

**Mirosław Zabierowski, Teresa
Grabińska**

Determinizm fizyczny a kosmologia

Studia Philosophiae Christianae 16/1, 153-162

1980

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

MIROSLAW ZABIEROWSKI, TERESA GRABIŃSKA

DETERMINIZM FIZYCZNY A KOSMOLOGIA

1. Omówienia wstępne. II. Maszyna barionowa. III. Maszyna fotonowa
IV. Dyskusja. V. Konkluzje. Literatura.

I. OMÓWIENIE WSTĘPNE

Pogląd o możliwości sprowadzenia zjawisk fizycznych do opisu mechanicznego oparty jest na tezie P. S. Laplace'a (*Traite de mecanique celeste*, 1799—1823), że znajomość warunków początkowych wystarczy do tego, aby przepowiedzieć całą przyszłość i odtworzyć przeszłość świata, podukładów N-ciał, gdzie $N \approx (10^{40})^2$ jest liczbą wszystkich cząstek we Wszechświecie. Podstawową trudność w przyjęciu tego programu upatruje się w: 1) kumulowaniu się błędów pomiarowych (jednakże zauważmy, że nie przeszkadza to w komputerowym symulowaniu ewolucji Wszechświata¹, układów galaktyk i gwiazd²), 2) całkowaniu różniczkowych równań mechaniki, 3) ustaleniu działających sił, czyli wyrażen znajdujących się po prawej stronie równań różniczkowych ruchu.

Pierwszą trudność można oddalić, jeżeli założymy teoretyczny rozkład n-ciał. Pozostałe dwie trudności zwykle się wiążą z niedoskonałym poziomem techniki obliczeń numerycznych i tymczasowością naszej wiedzy o działających siłach. W ramach optymistycznego programu Laplace'a napisano wiele prac, których tu nie będziemy cytować ani omawiać. Podstawowa teza Laplace'a związana jest z ogólnym problemem redukcjonizmu fizycznego w naukach przyrodniczych. Zyskała ona poparcie w pracach francuskich encyklopedystów jak i współczesnych nam astronomów².

¹ M. Kalinowski: *Studia Filozoficzne*, nr 4 (1977).

² M. Urbanik, S. Zięba: Referat wygłoszony na Uniwersytecie Jagiellońskim, *Krakowskie Konwersatorium z Astronomii Pozagalaktycznej* (1978); E. J. Groth, P. J. E. Peebles, M. Seldner, M. Soneira: *Scientific American*, 237 (1977) 76; A. Toomre, J. Toomre: *Astrophysical Journal*, 178 (1972) 623.

Jak wiadomo, niektórzy przyrodnicy „czują”, że nie jest to jedyna ani nawet poprawna droga badania problemów kosmogonicznych i w ogóle świata fizycznego (ostatnio np. prace Tifftha³). Sformułowano (np. P. A. M. Dirac⁴) metodologię holistyczną upatrującą w koincydencjach wielkich liczb klucz do zrozumienia przyrody. Podejście holistyczne zwykle się łączy z imieniem Ernesta Macha⁵.

Tymczasem okazuje się, że „zwykła” relatywistyczna kosmologia oparta na równaniach różniczkowych (a nie kosmologia wielkich liczb) wykazuje istotne pierwiastki holistyczne; wykorzystamy je w celu przedyskutowania programu Laplace'a. Nasza dyskusja będzie więc jednocześnie przykładem na to jak teorie szczegółowe wpływają na ogólne teoriopoznawcze poglądy.

II. MASZYNA BARIONOWA

Pomijając bardziej subtelne szczegóły weźmiemy na wartość tzw. promienia Wszechświata R wartość minimalnej amplitudy zamkniętego modelu Wszechświata w chwili maksymalnego rozszerzenia, gdy jego energia potencjalna równa jest jego energii całkowitej. Wówczas⁶

$$R = R_{\max} = (3c^4/8 \Pi G\varepsilon)^{1/2}, \quad (1)$$

gdzie c jest prędkością światła, G jest stałą grawitacji, ε jest gęstością energii o wartości bliskiej krytycznej wartości gęstości energii, tzn. około $10^{-29} \text{ g cm}^{-3} \text{ c}^2$; stąd

$$R \approx 10^{28} \text{ cm}. \quad (2)$$

Model zamkniętego Wszechświata był podstawą skonstruowania modelu wiecznego Wszechświata (model oscylujący). W kwestii wieku oscylującego Wszechświata wypowiediano się⁷ za

³ W. G. Tiffth: *Astrophysical Journal*, 211 (1977) 31.

⁴ P. A. M. Dirac: *Proceedings of Royal Society London*, A 165 (1938) 199; tenże, *Proceedings...*, A 137 (1938) 148; A. Eddington: *Fundamental Theory*, Cambridge 1946; S. Hayakawa: *Progress of Theoretical Physics*, „*Atomism and Cosmology*” (1965); E. A. Milne: *Kinematic relativity*, Oxford 1948; tenże: *Relativity, gravitation and world structure*, Oxford 1935; M. Sachs: *International Journal of Theoretical Physics*, Part I, 4 (1971) 433 i Part II, 4 (1972) 453; tenże: *Nuovo Cimento*, 7 B (1972) 247.

⁵ E. Mach: *The science of mechanics*, 1883, rozdz. 2.

⁶ J. B. Zeldowicz, I. D. Nowikow: *Strojenije i ewolucija wsieleannoij*, Moskwa 1975.

⁷ D. W. Sciama: *The physical foundations of general relativity*, Oxford 1969, rozdz. 3.

jego ograniczeniem. Jeśli chodzi o skład chemiczny materii, który będzie nas interesował, przypomnijmy, że skład materii zostaje odnawiany w każdym cyklu oscylacji, w proporcjach gwarantujących zachodzenie relacji (4).

W pracy zajmujemy się idealną maszyną barionową (rozwiązania techniczne nie są przedmiotem naszych rozważań), w której bariony będą nośnikami informacji. Taką maszynę można zbudować z materii barionowej, która stanowi pewną część materii barionowej we Wszechświecie. Można także zastanawiać się nad najtrudniejszym do wykonania programem na „globalnej” maszynie barionowej wykorzystującej 10^{80} nośników informacji (ilość barionów we Wszechświecie), tzn. nad globalną mocą obliczeniową tkwiącą w materii. Liczba barionowa B wynosi

$$B \approx 10^{80}. \quad (3)$$

Ponieważ liczba barionowa jest niezmiennikiem ogólnej teorii względności (OTW) i protony nie rozpadają się ani nie zlewają, przeto w całej dostępnej materii⁸ zawarte jest

$$N \approx B/b \approx (10^{40})^2 \quad (4)$$

podstawowych jednostek elementarnych, które można uważać za nośniki informacji; b jest ładunkiem barionowym protonu, równym jedności. W nieskończonym Wszechświecie z $R = \infty$ (np. ref.³) liczba nośników informacji byłaby nieskończona ($N = \infty$), co wystarcza, aby w oparciu o prawo wielkich liczb skrytykować program Laplace'a. Gdyby protony były idealnie trwałe, to moglibyśmy abstrahować od zagadnienia globalnej skali czasu i ograniczyć się tylko do wybranej, lokalnej ilości materii, nawet w modelu kosmologicznym z nieograniczoną skalą czasu. W rzeczywistości postępujemy tak samo, wykorzystując tę własność, że globalna skala czasu $1/50 \text{ km/s Mpc} \approx 10^{10}$ lat nie przekracza skali czasu gwarantującego stabilność protonu.

Ekspansja Wszechświata, skończona prędkość przenoszenia oddziaływań i ziarnista⁹ struktura substratu kosmologicznego, składającego się z 10^{80} cząstek pozwalają, jak zobaczymy, wyciągnąć wniosek o całkowitej ilości bitów I_{tot} w $10^{56} \text{ g} \approx 10^{-29} \text{ g cm}^{-3} (10^{28} \text{ cm})^3 \approx m_p \cdot 10^{80}$, gdzie m_p jest masą protonu. Ilość informacji I , jaką może nosić elementarne ziarno materii maszyny obliczeniowej (barionowej) w możliwie najkrótszym czasie, zdefiniowanym przez jego własne rozmiary

⁸ M. Heller: *Acta Cosmologica*, 7 (1978) 83.

⁹ H. Bondi: *Kosmologia*, Warszawa 1975.

i prędkość światła, nazywać będziemy jednym bitem. Informację można kodować (odbierać) najszybciej w czasie jednego chronomu, tzw. naturalnej jednostki czasu Diraca równej około 10^{-23} s; jeżeli ograniczymy się do jednego ziarna na jeden chronom, to otrzymamy jeden bit $I = 1$. Gdyby atomowe ziarna materii można było transferować natychmiast (z prędkością nieograniczoną), to jedno ziarno mogłoby być nośnikiem nieskończonej ilości bitów. W czasie 10^{40} chronomów, tj. w skali czasu danej przez ekspansję materii we Wszechświecie, jedno ziarno może transferować 10^{40} bitów, a więc cały Wszechświat z N elementarnymi nośnikami informacji — barionami wyznacza górną granicę I_{tot} wszelkiej ilości jednostek informacji I (bitów),

$$I \leq I_{\text{tot}} = N \cdot 10^{40} = N^{3/2} \text{ bitów.} \quad (5)$$

Oczywiście, w przypadku niezachowania liczby barionowej B , albo niestabilności protonów (która odsłaniałaby nieskończoną hierarchię budowy materii nawet przy tej samej wartości B), albo w statycznym modelu Einsteina itd. nie udałoby się wprowadzić podobnego ograniczenia. Można je jeszcze bardziej precyzować przez uwzględnienie możliwości występowania barionów w stanach egzotycznych: znany od około półwiecza paradoks masy wirialnej odkryty przez Zwicky'ego¹⁰, sugeruje istnienie materii w niezwyklej stanach — w ilości przeważającej ilości materii wodorowej. Być może materia ta może blokować dużą część ogólnej liczby barionowej B , nie dając jednocześnie możliwości wykorzystania jej do budowy idealnej barionowej maszyny obliczeniowej. Przykładem takich tajemniczych cząstek mogłyby być superbarionowe cząstki, których promień grawitacyjny nie przewyższałby 10^{-13} cm, a więc o masie M nie przewyższającej wartości liczby

$$\frac{M}{m_e} \approx \frac{c^2 R_h}{G m_e} \approx 10^{40};$$

wartość liczby M/m_e wyrażona jest w tzw. naturalnych jednostkach masy Diraca, m_e oznacza masę elektronu, R_h jest co do wartości bliskie liczbie 10^{-13} cm.

Zauważmy, że wzór na promień Wszechświata

$$R \approx \frac{GM}{c^2} \approx R_g$$

¹⁰ F. Zwicky: *Morphological Astronomy*, Stuttgart 1975.

stanowi według Sciamy postać zasady Macha i jest jednocześnie konsekwencją Diracowskiej koincydencji łączącej stałą G z ekspansją materii we Wszechświecie. Relacja ta zawiera same stałe klasyczne, chociaż można ją zapisać jako

$$\frac{G^{1/2} m_p^{1/2}}{R^{1/2} c} \approx N^{-1/2},$$

pamiętając, że $M \approx 10^{80} m_p$. W swojej książce ¹¹ Sciama w oparciu o zasadę Macha nawiązuje do znanego z obserwacji astronomicznych paradoksu masy wirialnej w tzw. gromadach galaktyk oraz do koncepcji ukrytej masy — koncepcji znanej na terenie kosmologii i ufundowanej na empirycznych pomiarach parametru deceleracji ¹².

Aczkolwiek posługiwanie się formułą na objętość $V(t) \sim t^3$, $\alpha \leq 2$ pyłowego (ciśnienie $P=0$) lub promienistego ($P=\epsilon/3$) Wszechświata nie pomaga zrozumieć wyrażenia faworyzowanego przez Sciame, to uwzględnienie prawa zmiany objętości horyzontu z czasem kosmicznym t

$$V \sim t^3$$

(czyli $R \sim t$ i $R^2 H^2 = c^2$, H — stała Hubble'a) pozwala ostatecznie zapisać formułę Sciamy w postaci

$$M \cdot \frac{GM}{R} \approx M R^2 H^2.$$

Strona prawa przedstawia energię kinetyczną Wszechświata, strona lewa odpowiednio — energię potencjalną. Wobec tego formułę Sciamy można zinterpretować w kategoriach relatywistycznego modelu kosmologicznego jako warunek energetyczny. Czynniki liczbowe są tu pominięte, jednakże można je oszacować wykorzystując dane zawarte w pracy Zeldowicza i Nowikowa. Są one rzędu jedności i nie modyfikują naszej interpretacji fundamentalnej formuły Sciamy.

III. MASZYNA FOTONOWA

Podobny wynik do otrzymanego w punkcie II można osiągnąć bez powoływania się na prawo zachowania barionów (idealna maszyna obliczeniowa zbudowana z barionów), lecz tyl-

¹¹ D. W. Sciama, dz. cyt.

¹² Por. J. B. Zeldowicz, J. D. Nowikow, dz. cyt.

ko w oparciu o einsteinowskie i planckowskie wyrażenia na energię. To nowe uogólnienie wydaje się interesujące ze względu na teoretyczną potrzebę przeanalizowania idealnej maszyny fotonowej — maszyny obliczeniowej posługującej się w technice przetwarzania danych fotonami.

Zakładamy, że we Wszechświecie mamy tyle samo barionów co antybarionów, $B = N_b + N_{\text{anty } b_{\text{anty}}} = 0$. Masa Wszechświata zawiera energię

$$E_{\text{tot}} = 2Nm_p c^2, \quad (6)$$

gdzie N jest ilością jednego rodzaju barionów i wynosi około $(10^{40})^2$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, $c = 3 \cdot 10^8$ m s⁻¹. Relacja (6) może też być stosowana dla podzbioru materii Wszechświata. Oszacowaniu zdolności obliczeniowej maszyny idealnej, w ramach podobnej procedury jak w punkcie II sprzyja fakt, że energia istnieje i może być przetwarzana dzięki kwantom, z których każdy zawiera energię daną przez wzór Plancka

$$E = \hbar \cdot f, \quad (7)$$

gdzie $h = 1,055 \cdot 10^{-34}$ J s, f jest częstością fali, $\hbar = h \cdot 2\pi$,

$$f = T^{-1}, \quad (8)$$

gdzie T jest czasem charakterystycznym, nazywanym okresem. Choć stała uniwersalna h związana jest z pojęciem kwantu energii, to jednak jeżeli nie przyjmiemy na częstość f żadnych ograniczeń, można uzyskiwać dowolnie małe co do wartości energii, kwanty. Konsekwentnie, dzieląc energię spoczynkową zawartą w materii, przez wartość energii jednego kwantu, otrzymamy liczbę nieograniczoną, jeżeli będziemy brali coraz mniejszą częstość, tzn. gdy $f \rightarrow 0$. Takie ujęcie nie jest konsyistentne z ograniczeniami wynikającymi z globalnych warunków kosmologicznych. Częstość fali we Wszechświecie Friedmana nie może być mniejsza aniżeli

$$f_{\text{min}} = c/R_{\text{max}}, \quad (9)$$

a odpowiadająca energia wynosi

$$E_{\text{min}} = h c/R_{\text{max}}. \quad (10)$$

W ten sposób uwzględniając zasadę nieoznaczoności¹³ otrzymamy następujące wyrażenie na całkowitą ilość bitów I_{tot}

$$I_{\text{tot}} = \frac{E_{\text{tot}}}{E_{\text{min}}} \approx \frac{Nm_p c R_{\text{max}}}{\hbar} \quad (11)$$

czyli uwzględniając wzór (1) i relację Sciama mamy

$$R_{\text{max}} \approx R_g, \quad (12)$$

co prowadzi do

$$I_{\text{tot}} \approx \frac{GN^2 m_p^2}{\hbar c} = N^{3/2} \quad (13)$$

skąd z kolei otrzymujemy słynne wyrażenie eksploatowane przez Diraca i innych¹⁴

$$G m^2 p / \hbar c \approx N^{-1/2}. \quad (14)$$

Rozważania prowadzące do relacji (14) nie wychodzą poza prawa genetyczne.

Oczywiście, odpowiednie ograniczenie jak w (13) obowiązuje dla każdego podzbioru materii Wszechświata, jaki pragnie się wykorzystać w celu rozwiązania zagadnienia *n*-ciał i *m*-sił.

IV. DYSKUSJA

Najsilniejsza dotychczasowa krytyka programu Laplace'a wydawała się być związana z pojęciem modelu kosmologicznego, dla którego $R \rightarrow \infty$, $N \rightarrow \infty$. W takim modelu, stosując prawo wielkich liczb i zasadę kosmologiczną można pokazać nierozróżnialność mikrostanów Wszechświata znajdującego się w jednym stanie „makro”¹⁵: odnosi się wówczas wrażenie, że tylko modele kosmologiczne z $R = \infty$ nie pozwalają na zaakceptowanie w teorii poznania redukcjonizmu i determinizmu Laplace'a.

W programie Laplace'a mamy godny uwagi dualizm równań różniczkowych i specjalnych warunków strukturalnych — warunków początkowych. Warunki te w istotny sposób ograniczają możliwość opisu zjawisk przyrodniczych w ramach me-

¹³ Okres czasu τ w którym niemożliwe jest zaobserwowanie fotonu nie przekracza λ/c , (λ — długość fali fotonu):

$$\tau \leq \lambda/c = 1/f \equiv \hbar E.$$

Wynika stąd, że

$$\tau \cdot E \leq \hbar.$$

Wykorzystując fotony tak mało energetyczne jak wskazuje na to historia materii ekspandującej ($t = 1/H$), nie możemy posługiwać się czynnikiem 10^{40} w cz. III (wzór (11) tak jak to było w cz. II (wzór (5)).

¹⁴ Por. przypis 4.

¹⁵ Por. M. Kalinowski, dz. cyt.

toologii Laplace'a. Obok wymienionego ograniczenia sformułowanego dla $R = \infty$ można wskazać następane: szybko rozbieżne w czasie rozmycie toru cząstki wskutek kumulowania się błędów w wyznaczaniu struktury początkowych wartości pędów i położeń, w procesie numerycznych obliczeń. Jednakże ograniczenie to jest mniej principilane, bowiem można je oddalić zakładając teoretyczne a nie doświadczalne wartości początkowych pędów i położeń układu n -ciał. W kosmologii mamy podobny dualizm różniczkowych równań Einsteina (na miejscu równań Newtona) i specjalnych warunków strukturalnych (postulat Weyla i inne), od których zależą rozwiązania równań pola w zagadnieniu globalnym. W ramach holistycznej nauki, jaką jest kosmologia relatywistyczna spotykamy się z principialnym ograniczeniem metody czerpania wiedzy poprzez komputerowe symulowanie układów n -ciał i m -sił działających, co implikuje poważne konsekwencje teoriopoznawcze.

Przedyskutujmy jeszcze przypadki, w których uwzględnienie ekspansji Wszechświata prowadzi do istotnych zmian w dotychczasowych poglądach. Najpierw rozważmy problematykę zmiany prawa ciężenia. Wartość oczekiwana \bar{F} siły F działającej w danym punkcie przestrzeni

$$F \sim r^{-n}, n \leq 1,5, \quad (15)$$

spowodowanej fluktuacją w przypadkowym rozkładzie galaktyk wyraża się prostym wzorem¹⁶

$$\bar{F} = \text{const} \cdot R^{1.5-n}, \quad (16)$$

gdzie R jest promieniem rozpatrywanego kulistego obszaru materii, „const” jest stałą proporcjonalności wyznaczoną przez n , gęstość materii we Wszechświecie, masę typowej galaktyki i uniwersalny promień, od którego począwszy działa uogólnione prawo Newtona. Innymi słowy jak zauważa się w pracy¹⁷, we Wszechświecie z $R = \infty$, z rozkładem przypadkowym cząstek fundamentalnych, przyjęcie prawa (15) prowadzi (wg pracy¹⁸) do nieskończonej wartości siły oczekiwanej, co mogłoby stanowić poważny argument przeciwko wyjaśnianiu problemu masy ukrytej w kategoriach zmodyfikowanego prawa ciężenia. Tymczasem przyjęcie modelu ekspandującego Wszechświata nakłada ograniczenia na wielkość R i na wnioski z twierdzenia (16). Teoretycznie przewidywane dyspersje prędkości materii

¹⁶ Yabushita,; *Nuovo Cimento*, 33 (1964) 769.

¹⁷ M. Heller, art. cyt.

¹⁸ A. Finzi: *Nuovo Cimento*, 28 (1963) 224.

można zawsze uzgodnić z obserwowaną dyspersją prędkości galaktyk i jest to tylko kwestia dobrania parametru n . W ten sposób ekspansja Wszechświata stwierdzona przez Hubble'a pozwala na wypowiedanie poglądów dotyczących systemów galaktyk i zagadnienia modyfikacji OTW.

Innym przykładem znaczenia płynącego z ograniczenia wielkości R jest problem izotropii promieniowania relikтового. W pracy¹⁹ pokazuje się, że przejście do $R \approx 10^{28}$ cm z pewnymi dodatkowymi warunkami wyjaśnia, dlaczego obserwujemy wielkoskalową izotropię promieniowania relikowego.

Wracając do naszych rozważań z punktu III, na podstawie wzoru (14) przekonałiśmy się, że można dołączyć wielkość R zadaną przez tempo ekspansji materii i stałą uniwersalną h do stałych klasycznych uzyskując relację znaną z prac P.A.M. Diraca:

V. KONKLUZJE

Program Laplace'a ma spełniać rolę metateorii, teorii wyższego rzędu, w ramach której przedstawiciele poszczególnych dyscyplin naukowych powinni uzyskiwać oczekiwane rozwiązania podstawowych problemów techniki, kosmogonii, mechaniki nieba, dynamiki galaktyk i systemów galaktyk itd. W ramach tego teoriopoznawczego programu odniesiono niezwykle powodzenie, a najbardziej spektakularnym wydarzeniem było odkrycie Neptuna i innych planet oraz ciał Układu Słonecznego. Tymczasem w niniejszej pracy pokazuje się, że szczególnie nauka o strukturze i dynamice materii we Wszechświecie podważa program Laplace'a w rozwiązaniu skomplikowanych problemów, zredukowanych do problemu n -ciał i m -sił.

Program Laplace'a krytykowano w związku z rozwojem strukturalnej metodologii opartej na ideach E. Macha (np. prace Sachsa) i opracowaniu szeregu prac, w których własności całości Wszechświata wpływają na własności części. Nasza krytyka programu Laplace'a nie korzysta z tych — skądinąd interesujących — teorii, lecz opiera się na klasycznej kosmologii. Krytyka ta stała się możliwa dzięki holistycznemu charakterowi kosmologii relatywistycznej.

Zwykło się uważać, że różnica między fizyką klasyczną a kwantową polega głównie na tym, że ta ostatnia nie spełnia ekstremalnego determinizmu Laplace'a. Okazuje się jednak, że

¹⁹ Por. przypis 6.

odpowiednik kwantowego indeterminizmu można odnaleźć w klasycznym problemie opisu makroskopowej cząstki we Wszechświecie. Jest to bardzo interesujące, szczególnie dlatego, że wiele zjawisk kwantowych udaje się opisać przy pomocy klasycznej teorii pola (np. atom wodoru, solitony) i innych teorii klasycznych, przedstawień i wyobrażeń (np. w dziedzinie cząstek elementarnych i produkcji wielorodnej). Nasza dyskusja programu Laplace'a wydaje się być zgodna z panującym przekonaniem²⁰, że związek między fizyką klasyczną a kwantową jest jeszcze daleki od ostatecznego wyjaśnienia.

THE PRISICAL DETERMINISM AND COSMOLOGY

(Summary)

So far an unfitness of the methodological program given by Laplace is demonstrated in the framework of non-relativistic cosmology. On the ground of these critical arguments it seemed to be impossible to call in question the Laplace's program in the models of expanding Universe. In the present paper it is shown that independently from development of computing technics (we have introduced two concepts of ideal computing machines — i.e. barionic and photonic machine), the structure and expansion of the matter put bands to: 1° information, transmission, 2° realization of metatheoretic program of Laplace, 3° resolving the general problem of n-bodies and m-forces by the computer simulation.

Some astrophysicists and astronomers pointed out to the narrowness of this method (e. g. profs. K. Rudnicki and W. G. Tiff) in dynamics of stellar systems. However, their doubts are rather of intuitive matter.

The criticism of the Laplace's program presented in this paper is given not in the framework of structural methodology, based on the ideas of Ernst Mach. This approach is an exemplification of the role of science in modifying of epistemologic problems.

In the paper the paradox of hidden mass in galactic clusters and Friedman-Lemaître cosmology is discussed. The Mach's principle in a special form and a generalized Mach's principle are considered in parts II and III respectively.

An influence of Friedman-Lemaître theory on other problems of modern natural science are discussed.

²⁰ M. Kalinowski, art. cyt.