ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XXI, zeszyt 3 — 1973

MICHAŁ HELLER

KOPERNIKOWSKIE UKŁADY ODNIESIENIA W OGÓLNEJ TEORII WZGLĘDNOŚCI

W związku z rocznicą Kopernikowską odżyło zagadnienie uprzywilejowanych układów odniesienia w ogólnej teorii względności. Jeżeli wszystkie układy odniesienia są jednakowo dobre, to dlaczego system Kopernika ma być krokiem naprzód w stosunku do systemu Ptolemeusza? Od szeregu lat V. A. Fock propaguje swoistą interpretację teorii względności [1]. Interpretacja ta zakłada, że w ogólnej teorii względności istnieje wyróżniona klasa układów odniesienia, tzw. klasa układów harmonicznych. Układy harmoniczne, zdaniem Focka, w einsteinowskiej teorii grawitacji odgrywają rolę analogiczną do roli układów inercjalnych w szczególnej teorii względności. „[...] ponieważ uprzywilejowany układ współrzędnych jest wyznaczony z dokładnością do przekształcenia Lorentza, liniowego i ze stałymi współczynnikami, przeto przyspieszenie w tym układzie ma charakter bezwzględny. Rozumiemy przez to, co następuje: jeżeli przyspieszenie jest równe zeru w dowolnym uprzywilejowanym układzie współrzędnych, to jest ono równe zeru i w każdym innym uprzywilejowanym układzie współrzędnych. Wobec tego istnienie przyspieszenia jest właściwością niezależną od obioru uprzywilejowanego układu współrzędnych. Wskutek tego otrzymujemy przeczącą odpowiedź na pytanie, czy z punktu widzenia teorii grawitacji Einsteina heliocentryczny system Kopernika jest równoważny geocentrycznemu systemowi Ptolemeusza" [2]. A zatem w interpretacji Focka układy harmoniczne są „układami kopernikowskimi".

[1] Por. jego książkę: *Tieorija prostranstwa, wriemieni i tiagotienija.* Moskwa 1961 oraz artykuły: *O roli zasady względności i zasady równoważności w teorii grawitacji Einsteina.* „Postępy Fizyki" T. 15:1964 s. 107-116; *Three Lectures on Relativity Theory.* „Reviews of Modern Physics" Vol. 29:1957 s. 325-333; *Zagadnienie ruchu ciał w teorii grawitacji Einsteina.* W: *Materiały Konferencji Fizyków w Spale.* Warszawa 1954 s. 315-334; *Współczesna teoria przestrzeni i czasu.* W: *Zagadnienia filozoficzne mechaniki kwantowej i teorii względności.* Warszawa 1954 s. 148-187.

[2] Fock. *Współczesna teoria przestrzeni i czasu* s. 178.

Krytyce interpretacji Focka poświęcono wiele uwagi [3], jednakże w związku z ożywieniem wokół problematyki kopernikowskiej zagadnienie wydaje się warte ponownego przemyślenia, tym bardziej że polemikę z poglądami Focka można potraktować jako okazję do głębszego zrozumienia założeń ogólnej teorii względności.

Uwagi krytyczne zostaną poprzedzone możliwie zwięzłym przedstawieniem tych punktów interpretacji Focka, które różnią się od ogólnie przyjmowanego ujęcia.

I. POGLĄDY FOCKA

Powszechnie uważa się, że u fundamentów ogólnej teorii względności leżą pewne założenia, a mianowicie: zasada względności, zasada kowariantności (ogólnej niezmienniczości) oraz zasada równoważności. Swoista interpretacja tych zasad doprowadziła Focka do wyróżnienia pewnej klasy układów odniesienia.

1. ZASADA WZGLĘDNOŚCI

Zdaniem Focka istnieje tylko jedna zasada względności, ta mianowicie, na której opiera się einsteinowska teoria czasu i przestrzeni (szczególna teoria względności). Sprowadza się ona do stwierdzenia, iż w dwu różnych układach odniesienia, należących do pewnej wyróżnionej klasy układów, istnieją procesy odpowiednie. Odpowiedniość procesów należy rozumieć następująco: „jeżeli możliwy jest proces opisywany we współrzędnych (x) przez funkcje:

$$\varphi_1(x),\ \varphi_2(x), \ldots \varphi_n(x), \tag{a}$$

to możliwy jest i inny proces, który we współrzędnych (x′) opisują te same funkcje:

$$\varphi_1(x'),\ \varphi_2(x'), \ldots \varphi_n(x'), \tag{b}$$

[3] Por. np.: L. Infeld. *On the Motion of Bodies in General Relativity Theory.* „Acta Physica Polonica". Vol. 13: 1954 s. 187-204; tenże. *Equations of Motion and Non-Harmonic Coordinate Conditions.* „Bulletin de L'Académie Polonaise des Sciences" Cl. 3. Vol. 2: 1954 nr 4 s. 163-166; tenże. *Kilka uwag o teorii względności.* W: *Zagadnienia filozoficzne mechaniki kwantowej i teorii względności.* Warszawa 1954 s. 188-204; A. Trautman, W. Tulczyjew. *Grawitacja i niezmienniczość.* „Postępy Fizyki" T. 9: 1958 s. 3-25; A. Trautman. *Teoria względności.* Tamże t. 17:1966 s. 129-141.

i odwrotnie: każdemu procesowi typu (b) w drugim układzie odpowiada pewien możliwy proces typu (a) w pierwszym układzie." [4] „Wynika stąd — podkreśla Fock — że samo pojęcie »zasada względności« jest sensowne tylko wtedy, gdy jest wyróżniona pewna klasa układów odniesienia." [5]

Gdy wyróżnioną klasą układów odniesienia są układy inercjalne, mamy wówczas zasadę względności Galileusza. Gdy dodamy postulat, że w każdym inercjalnym układzie odniesienia $c = const$, otrzymujemy zasadę względności Galileusza-Lorentza i wówczas przejście od jednego układu inercjalnego do drugiego dokonuje się za pomocą transformacji Lorentza.

Załóżmy teraz, że metryka czasoprzestrzeni nie zależy od procesów, jakie się w czasoprzestrzeni odbywają. W takim wypadku będziemy mówić, że metryka jest sztywna. Przyjąwszy sztywność metryki procesy odpowiednie (w dwu różnych układach odniesienia) można wręcz utożsamić z sobą, a uwzględnić tylko przekształcenie współrzędnych. W takiej sytuacji wielkości:

$$g_{\mu\nu}(x) \text{ oraz } g_{\mu\nu}(x') \tag{1}$$

są z sobą związane prawem przekształcania tensorów, a zasada względności domagająca się, by wielkości (l) miały jednakową postać, prowadzi do równań:

$$\delta g_{\mu\nu} = O \tag{2}$$

Najogólniejsza klasa przekształceń spełniających równania (2) w czterowymiarowej przestrzeni stanowi 10-parametrową grupę, tzw. grupę izometrii. n-wymiarową przestrzeń dopuszczającą istnienie $\frac{1}{2} n\ (n+1)$-parametrowej grupy izometrii Fock nazywa przestrzenią maksymalnie jednorodną. Tego rodzaju symetrie mogą mieć miejsce tylko w przestrzeniach o stałej krzywiźnie:

$$R_{\mu\nu\alpha\beta} = K(g_{\nu\alpha}\, g_{\mu\beta} - g_{\mu\alpha}\, g\ ). \tag{3}$$

Gdy mamy do czynienia z 4-wymiarową czasoprzestrzenią i gdy $K = O$, czasoprzestrzeń otrzymuje strukturę pseudoeuklidesową, a przekształcenia stanowiące grupę izometrii są przekształceniami Lorentza [6].

---

[4] Fock. *Tieorija prostranstwa, wriemieni i tiagotienija* s. 242.

[5] Tamże.

[6] Z powyższego wynika, że szczególną teorię względności można zbudować tylko w oparciu o następujące założenia: 1° zasada względności (w której, według Focka, mieści się założenie o stałości prędkości światła), 2° sztywność metryki, 3° płaskość czasoprzestrzeni ($K = O$).

„Przy założeniu sztywności metryki — pisze Fock — zasada względności Galileusza-Lorentza prowadzi do jednorodnej czasoprzestrzeni i odwrotnie — zasada względności jest jej konsekwencją" [7].

Fock sądzi, że — w ujęciu tradycyjnym — ogólna zasada względności domaga się równouprawnienia wszystkich układów odniesienia. Zasada taka miałaby stanowić rację ogólnej kowariantności równań. Jednakże — zdaniem Focka — ogólna zasada względności po prostu nie istnieje. W ogólnej teorii względności operuje się przestrzeniami Riemanna nie koniecznie o stałej krzywiźnie. W ogólnym przypadku czterowskaźnikowego tensora krzywizny nie da się sprowadzić do postaci (3). A więc w ogólnej teorii względności jest mniej względności niż w teorii szczególnej. Dlatego też Fock nazwę „teoria względności" rezerwuje tylko dla einsteinowskiej teorii czasu i przestrzeni, natomiast ogólną teorię względności nazywa po prostu teorią grawitacji.

2. ZASADA KOWARIANTNOŚCI

Fock uważa, że ogólna zasada względności nie tylko nie istnieje, ale jest całkowicie zbyteczna. „Ze wszystkich logicznych wniosków tej zasady faktycznie wykorzystuje się tylko kowariantność różniczkowych równań pola. Kowariantność ta może być ustanowiona sama przez się. Nie przedstawia ona w ogóle zasady fizycznej, a wyraża tylko ogólne logiczne żądanie, aby sformułowanie praw przyrody w jednym układzie współrzędnych nie przeczyło sformułowaniu tych praw w drugim układzie współrzędnych" [8].

3. ZASADA RÓWNOWAŻNOŚCI

Również i tej zasadzie Fock odmawia znaczenia dla ogólnej teorii względności. Podkreśla on lokalny charakter zasady równoważności i sądzi, że zamiast niej wystarczy przyjąć równość masy bezwładnej i masy ciężkiej, tym bardziej że równość ta ma charakter globalny. Zasada równoważności jest trywialnym następstwem faktu, że w przestrzeni Riemanna lokalnie zawsze można wprowadzić układ współrzędnych geodezyjnych.

4. ZAŁOŻENIA TEORII GRAWITACJI

Według Focka ogólna teoria względności opiera się na następujących założeniach [9]:

---

[7] *Tieorija prostranstwa, wriemieni i tiagotienija* s. 475.

[8] Fock. *O roli zasady względności i zasady równoważności w teorii grawitacji Einsteina* s. 112.

[9] Por. tamże s. 114 n.

1° zespolenie przestrzeni i czasu w jedną 4-wymiarową czasoprzestrzeń z nieokreśloną metryką,

2° riemannowski charakter metryki,

3° nie-sztywność metryki: składowe tensora metrycznego są równocześnie potencjałami grawitacyjnymi.

5. WYRÓŻNIONE UKŁADY ODNIESIENIA

Jeżeli w einsteinowskiej teorii grawitacji istnieje taka klasa układów odniesienia, w których na nowo pojawia się względność, układy należące do tej klasy będą — zdaniem Focka — fizycznie wyróżnione. Według Focka taką wyróżnioną klasę stanowią układy współrzędnych harmonicznych (de Dondera):

$$\Box x^{\alpha} \equiv -\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x^{\beta}} (\sqrt{-g}\, g^{\alpha\beta}) = g^{\mu\nu} \Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = \Gamma^{\alpha} = 0, \tag{4}$$

przy założeniu

$$(g_{\mu\nu} - \eta_{\mu\nu}) < \frac{M}{r} \text{ dla dużych } r \tag{5}$$

oraz

$$\lim_{r \to \infty} \frac{\partial}{\partial r}(r\varphi) + \frac{\partial}{\partial x^{0}}(r\varphi) = 0, \tag{6}$$

gdzie φ są którąkolwiek z wielkości: $g_{\mu\nu} - \eta_{\mu\nu}$. Warunek (6) powinien być spełniony dla: $-\infty < x^0 < +\infty$

„Zgodnie z podstawową ideą teorii grawitacji obecność pola grawitacyjnego przejawia się w nieeuklidesowym charakterze czasoprzestrzeni, tam zaś, gdzie nie ma pola grawitacyjnego, czasoprzestrzeń jest euklidesowa. Możemy przeto zażądać, aby w dość dużej odległości od mas czasoprzestrzeń była euklidesowa (euklidesowy charakter w nieskończoności [warunek (5)]). Następnie musimy sformułować warunek, aby z zewnątrz do naszego układu nie napływały fale grawitacyjne (warunek promieniowania [warunek (6)]). Wreszcie możemy wprowadzić ograniczenie odnoszące się do wyboru zmiennych niezależnych (współrzędnych). Żądamy mianowicie, aby każda ze współrzędnych (x_0, x_1, x_2, x_3, a więc i dowolna ich funkcja liniowa, była harmoniczna, tj. spełniała uogólnione równanie falowe (warunek harmoniczności [warunek (4)])" [10]. Tego rodzaju

[10] Fock. *Współczesna teoria przestrzeni i czasu* s. 176 n.

sytuacja może się realizować tylko przy „wyspowym" rozkładzie materii. Względność — jak twierdzi Fock — zostaje wprowadzona dzięki jednorodności przestrzeni w nieskończoności. Przejście od jednego układu harmonicznego do drugiego dokonuje się za pomocą liniowego przekształcenia pseudoortogonalnego. Takie przekształcenie Fock uważa za uogólnienie transformacji Lorentza.

II. UWAGI KRYTYCZNE

1. WZGLĘDNOŚĆ A SYMETRIE

Z I, 1 wynika, że względność można łączyć z jednorodnością (w sensie nadawanym temu słowu przez Focka) tylko przy założeniu sztywności metryki. W ogólnej teorii względności metryka nie jest sztywna i dlatego sytuacja wygląda całkiem inaczej. A. Trautman [11] słusznie zauważył, że względność jakiejś teorii można „powiększyć" dwojako: albo przez usunięcie elementów absolutnych (np. usunięcie eteru przy przejściu od elektrodynamiki klasycznej do szczególnej teorii względności), albo przez potraktowanie ich jako elementów względnych (dynamicznych). Drugi sposób zastosował Einstein przechodząc od szczególnej do ogólnej teorii względności. W tej ostatniej metryka stała się wielkością dynamiczną (stąd nie-sztywność metryki). Wprawdzie nie potrafimy skonstruować teorii, która byłaby zupełnie pozbawiona elementów absolutnych [12], ale jeżeli w jednej teorii jest tych elementów mniej niż w drugiej, to mamy prawo powiedzieć, że teoria pierwsza zawiera w sobie więcej względności niż druga. W tym znaczeniu ogólna teoria względności jest bardziej względna niż szczególna teoria względności.

Niech teraz będą dane dwie teorie: obydwie przyjmują sztywność metryki, ale obydwie różnią się stopniem symetrii. Teoria dopuszczająca więcej symetrii będzie posiadała mniej wielkości absolutnych. W takim i tylko w takim wypadku (przy założeniu sztywności metryki) symetria może służyć jako miara względności. Jako zasada ogólna nie jest to słuszne.

Z powyższego wynika pożyteczne rozróżnienie: (a) względność jako następstwo symetrii — w tym znaczeniu można mówić o względności kinematycznej lub o wielkościach kinematycznie względnych; (b) względność jako skutek uznania pewnej wielkości za zmienną dynamiczną — w tym znaczeniu można mówić o względności dynamicznej

[11] *Teoria względności.* „Postępy Fizyki" T. 17:1966 s. 129-141.

[12] Por. M. Heller. *Mach's Principle and Differentiable Manifolds.* „Acta Physica Polonica" Vol. 1:1970 s. 131-138.

lub o wielkościach dynamicznie względnych. Powszechnie za „prawdziwą" względność uważa się zarówno (a), jak i (b), Fock natomiast cechę względności przypisuje tylko (a). I tu zdaje się znajdować źródło wszystkich nieporozumień.

2. ZASADA KOWARIANTNOŚCI A SENS FIZYCZNY

Różnica zdań co do znaczenia zasady kowariantności jest spowodowana, jak się zdaje, jej niejednoznacznym rozumieniem. Zagadnieniem tym warto by się zająć oddzielnie. Tu poprzestaniemy na następujących uwagach.

Prawdą jest, że wprowadzając do teorii pewne dodatkowe struktury można dowolne równanie zapisać w formie kowariantnej (np. wprowadzając pomocniczo współrzędne krzywoliniowe, wszystkie równania szczególnej teorii względności można zapisać w formie tensorowej). Fakt ten nie zawiera istotnie żadnego fizycznego sensu. Jeżeli jednak na mocy postulatu (wydaje się, że postulat ten mieści się w samej zasadzie kowariantności) wykluczyć możliwość wprowadzania jakichkolwiek dodatkowych struktur, z wyjątkiem tych, które explicite są zawarte w aksjomatach teorii (w ogólnej teorii względności taka struktura jest tylko jedna — metryka czasoprzestrzeni), to wówczas zasada kowariantności otrzymuje określony sens fizyczny. Na niektóre fizyczne konsekwencje tak pojętej kowariantności wskazali A. Trautman i W. Tulczyjew[13].

Należy wszakże zauważyć, że da się w sposób konsystentny zbudować ogólną teorię względności, ani raz nie odwołując się do zasady kowariannośći[14].

3. ZASADA RÓWNOWAŻNOŚCI A RÓWNOUPRAWNIENIE UKŁADÓW ODNIESIENIA

Zasada równoważności zawiera bogatszą treść fizyczną, aniżeli przypisuje jej Fock. I tak mieszczą się w niej, moim zdaniem, następujące stwierdzenia:

(a) równość masy bezwładnej i masy ciężkiej;

(b) lokalne równouprawnienie, ze względu na wszystkie zjawiska mechaniczne i grawitacyjne, wszystkich układów odniesienia (zamiennie można używać układów „przyśpieszonych" i układów

[13] *Grawitacja i niezmienniczość.* „Postępy Fizyki" T. 9:1958 s. 3-25.

[14] Por. A. Trautman. *Foundations and Current Problems of General Relativity.* New Jersey 1964 s. 122.

z „prawdziwym" polem grawitacyjnym);

(c) ekstrapolacja (b) na wszystkie zjawiska niemechaniczne (ale nadal tylko w lokalnym ujęciu).

(b) nazywa się czasem newtonowską zasadą równoważności, (c) — einsteinowską zasadą równoważności. Postulaty (a) — (c) posiadają ściśle określony sens fizyczny i podlegają eksperymentalnej weryfikacji. Ponadto:

(d) postulaty (a) — (c) umożliwiły nadanie czasoprzestrzeni struktury riemannowskiej, w której w szczególności:

(d') zawsze można wprowadzić układ współrzędnych geodezyjnych wzdłuż pewnej, z góry zadanej krzywej (tzw. współrzędne Fermiego).

Historycznie rzecz biorąc, postulaty (a), (b) i (c) doprowadziły Einsteina do przyjęcia (d), ale w aksjomatycznym ujęciu jako założenie teorii można przyjąć (d), natomiast (a)—(b) uznać za konsekwencje wynikające z (d).

Jak wiadomo, w ogólnej teorii względności odpowiednikami newtonowskiego natężenia pola są obiekty koneksji afinicznej $\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu}$. W układach współrzędnych lokalnie geodezyjnych (lub ogólniej: w układach Fermiego) mamy $\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = O$, co jest matematycznym wyrazem lokalnej identyczności „prawdziwych" i „pozornych" sił grawitacyjnych.

Gdyby w przestrzeni Riemanna istniały takie g l o b a l n e układy współrzędnych, w których znikałby obiekt koneksji (globalnie), byłyby one fizycznie wyróżnione spośród wszystkich innych — w takich układach zasada równoważności [postulaty (b) i (c)] obowiązywałaby nie tylko lokalnie. Mielibyśmy wówczas „gładkie" przejście od szczególnej teorii względności, w której układy inercjalne stanowią wyróżnioną klasę (równouprawnienie wszystkich układów inercjalnych jest globalne, a nie tylko lokalne!) do ogólnej teorii względności, w której istniałaby sytuacja analogiczna. Jednak, jak dobrze wiadomo, globalnych układów współrzędnych o takiej własności ($\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = O$ globalnie) w ogólnym przypadku przestrzeni Riemanna nie ma i z fizycznego punktu widzenia w s z y s t k i e układy odniesienia mogą być równouprawnione tylko l o k a l n i e.

W układach harmonicznych obiekt koneksji zachowuje się wprawdzie jak tensor, ale znika też t y l k o lokalnie. Globalnie znikają jedynie niektóre jego składowe ($\Gamma^{\alpha} = O$). Stąd układy harmoniczne byłyby „najbardziej podobne" do nie istniejących de facto układów, w których zachodziłoby $\Gamma^{\alpha}_{\mu\nu} = O$ globalnie. I tu leży racja, dla której w rozwiązywaniu wielu konkretnych zagadnień układy harmoniczne okazują się najwygodniejsze. Ale i w nich (w ogólnym przypadku) — wbrew temu co utrzymuje Fock — nie można odróżnić „prawdziwego" pola grawitacyjnego od pól „pozornych", związanych z przyspieszeniem układu odniesienia.

Jest prawdą, że układy harmoniczne są określone z dokładnością do przekształceń liniowych, które formalnie posiadają kształt transformacji Lorentza. Jednakże, jak słusznie zauważyli Trautman i Tulczyjew [15], przekształcenia te (w odróżnieniu od transformacji Lorentza w szczególnej teorii względności) nie zachowują kształtu tensora metrycznego. I to również wskazuje, że wyróżnienie układów harmonicznych nie zapewnia „gładkiego" przejścia do ogólnej teorii względności.

Stosowalność układów de Dondera (harmonicznych) w ogólnej teorii względności jest ograniczona. Fock uzasadnia (ale nie dowodzi) twierdzenie, że współrzędne harmoniczne da się wprowadzić globalnie w przypadku statycznej czasoprzestrzeni (pseudoeuklidesowej w nieskończoności), przyznaje jednak, że udowodnienie tego dla czasoprzestrzeni niestatycznej może się okazać trudnym zadaniem [16]. Ponadto, jak wykazał J. Rayski [17], jedynymi rozwiązaniami jednorodnych równań pola (przestrzeń bez źródeł), spełniającymi w nieskończoności warunki Focka (5), są rozwiązania płaskie.

Sztuczność wyróżnienia układów de Dondera uwidacznia się w kosmologii, gdzie już nie można uważać „wyspowego" rozkładu materii za naturalny. Dostrzega to sam Fock, wyróżniając na użytek kosmologii inne układy współrzędnych (takie, które da się konforemnie odwzorować na czasoprzestrzeń Galileusza) [18].

Wydaje się, że trafne sugestie, jakie kryją się w interpretacji Focka, można by zamknąć w następującej regule metodologicznej: Mając do rozwiązania konkretne zagadnienie fizyczne, najwygodniej jest posługiwać się takim układem współrzędnych, w którym można osiągnąć największą symetrię danego problemu.

•

Pytanie: „Kto miał rację, Kopernik czy Ptolemeusz?" — sprowadza się do zagadnienia pojęcia prawdy w fizyce (jest to wcale nie prosty problem z zakresu filozofii nauk). Kryterium prawdy w fizyce nie jest związane z wyróżnieniem takich czy innych układów odniesienia, lecz ze

---

15 Jw.

16 *Three Lecture on Relativity Theory.* „Reviewsof Modern Physics" Vol. 29: 1957 s. 325-333.

17 Prywatna informacja.

18 *Tieorija prostranstwa, wriemieni i tiagotienija* s. 476-486.

zgodnością przewidywań wynikających z teorii z danymi eksperymentalnymi. Ani system Ptolemeusza, ani system Kopernika nie był teorią we współczesnym znaczeniu tego słowa. Przełomowe znaczenie rewolucji kopernikowskiej polegało na tym, że stosując prostszy i bardziej ekonomiczny opis zjawisk nie tylko utorowała ona drogę do powstania naukowych teorii kosmologicznych, ale przyspieszyła (nie wykluczone, że umożliwiła) przejście nauki od fazy biernej obserwacji i opisu do fazy czynego eksperymentu i zmatematyzowanych teorii.

COPERNICAN SYSTEMS OF REFERENCE IN GENERAL RELATIVITY

Summary

Is Copernicus heliocentric system of reference distinguished in General Relativity, as opposed to geocentric system of Ptolemy? V. A. Fock's answer to this question is affirmative. According to him Special Relativity (Einstein's space and time theory) contains more relativity than General Relativity does (Einstein's theory of gravitation), as it deals with the spaces of greater symmetry. In General Relativity — relativity itself appears in a physically distinguished class of coordinate frames. This class consists of systems fulfilling the so-called harmonic condition together with some boundary conditions at infinity. They may be regarded as „Copernican systems".

In the article relativity is differentiated into:

(a) relativity as a consequence of symmetry (kinematic relativity)

(b) relativity as a result of the fact that certain quantity is regarded as dynamic variable.

According to Fock only (a) relativity is true and that is the real source of misunderstandings. In the case of Relativity Theory symmetry may serve as a measure of relativity only if metric is rigid, what does not happen in General Relativity. Had in Riemann's space existed such global coordinate frames in which (globally) the object of connection disappeared, they would had really been physically distinguished: in these systems the principle of equivalence would be valid not only locally. Such systems do not exist, however.

The role of Copernican revolution in science does not lie in the distinction of heliocentric system, but in stressing the equality of rights of reference frames.