diam S , yang mana S' adalah duplikatnya.



Gambar 6

Ketika kedua kebetulan ini terjadi, jam-jam yang ditempatkan di A' dan B' , dan diatur secara alami oleh pengamat yang terikat pada S' , menunjukkan waktu yang sama. Pengamat yang terikat pada S , yang mengatakan bahwa dalam kasus seperti ini jam di B' tertinggal dari jam di A' , akan menyimpulkan bahwa B' baru bertepatan dengan B setelah momen kebetulan A' dengan A , dan akibatnya $A'B'$ lebih pendek dari AB . Pada kenyataannya, ia hanya "tahu" dalam arti berikut. Untuk menyesuaikan diri dengan aturan perspektif yang kami uraikan sebelumnya, ia harus menganggap bahwa kebetulan B' dengan B tertunda dibandingkan dengan kebetulan A' dengan A , tepat karena jam-jam di A' dan B' menunjukkan waktu yang sama untuk kedua kebetulan tersebut. Sejak itu, untuk menghindari kontradiksi, ia harus menandai $A'B'$ sebagai panjang yang lebih kecil dari AB . Selain itu, pengamat di S' akan bernalar secara simetris. Sistemnya baginya tidak bergerak; dan akibatnya S bergerak baginya dalam arah berlawanan dari yang diikuti S' sebelumnya. Jam di A baginya tampak tertinggal dari jam di B . Dan akibatnya kebetulan A dengan A' menurutnya hanya akan terjadi setelah kebetulan B dengan B' jika jam A dan B menunjukkan waktu yang sama saat kedua kebetulan tersebut. Dari sini disimpulkan bahwa AB harus lebih kecil dari $A'B'$. Sekarang, apakah AB dan $A'B'$ memiliki, *secara nyata*, ukuran yang sama? Kami ulangi sekali lagi bahwa di sini kami menyebut nyata apa yang dipersepsikan atau dapat dipersepsikan. Kami harus mempertimbangkan pengamat di S dan pengamat di S' , Pierre dan Paul, dan membandingkan pandangan mereka masing-masing tentang kedua besaran tersebut. Masing-masing dari mereka, ketika melihat alih-alih sekadar dilihat, ketika menjadi pengacu dan bukan yang dirujuk, mengimobilisasi sistemnya. Masing-masing mengambil panjang yang dipertimbangkannya dalam keadaan diam. Kedua sistem, dalam keadaan perpindahan timbal balik yang nyata, karena dapat dipertukarkan mengingat S' adalah duplikat S , pandangan yang dimiliki pengamat di S tentang AB dengan demikian secara hipotesis identik dengan pandangan yang dimiliki pengamat di S' tentang $A'B'$. Bagaimana mungkin menegaskan lebih tegas, lebih mutlak, kesetaraan kedua panjang AB dan $A'B'$? Kesetaraan hanya memiliki makna mutlak, melampaui segala konvensi pengukuran, dalam kasus di mana kedua istilah yang dibandingkan identik; dan mereka dinyatakan identik sejak

diasumsikan dapat dipertukarkan. Jadi, dalam tesis Relativitas Terbatas, keluasan tidak dapat berkontraksi secara nyata lebih dari waktu melambat atau keserentakan terdislokasi secara efektif. Tetapi, ketika suatu sistem acuan telah diadopsi dan dengan demikian diimobilisasi, segala sesuatu yang terjadi dalam sistem lain harus diekspresikan secara perspektif, sesuai dengan jarak yang lebih atau kurang besar yang ada, dalam skala besaran, antara kecepatan sistem yang dirujuk dan kecepatan, nol secara hipotesis, sistem yang mengacu. Jangan lupakan perbedaan ini. Jika kami memunculkan Jean dan Jacques, hidup-hidup, dari lukisan di mana yang satu menempati latar depan dan yang lain latar belakang, jangan biarkan Jacques memiliki tinggi badan kerdil. Berikan dia, seperti Jean, dimensi normal.

BAB 7.8.

Kebingungan yang Menjadi Akar Segala Paradoks

Untuk meringkas semuanya, kita hanya perlu mengambil kembali hipotesis awal fisikawan yang terikat pada Bumi, melakukan dan mengulangi eksperimen Michelson-Morley. Tetapi sekarang kita akan menganggapnya terutama sibuk dengan apa yang kita sebut nyata, yaitu apa yang ia persepsikan atau dapat persepsikan. Ia tetap seorang fisikawan, ia tidak melupakan kebutuhan untuk memperoleh representasi matematis yang koheren dari keseluruhan hal. Tetapi ia ingin membantu filsuf dalam tugasnya; dan pandangannya tidak pernah terlepas dari garis demarkasi bergerak yang memisahkan simbolis dari nyata, konseptual dari perseptual. Ia akan berbicara tentang "*kenyataan*" dan "*penampakan*", tentang "*pengukuran sejati*" dan "*pengukuran palsu*". Singkatnya, ia tidak akan mengadopsi bahasa Relativitas. Tetapi ia akan menerima teorinya. Terjemahan yang akan ia berikan kepada kita tentang ide baru dalam bahasa lama akan membuat kita lebih memahami apa yang dapat kita pertahankan, apa yang harus kita ubah, dari apa yang sebelumnya kita akui.

Jadi, dengan memutar peralatannya sebesar 90 derajat, pada waktu apa pun sepanjang tahun ia tidak mengamati pergeseran apa pun pada pinggiran interferensi. Kecepatan cahaya dengan demikian sama di semua arah, sama untuk setiap kecepatan Bumi. Bagaimana menjelaskan fakta ini?

Fakta itu sepenuhnya dijelaskan, kata fisikawan kita. Tidak ada kesulitan, tidak ada masalah yang muncul kecuali karena orang berbicara tentang Bumi yang bergerak. Tetapi bergerak relatif terhadap apa? Di manakah titik tetap yang didekati atau dijauhinya? Titik ini hanya dapat dipilih secara arbitrer. Saya bebas kemudian untuk menetapkan bahwa Bumi akan menjadi titik itu, dan menghubungkannya kembali dengan dirinya sendiri. Di sana ia tidak bergerak, dan masalahnya lenyap.

Namun saya memiliki keraguan. Betapa tidak membingungkannya jika konsep keabadian mutlak tetap memiliki makna, dan jika di suatu tempat terungkap suatu titik acuan yang benar-benar tetap? Bahkan tanpa melangkah sejauh itu, saya hanya perlu melihat bintang-bintang; saya melihat benda-benda bergerak relatif terhadap Bumi. Fisikawan yang terikat pada salah satu sistem ekstraterestrial ini, dengan penalaran yang sama seperti saya, akan menganggap dirinya tidak

bergerak dan berada dalam haknya: ia akan memiliki tuntutan yang sama terhadap saya seperti yang mungkin dimiliki penghuni sistem yang benar-benar tidak bergerak. Dan ia akan mengatakan kepada saya, seperti yang mereka katakan, bahwa saya salah, bahwa saya tidak berhak menjelaskan dengan ketidakgerakan saya kesamaan kecepatan rambat cahaya di semua arah, karena saya sedang bergerak.

Tetapi inilah yang akan menenangkan saya. Seorang pengamat ekstraterestrial tidak akan pernah menegur saya, tidak pernah menyalahkan saya, karena, dengan mempertimbangkan satuan pengukuran saya untuk ruang dan waktu, mengamati perpindahan instrumen saya dan pergerakan jam-jam saya, ia akan membuat pengamatan berikut:

1° Saya tentu saja menganggap kecepatan cahaya sama dengan dia, meskipun saya bergerak searah dengan sinar cahaya dan dia diam; tetapi ini karena satuan waktu saya tampak lebih panjang baginya; 2° Saya percaya telah mengamati bahwa cahaya merambat dengan kecepatan yang sama ke segala arah, tetapi ini karena saya mengukur jarak dengan penggaris yang panjangnya dia lihat bervariasi sesuai orientasi; 3° Saya akan selalu menemukan kecepatan cahaya yang sama, bahkan jika saya berhasil mengukurnya antara dua titik di jalur yang ditempuh di Bumi dengan mencatat pada jam yang ditempatkan di masing-masing tempat tersebut waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak tersebut? Tetapi ini karena kedua jam saya telah disetel dengan sinyal optik dengan asumsi bahwa Bumi diam. Karena Bumi bergerak, salah satu dari dua jam tersebut akan semakin tertinggal dari yang lain seiring dengan meningkatnya kecepatan Bumi. Keterlambatan ini akan selalu membuat saya percaya bahwa waktu yang dibutuhkan cahaya untuk menempuh jarak tersebut adalah waktu yang sesuai dengan kecepatan yang selalu konstan. Jadi, saya terlindungi. Kritikus saya akan menemukan kesimpulan saya benar, meskipun, dari sudut pandangnya yang sekarang satu-satunya sah, premis-premis saya telah menjadi salah. Paling-paling dia akan menuduh saya karena percaya bahwa saya telah benar-benar mengamati keteguhan kecepatan cahaya ke segala arah: menurutnya, saya hanya menegaskan keteguhan ini karena kesalahan saya dalam pengukuran waktu dan ruang saling mengompensasi sehingga memberikan hasil yang serupa dengan miliknya. Secara alami, dalam representasi alam semesta yang akan dia bangun, dia akan memasukkan panjang waktu dan ruang saya sebagaimana dia baru saja menghitungnya, dan bukan seperti yang saya hitung sendiri. Saya akan dianggap telah melakukan pengukuran yang salah sepanjang operasi. Tetapi saya tidak peduli, karena hasil saya diakui benar. Lagipula, jika pengamat yang hanya saya bayangkan menjadi nyata, dia akan menghadapi kesulitan yang sama, memiliki keraguan yang sama, dan akan menenangkan diri dengan cara yang sama. Dia akan mengatakan bahwa, bergerak atau diam, dengan pengukuran yang benar atau salah, dia mendapatkan fisika yang sama dengan saya dan sampai pada hukum-hukum universal.

Dengan kata lain: mengingat percobaan seperti Michelson dan Morley, segala sesuatunya terjadi seolah-olah teoretikus Relativitas menekan salah satu bola mata eksperimentator dan dengan demikian memicu diplopia dari jenis tertentu: gambar yang awalnya terlihat, percobaan yang awalnya dilakukan, digandakan dengan gambar fantastis di mana durasi melambat, keserentakan melengkung menjadi suksesi, dan di mana, karenanya, panjang berubah. Diplopia yang diinduksi secara artifisial pada eksperimentator ini dimaksudkan untuk menenangkannya atau lebih tepatnya meyakinkannya terhadap risiko yang dia yakini dia hadapi (yang benar-benar akan dia

hadapi dalam kasus tertentu) dengan secara sewenang-wenang menjadikan dirinya sebagai pusat dunia, menghubungkan segala sesuatu dengan sistem acuan pribadinya, dan membangun fisika yang dia inginkan agar berlaku universal: mulai sekarang dia bisa tidur nyenyak; dia tahu bahwa hukum-hukum yang dia formulasikan akan terverifikasi, dari mana pun observatorium orang mengamati alam. Karena gambar fantastis dari percobaannya, yang menunjukkan bagaimana percobaan ini akan muncul, jika perangkat eksperimental bergerak, kepada pengamat diam yang dilengkapi dengan sistem acuan baru, tentu saja merupakan deformasi temporal dan spasial dari gambar pertama, tetapi deformasi yang membiarkan hubungan antara bagian-bagian kerangka tetap utuh, mempertahankan artikulasinya apa adanya dan memastikan bahwa percobaan terus memverifikasi hukum yang sama, artikulasi dan hubungan ini tepatnya adalah apa yang kita sebut hukum-hukum alam.

Tetapi pengamat terestrial kita tidak boleh pernah lupa bahwa, dalam semua hal ini, hanya dialah yang nyata, dan pengamat lainnya fantastis. Dia akan memanggil sebanyak hantu yang dia inginkan, sebanyak kecepatan yang ada, tak terhingga jumlahnya. Semuanya akan tampak baginya sedang membangun representasi alam semesta mereka, memodifikasi pengukuran yang telah dia lakukan di Bumi, mendapatkan fisika yang identik dengan miliknya. Sejak saat itu, dia akan bekerja pada fisika-nya dengan tetap murni dan sederhana di observatorium yang dia pilih, Bumi, dan tidak akan lagi memperhatikan mereka.

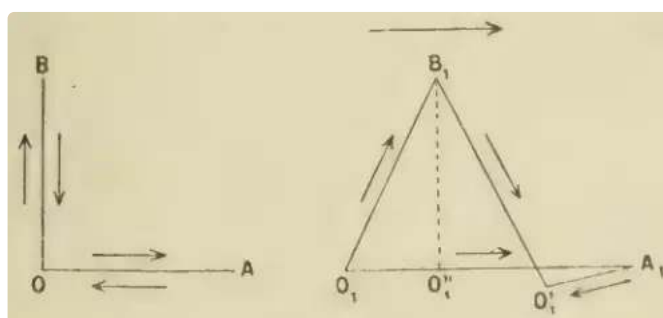
Namun tetap perlu bahwa fisikawan-fisikawan fantastis ini dipanggil; dan teori Relativitas, dengan memberikan sarana bagi fisikawan nyata untuk menyetujui mereka, telah membuat sains melangkah maju dengan pesat.

Kita baru saja menempatkan diri di Bumi. Tetapi kita bisa saja memilih titik mana pun di alam semesta. Di setiap titik ada seorang fisikawan nyata yang menarik awan fisikawan fantastis di belakangnya, sebanyak kecepatan yang dia bayangkan. Apakah kita ingin menyaring apa yang nyata? Apakah kita ingin tahu apakah ada satu Waktu tunggal atau banyak Waktu? Kita tidak perlu memperhatikan fisikawan fantastis, kita hanya perlu memperhitungkan fisikawan nyata. Kita akan bertanya apakah mereka mempersepsikan Waktu yang sama. Sekarang, umumnya sulit bagi filsuf untuk menyatakan dengan pasti bahwa dua orang hidup dalam ritme durasi yang sama. Dia bahkan tidak bisa memberikan makna yang ketat dan tepat pada pernyataan ini. Namun dia bisa melakukannya dalam hipotesis Relativitas: pernyataan ini menjadi sangat jelas, dan menjadi pasti, ketika membandingkan dua sistem dalam keadaan perpindahan timbal balik dan seragam; para pengamat dapat dipertukarkan. Ini tentu saja sepenuhnya jelas dan pasti hanya dalam hipotesis Relativitas. Di tempat lain, dua sistem, betapapun miripnya, biasanya akan berbeda dalam beberapa hal, karena mereka tidak menempati posisi yang sama relatif terhadap sistem istimewa. Tetapi penghapusan sistem istimewa adalah inti dari teori Relativitas. Oleh karena itu teori ini, jauh dari mengecualikan hipotesis Waktu tunggal, justru memanggilnya dan memberinya kejelasan yang lebih tinggi.

BAB 8.

Figur Cahaya

Cara memandang hal-hal ini akan memungkinkan kita untuk menyelami lebih dalam teori Relativitas. Kita telah menunjukkan bagaimana teoretikus Relativitas memunculkan, di samping visi yang dia miliki tentang sistemnya sendiri, semua representasi yang dapat dikaitkan dengan semua fisikawan yang melihat sistem ini bergerak dengan semua kecepatan yang mungkin. Representasi-representasi ini berbeda, tetapi berbagai bagian dari masing-masing diartikulasikan sedemikian rupa untuk mempertahankan, di dalamnya, hubungan yang sama di antara mereka dan dengan demikian menunjukkan hukum yang sama. Sekarang mari kita perhatikan lebih dekat berbagai representasi ini. Mari kita tunjukkan, secara lebih konkret, deformasi progresif dari gambar permukaan dan konservasi hubungan internal yang tak berubah seiring dengan meningkatnya kecepatan yang diasumsikan. Dengan demikian kita akan menyaksikan secara langsung kelahiran pluralitas Waktu dalam teori Relativitas. Kita akan melihat maknanya terungkap secara material di depan mata kita. Dan sekaligus kita akan menguraikan postulat-postulat tertentu yang tersirat dalam teori ini.



Gambar 7

BAB 8.1.

"Garis Cahaya" dan "Garis Kaku"

Jadi, dalam sistem S yang diam, terdapat eksperimen Michelson-Morley (Gambar 7). Sebutlah "garis kaku" atau cukup "garis" sebagai garis geometris seperti OA atau OB . Sebutlah "garis cahaya" sebagai sinar cahaya yang merambat sepanjang garis tersebut. Bagi pengamat di dalam sistem, kedua sinar yang diluncurkan masing-masing dari O ke B dan dari O ke A , dalam dua arah tegak lurus, kembali tepat ke arah semula. Eksperimen ini memberinya gambaran tentang garis ganda cahaya yang terentang antara O dan B , dan juga garis ganda cahaya yang terentang antara O dan A , kedua garis ganda cahaya ini saling tegak lurus dan sama panjang.

Dengan melihat sistem yang diam sekarang, bayangkan bahwa ia bergerak dengan kecepatan v . Bagaimana representasi ganda kita akan hal ini?

BAB 8.2.

Gambar Cahaya dan Gambar Ruang: Bagaimana Mereka Bertepatan dan Bagaimana Mereka Berpisah

Selama diam, kita dapat menganggapnya, tanpa perbedaan, sebagai terdiri dari dua garis kaku sederhana, tegak lurus, atau dari dua garis ganda cahaya, yang juga tegak lurus: gambar cahaya dan gambar kaku bertepatan. Begitu kita menganggapnya bergerak, kedua gambar berpisah. Gambar kaku tetap terdiri dari dua garis lurus tegak lurus. Tetapi gambar cahaya berubah bentuk. Garis ganda cahaya yang terentang sepanjang garis lurus OB menjadi garis cahaya patah $O_1 B_1 O_1'$. Garis ganda cahaya yang terentang sepanjang OA menjadi garis cahaya $O_1 A_1 O_1'$ (bagian $O_1 A_1$ dari garis ini sebenarnya terletak pada $O_1 A_1$, tetapi demi kejelasan, kita pisahkan pada gambar). Itulah bentuknya. Mari kita pertimbangkan besarnya.

Seseorang yang bernalar *a priori*, sebelum eksperimen Michelson–Morley benar-benar dilakukan, akan berkata: "*Saya harus menganggap bahwa gambar kaku tetap seperti adanya, tidak hanya karena kedua garis tetap tegak lurus, tetapi juga karena mereka selalu sama panjang. Ini berasal dari konsep kekakuan itu sendiri. Sedangkan untuk kedua garis ganda cahaya, yang awalnya sama panjang, saya melihatnya, dalam imajinasi, menjadi tidak sama ketika mereka berpisah karena efek gerak yang pikiran saya berikan pada sistem. Ini berasal dari kesamaan panjang kedua garis kaku itu sendiri.*" Singkatnya, dalam penalaran *a priori* menurut gagasan lama, orang akan berkata: "*gambar kaku ruang yang memberlakukan syarat-syaratnya pada gambar cahaya.*"

Teori Relativitas, sebagaimana muncul dari eksperimen Michelson–Morley yang benar-benar dilakukan, terdiri dari pembalikan proposisi ini, dan mengatakan: "*gambar cahaya yang memberlakukan syarat-syaratnya pada gambar kaku.*" Dengan kata lain, gambar kaku bukanlah realitas itu sendiri: itu hanyalah konstruksi pikiran; dan dari konstruksi ini, gambar cahaya, yang satu-satunya diberikan, yang harus menyediakan aturan-aturan.

Eksperimen Michelson–Morley mengajarkan kita bahwa kedua garis $O_1 B_1 O_1'$, $O_1 A_1 O_1'$, tetap sama panjang, berapapun kecepatan yang diberikan pada sistem. Oleh karena itu, kesamaan panjang kedua garis ganda cahaya yang selalu dianggap terpelihara, dan bukan kesamaan panjang kedua garis kaku: garis-garis kaku inilah yang harus menyesuaikan diri. Mari kita lihat bagaimana mereka menyesuaikan diri. Untuk itu, mari kita perhatikan dengan cermat deformasi gambar cahaya kita. Tetapi jangan lupa bahwa semuanya terjadi dalam imajinasi kita, atau lebih tepatnya dalam pemahaman kita. Faktanya, eksperimen Michelson–Morley dilakukan oleh seorang fisikawan di dalam sistemnya, dan karenanya dalam sistem yang diam. Sistem hanya bergerak jika fisikawan keluar dengan pikirannya. Jika pikirannya tetap di sana, penalarannya tidak akan berlaku untuk sistemnya sendiri, tetapi untuk eksperimen Michelson–Morley yang dilakukan di sistem lain, atau lebih tepatnya pada gambaran yang dia bentuk, yang harus dia bentuk, tentang eksperimen yang dilakukan di tempat lain: karena, di mana eksperimen itu benar-benar dilakukan, itu masih dilakukan oleh seorang fisikawan di dalam sistem, dan karenanya dalam sistem yang masih diam. Sehingga dalam semua ini hanya menyangkut notasi tertentu yang harus diadopsi dari eksperimen yang tidak dilakukan, untuk mengoordinasikannya dengan eksperimen yang dilakukan. Dengan demikian diungkapkan secara sederhana bahwa eksperimen itu tidak dilakukan. Tanpa pernah melupakan poin ini, mari kita ikuti variasi gambar cahaya kita. Kita akan memeriksa secara terpisah tiga efek deformasi yang dihasilkan oleh gerakan: 1° efek transversal, yang sesuai, seperti akan kita lihat, dengan apa yang disebut teori

Relativitas sebagai perpanjangan waktu; 2° efek longitudinal, yang baginya adalah pergeseran keserentakan; 3° efek ganda transversal-longitudinal, yang akan menjadi "kontraksi Lorentz".

B A B 8 . 3 .

Tiga Efek Disosiasi

1° Efek transversal atau "dilatasi waktu". Berikan kecepatan v nilai-nilai yang meningkat dari nol. Biasakan pikiran kita untuk mengeluarkan, dari figur cahaya primitif OAB , serangkaian figur di mana perbedaan antara garis-garis cahaya yang awalnya bertepatan semakin menonjol. Latih juga diri kita untuk memasukkan kembali ke dalam figur asli semua figur yang telah keluar darinya. Dengan kata lain, lakukan seperti dengan teropong yang kita tarik tabungnya keluar untuk kemudian menyusunnya kembali satu per satu. Atau lebih baik, pikirkan mainan anak-anak yang terdiri dari batang-batang berengsel di sepanjangnya ditempatkan tentara-tentara kayu. Ketika kita menarik kedua batang terluar, batang-batang itu saling bersilangan seperti huruf X dan tentara-tentara itu berpecah; ketika kita mendorongnya kembali satu sama lain, batang-batang itu berjajar dan tentara-tentara itu kembali berbaris rapat. Ulangi dengan baik bahwa figur-figur cahaya kita jumlahnya tak terbatas namun hanya membentuk satu kesatuan: kepelbagaian hanya mengungkapkan pandangan-pandangan potensial yang akan dimiliki oleh pengamat-pengamat terhadapnya ketika figur-figur itu bergerak dengan kecepatan berbeda—pada dasarnya, pandangan yang akan dimiliki oleh pengamat-pengamat yang bergerak relatif terhadapnya; dan semua pandangan virtual ini saling bertumpuk, bagaikan, dalam pandangan nyata figur primitif AOB . Kesimpulan apa yang akan muncul untuk garis cahaya transversal $O_1 B_1 O_1'$, yang keluar dari OB dan bisa kembali ke sana, yang bahkan secara efektif kembali ke sana dan menyatu kembali dengan OB pada saat yang sama ketika kita membayangkannya? Garis ini sama dengan $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, sedangkan garis cahaya ganda primitif adalah $2l$. Perpanjangannya mewakili secara tepat perpanjangan waktu, seperti yang diberikan oleh teori Relativitas. Kita melihat dari sini bahwa teori ini berproses seolah-olah kita mengambil standar waktu sebagai lintasan pergi-pulang sinar cahaya antara dua titik tertentu. Tapi kita kemudian segera melihat, secara intuitif, hubungan antara Waktu-waktu jamak dan Waktu tunggal yang nyata. Tidak hanya Waktu-waktu jamak yang diungkit oleh teori Relativitas tidak merusak kesatuan Waktu nyata, tetapi mereka justru mengandaikan dan mempertahankannya. Pengamat nyata, di dalam sistem, sadar akan perbedaan dan identitas dari Waktu-waktu yang beragam ini. Dia hidup dalam waktu psikologis, dan dengan Waktu ini menyatu semua Waktu matematis yang lebih atau kurang terdilatasi; karena seiring dia memisahkan batang-batang berengsel mainannya—maksudku seiring dia mempercepat gerakan sistemnya dalam pikiran—garis-garis cahaya memanjang, tetapi semuanya mengisi durasi hidup yang sama. Tanpa durasi hidup yang unik ini, tanpa Waktu nyata yang umum bagi semua Waktu matematis, apa artinya mengatakan bahwa mereka kontemporer, bahwa mereka berada dalam interval yang sama? makna apa yang bisa ditemukan dalam pernyataan seperti itu?

Misalkan (kita akan segera kembali ke titik ini) bahwa pengamat di S terbiasa mengukur waktunya dengan garis cahaya, maksudku menempelkan waktu psikologis-nya pada garis

cahaya OB . Secara niscaya, waktu psikologis dan garis cahaya (diambil dalam sistem diam) akan menjadi sinonim baginya. Ketika, membayangkan sistemnya bergerak, dia membayangkan garis cahayanya lebih panjang, dia akan mengatakan bahwa waktu telah memanjang; tetapi dia juga akan melihat bahwa ini bukan lagi waktu psikologis; ini adalah waktu yang tidak lagi, seperti tadi, psikologis dan matematis sekaligus; ia menjadi eksklusif matematis, tidak bisa menjadi waktu psikologis siapa pun: begitu sebuah kesadaran ingin hidup dalam salah satu Waktu yang memanjang ini $O_1 B_1, O_2 B_2$, dll., seketika itu juga Waktu-waktu ini akan menyusut kembali ke OB , karena garis cahaya tidak lagi dipersepsikan dalam imajinasi, tetapi dalam kenyataan, dan sistem, yang hingga saat itu digerakkan hanya oleh pikiran, akan menuntut kembali keadaannya yang diam.

Jadi, secara ringkas, tesis Relativitas berarti di sini bahwa seorang pengamat di dalam sistem S , yang membayangkan sistem ini bergerak dengan semua kecepatan yang mungkin, akan melihat waktu matematis sistemnya memanjang seiring peningkatan kecepatan jika waktu sistem ini disamakan dengan garis-garis cahaya $OB, O_1 B_1, O_2 B_2$, dll. Semua Waktu matematis yang berbeda ini akan kontemporer, dalam arti semuanya berada dalam durasi psikologis yang sama, yaitu milik pengamat di S . Ini tentu hanya Waktu-waktu fiktif, karena mereka tidak bisa dialami sebagai berbeda dari yang pertama oleh siapa pun, baik oleh pengamat di S yang mempersepsikan semuanya dalam durasi yang sama, maupun oleh pengamat nyata atau mungkin lainnya. Mereka hanya mempertahankan nama waktu karena yang pertama dalam seri, yaitu OB , mengukur durasi psikologis pengamat di S . Kemudian, melalui perluasan, orang masih menyebut waktu untuk garis-garis cahaya, yang kali ini memanjang, dari sistem yang dianggap bergerak, dengan memaksa diri sendiri untuk melupakan bahwa semuanya berada dalam durasi yang sama. Pertahankan nama waktu untuk mereka, aku setuju: ini akan, menurut definisi, menjadi Waktu-waktu konvensional, karena mereka tidak mengukur durasi nyata atau mungkin apa pun.

Tapi bagaimana menjelaskan, secara umum, pendekatan antara waktu dan garis cahaya ini? Mengapa garis cahaya pertama, OB , ditempelkan oleh pengamat di S pada durasi psikologis-nya, sehingga kemudian memberikan nama dan penampilan waktu pada garis-garis berikutnya $O_1 B_1, O_2 B_2 \dots$ dll., melalui semacam kontaminasi? Kami telah menjawab pertanyaan ini secara implisit; namun tidak akan sia-sia untuk meninjaunya kembali. Tapi mari kita lihat dulu—sambil terus menjadikan waktu sebagai garis cahaya—efek kedua dari deformasi figur.

2° Efek longitudinal atau "*dislokasi keserentakan*". Seiring meningkatnya jarak antara garis-garis cahaya yang semula bertepatan dalam gambar asli, ketidaksetaraan semakin mencolok antara dua garis cahaya longitudinal seperti $O_1 A_1$ dan $A_1 O_1'$, yang semula menyatu dalam garis cahaya berlapis ganda OA . Karena garis cahaya selalu mewakili waktu bagi kita, kita akan mengatakan bahwa momen A_1 bukan lagi titik tengah interval waktu $O_1 A_1 O_1'$, padahal momen A adalah titik tengah interval $OA O$. Namun, apakah pengamat dalam sistem S menganggap sistemnya diam atau bergerak, asumsinya—sebagai tindakan pikiran semata—tidak memengaruhi jam dalam sistem. Tetapi hal itu memengaruhi keselarasannya. Jam-jam tidak berubah; Waktulah yang berubah. Waktu berubah bentuk dan terdislokasi di antara jam-jam itu. Dulu ada waktu yang setara yang, bisa dikatakan, bergerak dari O ke A dan kembali dari A ke O dalam gambar asli. Sekarang perjalanan pergi lebih panjang daripada perjalanan pulang. Terlihat juga dengan mudah

bahwa keterlambatan jam kedua terhadap jam pertama akan menjadi $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$ atau $\frac{lv}{c^2}$,

tergantung apakah dihitung dalam detik sistem diam atau sistem bergerak. Karena jam-jam tetap seperti adanya, berjalan seperti semula, mempertahankan hubungan yang sama di antara mereka dan tetap disetel satu sama lain seperti semula, dalam pikiran pengamat kita, jam-jam itu semakin tertinggal satu sama lain seiring imajinasinya mempercepat gerakan sistem. Apakah dia merasa diam? Ada keserentakan nyata antara dua momen ketika jam di O dan A menunjukkan waktu yang sama. Apakah dia membayangkan dirinya bergerak? Dua momen ini, yang ditandai oleh dua jam yang menunjukkan waktu sama, menurut definisi berhenti menjadi serentak, karena dua garis cahaya dibuat tidak setara, padahal sebelumnya setara. Maksud saya, yang tadinya kesetaraan, sekarang menjadi ketidaksetaraan, yang *menyelinap di antara* dua jam itu, sementara jam-jam itu sendiri tidak bergerak. Tetapi apakah kesetaraan dan ketidaksetaraan ini memiliki tingkat realitas yang sama, jika keduanya mengklaim berlaku untuk waktu? Yang pertama adalah *sekaligus* kesetaraan garis cahaya dan kesetaraan durasi psikologis, yaitu waktu dalam pengertian umum. Yang kedua hanyalah ketidaksetaraan garis cahaya, yaitu Waktu konvensional; lebih jauh, itu terjadi di antara durasi psikologis yang sama seperti yang pertama. Dan justru karena durasi psikologis tetap ada, tidak berubah, selama semua imajinasi berturut-turut pengamat, dia dapat menganggap semua Waktu konvensional yang dia bayangkan setara. Dia berada di depan gambar BOA : dia merasakan durasi psikologis tertentu yang dia ukur dengan garis-garis cahaya ganda OB dan OA . Tiba-tiba, tanpa berhenti melihat, jadi selalu merasakan durasi yang sama, dia melihat dalam imajinasinya garis-garis cahaya ganda terpisah sambil memanjang, garis cahaya longitudinal ganda terbelah menjadi dua garis dengan panjang tidak setara, ketidaksetaraan meningkat dengan kecepatan. Semua ketidaksetaraan ini muncul dari kesetaraan primitif seperti tabung teleskop; semuanya masuk kembali secara instan, jika dia mau, melalui teleskop. Mereka setara baginya, justru karena realitas sejati adalah kesetaraan primitif, yaitu keserentakan momen-momen yang ditunjukkan oleh dua jam itu, dan bukan sukseksi, yang murni fiktif dan konvensional, yang akan dihasilkan oleh gerakan sistem yang hanya dibayangkan dan dislokasi garis cahaya yang menyertainya. Semua dislokasi ini, semua sukseksi ini, karenanya bersifat virtual; hanya keserentakan yang nyata. Dan karena semua virtualitas ini, semua varietas dislokasi ini berada dalam keserentakan yang benar-benar teramati, mereka dapat digantikan secara matematis. Namun, tetap saja di satu sisi ada yang terbayangkan, kemungkinan murni, sementara di sisi lain ada yang teramati dan nyata.

Tetapi fakta bahwa, sadar atau tidak, teori Relativitas menggantikan waktu dengan garis-garis cahaya, menegaskan salah satu prinsip doktrin ini. Dalam serangkaian studi tentang teori Relativitas⁽¹⁾, Tuan Ed. Guillaume berpendapat bahwa teori ini pada dasarnya menggunakan perambatan cahaya sebagai jam, bukan lagi rotasi Bumi. Kami percaya ada lebih dari itu dalam teori Relativitas. Tetapi kami menilai setidaknya ada itu. Dan kami menambahkan bahwa dengan mengungkap elemen ini, seseorang hanya menekankan pentingnya teori ini. Dengan demikian dibuktikan bahwa, dalam hal ini juga, teori ini merupakan hasil alami dan mungkin perlu dari seluruh evolusi. Mari kita ingat kembali refleksi mendalam yang disampaikan Tuan Edouard Le Roy baru-baru ini tentang penyempurnaan bertahap pengukuran kita, dan khususnya tentang pengukuran waktu⁽²⁾. Dia menunjukkan bagaimana metode pengukuran tertentu memungkinkan penentuan hukum, dan bagaimana hukum-hukum ini, sekali ditetapkan, dapat bereaksi pada

metode pengukuran dan memaksanya untuk dimodifikasi. Khususnya mengenai waktu, jam sidereal telah digunakan untuk pengembangan fisika dan astronomi: khususnya, hukum gravitasi Newton dan prinsip konservasi energi telah ditemukan. Tetapi hasil ini tidak sesuai dengan keteguhan hari sidereal, karena menurutnya pasang surut harus bertindak sebagai rem pada rotasi Bumi. Sehingga penggunaan jam sidereal mengarah pada konsekuensi yang mengharuskan adopsi jam baru⁽³⁾. Tidak diragukan lagi bahwa kemajuan fisika cenderung menampilkan jam optik—maksud saya perambatan cahaya—sebagai jam batas, yang berada di ujung semua pendekatan berturut-turut ini. Teori Relativitas mencatat hasil ini. Dan karena hakikat fisika adalah mengidentifikasi benda dengan pengukurannya, "garis cahaya" akan sekaligus menjadi pengukur waktu dan waktu itu sendiri. Tetapi kemudian, karena garis cahaya memanjang, sementara tetap menjadi dirinya sendiri, ketika seseorang membayangkan dalam gerakan dan meninggalkan sistem tempatnya diamati, kita akan memiliki Waktu-waktu berganda, setara; dan hipotesis pluralitas Waktu, karakteristik teori Relativitas, akan tampak bagi kita sebagai syarat evolusi fisika secara umum. Waktu-waktu yang didefinisikan demikian akan menjadi Waktu-waktu fisik⁽⁴⁾. Selain itu, ini hanya akan menjadi Waktu yang terpikirkan, dengan pengecualian satu, yang akan benar-benar dirasakan. Yang ini, selalu sama, adalah Waktu akal sehat.

⁽¹⁾ *Revue de métaphysique* (Mei-Juni 1918 dan Oktober-Desember 1920). Lihat *La Théorie de la relativité*, Lausanne, 1921.

⁽²⁾ *Bulletin de la Société française de philosophie*, Februari 1905.

⁽³⁾ Lihat *ibid.*, *L'espace et le temps*, hal. 25.

⁽⁴⁾ Kami menyebutnya matematika, dalam esai ini, untuk menghindari kebingungan. Memang kami terus-menerus membandingkannya dengan Waktu psikologis. Namun, untuk itu, kami harus membedakannya, dan selalu menyimpan perbedaan ini dalam pikiran. Perbedaan antara psikologis dan matematika jelas: perbedaan antara psikologis dan fisik jauh kurang jelas. Ungkapan "Waktu fisik" terkadang memiliki makna ganda; dengan ungkapan "Waktu matematika", tidak mungkin ada ambiguitas.

B A B 8 . 4 .

Sifat Sejati Waktu Einstein

Mari kita rangkum dalam dua kata. Teori Relativitas menggantikan Waktu akal sehat—yang selalu dapat diubah menjadi durasi psikologis dan karenanya nyata menurut definisi—dengan sebuah Waktu yang hanya dapat diubah menjadi durasi psikologis dalam kasus sistem yang diam. Dalam semua kasus lain, Waktu ini—yang sebelumnya merupakan garis cahaya sekaligus durasi—kini hanya menjadi garis cahaya, sebuah garis elastis yang meregang seiring meningkatnya kecepatan yang dikaitkan pada sistem. Ia tidak dapat berhubungan dengan durasi psikologis baru, karena ia terus menempati durasi yang sama. Tapi itu tidak penting: teori Relativitas adalah teori fisika; ia memilih untuk mengabaikan semua durasi psikologis, baik dalam kasus pertama maupun lainnya, dan hanya mempertahankan garis cahaya sebagai pengganti waktu. Karena garis ini memanjang atau memendek tergantung pada kecepatan sistem, kita memperoleh banyak Waktu yang hadir bersamaan. Dan ini tampak paradoks bagi kita karena durasi nyata terus menghantui kita. Namun sebaliknya, ini menjadi sangat sederhana dan wajar jika kita mengambil garis cahaya yang dapat diperpanjang sebagai pengganti waktu, dan jika kita menyebut keserentakan dan suksepsi sebagai kasus-kasus kesetaraan dan ketidaksetaraan antara garis-garis cahaya yang hubungannya jelas berubah tergantung pada keadaan diam atau Bergeraknya sistem.

Namun pertimbangan tentang garis-garis cahaya ini akan tidak lengkap jika kita hanya mempelajari efek transversal dan longitudinal secara terpisah. Kita sekarang harus menyaksikan komposisinya. Kita akan melihat bagaimana hubungan yang harus selalu ada antara garis cahaya longitudinal dan transversal—terlepas dari kecepatan sistem—menghasilkan konsekuensi tertentu terkait kekakuan, dan karenanya juga luasan. Dengan demikian kita akan menangkap secara langsung keterkaitan Ruang dan Waktu dalam teori Relativitas. Keterkaitan ini hanya muncul jelas ketika waktu telah direduksi menjadi garis cahaya. Dengan garis cahaya—yang merupakan waktu tetapi tetap didasarkan pada ruang, yang memanjang karena pergerakan sistem dan karenanya mengumpulkan ruang di sepanjang jalan yang diubahnya menjadi waktu—kita akan memahami *secara konkret*, dalam Waktu dan Ruang semua orang, fakta awal yang sangat sederhana yang diungkapkan oleh konsep Ruang-Waktu empat dimensi dalam teori Relativitas.

3° Efek transversal-longitudinal atau "*kontraksi Lorentz*". Teori Relativitas terbatas, seperti telah kami katakan, pada dasarnya terdiri dari membayangkan garis ganda cahaya BOA terlebih dahulu, kemudian mendistorsinya menjadi bentuk-bentuk seperti $O_1 B_1 A_1 O'$ melalui pergerakan sistem, dan akhirnya memasukkan kembali, mengeluarkan, dan memasukkan kembali semua bentuk ini satu sama lain, sambil membiasakan diri untuk berpikir bahwa mereka *secara bersamaan* merupakan bentuk pertama dan bentuk-bentuk yang muncul darinya. Singkatnya, dengan semua kecepatan yang mungkin diberikan secara berturut-turut pada sistem, seseorang memperoleh semua visi yang mungkin tentang satu hal yang sama, yang dianggap bertepatan dengan semua visi ini sekaligus. Tetapi hal yang dimaksud pada dasarnya adalah garis cahaya. Mari kita perhatikan tiga titik O, B, A pada gambar pertama kita. Biasanya, ketika kita menyebutnya titik-titik tetap, kita memperlakukannya seolah-olah mereka dihubungkan satu sama lain oleh batang kaku. Dalam teori Relativitas, hubungan ini menjadi simpul cahaya yang diluncurkan dari O ke B untuk kembali ke dirinya sendiri dan ditangkap kembali di O , simpul cahaya lain antara O dan A , hanya menyentuh A untuk kembali ke O . Ini berarti waktu sekarang akan menyatu dengan ruang. Dalam hipotesis batang kaku, ketiga titik tersebut saling terhubung dalam sesaat atau, jika Anda mau, dalam keabadian, di luar waktu: hubungan mereka dalam ruang tidak berubah. Di sini, dengan batang elastis dan dapat berubah bentuk dari cahaya yang mewakili waktu atau lebih tepatnya adalah waktu itu sendiri, hubungan ketiga titik dalam ruang akan bergantung pada waktu.

Untuk memahami "*kontraksi*" yang akan terjadi, kita hanya perlu memeriksa bentuk-bentuk cahaya yang berurutan, dengan mempertimbangkan bahwa ini adalah bentuk-bentuk, yaitu jejak cahaya yang dipertimbangkan sekaligus, dan bahwa kita harus tetap memperlakukan garis-garisnya seolah-olah mereka adalah waktu. Garis-garis cahaya ini adalah satu-satunya yang diberikan, kita harus merekonstruksi secara mental garis-garis ruang, yang umumnya tidak akan terlihat dalam bentuk itu sendiri. Mereka hanya dapat disimpulkan, maksud saya direkonstruksi secara mental. Pengecualiannya tentu saja bentuk cahaya sistem yang dianggap diam: jadi, dalam bentuk pertama kita, OB dan OA adalah garis cahaya yang fleksibel sekaligus garis ruang yang kaku, peralatan BOA dianggap diam. Tapi, dalam bentuk cahaya kedua kita, bagaimana kita membayangkan peralatan, dua garis ruang kaku yang menopang dua cermin? Mari kita perhatikan posisi peralatan yang sesuai dengan saat B ditempatkan di B_1 . Jika kita menurunkan garis tegak lurus $B_1 O_1''$ ke $O_1 A_1$, dapatkah kita mengatakan bahwa bentuk $B_1 O_1'' A_1$ adalah

bentuk peralatan? Jelas tidak, karena jika kesetaraan garis cahaya $O_1 B_1$ dan $O_1' B_1'$ memberi tahu kita bahwa momen O_1'' dan B_1'' memang bersamaan, maka $O_1'' B_1''$ mempertahankan karakter garis ruang yang kaku, oleh karena itu $O_1'' B_1''$ mewakili salah satu lengan peralatan, sebaliknya ketidaksetaraan garis cahaya $O_1 A_1$ dan $O_1' A_1'$ menunjukkan kepada kita bahwa dua momen O_1'' dan A_1'' berurutan. Panjang $O_1'' A_1''$ karenanya mewakili lengan kedua peralatan ditambah ruang yang ditempuh oleh peralatan selama interval waktu antara momen O_1'' dan momen A_1'' . Jadi, untuk mendapatkan panjang lengan kedua ini, kita harus mengambil selisih antara $O_1'' A_1''$ dan jarak yang ditempuh. Mudah untuk menghitungnya. Panjang $O_1'' A_1''$ adalah rata-rata aritmatika antara $O_1 A_1$ dan $O_1' A_1'$, dan karena jumlah kedua panjang terakhir ini sama dengan $\frac{2l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$, karena garis total $O_1 A_1 O_1'$ mewakili waktu yang sama dengan garis $O_1 B_1 O_1'$, kita melihat bahwa $O_1'' A_1''$ memiliki panjang $\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$. Adapun ruang yang ditempuh oleh peralatan dalam interval waktu antara momen O_1'' dan A_1'' , dapat segera dievaluasi dengan mencatat bahwa interval ini diukur oleh keterlambatan jam yang terletak di ujung salah satu lengan peralatan dibandingkan dengan jam yang terletak di ujung lainnya, yaitu oleh $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$. Jarak yang ditempuh kemudian adalah $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv^2}{c^2}$. Dan karenanya panjang lengan, yang l saat diam, menjadi

$$\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

yaitu $l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. Dengan demikian kita menemukan kembali "kontraksi Lorentz".

Di sini terlihat apa arti kontraksi. Identifikasi waktu dengan garis cahaya menyebabkan gerakan sistem menghasilkan efek ganda dalam waktu: dilatasi detik, dislokasi keserentakan. Dalam perbedaan

$$\frac{l}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - \frac{lv^2}{c^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

, suku pertama berkaitan dengan efek dilatasi, suku kedua dengan efek dislokasi. Dalam kedua kasus bisa dikatakan hanya waktu (waktu fiktif) yang terlibat. Namun kombinasi efek-efek dalam Waktu menghasilkan apa yang disebut kontraksi panjang dalam Ruang.

BAB 8.5.

Transisi ke Teori Ruang-Waktu

Di sini esensi sejati teori Relativitas Khusus menjadi jelas. Secara sederhana dapat diungkapkan: "Dengan adanya kesesuaian antara figur ruang kaku dan figur cahaya lentur dalam keadaan diam, dan dengan adanya disosiasi ideal kedua figur ini akibat gerakan yang dianggap dimiliki sistem, deformasi bertahap figur cahaya lentur oleh berbagai kecepatan adalah satu-satunya yang penting: figur ruang kaku akan menyesuaikan diri sebisanya." Nyatanya, kita melihat bahwa dalam gerakan sistem, zigzag longitudinal cahaya harus mempertahankan panjang yang sama dengan zigzag transversal, karena kesetaraan kedua waktu ini adalah yang utama. Dalam kondisi

ini, dua garis ruang kaku—longitudinal dan transversal—tidak bisa tetap setara, sehingga ruang harus mengalah. Ia pasti akan mengalah, jejak kaku dalam garis ruang murni dianggap hanya sebagai rekaman efek keseluruhan yang dihasilkan oleh berbagai modifikasi figur lentur, yaitu garis-garis cahaya.

BAB 9.

Ruang-Waktu Empat Dimensi

Bagaimana Gagasan tentang Dimensi Keempat Diperkenalkan

Kini mari kita tinggalkan figur cahaya beserta deformasi-deformasi bertahapnya. Kami menggunakannya untuk mewujudkan abstraksi-abstraksi teori Relativitas dan juga untuk mengungkap postulat-postulat yang tersirat. Hubungan yang telah kami tegakkan antara Waktu-Waktu Jamak dan waktu psikologis mungkin telah menjadi lebih jelas. Dan mungkin pintu telah terbuka untuk memasukkan gagasan Ruang-Waktu Empat Dimensi ke dalam teori. Ruang-Waktu inilah yang akan menjadi fokus kita selanjutnya.

Analisis yang baru saja kami lakukan telah menunjukkan bagaimana teori ini memperlakukan hubungan antara hal dan ekspresinya. Hal adalah apa yang dipersepsikan; ekspresi adalah apa yang ditempatkan pikiran sebagai pengganti hal untuk tunduk pada kalkulasi. Hal diberikan dalam visi nyata; ekspresi paling-paling sesuai dengan apa yang kami sebut visi fantastis. Biasanya, kami membayangkan visi-visi fantastis mengelilingi, sementara, inti visi nyata yang stabil dan kokoh. Namun esensi teori Relativitas adalah menyetarakan semua visi ini. Visi yang kami sebut nyata hanyalah salah satu visi fantastis. Saya setuju, dalam arti tidak ada cara untuk menerjemahkan perbedaan antara keduanya secara matematis. Namun tidak boleh disimpulkan bahwa ada kesamaan sifat. Sayangnya, inilah yang terjadi ketika makna metafisik diberikan pada kontinum Minkowski dan Einstein, pada Ruang-Waktu Empat Dimensi mereka. Mari kita lihat bagaimana gagasan Ruang-Waktu ini muncul.

Untuk ini, kita hanya perlu menentukan secara tepat sifat "*visi-visi fantastis*" dalam kasus ketika seorang pengamat di dalam sistem S' , setelah memiliki persepsi nyata tentang panjang invarian l , membayangkan invariansi panjang ini dengan menempatkan pikirannya di luar sistem dan kemudian menganggap sistem tersebut memiliki semua kecepatan yang mungkin. Dia akan berkata pada dirinya sendiri: "*Karena garis $A'B'$ dari sistem bergerak S' , ketika melewati saya dalam sistem diam S tempat saya berada, bertepatan dengan panjang l dari sistem ini, berarti garis ini, dalam keadaan diam, akan sama dengan $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot l$. Mari kita perhatikan kuadrat $L^2 = \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot l^2$ dari besaran ini. Berapa lebih besarnya dibandingkan kuadrat l ? Sebesar kuantitas $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot \frac{l^2 v^2}{c^2}$, yang dapat ditulis sebagai $c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c} \right]^2$. Sekarang $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c}$ mengukur tepat interval waktu T yang berlalu bagi saya, yang dipindahkan ke sistem S , antara dua peristiwa yang terjadi masing-masing di A' dan B' yang akan tampak serempak bagi saya jika saya berada di sistem S' . Jadi, seiring meningkatnya kecepatan S' dari nol, interval waktu T bertambah besar antara dua peristiwa yang terjadi di titik A' dan B' dan*

diberikan dalam S' sebagai serempak; tetapi hal-hal terjadi sedemikian rupa sehingga perbedaan $L^2 - c^2 T^2$ tetap konstan. Inilah perbedaan yang dulu saya sebut l^2 ." Jadi, dengan mengambil c sebagai satuan Waktu, kita dapat mengatakan bahwa apa yang diberikan kepada pengamat nyata di S' sebagai ketetapan besaran spasial, sebagai invariansi kuadrat l^2 , akan muncul bagi pengamat fiktif di S sebagai keteguhan perbedaan antara kuadrat ruang dan kuadrat waktu.

Namun kami baru saja menempatkan diri dalam kasus khusus. Mari kita umumkan pertanyaannya, dan pertama-tama tanyakan bagaimana jarak antara dua titik dalam sistem dinyatakan relatif terhadap sumbu-sumbu persegi panjang di dalam sistem material S' . Kemudian kita akan mencari bagaimana hal ini akan dinyatakan relatif terhadap sumbu-sumbu yang terletak dalam sistem S yang terhadapnya S' akan menjadi bergerak.

Jika ruang kita dua dimensi, terbatas pada lembar kertas ini, dan jika dua titik yang dipertimbangkan adalah A' dan B' , dengan jarak masing-masing ke dua sumbu $O'Y'$ dan $O'X'$ adalah x'_1, y'_1 dan x'_2, y'_2 , jelas bahwa kita akan memiliki

$$A'B'^2 = (x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2$$

Kita kemudian dapat mengambil sistem sumbu lain yang diam relatif terhadap yang pertama dan dengan demikian memberikan nilai x'_1, x'_2, y'_1, y'_2 yang umumnya berbeda dari yang pertama: jumlah dua kuadrat $(x'_2 - x'_1)^2$ dan $(y'_2 - y'_1)^2$ akan tetap sama, karena akan selalu sama dengan $A'B'^2$. Demikian pula, dalam ruang tiga dimensi, titik A' dan B' tidak lagi diasumsikan berada pada bidang $X'O'Y'$ dan kali ini didefinisikan oleh jarak $x'_1, y'_1, z'_1, x'_2, y'_2, z'_2$ ke tiga sisi trihedron persegi panjang yang titik sudutnya adalah O' , orang akan mengamati invarian dari jumlah

$$\textcircled{1} \quad (x'_2 - x'_1)^2 + (y'_2 - y'_1)^2 + (z'_2 - z'_1)^2$$

Melalui invarian inilah ketetapan jarak antara A' dan B' dinyatakan bagi seorang pengamat yang berada di S' .

Tetapi anggaplah pengamat kita menempatkan pikirannya dalam sistem S , yang terhadapnya S' dianggap bergerak. Anggaplah juga bahwa dia menghubungkan titik A' dan B' ke sumbu-sumbu yang terletak dalam sistem barunya, dengan menempatkan dirinya dalam kondisi yang disederhanakan seperti yang telah kami jelaskan sebelumnya ketika menetapkan persamaan Lorentz. Jarak masing-masing titik A' dan B' ke tiga bidang persegi panjang yang berpotongan di S sekarang akan menjadi $x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2$. Kuadrat jarak $A'B'^2$ dari dua titik kita selanjutnya akan diberikan kepada kita oleh jumlah tiga kuadrat yang akan menjadi

$$\textcircled{2} \quad (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

Namun, menurut persamaan Lorentz, jika dua kuadrat terakhir dari jumlah ini identik dengan dua kuadrat terakhir sebelumnya, hal yang sama tidak berlaku untuk yang pertama, karena

persamaan ini memberi kita nilai masing-masing $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_1' + vt_1')$ dan $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_2' + vt_2')$ untuk x_1 dan x_2 ; sehingga kuadrat pertama akan menjadi $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}(x_2' - x_1')^2$. Secara alami kita menemukan diri kita di hadapan kasus khusus yang baru saja kita periksa. Memang, dalam sistem S' kita telah mempertimbangkan panjang tertentu $A'B'$, yaitu jarak antara dua peristiwa sesaat dan simultan yang terjadi masing-masing di A' dan B' . Namun sekarang kita ingin menggeneralisasi pertanyaan ini. Mari kita asumsikan bahwa kedua peristiwa tersebut berurutan bagi pengamat di S' . Jika satu terjadi pada momen t_1' dan yang lain pada momen t_2' , persamaan Lorentz akan memberi kita

$$x_1 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_1' + vt_1')$$

$$x_2 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}(x_2' + vt_2')$$

sehingga kuadrat pertama kita menjadi

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$$

dan jumlah primitif tiga kuadrat kita akan digantikan oleh

$$\textcircled{3} \quad \frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$$

, besaran yang bergantung pada v dan tidak lagi invarian. Tetapi jika, dalam ekspresi ini, kita mempertimbangkan suku pertama $\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(x_2' - x_1') + v(t_2' - t_1')]^2$, yang memberi kita nilai $(x_2 - x_1)^2$, kita melihat bahwa ia melebihi $(x_2' - x_1')^2$ dengan jumlah:

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}} \cdot c^2 [(t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2}]^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

Namun persamaan Lorentz memberikan:

$$\frac{1}{1-\frac{v^2}{c^2}}[(t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2}]^2 = (t_2' - t_1')^2$$

Kita memiliki

$$(x_2 - x_1)^2 - (x_2' - x_1')^2 = c^2 (t_2 - t_1)^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

atau

$$(x_2 - x_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

atau akhirnya

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2 = (x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2$$

Hasil yang dapat dirumuskan sebagai berikut: Jika pengamat di S' telah mempertimbangkan, alih-alih jumlah tiga kuadrat

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2$$

, ekspresi

$$(x_2' - x_1')^2 + (y_2' - y_1')^2 + (z_2' - z_1')^2 - c^2 (t_2' - t_1')^2$$

yang memasukkan kuadrat keempat, ia akan mengembalikan invariansi yang telah lenyap dalam Ruang melalui pengenalan Waktu.

Perhitungan kita mungkin tampak sedikit canggung. Memang demikian. Tidak ada yang lebih sederhana daripada langsung mengamati bahwa ekspresi

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$$

tidak berubah ketika transformasi Lorentz diterapkan pada istilah-istilah penyusunnya. Tetapi itu berarti menempatkan semua sistem di mana semua pengukuran dianggap telah dilakukan pada tingkat yang sama. Matematikawan dan fisikawan harus melakukannya, karena mereka tidak berusaha menafsirkan kenyataan Ruang-Waktu teori Relativitas, tetapi hanya menggunakannya. Sebaliknya, tujuan kita adalah interpretasi itu sendiri. Oleh karena itu, kita harus mulai dari pengukuran yang diambil dalam sistem S' oleh pengamat di S' —satu-satunya pengukuran nyata yang dapat dikaitkan dengan pengamat nyata—dan mempertimbangkan pengukuran yang diambil dalam sistem lain sebagai perubahan atau deformasi dari pengukuran tersebut, perubahan atau deformasi yang dikoordinasikan sedemikian rupa sehingga hubungan tertentu antar pengukuran tetap sama. Untuk mempertahankan sudut pandang sentral pengamat di S' dan mempersiapkan analisis Ruang-Waktu yang akan kita berikan nanti, penyimpangan yang baru saja kita lakukan memang diperlukan. Kita juga harus, seperti yang akan terlihat, membedakan antara kasus di mana pengamat di S' melihat peristiwa A' dan B' sebagai simultan, dan kasus di mana ia mencatatnya sebagai berurutan. Perbedaan ini akan menghilang jika kita hanya menganggap keserentakan sebagai kasus khusus di mana $t_2' - t_1' = 0$; kita akan menyerapnya ke dalam sukseksi; semua perbedaan sifat akan dihapus antara pengukuran yang benar-benar diambil oleh pengamat di S' dan pengukuran yang hanya dipikirkan yang akan diambil oleh pengamat di luar sistem. Namun untuk saat ini, hal itu tidak penting. Mari kita tunjukkan bagaimana teori Relativitas memang dibimbing oleh pertimbangan sebelumnya untuk menetapkan Ruang-Waktu empat dimensi.

Kita mengatakan bahwa ekspresi kuadrat jarak antara dua titik A' dan B' yang dirujuk ke dua sumbu persegi panjang dalam ruang dua dimensi adalah $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$, jika kita menyebut x_1, y_1, x_2, y_2 jarak masing-masing mereka ke dua sumbu. Kita menambahkan bahwa dalam ruang tiga dimensi akan menjadi $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2$. Tidak ada yang mencegah kita membayangkan ruang dengan 4, 5, 6, ..., n dimensi. Kuadrat jarak antara dua titik di sana akan diberikan oleh jumlah 4, 5, 6, ..., n kuadrat, masing-masing kuadrat ini adalah kuadrat perbedaan antara jarak titik A' dan B' ke salah satu dari 4, 5, 6, ..., n bidang. Mari kita pertimbangkan ekspresi kita

$$(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 - c^2 (t_2 - t_1)^2$$

Jika jumlah tiga suku pertama invarian, itu dapat mengungkapkan invariansi jarak, seperti yang kita bayangkan dalam Ruang tiga dimensi kita sebelum teori Relativitas. Tetapi teori ini pada dasarnya mengatakan bahwa kita harus memperkenalkan suku keempat untuk mendapatkan invariansi. Mengapa suku keempat ini tidak sesuai dengan dimensi keempat? Dua pertimbangan

tampaknya menentanginya, jika kita berpegang pada ekspresi jarak kita: di satu sisi, kuadrat $(t_2 - t_1)^2$ didahului oleh tanda *minus* bukan tanda *plus*, dan di sisi lain ia memiliki koefisien c^2 yang berbeda dari kesatuan. Tetapi karena, pada sumbu keempat yang akan mewakili waktu, waktu harus diwakili sebagai panjang, kita dapat menetapkan bahwa detik akan memiliki panjang c : koefisien kita dengan demikian menjadi kesatuan. Selain itu, jika kita mempertimbangkan waktu τ sehingga $t = \tau\sqrt{-1}$, dan jika, secara umum, kita mengganti t dengan besaran imajiner $\tau\sqrt{-1}$, kuadrat keempat kita akan menjadi $-\tau^2$, dan kita akan berurusan dengan jumlah empat kuadrat. Mari kita sepakati untuk menyebut $\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \tau$ empat perbedaan $x_2 - x_1, y_2 - y_1, z_2 - z_1, \tau_2 - \tau_1$, yang masing-masing merupakan kenaikan x, y, z, τ ketika berpindah dari x_1 ke x_2 , dari y_1 ke y_2 , dari z_1 ke z_2 , dari τ_1 ke τ_2 , dan sebut Δs interval antara dua titik A' dan B' . Kita akan memiliki:

$$\Delta s^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + \Delta \tau^2$$

Dan sejak saat itu tidak ada yang mencegah kita mengatakan bahwa s adalah jarak, atau lebih tepatnya interval, dalam Ruang dan Waktu sekaligus: kuadrat keempat akan sesuai dengan dimensi keempat dari kontinum Ruang-Waktu di mana Waktu dan Ruang akan digabungkan bersama.

Tidak ada yang mencegah kita untuk menganggap dua titik A' dan B' sangat berdekatan, sehingga $A'B'$ juga dapat menjadi elemen kurva. Kenaikan terbatas seperti Δx kemudian akan menjadi kenaikan sangat kecil dx , dan kita akan memiliki persamaan diferensial:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2$$

dari mana kita dapat naik dengan penjumlahan elemen sangat kecil, melalui "*integrasi*", ke interval s antara dua titik dari suatu garis yang sekarang sembarang, menempati Ruang dan Waktu sekaligus, yang akan kita sebut AB . Kita akan menuliskannya:

$$s = \int_A^B \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2 + d\tau^2}$$

ekspresi yang perlu diketahui, tetapi yang tidak akan kita bahas lagi dalam pembahasan berikut. Akan lebih baik menggunakan langsung pertimbangan yang mengarah padanya⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Pembaca yang sedikit matematis akan memperhatikan bahwa ekspresi $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ dapat dianggap apa adanya sebagai sesuai dengan Ruang-Waktu hiperbolik. Tipu daya, dijelaskan di atas, oleh Minkowski terdiri dari memberikan Ruang-Waktu ini bentuk Euklidean dengan substitusi variabel imajiner $ct\sqrt{-1}$ untuk variabel t .

Baru saja kita melihat bagaimana notasi dimensi keempat seolah-olah secara otomatis muncul dalam teori Relativitas. Dari sini, tanpa diragukan lagi, muncul pendapat yang sering diungkapkan bahwa kita berutang pada teori ini ide pertama tentang medium empat dimensi yang mencakup waktu dan ruang. Yang kurang cukup diperhatikan adalah bahwa dimensi keempat ruang tersirat oleh setiap spesialisasi waktu: oleh karena itu ia selalu terkandung dalam sains dan bahasa kita. Bahkan, seseorang dapat mengungkapkannya dalam bentuk yang lebih tepat, atau setidaknya lebih gamblang, dari konsepsi waktu yang umum daripada dari teori Relativitas. Hanya saja, dalam teori umum, asimilasi waktu ke dimensi keempat tersirat, sementara fisika Relativitas dipaksa untuk memasukkannya ke dalam perhitungannya. Dan ini disebabkan oleh efek ganda endosmosis dan eksosmosis antara waktu dan ruang, oleh perembesan timbal balik satu sama lain, yang tampaknya diterjemahkan oleh persamaan Lorentz: di sini menjadi perlu, untuk menempatkan suatu titik, untuk secara eksplisit menunjukkan posisinya dalam waktu maupun

dalam ruang. Namun demikian, Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein tetap merupakan *spesies* yang spasialisasi umum Waktu dalam Ruang empat dimensi merupakan *genus*-nya. Langkah yang harus kita ikuti kemudian telah jelas. Kita harus mulai dengan mencari apa arti, secara umum, pengenalan medium empat dimensi yang akan menyatukan waktu dan ruang. Kemudian kita akan bertanya apa yang ditambahkan, atau apa yang dikurangi, ketika seseorang memahami hubungan antara dimensi spasial dan dimensi temporal dengan cara Minkowski dan Einstein. Dari sekarang kita dapat melihat bahwa jika konsepsi umum tentang ruang yang disertai waktu terspasialisasi secara alami mengambil bentuk medium empat dimensi bagi pikiran, dan jika medium ini bersifat fiktif karena hanya melambangkan konvensi untuk menspasialisasikan waktu, maka demikian pula halnya dengan spesies-spesies yang genusnya adalah medium empat dimensi ini. Bagaimanapun, spesies dan genus mungkin memiliki tingkat realitas yang sama, dan Ruang-Waktu teori Relativitas mungkin tidak lebih tidak sesuai dengan konsepsi lama kita tentang durasi daripada Ruang-dan-Waktu empat dimensi yang melambangkan sekaligus ruang biasa dan waktu terspasialisasi. Namun demikian, kita tidak dapat menghindari untuk mempertimbangkan lebih khusus Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein, setelah kita membahas Ruang-dan-Waktu umum empat dimensi. Mari kita fokus pada yang terlebih dahulu.

B A B 9 . 2 .

Representasi Umum Ruang-dan-Waktu Empat Dimensi

Sulit untuk membayangkan dimensi baru jika kita mulai dari Ruang tiga dimensi, karena pengalaman tidak menunjukkan dimensi keempat kepada kita. Tetapi tidak ada yang lebih sederhana, jika kita melengkapi Ruang dua dimensi dengan dimensi tambahan ini. Kita dapat membayangkan makhluk datar, hidup di permukaan, menyatu dengannya, hanya mengenal dua dimensi ruang. Salah satu dari mereka mungkin telah dibimbing oleh perhitungannya untuk mendalilkan keberadaan dimensi ketiga. Dangkal dalam dua arti kata, rekan-rekannya mungkin akan menolak untuk mengikutinya; dia sendiri tidak akan berhasil membayangkan apa yang pemahamannya mampu konsepkan. Tetapi kita, yang hidup dalam Ruang tiga dimensi, akan memiliki persepsi nyata tentang apa yang dia bayangkan hanya sebagai kemungkinan: kita akan menyadari dengan tepat apa yang akan dia tambahkan dengan memperkenalkan dimensi baru. Dan karena itu akan menjadi sesuatu yang serupa dengan apa yang akan kita lakukan sendiri jika kita menganggap, terbatas pada tiga dimensi seperti kita, bahwa kita terendam dalam medium empat dimensi, kita hampir dapat membayangkan dimensi keempat ini yang awalnya tampak tak terbayangkan. Ini tidak sepenuhnya sama, memang. Karena ruang dengan lebih dari tiga dimensi adalah konsepsi murni pikiran dan mungkin tidak sesuai dengan realitas apa pun. Sedangkan Ruang tiga dimensi adalah milik pengalaman kita. Oleh karena itu, ketika dalam uraian berikutnya kita menggunakan Ruang tiga dimensi kita, yang benar-benar dirasakan, untuk memberikan bentuk pada representasi seorang matematikawan yang terikat pada alam semesta datar—representasi yang dapat dikonsepsikan tetapi tidak dapat dibayangkan baginya—ini tidak berarti bahwa ada atau dapat ada Ruang empat dimensi yang pada gilirannya mampu mewujudkan konsepsi matematika kita sendiri ketika mereka melampaui dunia tiga dimensi kita. Itu akan terlalu menguntungkan mereka yang segera menafsirkan teori Relativitas secara

metafisik. Tipuan yang akan kita gunakan hanya dimaksudkan untuk memberikan dukungan imajinatif pada teori, membuatnya lebih jelas, dan dengan demikian membuat kesalahan yang mungkin membuat kita terjatuh lebih terlihat.

Oleh karena itu, kita akan kembali ke hipotesis yang kita mulai ketika kita menggambar dua sumbu persegi panjang dan mempertimbangkan garis $A'B'$ pada bidang yang sama dengan mereka. Kita hanya memberikan permukaan kertas. Dunia dua dimensi ini, teori Relativitas melengkapinya dengan dimensi tambahan yang akan menjadi waktu: invariannya tidak lagi $dx^2 + dy^2$ tetapi $dx^2 + dy^2 - c^2 dt^2$. Tentu saja, dimensi tambahan ini bersifat khusus, karena invariannya akan menjadi $dx^2 + dy^2 + dt^2$ tanpa perlu tipuan penulisan untuk membawanya ke bentuk ini, jika waktu adalah dimensi seperti yang lain. Kita harus memperhitungkan perbedaan karakteristik ini, yang telah menjadi perhatian kita sebelumnya dan yang akan kita fokuskan perhatian kita sebentar lagi. Tetapi kita kesampingkan untuk sementara, karena teori Relativitas sendiri mengundang kita untuk melakukannya: jika ia menggunakan tipuan di sini, dan jika ia menetapkan waktu imajiner, itu justru agar invariannya mempertahankan bentuk penjumlahan empat kuadrat yang masing-masing memiliki koefisien satuan, dan agar dimensi baru sementara dapat disamakan dengan yang lain. Mari kita tanyakan, secara umum, apa yang dibawa, dan apa yang mungkin juga diambil, dari alam semesta dua dimensi ketika seseorang menjadikan waktunya sebagai dimensi tambahan. Kita akan memperhitungkan peran khusus yang dimainkan dimensi baru ini dalam teori Relativitas.

Tidak bisa terlalu sering diulangi: waktu matematikawan adalah waktu yang harus diukur dan karenanya merupakan waktu yang terspatialisasi. Tidak perlu menempatkan diri dalam hipotesis Relativitas: bagaimanapun juga (kami telah mencatatnya lebih dari tiga puluh tahun lalu) waktu matematis dapat diperlakukan sebagai dimensi tambahan ruang. Misalkan alam semesta superfisial tereduksi menjadi bidang P , dan perhatikan dalam bidang ini sebuah benda bergerak M yang menelusuri garis apa pun, misalnya keliling lingkaran, mulai dari titik tertentu yang akan kita ambil sebagai titik asal. Kita yang menghuni dunia tiga dimensi dapat membayangkan benda bergerak M membawa serta garis MN yang tegak lurus terhadap bidang dan yang panjangnya bervariasi mengukur setiap saat waktu yang telah berlalu sejak titik asal. Ujung N dari garis ini akan menggambarkan dalam Ruang tiga dimensi sebuah kurva yang, dalam kasus ini, berbentuk heliks. Mudah dilihat bahwa kurva yang tergambar dalam Ruang tiga dimensi ini menyampaikan kepada kita semua karakteristik temporal perubahan yang terjadi dalam Ruang dua dimensi P . Jarak titik mana pun pada heliks ke bidang P memang menunjukkan kepada kita momen waktu yang kita hadapi, dan garis singgung kurva pada titik itu memberi kita, melalui kemiringannya terhadap bidang P , kecepatan benda bergerak pada saat itu⁽¹⁾. Dengan demikian, akan dikatakan, "kurva dua dimensi"⁽²⁾ hanya menggambarkan sebagian realitas yang diamati pada bidang P , karena ia hanya ruang, dalam arti yang diberikan oleh penghuni P pada kata ini. Sebaliknya, "kurva tiga dimensi" mengandung realitas ini secara utuh: ia memiliki tiga dimensi ruang bagi kita; ia akan menjadi Ruang-dan-Waktu tiga dimensi bagi seorang matematikawan dua dimensi yang menghuni bidang P dan yang, tidak mampu membayangkan dimensi ketiga, akan terdorong oleh pengamatan gerakan untuk memikirkannya, dan mengungkapkannya secara analitis. Ia kemudian dapat belajar dari kita bahwa kurva tiga dimensi benar-benar ada sebagai citra.

⁽¹⁾ Perhitungan yang sangat sederhana akan menunjukkan hal ini.

⁽²⁾ Kami terpaksa menggunakan ungkapan yang hampir tidak tepat ini, "kurva dua dimensi", "kurva tiga dimensi", untuk menunjukkan di sini kurva bidang dan kurva lengkung. Tidak ada cara lain untuk menunjukkan implikasi spasial dan temporal dari masing-masing.

Setelah kurva tiga dimensi diletakkan, ruang dan waktu sekaligus, kurva dua dimensi akan muncul bagi matematikawan alam semesta datar sebagai proyeksi sederhana dari yang pertama ke bidang yang dihuninya. Ia hanya akan menjadi aspek superfisial dan spasial dari realitas padat yang seharusnya disebut waktu dan ruang sekaligus.

Singkatnya, bentuk kurva tiga dimensi memberi tahu kita di sini baik tentang lintasan bidang maupun karakteristik temporal gerakan yang terjadi dalam ruang dua dimensi. Lebih umum, *apa yang diberikan sebagai gerakan dalam ruang dengan sejumlah dimensi apa pun dapat direpresentasikan sebagai bentuk dalam ruang yang memiliki satu dimensi lebih.*

Tetapi apakah representasi ini benar-benar memadai untuk yang direpresentasikan? Apakah ia mengandung tepat apa yang dikandung oleh yang direpresentasikan? Pada pandangan pertama, orang akan mengira demikian, seperti yang baru saja kami katakan. Tetapi kebenarannya adalah bahwa ia mengandung lebih di satu sisi, kurang di sisi lain, dan jika kedua hal tampak dapat dipertukarkan, itu karena pikiran kita secara diam-diam mengurangnya dari representasi apa yang berlebihan, memperkenalkan tidak kurang diam-diam apa yang hilang.

BAB 9.3.

Bagaimana Kekekalan Mengekspresikan Dirinya dalam Istilah Gerakan

Untuk memulai dengan poin kedua, jelas bahwa *menjadi* itu sendiri telah dieliminasi. Itu karena sains tidak membutuhkannya dalam kasus ini. Apa tujuannya? Hanya untuk mengetahui di mana benda bergerak akan berada pada setiap momen dalam lintasannya. Ia dengan demikian secara tidak berubah-ubah berpindah ke ujung interval yang telah ditempuh; ia hanya peduli pada hasil yang telah diperoleh: jika ia dapat membayangkan sekaligus semua hasil yang diperoleh pada semua momen, dan dengan cara mengetahui hasil mana yang sesuai dengan momen tertentu, ia telah mencapai keberhasilan yang sama seperti anak yang menjadi mampu membaca sebuah kata sekaligus alih-alih mengejanya huruf demi huruf. Inilah yang terjadi dalam kasus lingkaran dan heliks kita yang saling berkorespondensi titik demi titik. Tetapi korespondensi ini hanya memiliki makna karena pikiran kita *menelusuri* kurva dan *secara berurutan* menempati titik-titiknya. Jika kita dapat menggantikan sukseksi dengan penjajaran, waktu nyata dengan waktu terspatialisasi, *menjadi* dengan *yang telah menjadi*, itu karena kita mempertahankan dalam diri kita proses menjadi, durasi nyata: ketika anak membaca kata sekaligus saat ini, ia secara virtual mengejanya huruf demi huruf. Karena itu jangan kita membayangkan bahwa kurva tiga dimensi kita menyampaikan kepada kita, terkristalisasi bersama, gerakan yang melaluinya kurva bidang ditelusuri dan kurva bidang itu sendiri. Ia hanya mengekstrak dari proses menjadi apa yang menarik bagi sains, dan sains tidak akan dapat menggunakan ekstrak ini kecuali pikiran kita mengembalikan proses menjadi yang dieliminasi atau merasa mampu melakukannya. Dalam arti ini, kurva $n + 1$ dimensi yang *seluruhnya tergambar*, yang akan setara dengan kurva n dimensi yang *sedang ditelusuri*, benar-benar mewakili lebih sedikit daripada yang diklaimnya.

Tetapi, dalam arti lain, ia mewakili lebih banyak. Mengurangi di sini, menambahkan di sana, ia secara ganda tidak memadai.

Kami memperolehnya melalui prosedur yang terdefinisi dengan baik, melalui gerak melingkar pada bidang P , dari suatu titik M yang menarik garis dengan panjang variabel MN , sebanding dengan waktu yang telah berlalu. Bidang ini, lingkaran ini, garis ini, gerakan ini—itulah elemen-elemen yang terdefinisi dengan sempurna dari operasi yang melukiskan gambar tersebut. Namun gambar yang sudah tergambar sepenuhnya tidak selalu menyiratkan mode generasi ini. Bahkan jika masih menyiratkannya, gambar itu bisa saja dihasilkan oleh gerak garis lain, tegak lurus terhadap bidang lain, yang ujungnya M akan melukiskan pada bidang itu, dengan kecepatan yang berbeda-beda, suatu kurva yang bukan lingkaran. Misalkan kita memiliki bidang apa pun dan memproyeksikan heliks kita ke atasnya: heliks ini akan sama-sama representatif untuk kurva bidang baru, yang dilalui dengan kecepatan baru, teramalgamasi dengan waktu baru. Jadi, jika menurut pengertian yang kita definisikan sebelumnya heliks mengandung lebih sedikit daripada lingkaran dan gerakan yang ingin kita temukan kembali, dalam pengertian lain ia mengandung lebih banyak: begitu diterima sebagai amalgamasi suatu gambar bidang tertentu dengan mode gerak tertentu, kita juga dapat menemukan di dalamnya jumlah tak terbatas gambar bidang lain yang masing-masing dilengkapi dengan jumlah tak terbatas gerakan lain. Singkatnya, seperti yang telah kami umumkan, representasi ini tidak memadai secara ganda: ia tetap kurang di satu sisi, dan berlebihan di sisi lain. Dan kita dapat menebak alasannya. Dengan menambahkan satu dimensi ke ruang tempat kita berada, kita tentu dapat menggambarkan suatu benda dalam ruang baru ini, suatu proses atau menjadi yang diberikan dalam ruang lama. Tetapi karena kita telah menggantikan yang sudah jadi dengan apa yang kita lihat sedang menjadi, di satu sisi kita telah menghilangkan menjadi yang melekat pada waktu, dan di sisi lain kita telah memperkenalkan kemungkinan jumlah tak terbatas proses lain yang dengannya benda itu bisa saja dibangun. Sepanjang waktu di mana kita mengamati genesis progresif benda ini, ada mode generasi yang terdefinisi dengan baik; tetapi dalam ruang baru, yang diperluas satu dimensi, di mana benda itu terbentang sekaligus melalui penambahan waktu ke ruang lama, kita bebas membayangkan jumlah tak terbatas mode generasi yang sama-sama mungkin; dan mode yang telah kita amati secara efektif, meskipun satu-satunya yang nyata, tidak lagi tampak istimewa: kita akan menempatkannya—secara keliru—pada tingkat yang sama dengan yang lain.

B A B 9 . 4 .

Bagaimana Waktu Tampak Melebur dengan Ruang

Sekarang kita mulai melihat bahaya ganda yang kita hadapi ketika menyimbolkan waktu sebagai dimensi keempat ruang. Di satu sisi, kita berisiko menganggap keseluruhan sejarah masa lalu, sekarang, dan masa depan alam semesta sebagai sekadar perjalanan kesadaran kita sepanjang sejarah yang diberikan sekaligus dalam keabadian: peristiwa tidak lagi berlalu di depan kita, kitalah yang melewati barisan mereka. Di sisi lain, dalam Ruang-dan-Waktu atau Ruang-Waktu yang telah kita bangun ini, kita akan merasa bebas memilih antara jumlah tak terbatas distribusi ruang dan waktu yang mungkin. Padahal Ruang-Waktu ini dibangun dengan ruang yang terdefinisi dengan baik dan waktu yang terdefinisi dengan baik: hanya distribusi ruang dan waktu

tertentu yang nyata. Tetapi kita tidak membedakan antara distribusi ini dan semua distribusi lain yang mungkin: atau lebih tepatnya, kita hanya melihat jumlah tak terbatas distribusi yang mungkin, distribusi nyata hanyalah salah satunya. Singkatnya, kita lupa bahwa karena waktu yang terukur harus disimbolkan oleh ruang, ada lebih sekaligus kurang dalam dimensi ruang yang diambil sebagai simbol daripada dalam waktu itu sendiri.

Tetapi kita akan melihat kedua poin ini lebih jelas dengan cara berikut. Kita telah mengasumsikan suatu alam semesta dua dimensi. Ini akan menjadi bidang P , diperluas tanpa batas. Setiap keadaan alam semesta yang berurutan akan menjadi gambar sesaat, menempati seluruh bidang dan mencakup semua objek, semuanya datar, yang membentuk alam semesta. Bidang ini akan seperti layar tempat sinematografi alam semesta diputar, dengan perbedaan bahwa tidak ada sinematograf di luar layar, tidak ada foto yang diproyeksikan dari luar: gambar terpampang secara spontan di layar. Sekarang, penghuni bidang P dapat merepresentasikan urutan gambar sinematografis dalam ruang mereka dengan dua cara berbeda. Mereka akan terbagi menjadi dua kubu, tergantung apakah mereka lebih mengutamakan data pengalaman atau simbolisme sains.

Kelompok pertama akan berpendapat bahwa memang ada gambar-gambar berurutan, tetapi tidak ada tempat di mana gambar-gambar ini berbaris bersama di sepanjang film; dan ini karena dua alasan: 1° Di mana film akan ditempatkan? Setiap gambar, menutupi layar sendirian, secara hipotesis mengisi keseluruhan ruang yang mungkin tak terbatas, keseluruhan ruang alam semesta. Karena itu gambar-gambar ini harus ada secara berurutan; mereka tidak dapat diberikan secara global. Waktu juga menghadirkan dirinya kepada kesadaran kita sebagai durasi dan suksesi, atribut yang tidak dapat direduksi menjadi atribut lain dan berbeda dari juxtaposisi. 2° Dalam film, semuanya akan telah ditentukan atau, jika Anda suka, ditakdirkan. Karena itu kesadaran kita untuk memilih, bertindak, mencipta adalah ilusi. Jika ada suksesi dan durasi, itu justru karena realitas ragu, meraba-raba, secara bertahap mengembangkan kebaruan yang tak terduga. Tentu saja, bagian dari determinasi absolut besar dalam alam semesta; justru karena itulah fisika matematis dimungkinkan. Tetapi apa yang telah ditentukan sebelumnya secara virtual adalah yang sudah jadi dan hanya bertahan melalui solidaritasnya dengan apa yang sedang menjadi, dengan apa yang merupakan durasi nyata dan suksesi: kita harus memperhitungkan keterkaitan ini, dan kemudian kita melihat bahwa sejarah masa lalu, sekarang, dan masa depan alam semesta tidak dapat diberikan secara global di sepanjang film⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Tentang hal ini, tentang apa yang kami sebut mekanisme sinematografis pemikiran, dan tentang representasi langsung kita terhadap hal-hal, lihat Bab IV dari *L'Évolution créatrice*, Paris, 1907.

Yang lain akan menjawab: "Pertama, kami tidak peduli dengan ketakterdugaan Anda. Tujuan sains adalah menghitung, dan karenanya memprediksi: jadi kami akan mengabaikan perasaan ketidakpastian Anda, yang mungkin hanya ilusi. Sekarang, Anda mengatakan tidak ada ruang di alam semesta untuk menampung gambar selain gambar yang disebut saat ini. Ini akan benar jika alam semesta terkutuk hanya memiliki dua dimensinya. Tapi kami bisa menganggap dimensi ketiga, yang tidak terjangkau indra kami, dan di mana kesadaran kami justru akan melintas saat ia terungkap dalam 'Waktu'. Berkat dimensi ketiga Ruang ini, semua gambar yang membentuk semua momen lampau dan masa depan alam semesta diberikan sekaligus bersama gambar saat ini, tidak disusun satu sama lain seperti foto-foto sepanjang film (untuk itu, memang tidak akan ada tempat), tetapi diatur dalam urutan berbeda yang tidak bisa kami bayangkan, tapi bisa kami pahami. Hidup dalam Waktu berarti melintasi

dimensi ketiga ini, yaitu merincinya, melihat satu per satu gambar yang memungkinkannya untuk disandingkan. Ketidakpastian yang tampak dari apa yang akan kami persepsikan hanya terletak pada fakta bahwa ia belum dipersepsikan: ini adalah objektivasi ketidaktahuan kami⁽¹⁾. Kami percaya gambar-gambar tercipta seiring kemunculannya, justru karena mereka tampak menampakkan diri kepada kami, yaitu terjadi di depan kami dan untuk kami, datang kepada kami. Tapi jangan lupa bahwa setiap gerakan bersifat timbal balik atau relatif: jika kami mempersepsikan mereka datang kepada kami, sama benarnya mengatakan bahwa kami pergi kepada mereka. Mereka sebenarnya ada di sana; mereka menunggu kami, berbaris; kami melewati barisan itu. Jadi jangan katakan peristiwa atau kecelakaan terjadi pada kami; kamilah yang terjadi pada mereka. Dan kami akan segera menyadarinya jika kami mengenal dimensi ketiga seperti yang lain."

⁽¹⁾ Dalam halaman-halaman yang membahas "mekanisme sinematografis pemikiran", kami telah menunjukkan dahulu bahwa cara bernalar ini wajar bagi pikiran manusia. (*L'Évolution créatrice*, bab IV)

Sekarang, saya anggap saya diambil sebagai wasit antara kedua kubu. Saya akan berpaling kepada mereka yang baru saja berbicara, dan akan berkata: "Izinkan saya pertama mengucapkan selamat karena Anda hanya punya dua dimensi, sebab Anda akan mendapat verifikasi untuk tesis Anda yang akan saya cari sia-sia, seandainya saya melakukan penalaran serupa di ruang tempat nasib menempatkan saya. Nyatanya, saya menghuni ruang tiga dimensi; dan ketika saya mengakui pada filsuf tertentu bahwa mungkin ada dimensi keempat, saya mengatakan sesuatu yang mungkin absurd dalam dirinya, meski bisa dipahami secara matematis. Manusia super, yang akan saya jadikan wasit antara mereka dan saya, mungkin menjelaskan bahwa gagasan dimensi keempat diperoleh dengan memperpanjang kebiasaan matematika tertentu dalam Ruang kami (persis seperti Anda dapatkan gagasan dimensi ketiga), tapi gagasan itu kali ini tak sesuai dan tak bisa sesuai dengan realitas apa pun. Namun, ada ruang tiga dimensi tempat saya justru berada: ini keberuntungan bagi Anda, dan saya bisa memberi Anda informasi. Ya, Anda benar menebak mungkin adanya koeksistensi gambar seperti milik Anda, masing-masing membentang di 'permukaan' tak terbatas, sementara itu mustahil dalam Ruang terpotong di mana totalitas alam semesta Anda tampak menempati setiap saat. Cukup gambar-gambar ini—yang kami sebut 'datar'—ditumpuk, seperti kami katakan, satu sama lain. Inilah mereka ditumpuk. Saya lihat alam semesta Anda 'padat', menurut cara kami bicara; ia terbuat dari timbunan semua gambar datar Anda, lampau, kini, dan masa depan. Saya juga lihat kesadaran Anda melintas tegak lurus pada 'bidang' bertumpuk ini, hanya mengenali bidang yang dilaluinya, mempersepsikannya sebagai kini, lalu mengingat bidang yang ditinggalkannya di belakang, tapi mengabaikan yang di depan yang masuk bergiliran ke kininya untuk segera memperkaya masa lalunya."

Hanya, inilah yang masih mencolok saya.

Saya ambil gambar acak, atau lebih tepat seluloid tanpa gambar, untuk menggambarkan masa depan Anda yang tak saya ketahui. Demikian saya tumpuk pada keadaan kini alam semesta Anda keadaan-keadaan masa depan yang tetap kosong bagi saya: mereka berhadapan dengan keadaan lampau di sisi lain keadaan kini yang saya lihat sebagai gambar tertentu. Tapi saya tak yakin sama sekali masa depan Anda bersamaan demikian dengan kini Anda. Anda yang mengatakan itu pada saya. Saya bangun gambar saya berdasarkan petunjuk Anda, tapi hipotesis Anda tetap hipotesis. Jangan lupa ini hipotesis, dan ia hanya menerjemahkan sifat-sifat tertentu fakta-fakta khusus, terpotong dari keluasan nyata, yang menjadi perhatian ilmu fisika. Sekarang, saya bisa katakan pada Anda, dengan memberi manfaat pengalaman saya tentang dimensi ketiga, bahwa

representasi waktu Anda lewat ruang akan memberi Anda sekaligus lebih dan kurang dari yang ingin Anda wakili.

Ia akan memberimu lebih sedikit, karena tumpukan gambar-gambar yang tersusun yang membentuk totalitas keadaan alam semesta tidak memiliki apa pun yang menyiratkan atau menjelaskan gerakan yang melaluinya Ruang P -mu menempatnya satu per satu, atau yang melaluinya (itu sama saja, menurutmu) mereka datang satu per satu untuk mengisi Ruang P di mana kamu berada. Aku tahu betul bahwa gerakan ini tidak berarti di matamu. Sejak semua gambar secara virtual diberikan, — dan itu keyakinanmu, — sejak seseorang seharusnya secara teoretis mampu mengambil yang mana pun yang diinginkan dari bagian tumpukan yang di depan (dalam hal ini terdiri dari perhitungan atau prediksi suatu peristiwa), gerakan yang akan memaksamu untuk melewati terlebih dahulu gambar-gambar perantara antara gambar itu dan gambar saat ini, — gerakan yang tepatnya akan menjadi waktu, — tampak bagimu sebagai sekadar “*penundaan*” atau hambatan yang dibawa secara fakta pada suatu penglihatan yang akan langsung secara hak; di sini hanya akan ada defisit pengetahuan empirismu, tepatnya diisi oleh ilmumu yang matematis. Akhirnya itu akan menjadi negatif; dan seseorang tidak akan memberi dirinya *lebih*, seseorang akan memberi dirinya *kurang* daripada yang dimiliki, ketika seseorang menetapkan suatu suksesi, yaitu suatu keharusan untuk membalik album, sementara semua lembaran ada di sana. Tetapi aku yang melakukan pengalaman alam semesta tiga dimensi ini dan yang dapat melihat secara efektif gerakan yang kamu bayangkan, aku harus memperingatkanmu bahwa kamu hanya mempertimbangkan satu aspek mobilitas dan akibatnya durasi: yang lain, yang esensial, luput darimu. Orang tentu saja dapat menganggap sebagai secara teoretis ditumpuk satu di atas yang lain, diberikan terlebih dahulu secara hak, semua bagian dari semua keadaan alam semesta yang telah ditentukan sebelumnya: orang hanya mengungkapkan penentuan sebelumnya mereka. Tetapi bagian-bagian ini, yang membentuk apa yang disebut dunia fisik, dibingkai dalam bagian-bagian lain, di mana perhitunganmu belum memiliki pegangan sampai sekarang, dan yang kamu nyatakan dapat dihitung sebagai akibat dari suatu asimilasi yang sepenuhnya hipotetis: ada yang organik, ada yang sadar. Aku yang terhubung ke dunia yang terorganisir oleh tubuhku, ke dunia yang sadar oleh pikiran, aku melihat langkah maju sebagai suatu pengayaan bertahap, sebagai suatu kontinuitas penemuan dan penciptaan. Waktu bagiku adalah apa yang paling nyata dan paling diperlukan; itu adalah kondisi dasar tindakan; — apa yang kukatakan? itu adalah tindakan itu sendiri; dan kewajiban yang kumiliki untuk menghidupinya, ketidakmungkinan untuk pernah melangkahi interval waktu yang akan datang, akan cukup untuk mendemonstrasikan kepadaku — jika aku tidak memiliki perasaan langsung — bahwa masa depan benar-benar terbuka, tak terduga, tak terdeterminasi. Jangan anggap aku seorang metafisikawan, jika kamu menyebut demikian orang yang membangun dialektika. Aku tidak membangun apa pun, aku hanya mengamati. Aku menyampaikan kepadamu apa yang terpapar pada inderaku dan kesadaranku: yang diberikan secara langsung harus dianggap nyata selama seseorang belum meyakinkannya bahwa itu hanyalah penampilan; jadi terserah padamu, jika kamu melihat di sana suatu ilusi, untuk membawa bukti. Tetapi kamu hanya mencurigai suatu ilusi di sana karena kamu membuat, kamu sendiri, suatu konstruksi metafisik. Atau lebih tepatnya konstruksi itu sudah dibuat: itu berasal dari Plato, yang menganggap waktu sebagai sekadar kekurangan keabadian; dan sebagian besar metafisikawan kuno dan modern telah mengadopsinya begitu saja, karena itu memang memenuhi suatu tuntutan mendasar dari

pemahaman manusia. Dibuat untuk menetapkan hukum, yaitu untuk mengekstrak dari arus perubahan hal-hal tertentu hubungan-hubungan yang tidak berubah, pemahaman kita secara alami cenderung hanya melihat mereka; hanya merekalah yang ada baginya; ia memenuhi fungsinya, ia menjawab tujuannya dengan menempatkan dirinya di luar waktu yang mengalir dan yang berlangsung. Tetapi pemikiran, yang melampaui pemahaman murni, tahu betul bahwa, jika kecerdasan memiliki esensi untuk mengungkap hukum, itu adalah agar tindakan kita dapat mengandalkan sesuatu, agar kehendak kita memiliki lebih banyak pegangan pada hal-hal: pemahaman memperlakukan durasi sebagai suatu defisit, sebagai suatu negasi murni, agar kita dapat bekerja dengan efisiensi setinggi mungkin dalam durasi ini yang bagaimanapun adalah hal yang paling positif di dunia. Metafisika sebagian besar metafisikawan hanyalah hukum fungsi pemahaman itu sendiri, yang merupakan salah satu fakultas pemikiran, tetapi bukan pemikiran itu sendiri. Yang terakhir, dalam keutuhannya, memperhitungkan pengalaman integral, dan integritas pengalaman kita adalah durasi. Jadi, apa pun yang kamu lakukan, kamu mengesampingkan sesuatu, dan bahkan yang esensial, dengan menggantikan keadaan alam semesta yang berlalu satu per satu dengan suatu blok yang ditempatkan sekaligus⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Tentang hubungan yang ditetapkan oleh para metafisikawan antara blok dan gambar-gambar yang diberikan satu per satu, kami telah membahasnya panjang lebar dalam *L'Évolution créatrice*, bab IV.

Dengan itu kamu memberi dirimu lebih sedikit daripada yang seharusnya. Tetapi, dalam arti lain, kamu memberi dirimu lebih daripada yang seharusnya.

Anda memang menginginkan bidang P Anda menembus semua gambar, ditempatkan di sana untuk menunggu Anda, dari semua momen berturut-turut alam semesta. Atau—yang sama saja—Anda ingin semua gambar yang diberikan dalam sekejap atau dalam keabadian itu dikutuk, karena kelemahan persepsi Anda, untuk tampil bergantian di bidang P Anda. Lagi pula, tidak masalah apakah Anda mengungkapkannya dengan satu cara atau lainnya: dalam kedua kasus ada bidang P —itulah Ruang—dan perpindahan bidang ini sejajar dengan dirinya sendiri—itulah Waktu—yang menyebabkan bidang tersebut melintasi seluruh blok yang ditempatkan sekali untuk selamanya. Tetapi, jika blok benar-benar diberikan, Anda juga dapat memotongnya dengan bidang lain P' mana pun yang juga bergerak sejajar dengan dirinya sendiri dan dengan demikian melintasi totalitas realitas⁽¹⁾ dalam arah lain. Anda akan membuat redistribusi ruang dan waktu baru, sama sahnya dengan yang pertama, karena blok padat sendirian memiliki realitas absolut. Inilah tepatnya hipotesis Anda. Anda membayangkan telah memperoleh, dengan penambahan dimensi tambahan, Ruang-dan-Waktu tiga dimensi yang dapat dibagi menjadi ruang dan waktu dalam cara tak terbatas; milik Anda, yang Anda alami, hanyalah salah satunya; ia akan setara dengan semua yang lain. Tetapi saya, yang melihat seperti apa semua pengalaman, hanya dikonsepsikan oleh Anda, dari pengamat yang terikat pada bidang P' Anda dan bergerak bersama mereka, saya dapat memberi tahu Anda bahwa dengan setiap saat memiliki visi gambar yang terdiri dari titik-titik yang dipinjam dari semua momen nyata alam semesta, ia akan hidup dalam ketidakkonsistenan dan absurditas. Kumpulan gambar-gambar yang tidak konsisten dan absurd ini memang mereproduksi blok, tetapi semata-mata karena blok telah dibentuk dengan cara yang sama sekali berbeda—oleh bidang tertentu yang bergerak dalam arah tertentu—sehingga blok itu ada, dan orang kemudian dapat membayangkan untuk merekonstruksinya dalam pikiran dengan menggunakan bidang apa pun yang bergerak dalam arah lain. Menempatkan fantasi-fantasi ini

setara dengan realitas, mengatakan bahwa gerakan yang secara efektif menghasilkan blok hanyalah salah satu dari gerakan yang mungkin, adalah mengabaikan poin kedua yang baru saja saya soroti: dalam blok yang sudah jadi, dan dibebaskan dari durasi di mana ia sedang dibuat, hasil yang diperoleh dan terlepas tidak lagi membawa tanda ekspres dari pekerjaan yang melahirkannya. Ribuan operasi berbeda, dilakukan oleh pikiran, akan merekomposisinya secara ideal sama baiknya, meskipun telah disusun secara efektif dengan cara tertentu dan unik. Ketika rumah akan dibangun, imajinasi kita akan melintasinya ke segala arah dan merekonstruksinya sama baiknya dengan meletakkan atap terlebih dahulu, lalu menempelkan lantai-lantainya satu per satu. Siapa yang akan menyamakan metode ini dengan metode arsitek, dan menganggapnya setara? Dengan melihat lebih dekat, orang akan melihat bahwa metode arsitek adalah satu-satunya cara efektif untuk menyusun keseluruhan, yaitu untuk membuatnya; yang lain, terlepas dari penampilannya, hanyalah cara untuk mendekomposisinya, yaitu, singkatnya, untuk membongkar; karenanya ada sebanyak yang diinginkan. Apa yang hanya dapat dibangun dalam urutan tertentu dapat dihancurkan dengan cara apa pun.

⁽¹⁾ Memang benar bahwa, dalam konsepsi waktu yang terspatialisasi secara biasa, orang tidak pernah tergoda untuk menggeser film ke arah Waktu, dan membayangkan redistribusi baru dari kontinum empat dimensi menjadi waktu dan ruang: itu tidak akan menawarkan keuntungan apa pun dan memberikan hasil yang tidak konsisten, sementara operasi tampaknya dipaksakan dalam teori Relativitas. Namun amalgam waktu dengan ruang, yang kami berikan sebagai karakteristik teori ini, dapat dipahami, seperti yang terlihat, dalam teori biasa, meskipun dengan aspek yang berbeda.

BAB 9.5.

Ilusi Ganda yang Dihadapi

Inilah dua poin yang tidak boleh dilupakan ketika seseorang menyatukan waktu dengan ruang dengan memberi ruang dimensi tambahan. Kami telah menempatkan diri dalam kasus yang paling umum; kami belum mempertimbangkan aspek khusus yang diambil dimensi baru ini dalam teori Relativitas. Hal ini karena para teoretisi Relativitas, setiap kali mereka keluar dari ilmu murni untuk memberi kami gambaran tentang realitas metafisik yang diterjemahkan matematika ini, selalu secara implisit mengakui bahwa dimensi keempat memiliki *setidaknya* atribut dari tiga lainnya, siap untuk menambahkan sesuatu yang lebih. Mereka berbicara tentang Ruang-Waktu mereka dengan menganggap dua poin berikut telah disepakati: 1° Semua distribusi yang dapat dibuat di dalamnya dalam ruang dan waktu harus ditempatkan pada tingkat yang sama (memang benar bahwa distribusi ini hanya dapat dilakukan, dalam hipotesis Relativitas, menurut hukum khusus, yang akan kami bahas sebentar lagi); 2° pengalaman kami tentang peristiwa berturut-turut hanya menerangi satu per satu titik-titik garis yang diberikan sekaligus. Mereka tampaknya tidak memperhitungkan bahwa ekspresi matematika waktu, dengan memberinya karakteristik ruang dan mengharuskan dimensi keempat, apa pun kualitas khususnya, pertama-tama memiliki karakteristik tiga lainnya, akan gagal karena kekurangan dan kelebihan sekaligus, seperti yang baru saja kami tunjukkan. Siapa pun yang tidak membawa koreksi ganda di sini berisiko salah tentang makna filosofis teori Relativitas dan mengangkat representasi matematika menjadi realitas transenden. Orang akan meyakini ini dengan melihat bagian-bagian tertentu dari buku klasik Tuan Eddington: "*Peristiwa tidak terjadi; mereka ada di sana, dan kami menemukannya dalam perjalanan kami. 'Formalitas terjadinya' hanyalah indikasi*

bahwa pengamat, dalam perjalanan eksplorasinya, telah melewati masa depan absolut dari peristiwa yang bersangkutan, dan itu tidak penting⁽¹⁾." Sudah dibaca dalam salah satu karya pertama tentang teori Relativitas, karya Silberstein, bahwa Tuan Wells telah mendahului teori ini dengan luar biasa ketika dia membuat 'penjelajah waktunya' berkata: *Tidak ada perbedaan antara Waktu dan Ruang, kecuali bahwa sepanjang Waktu kesadaran kita bergerak*⁽²⁾.

⁽¹⁾ Eddington, *Espace, Temps et Gravitation*, trad. fr., p. 51.

⁽²⁾ Silberstein, *The Theory of Relativity*, p. 130.

B A B 9 . 6 .

Karakteristik Khusus Representasi Ini dalam Teori Relativitas

Namun kita kini harus memperhatikan aspek khusus yang dimiliki dimensi keempat dalam Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein. Di sini invarian ds^2 bukan lagi penjumlahan empat kuadrat yang masing-masing memiliki koefisien satu, sebagaimana jika waktu adalah dimensi serupa lainnya: kuadrat keempat, dengan koefisien c^2 , harus dikurangi dari penjumlahan tiga sebelumnya, sehingga memiliki posisi tersendiri. Kita dapat menghilangkan keunikan ekspresi matematika ini dengan trik tertentu, namun ia tetap ada dalam substansi yang diungkapkan, dan matematikawan mengingatkan kita dengan menyatakan tiga dimensi pertama sebagai 'nyata' dan keempat 'imajiner'. Mari kita teliti lebih dekat Ruang-Waktu dengan bentuk khusus ini.

B A B 9 . 7 .

Ilusi Khusus yang Mungkin Timbul

Namun mari segera umumkan hasil yang kita tuju. Ia pasti akan sangat mirip dengan yang kita peroleh dari pemeriksaan Waktu-Waktu Jamak; ia tak lain adalah ekspresi baru dari hal tersebut. Melawan akal sehat dan tradisi filosofis yang mendukung satu Waktu tunggal, teori Relativitas awalnya tampak menegaskan kemajemukan Waktu. Setelah pengamatan lebih dekat, kita hanya menemukan satu Waktu nyata—milik fisikawan yang membangun sains: yang lain adalah Waktu-Waktu virtual, maksudnya fiktif, yang diatribusikan kepada pengamat-pengamat virtual, maksudnya fantastis. Setiap pengamat hantu ini, jika tiba-tiba hidup, akan menempati durasi nyata dari pengamat nyata sebelumnya yang kini menjadi hantu. Sehingga konsepsi biasa tentang Waktu nyata tetap utuh, ditambah konstruksi mental untuk menggambarkan bahwa dengan menerapkan rumus Lorentz, ekspresi matematis fenomena elektromagnetik tetap sama bagi pengamat yang dianggap diam maupun pengamat yang bergerak seragam. Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein tak lain mewakili hal ini. Jika yang dimaksud Ruang-Waktu empat dimensi adalah medium nyata tempat makhluk dan objek berevolusi, maka Ruang-Waktu teori Relativitas adalah milik semua orang—karena kita semua menginisiasi Ruang-Waktu empat dimensi saat menspasialkan waktu, dan kita tak bisa mengukur waktu bahkan membicarakannya tanpa menspasialkannya⁽¹⁾. Namun dalam Ruang-Waktu ini, Waktu dan Ruang tetap berbeda: Ruang tak bisa memuntahkan waktu, Waktu tak bisa mengembalikan ruang. Jika mereka saling tumpang tindih dengan proporsi berubah sesuai kecepatan sistem (seperti dalam Ruang-Waktu

Einstein), maka yang ada hanyalah Ruang-Waktu virtual—milik fisikawan imajiner, bukan fisikawan aktual. Karena Ruang-Waktu terakhir ini diam, dan dalam Ruang-Waktu diam, Waktu dan Ruang tetap terpisah; mereka hanya berbaur dalam pengadukan gerakan sistem. Sistem hanya bergerak jika fisikawan meninggalkannya, dan ia tak bisa meninggalkannya tanpa berpindah ke sistem lain yang kini diam dengan Ruang dan Waktu berbeda seperti milik kita. Sehingga Ruang yang menelan Waktu atau Waktu yang menyerap Ruang selalu bersifat virtual dan hanya ditempatkan, tak pernah aktual atau terwujud. Konsepsi Ruang-Waktu ini akan memengaruhi persepsi kita atas Ruang dan Waktu aktual. Melalui Waktu dan Ruang yang selalu kita kenal berbeda, kita melihat organisme Ruang-Waktu terartikulasi bagai tembus pandang. Notasi matematis artikulasi ini—dibuat secara virtual dan digeneralisasi—memberi kita pegangan tak terduga pada realitas. Kita memiliki alat investigasi kuat yang tak akan ditinggalkan manusia, bahkan jika eksperimen memaksa bentuk baru teori Relativitas.

⁽¹⁾ Ini kita ekspresikan berbeda (hlm. 76 dst.) saat menyatakan sains tak bisa membedakan waktu yang mengalir dan waktu yang terurai. Sains mensiasialkannya semata-mata dengan mengukurnya.

BAB 9.8.

Apa yang Sebenarnya Diwakili oleh Penggabungan Ruang-Waktu

Untuk menunjukkan bagaimana Waktu dan Ruang mulai terjalin hanya ketika keduanya menjadi fiktif, mari kita kembali ke sistem S' dan pengamat kita yang, ditempatkan secara efektif di S' , secara mental berpindah ke sistem lain S , menganggapnya diam dan kemudian mengasumsikan S' bergerak dengan semua kecepatan yang mungkin. Kami ingin mengetahui secara khusus apa arti jalinan Ruang dengan Waktu yang dianggap sebagai dimensi tambahan dalam teori Relativitas. Kami tidak mengubah hasilnya, dan menyederhanakan paparan kami, dengan mengasumsikan bahwa ruang sistem S dan S' direduksi menjadi satu dimensi tunggal, sebuah garis lurus, dan bahwa pengamat di S' , berbentuk seperti cacing, menghuni bagian garis ini. Pada dasarnya, kami hanya menempatkan diri kembali dalam kondisi yang kami alami sebelumnya (hal. 190). Kami mengatakan bahwa pengamat kami, selama dia mempertahankan pikirannya di S' tempat dia berada, hanya mengamati keteguhan panjang $A'B'$ yang ditandai sebagai l . Tetapi, begitu pikirannya berpindah ke S , dia melupakan keteguhan konkret yang diamati dari panjang $A'B'$ atau kuadratnya l^2 ; dia hanya membayangkannya dalam bentuk abstrak sebagai keteguhan perbedaan antara dua kuadrat L^2 dan $c^2 T^2$, yang akan menjadi satu-satunya yang diberikan (dengan menyebut L sebagai ruang yang memanjang $\frac{l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, dan T sebagai interval waktu $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \cdot \frac{lv}{c^2}$, yang telah menyisipkan dirinya di antara dua peristiwa A' dan B' yang dipersepsikan di dalam sistem S' sebagai serempak). Kami yang mengenal Ruang dengan lebih dari satu dimensi tidak kesulitan menerjemahkan perbedaan antara dua konsepsi ini secara geometris; karena dalam Ruang dua dimensi yang mengelilingi garis $A'B'$ bagi kami, kami hanya perlu mengangkat garis tegak lurus $B'C'$ yang sama dengan cT , dan kami segera menyadari bahwa

pengamat nyata di S' benar-benar mempersepsikan sisi $A'B'$ dari segitiga siku-siku sebagai sesuatu yang tetap, sedangkan pengamat fiktif di S hanya melihat (atau lebih tepatnya membayangkan) secara langsung sisi lain $B'C'$ dan sisi miring $A'C'$ dari segitiga ini: garis $A'B'$ kemudian baginya hanya akan menjadi jejak mental yang melengkapi segitiga, sebuah ekspresi figuratif dari $\sqrt{A'C'^2 - B'C'^2}$. Sekarang, mari kita asumsikan bahwa sebuah sihir tongkat ajaib menempatkan pengamat kami, nyata di S' dan fiktif di S , dalam kondisi yang sama dengan kami, dan memungkinkannya mempersepsikan atau membayangkan sebuah Ruang dengan lebih dari satu dimensi. Sebagai pengamat nyata di S' , dia akan melihat garis lurus $A'B'$: ini nyata. Sebagai fisikawan fiktif di S , dia akan melihat atau membayangkan garis putus $A'C'B'$: ini hanya virtual; ini adalah garis lurus $A'B'$ yang muncul, memanjang dan terbelah, dalam cermin gerakan. Sekarang, garis lurus $A'B'$ adalah Ruang. Tetapi garis putus $A'C'B'$ adalah Ruang dan Waktu; dan demikian pula halnya dengan garis putus lain yang tak terhingga $A'D'B'$, $A'E'B'$... dst., yang sesuai dengan kecepatan berbeda dari sistem S' , sementara garis lurus $A'B'$ tetap menjadi Ruang. Garis-garis putus Ruang-Waktu ini, hanya virtual, muncul dari garis lurus Ruang hanya oleh gerakan yang diberikan pikiran pada sistem. Mereka semua tunduk pada hukum bahwa kuadrat bagian Ruang mereka, dikurangi kuadrat bagian Waktu mereka (dalam kesepakatan mengambil kecepatan cahaya sebagai satuan waktu) memberikan sisa yang sama dengan kuadrat tak berubah dari garis lurus $A'B'$, yang terakhir ini garis Ruang murni, tetapi nyata. Dengan demikian, kami melihat secara tepat hubungan amalgam Ruang-Waktu dengan Ruang dan Waktu yang berbeda, yang selalu dibiarkan berdampingan di sini bahkan ketika seseorang membuat Waktu, dengan menspatialisasikannya, menjadi dimensi tambahan Ruang. Hubungan ini menjadi sangat mencolok dalam kasus khusus yang kami pilih dengan sengaja, yaitu ketika garis $A'B'$, dipersepsikan oleh seorang pengamat yang ditempatkan di S' , menghubungkan dua peristiwa A dan B' yang diberikan dalam sistem ini sebagai serempak. Di sini, Waktu dan Ruang begitu berbeda sehingga Waktu menghilang, hanya menyisakan Ruang: sebuah ruang $A'B'$, itulah semua yang diamati, itulah yang nyata. Tetapi realitas ini dapat direkonstruksi secara virtual oleh amalgam Ruang virtual dan Waktu virtual, Ruang dan Waktu ini memanjang seiring meningkatnya kecepatan virtual yang diberikan pada sistem oleh pengamat yang secara ideal melepaskan diri darinya. Dengan demikian, kami memperoleh amalgam Ruang dan Waktu yang tak terbatas hanya dalam pikiran, semuanya setara dengan Ruang murni dan sederhana, yang dipersepsikan dan nyata.

Tetapi esensi teori Relativitas adalah menempatkan visi nyata dan visi virtual pada tingkat yang sama. Yang nyata hanya akan menjadi kasus khusus dari yang virtual. Antara persepsi garis lurus $A'B'$ di dalam sistem S' , dan konsepsi garis putus $A'C'B'$ ketika seseorang menganggap diri berada di dalam sistem S , tidak akan ada perbedaan sifat. Garis lurus $A'B'$ akan menjadi garis putus seperti $A'C'B'$ dengan segmen seperti $C'B'$ nol, nilai nol yang diberikan di sini oleh $c^2 T^2$ menjadi nilai seperti yang lain. Matematikawan dan fisikawan tentu saja berhak mengungkapkannya demikian. Tetapi filsuf, yang harus membedakan yang nyata dari yang simbolis, akan berbicara secara berbeda. Dia akan puas menggambarkan apa yang baru saja

terjadi. Ada panjang yang dipersepsikan, nyata, $A'B'$. Dan jika disepakati untuk hanya mengambilnya, dengan menganggap $A'B'$ dan B' sebagai sesaat dan serempak, hanya ada, berdasarkan hipotesis, panjang Ruang ini *ditambah* ketiadaan Waktu. Tetapi gerakan yang diberikan oleh pikiran pada sistem membuat Ruang yang awalnya dipertimbangkan tampak membengkak oleh Waktu: l^2 akan menjadi L^2 , yaitu $l^2 + c^2 T^2$. Maka ruang baru itu harus mengeluarkan waktu, L^2 harus dikurangi $c^2 T^2$, agar l^2 ditemukan kembali.

Dengan demikian kami kembali ke kesimpulan kami sebelumnya. Kami ditunjukkan bahwa dua peristiwa, serempak bagi tokoh yang mengamatinya di dalam sistemnya, akan menjadi berurutan bagi mereka yang membayangkan, dari luar, sistem dalam gerakan. Kami setuju, tetapi kami menunjukkan bahwa interval antara dua peristiwa yang menjadi berurutan itu, meskipun disebut waktu, tidak dapat memuat peristiwa apa pun: itu adalah, seperti yang kami katakan, '*ketiadaan yang terdilatasi*'⁽¹⁾. Di sini kami menyaksikan dilatasi. Bagi pengamat di S' , jarak antara A' dan B' adalah panjang ruang l ditambah nol waktu. Ketika realitas l^2 menjadi virtualitas L^2 , nol waktu nyata berkembang menjadi waktu virtual $c^2 T^2$. Tetapi interval waktu virtual ini hanyalah ketiadaan waktu primitif, menghasilkan efek optik yang entah bagaimana dalam cermin gerakan. Pikiran tidak dapat menempatkan suatu peristiwa di dalamnya, betapapun singkatnya, sama seperti seseorang tidak dapat mendorong furnitur ke ruang tamu yang terlihat di dasar cermin.

⁽¹⁾ Lihat di atas, halaman 154.

Tetapi kita telah mempertimbangkan kasus khusus, yaitu ketika peristiwa di A' dan B' dipersepsikan, di dalam sistem S' , sebagai serentak. Tampaknya bagi kita bahwa ini adalah cara terbaik untuk menganalisis operasi di mana Ruang menambahkan diri pada Waktu dan Waktu pada Ruang dalam teori Relativitas. Sekarang mari kita ambil kasus yang lebih umum di mana peristiwa A' dan B' terjadi pada momen yang berbeda bagi pengamat di S' . Kita kembali ke notasi pertama kita: kita akan menyebut t'_1 sebagai waktu peristiwa A' dan t'_2 sebagai waktu peristiwa B' ; kita akan menyatakan dengan $x'_2 - x'_1$ jarak dari A' ke B' dalam Ruang, dengan x'_1 dan x'_2 masing-masing sebagai jarak A' dan B' dari titik asal O' . Untuk menyederhanakan, kita sekali lagi mengasumsikan Ruang direduksi menjadi satu dimensi. Tetapi kali ini kita akan bertanya bagaimana pengamat di dalam S' , yang mengamati dalam sistem ini baik keteguhan panjang Ruang $x'_2 - x'_1$ maupun keteguhan panjang Waktu $t'_2 - t'_1$ untuk semua kecepatan yang dapat dianggap dimiliki sistem, akan merepresentasikan keteguhan ini dengan menempatkan dirinya dalam pikiran ke dalam sistem diam S. Kita tahu⁽¹⁾ bahwa $(x'_2 - x'_1)^2$ untuk itu harus telah mengembang menjadi

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} [(x'_2 - x'_1) + v(t'_2 - t'_1)]^2$$

, suatu kuantitas yang melebihi $(x'_2 - x'_1)^2$ sebesar

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[\frac{v^2}{c^2} (x'_2 - x'_1)^2 + v^2 (t'_2 - t'_1)^2 + 2v(x'_2 - x'_1)(t'_2 - t'_1) \right]$$

Di sini lagi, sebuah waktu, seperti yang terlihat, akan datang untuk menggembungkan ruang.

Tetapi, pada gilirannya, sebuah ruang telah ditambahkan ke waktu, karena apa yang awalnya $(t_2' - t_1')^2$ telah menjadi ⁽²⁾

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[(t_2' - t_1') + \frac{v(x_2' - x_1')}{c^2} \right]^2$$

, suatu kuantitas yang melebihi $(t_2' - t_1')^2$ sebesar

$$\frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left[\frac{v^2}{c^2} (x_2' - x_1')^2 + \frac{v^2}{c^2} (t_2' - t_1')^2 + \frac{2v}{c^2} (x_2' - x_1')(t_2' - t_1') \right]$$

⁽¹⁾ Lihat hlm. 193

⁽²⁾ Lihat hlm. 194

Sehingga kuadrat waktu telah bertambah dengan suatu kuantitas yang, jika dikalikan dengan c^2 , akan memberikan pertambahan kuadrat ruang. Dengan demikian kita melihat terbentuk di depan mata kita, ruang yang mengumpulkan waktu dan waktu yang mengumpulkan ruang, ketakterubahan perbedaan $(x_2 - x_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2$ untuk semua kecepatan yang dianggap dimiliki sistem.

Tetapi amalgam Ruang dan Waktu ini mulai terjadi, bagi pengamat di S' , hanya pada saat tepat ketika pikirannya menggerakkan sistem. Dan amalgam hanya ada dalam pikirannya. Yang nyata, yaitu yang diamati atau dapat diamati, adalah Ruang dan Waktu yang berbeda yang ia hadapi dalam sistemnya. Ia dapat mengasosiasikannya dalam suatu kontinum empat dimensi: ini yang kita semua lakukan, lebih atau kurang bingung, ketika kita menspatialkan waktu, dan kita melakukannya segera setelah kita mengukurnya. Tetapi Ruang dan Waktu kemudian tetap terpisah secara tak berubah. Mereka tidak akan beramalgamasi bersama atau, lebih tepatnya, ketakterubahan tidak akan dialihkan ke perbedaan $(x_2 - x_1)^2 - c^2(t_2 - t_1)^2$ kecuali untuk pengamat-pengamat fantastis kita. Pengamat nyata akan membiarkannya terjadi, karena ia tenang: karena masing-masing dari dua istilahnya $x_2 - x_1$ dan $t_2 - t_1$, panjang ruang dan interval waktu, adalah tak berubah, dari sudut mana pun ia mengamatinya di dalam sistemnya, ia menyerahkannya kepada pengamat fantastis agar yang terakhir ini memasukkannya sesukanya ke dalam ekspresi invariannya; sebelumnya ia mengadopsi ekspresi ini, sebelumnya ia tahu bahwa itu akan cocok untuk sistemnya sebagaimana ia sendiri memandangnya, karena hubungan antara istilah-istilah yang konstan tentu konstan. Dan ia akan banyak diuntungkan, karena ekspresi yang diberikan kepadanya adalah ekspresi dari kebenaran fisik baru: ia menunjukkan bagaimana 'transmisi' cahaya berperilaku terhadap 'translasi' benda-benda.

Tetapi itu memberinya informasi tentang hubungan transmisi ini dengan translasi itu, tidak memberitahunya hal baru apa pun tentang Ruang dan Waktu: keduanya tetap seperti semula, berbeda satu sama lain, tidak mampu bercampur kecuali melalui efek fiksi matematika yang dimaksudkan untuk melambangkan kebenaran fisik. Karena Ruang dan Waktu yang saling menembus ini bukanlah Ruang dan Waktu dari fisikawan nyata mana pun atau yang dianggap demikian. Fisikawan nyata mengambil pengukurannya dalam sistem tempat ia berada, dan yang ia diamkan dengan mengadopsinya sebagai sistem referensi: Waktu dan Ruang di sana tetap berbeda, tidak dapat saling menembus. Ruang dan Waktu hanya saling menembus dalam sistem-

sistem bergerak di mana fisikawan nyata tidak berada, di mana hanya fisikawan yang dibayangkannya yang menghuni - dibayangkan demi kebaikan terbesar sains. Tetapi fisikawan ini tidak dibayangkan sebagai nyata atau dapat menjadi nyata: menganggap mereka nyata, memberi mereka kesadaran, berarti mendirikan sistem mereka sebagai sistem referensi, memindahkan diri ke sana dan menyatu dengan mereka, dengan cara apa pun menyatakan bahwa Waktu dan Ruang mereka telah berhenti saling menembus.

Dengan demikian kita kembali melalui jalan memutar yang panjang ke titik awal kita. Dari Ruang yang dapat dikonversi menjadi Waktu dan Waktu yang dapat dikonversi kembali menjadi Ruang, kita hanya mengulangi apa yang telah kita katakan tentang pluralitas Waktu, tentang sukseksi dan keserentakan yang dianggap dapat dipertukarkan. Dan itu wajar, karena ini tentang hal yang sama dalam kedua kasus. Ketakterubahan ekspresi $dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ mengikuti langsung dari persamaan Lorentz. Dan Ruang-Waktu Minkowski dan Einstein hanya melambangkan ketakterubahan ini, seperti halnya hipotesis Waktu berganda dan keserentakan yang dapat dikonversi menjadi sukseksi hanya menerjemahkan persamaan-persamaan ini.

BAB 10.

Catatan Akhir

Kita telah sampai pada akhir studi kita. Ini seharusnya membahas Waktu dan paradoks-paradoks mengenai Waktu yang biasanya dikaitkan dengan teori Relativitas. Oleh karena itu, ini akan terbatas pada Relativitas Terbatas. Apakah kita tetap dalam abstrak? Tentu tidak, dan kita tidak akan memiliki sesuatu yang esensial untuk ditambahkan tentang Waktu jika kita memperkenalkan ke dalam realitas yang disederhanakan yang telah kita bahas sejauh ini sebuah medan gravitasi. Menurut teori Relativitas Umum, memang, seseorang tidak dapat lagi, dalam medan gravitasi, mendefinisikan sinkronisasi jam atau menegaskan bahwa kecepatan cahaya adalah konstan. Akibatnya, secara ketat, definisi optik waktu lenyap. Segera setelah seseorang ingin memberi makna pada koordinat 'waktu', seseorang akan menempatkan diri dalam kondisi Relativitas Terbatas, jika perlu dengan mencarinya di tak terhingga.

Setiap saat, sebuah alam semesta Relativitas Terbatas bersinggungan dengan Alam Semesta Relativitas Umum. Di sisi lain, seseorang tidak perlu mempertimbangkan kecepatan yang sebanding dengan cahaya, atau medan gravitasi yang intens secara proporsional. Oleh karena itu, secara umum, dengan pendekatan yang cukup, seseorang dapat meminjam konsep Waktu dari Relativitas Terbatas dan mempertahankannya sebagaimana adanya. Dalam pengertian ini, Waktu berada di bawah Relativitas Terbatas, seperti halnya Ruang berada di bawah Relativitas Umum.

Namun tingkat realitas Waktu dalam Relativitas Khusus dan Ruang dalam Relativitas Umum tidaklah sama. Kajian mendalam tentang hal ini akan sangat instruktif bagi filsuf. Ini akan mengonfirmasi perbedaan hakiki yang kami tegaskan dahulu antara Waktu nyata dan Ruang murni, yang secara keliru dianggap analog oleh filsafat tradisional. Dan mungkin ini tidak tanpa minat bagi fisikawan. Ini akan mengungkapkan bahwa teori Relativitas Khusus dan teori Relativitas Umum tidak sepenuhnya dijiwai oleh semangat yang sama dan tidak memiliki makna

yang persis sama. Yang pertama muncul dari upaya kolektif, sedangkan yang kedua mencerminkan kejeniusan khas Einstein. Yang pertama terutama memberi kita rumus baru untuk hasil yang sudah diperoleh; ia memang, dalam arti kata sebenarnya, sebuah teori, suatu modus representasi. Yang kedua pada hakikatnya adalah sebuah metode investigasi, sebuah alat penemuan. Namun kita tidak perlu membuat perbandingan di antara keduanya. Katakanlah hanya sepatah dua patah kata tentang perbedaan antara Waktu yang satu dan Ruang yang lain. Ini akan mengulang kembali sebuah gagasan yang berkali-kali diungkapkan dalam esai ini.

Ketika fisikawan Relativitas Umum menentukan struktur Ruang, ia berbicara tentang Ruang di mana ia secara efektif berada. Semua yang ia kemukakan akan diverifikasinya dengan instrumen pengukur yang sesuai. Bagian Ruang yang ia definisikan kelengkungannya bisa sangat jauh: secara teoretis ia akan berpindah ke sana, secara teoretis ia akan membuat kita menyaksikan verifikasi rumusnya. Singkatnya, Ruang dalam Relativitas Umum menyajikan karakteristik yang tidak hanya dikonsepsikan, tetapi juga dapat dipersepsikan. Ini menyangkut sistem tempat fisikawan itu berada.

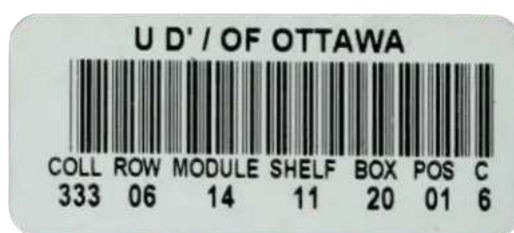
Tetapi karakteristik waktu khususnya jamak Waktu dalam teori Relativitas Khusus, tidak hanya luput dari pengamatan fisikawan yang menetapkannya secara fakta: mereka tidak dapat diverifikasi secara prinsip. Sementara Ruang Relativitas Umum adalah Ruang di mana seseorang berada, Waktu-Waktu Relativitas Khusus didefinisikan sedemikian rupa sehingga semuanya, kecuali satu, adalah Waktu-Waktu di mana seseorang tidak berada. Seseorang tidak bisa berada di sana, karena di mana pun pergi, seseorang membawa serta Waktu yang mengusir yang lain, seperti cahaya terang yang melekat pada pejalan kaki membuat kabut surut pada setiap langkah. Seseorang bahkan tidak dapat membayangkan berada di sana, karena berpindah secara mental ke salah satu Waktu yang terentang berarti mengadopsi sistem tempat ia termasuk, menjadikannya sistem referensi: seketika Waktu itu akan mengerut, dan kembali menjadi Waktu yang dialami di dalam suatu sistem, Waktu yang tidak ada alasan untuk tidak kita percayai sama di semua sistem.



Waktu-Waktu yang terentang dan terdislokasi itu karenanya adalah Waktu-Waktu pembantu, disisipkan oleh pikiran fisikawan antara titik awal perhitungan, yaitu Waktu nyata, dan titik akhir, yang masih merupakan Waktu nyata yang sama. Di dalamnya pengukuran diambil untuk dioperasikan; padanya hasil operasi diterapkan. Yang lainnya adalah perantara antara pernyataan dan solusi masalah.

Fisikawan menempatkan semuanya pada tingkat yang sama, menyebutnya dengan nama yang sama, memperlakukannya dengan cara yang sama. Dan ia benar. Semuanya memang merupakan pengukuran Waktu; dan karena pengukuran suatu hal di mata fisika adalah hal itu sendiri, semuanya harus menjadi Waktu bagi fisikawan. Tetapi hanya dalam satu di antaranya—kami pikir telah membuktikannya—terdapat suksesi. Hanya satu di antaranya yang berdurasi; yang lainnya tidak. Sementara yang satu itu adalah waktu yang meski bersandar pada panjang yang mengukurnya, namun berbeda darinya, yang lainnya hanyalah panjang-panjang. Lebih tepatnya, yang satu itu sekaligus Waktu dan '*garis cahaya*'; yang lainnya hanyalah garis-garis cahaya. Tetapi karena garis-garis terakhir ini lahir dari perentangan yang pertama, dan karena yang pertama itu melekat pada Waktu, orang akan menyebutnya sebagai Waktu-waktu terentang. Dari sinilah semua Waktu, dalam jumlah tak terbatas, dalam Relativitas Khusus. Jamaknya, jauh dari mengecualikan kesatuan Waktu nyata, justru mengandaikannya.

Paradoks dimulai ketika orang menegaskan bahwa semua Waktu ini adalah realitas, yaitu hal-hal yang dipersepsi atau bisa dipersepsi, yang dialami atau bisa dialami. Secara implisit orang telah menganggap sebaliknya untuk semua—kecuali satu—ketika mengidentikkan Waktu dengan garis cahaya. Inilah kontradiksi yang ditebak oleh pikiran kita, ketika tidak melihatnya dengan jelas. Ini tidak dapat diatribusikan kepada fisikawan mana pun sebagai fisikawan: ini hanya akan muncul dalam fisika yang mengangkat diri menjadi metafisika. Terhadap kontradiksi ini pikiran kita tidak dapat berdamai. Keliru menganggap perlawanan ini sebagai prasangka akal sehat. Prasangka-prasangka menghilang atau setidaknya melemah pada refleksi. Tetapi, dalam kasus ini, refleksi menguatkan keyakinan kita dan bahkan akhirnya membuatnya tak tergoyahkan, karena ia mengungkapkan kepada kita dalam Waktu-waktu Relativitas Khusus—dengan pengecualian satu di antaranya—Waktu-waktu tanpa durasi, di mana peristiwa-peristiwa tidak dapat bersukes, benda-benda tidak dapat bertahan, makhluk-makhluk tidak dapat menua.

Penuaan dan durasi termasuk dalam ranah kualitas. Upaya analisis apa pun tidak akan menyelesaikannya menjadi kuantitas murni. Hal di sini tetap berbeda dari pengukurannya, yang kebetulan bertumpu pada Ruang representatif Waktu daripada pada Waktu itu sendiri. Tetapi tidak demikian dengan Ruang. Pengukurannya menghabiskan esensinya. Kali ini karakteristik yang ditemukan dan didefinisikan oleh fisika termasuk dalam hal itu sendiri dan bukan lagi pada pandangan pikiran tentangnya. Katakan lebih baik: mereka adalah realitas itu sendiri; *hal* kali ini adalah *relasi*. Descartes mereduksi materi—dipertimbangkan dalam sekejap—menjadi keluasan: fisika, di matanya, mencapai yang nyata sejauh ia geometris. Kajian tentang Relativitas Umum, sejajar dengan yang telah kami lakukan tentang Relativitas Khusus, akan menunjukkan bahwa reduksi gravitasi menjadi inersia tepatnya merupakan eliminasi konsep-konsep jadi yang, menyisip di antara fisikawan dan objeknya, antara pikiran dan relasi-relasi konstitutif hal, menghalangi fisika menjadi geometri. Dari sisi ini, Einstein adalah penerus Descartes.



Dengan terima kasih kepada  Archive.org dan Universitas Ottawa,  Kanada karena telah membuat salinan fisik edisi pertama tersedia di internet. Kunjungi departemen filsafat mereka di uottawa.ca/faculty-arts/philosophy



CosmicPhilosophy.org

<https://id.cosmicphilosophy.org/>

Dicetak pada 22 November 2025

Proyek kami lainnya:

- ▶ [GMODEbate.org](https://gmodebate.org/): Sebuah proyek yang menyelidiki landasan filosofis eugenika, saintisme, gerakan "emansipasi-ilmu-pengetahuan-dari-filsafat", narasi "anti-sains", dan bentuk-bentuk modern inkuisisi ilmiah.