

NAUKI HUMANISTYCZNE

Teresa GRABIŃSKA*

INNOWACJA JAKO ELEMENT ROZWOJU WIEDZY. STUDIUM PRZYPADKU

Innowacja techniczna jest zwykle poprzedzona nowością innowacją (teoretyczną). Nowość teoretyczna występuje wstępnie jako hipoteza badawcza. Na podstawie rozwoju modeli teoretycznych fizyki kosmicznej rekonstruuje się: a) proces diagnozowania anomalii i powstawania hipotezy badawczej oraz b) funkcje badawcze hipotezy.

Słowa kluczowe: innowacja, wiedza, nauka, fizyka kosmiczna, nauki empiryczne, metodologia Lakatosa

1. NAUKOWY PROGRAM BADAWCZY W FIZYCE KOSMICZNEJ

Przedstawię poniżej analizę problemu teoretycznego, który, mimo wieloletnich prób rozwiązania, występuje nadal we współczesnej fizyce kosmicznej (*space science*). W analizie posłużę się *metodologią naukowych programów badawczych* Imre Lakatosa¹. Porównam dwie propozycje rozwiązania problemu. Konkluzywność owych propozycji pozostaje otwarta, podobnie jak pozostaje otwarta konkluzywność innych prób. W nauce często chodzi nie o dowodzenie czy deklarowanie słuszności, lecz o pokazanie drogi

* dr hab. Teresa GRABIŃSKA, prof. nadzw. WSOWL – Wydział Nauk o Bezpieczeństwie Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych

¹ I. Lakatos, *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Philosophical Papers, vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge 1977; I. Lakatos, E. Zahar, *Why did Copernican Programme supersede Ptolemy's?*, [w:] *The Copernican Achievement*, pod red. R. Westerman, Univ. of California, Los Angeles, s. 354-383; E. Zahar, *Why did Einstein's Programme supersede Lorentz's?*, [w:] *Method and Appraisal in the Physical Sciences*, red. C. Howson, Cambridge Univ. Press, Cambridge 1976, s. 211-275; T. Grabińska, *Refleksje nad mechanizmem odkrycia naukowego na przykładzie przelomu relatywistycznego*, [w:] „Z Zagadnień Filozofii Przyrodznawstwa i Filozofii Przyrody” nr XI/1991, s. 145-166; M. Zabierowski, *Evolution of Relativity Ideas*, [w:] „Scienza e Storia”, nr14/2001, s. 75-82.

rozumowania wiodącego do wprowadzenia elementu nowości (*novelty*²) w przyrodniczej wiedzy teoretycznej, do rekonstrukcji innowacji teoretycznej. Nazywanie elementu nowości teoretycznej innowacją może się wydać nadmiarowym, ale w przypadkach wyprzedzenia przez opis teoretyczny potwierdzonych empirycznie właściwości przedmiotu nowe rozwiązywanie szczegółowych problemów prowadzi w efekcie do odkryć w obszarze empirii. Rozwiązywanie zatem paradoksów teoretycznej interpretacji danych empirycznych naturalnie wpisuje się w postępowanie w kierunku odkrycia naukowego i konsekwentnie – w kierunku innowacji technologicznej. Przedstawię konkretny problem fizyki kosmicznej od razu w perspektywie rekonstrukcji zabiegów poznawczych prowadzących do nowego rozwiązania.

Naukowy program badawczy jest – w ujęciu Lakatos'a - grupą spowinowaconych z sobą teorii naukowych, w której dokonuje się rozwój wiedzy teoretycznej. W okresach między przełomami w nauce (w tzw. nauce normalnej³) rozwija się ona w programie badawczym, który składa się z a) poszczególnych teorii połączonych tzw. twardym rdzeniem (*hard core*) nienaruszalnych i nieobalalnych twierdzeń teoretycznych i ontologicznych, b) przyjętych zasad przekształcania teorii i konfrontowania teorii z empirią (nakazów heurystyki – *heuristics* - pozytywnej i zakazów heurystyki negatywnej), oraz c) pasa hipotez dodatkowych (*hypotheses*), które mogą ulegać zmianie, a teoretyczne ich wyjaśnianie jest przyczyną zmian (rozwoju) teorii, powstawania nowych teorii w programie badawczym. W standardowej fizyce przestrzeni kosmicznej możemy określić program badawczy kosmologii relatywistycznej⁴ PBKR (w odróżnieniu od kosmologii newtonowskiej⁵). Jego a) twardy rdzeń TRKR składa się z einsteinowskiej teorii czasoprzestrzeni (ogólnej teorii względności) i fizyki laboratoryjnej, b) heurystyka wyznacza zasady modelowania zawartości materialnej czasoprzestrzeni w języku geometrii (czyli ogólnej konceptualizacji metrykalnej) oraz zawiera procedury interpretacyjne danych obserwacyjnych *space science*, c) hipotezy dodatkowe, dołączone do teorii pozwalają zaś wyjaśniać nowe fakty empiryczne i tworzyć nowe teorie w ramach PBKR. Jedną z takich hipotez, która otrzymała status prawa, jest prawo Hubble'a⁶ - PH, które wyznacza tempo globalnej ewolucji wszechświata. W najogólniejszym ujęciu opisuje ono zależność poczerwienienia (*redshift*) z widma

² E. Zahar, *Logic of Discovery or Psychology of Invention*, [w:] „Journal for the Philosophy of Science”, nr 34/1983, s. 243-261; T. Grabińska, *Kryterium nowości w racjonalnej rekonstrukcji rewolucji einsteinowskiej*, [w:] *Modele nauki*, Wydaw. Nauk IF UAM, T. XII, Poznań 1993, s. 117-131; „Philosophy in Science”, Wydaw. Pol. Wroc., Wrocław 2003; P. Langley, H.A. Simon, G.L. Bradshaw, J.M. Zytkow, *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes*, The MIT Press, Cambridge Mass. 1992.

³ T. S. Kuhn, *Struktura rewolucji naukowych*, tł. H. Ostromecka, Fund. Aletheia, Warszawa 2001; *Przewrót kopernikański*, tł. S. Amsterdamski, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006; Lakatos, Zahar, Why...; Zahar, Why...; L. Fleck, *Powstanie i rozwój faktu naukowego. Wprowadzenie do nauki o stylu myślowym i kolektywie myślowym*, tł. M. Tuskiewicz, Wydaw. Lubelskie, Lublin 1986.

⁴ S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity*, John Wiley & Sons, New York 1972; [w:] „Cosmology”, Oxford Univ. Press, Oxford 2008.

⁵ H. Bondi, *Kosmologia*, tł. E. Biały i A. Biały, PWN, Warszawa 1965.

⁶ Prawo Hubble'a określa prostą proporcjonalność między prędkością v oddalania się obiektów promieniujących (galaktycznych) od obserwatora w odległości r do nich. W tzw. interpretacji dopplerowskiej miarą v jest przesunięcie z widma promieniowania ku czerwieni (poczerwienienie, *redshift*). Stałą proporcjonalności w prawie PH $v \sim r$ jest tzw. stała Hubble'a, której uniwersalnej wartości nie udaje się wyznaczyć. Por. N. Jackson, *The Hubble Constant*, [w:] “Living Review in Relativity”, 10 (4)/2007.

promieniowania obiektów od czynnika r identyfikowanego z odległością do obserwatora⁷. To tempo przenosi się na ewolucję kosmicznych źródeł wysokich energii. Mówimy wtedy, że tempo jest szybkie, ponieważ odpowiada prawu PH. TRKR z dołączonym PH jest fundamentem kosmologii standardowej TKS.

Mamy zatem prawo PH określające zmianę wielkości obserwowanej z wraz z parametrem r wyznaczanym obserwacyjnie⁸, tzn. $z(r)$. PH zostało wyprowadzone na podstawie obserwacji OH oraz jest wyjaśnione w ramach TKS.

2. ANOMALIA AMH W TEORETYCZNEJ INTERPRETACJI ŹRÓDEŁ PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO. MOŻLIWE TYPY DIAGNOZ

W drugiej połowie XX w. zostały ogłoszone zdumiewające dane obserwacyjne (OQ) obiektów nazwanych kwazarami (*quasars*, od *quasi-stellar objects* - Q). Charakteryzuje je bardzo duża jasność, z punktu widzenia TKS, jeśli uznamy PH – że duże poczerwienienie z wskazuje na dużą odległość r od obserwatora. Kwazary powinny mieć zatem dużą jasność absolutną M ; zgodnie z TKS wartość absolutna $MH(z)$ jako funkcja poczerwienienia z powinna być wysoka. Skoro zgodnie z PH obiekty Q mają dużą wartość r , to w konfrontacji z obserwacjami OQ obiektów Q zjawia się niezgodność między zdroworoządkową niską M , oczekiwaną na podstawie znanej wydajności źródeł energii jądrowej przypisanej obiektom Q, a przewidywaną przez TKS wartością funkcji $MH(z)$. Mamy zatem anomalię AMH.

Oto możliwe typy *diagnoz*, pozwalających na usunięcie anomalii AMH:

- 1 Diagnoza pierwsza D1: błędność TKS, co prowadzi do odrzucenia TKS.
- 2 Diagnoza druga D2: częściowa błędność TKS lub zbytnia ogólność PH, co prowadzi do zmodyfikowania TKS.
- 3 Diagnoza D3: nowe właściwości fizyczne prowadzące do wyjątkowo silnej emisji energii (EQ), co prowadzi do poszukiwań nowych źródeł energii, poza obszarem danych atomowych i jądrowych oraz innych empirycznych, które uznano za budujące TKS.

Realistyczność i ewentualne konsekwencje diagnoz D1-D3 przedstawiają się następująco:

Ad D1. TKS jest ogólnie uznaną teorią o bogatej, aczkolwiek pośrednio wyznaczonej bazie empirycznej; jest teorią nie tyle stosowaną, ile swoiście uzgadniającą elementy składowych TRKR - teorii struktury atomów, fizyki jądrowej, ciała stałego, części einsteinowskich teorii ekspandującej czasoprzestrzeni⁹. Odrzucenie TKS mogłoby

⁷ Identyfikowanie czynnika r z odległością do obserwatora jest wynikiem rozważań, czym jest tzw. czynnik skali. Jest reprezentantem pewnej miary globalności, która dopiero po interpretacji staje się odległością, a nie bezpośrednio. Wszystkie wyrażenia konceptualizacji metrykalnej równań Einsteina wymagają odpowiedniej identyfikacji, która jest dziedziną heurystyki PBKR.

⁸ W przypadku pozagalaktycznych odległości r nie wyznacza się ich jak w laboratorium, czy w bliższych odległościach od Ziemi. Stosuje się różne procedury porównawcze, kalibracyjne i interpretacyjne. W zasadzie nie tyle r się mierzy, ile tyczy się przestrzeni wyznaczając r . Por. np. T. Grabińska, *Teoria, model, rzeczywistość*, Ofic. Wydaw. Pol. Wroc., Wrocław 1993, s. 84-90.

⁹ Scenariusze kosmologiczne ewoluującego wszechświata z bardzo energetycznymi i egzotycznymi wczesnymi stadiami rozwoju są teoretycznym laboratorium fizyki wysokich energii. Por. np. F. Close, *The New Cosmic Onion: Quarks and the Nature of the Universe*, Taylor & Francis, London 2006.

być krokiem rewolucyjnym, acz nieprzemyślanym, zagrażającym spójności PBKR, do podjęcia którego sama AMH, dotycząca danych z odległych obszarów, na pewno nie wystarczy. Dlaczego dane odległe miałyby być ważniejsze od danych uzasadniających laboratoryjną fizykę?

Ad D2. Odpowiednie zmodyfikowanie TKS lub zastąpienie jej inną teorią zachowującą TRKR wchodziłoby natomiast w grę jako zabieg najbardziej realistyczny, umiarkowany, normalny w ramach przyjętego PBKR.

Ad D3. Nowe właściwości fizyczne wymagałyby znalezienia nowych naturalnych źródeł energii, co wpisuje się w cel badań prowadzonych niezależnie od AMH.

D1 prowadziłoby do rozwiązań rewolucyjnych w zakresie teorii fizycznej globalnego obiektu czasoprzestrzennego, do postulatu rewolucyjnych zmian w aparaturze teoretycznej (TRKR), w dodatku bez jakiegokolwiek wskazówki na poziomie teorii zmiany, czy interpretacji tego, co się obserwuje. Obok żywotnego nurtu niestandardowych kosmologii bardziej realistyczne wydają się diagnozy D2 i D3, które zresztą mogą być źródłem mniej radykalnych alternatywnych kosmologii¹⁰.

D3 prowadzi do rewolucyjnych rozwiązań w sferze empirycznej, a być może technologicznej. D3 w zakresie konsekwencji jest, jak na razie, mało realistyczna. Jednak przyjęcie hipotezy HCD o niezwykle silnym źródle energii w tzw. dysku akrecyjnym w masywnej czarnej dziurze w jądrze kwazara Q^{11} pozwala usunąć AMH. Jest to szeroko przyjęte rozwiązanie. Jego hipotetyczny charakter wyraża się w tym, że jego mechanizm jest nieprecyzyjną konstrukcją teoretyczną z wieloma hipotezami rachunkowymi *ad hoc*¹². Jest konstrukcją badaną empirycznie, ale za pośrednictwem wielu interpretacyjnych procedur.

Przyjęcie HCD pozwala zachować TKS i PH jako TKS', z pewnymi ich modyfikacjami. Wkomponowanie HCD w TKS i PH wprowadza **nowość** (innowację) natury teoretycznej, pozwalającą rozwijać teorię w kierunku modelowania teoretycznego mechanizmu akrecji materii w czarnej dziurze. Wyjście naprzeciw diagnozie D3 w duchu HCD sprowadza ją w zakresie konsekwencji – jak na to wskazuje dotychczasowy rozwój wiedzy - do konsekwencji diagnoz typu D2. Konsekwencje diagnozy D2 nie naruszają uznanych teorii czasoprzestrzeni i mikrofizyki (konsekwencje przyjęcia HCD nie stawiają anomalii jasnościowej AMH ponad elektrodynamiką).

¹⁰ Alternatywne kosmologie sprzeciwiają się TKS, kwestionują einsteinowską czasoprzestrzeń lub kwestionują elektrodynamikę, teorię promieniowania atomów (a więc i TRKR), jak np. teoria Tiffita. Alternatywna kosmologia stanu stacjonarnego Bondiego, Hoyle'a, zmienia podstawowe zasady zachowania. Por. np. *Frontiers of Fundamental Physics*, red. M. Barone, F. Selleri, Plenum Press, New York 1994. W rozważanym tu w pkt. 3 uregulowaniu danych obserwacji kwazarów OQ nie kwestionuje się metrykalnego podejścia do czasu i przestrzeni oraz energii, nie narusza się zasad atomowej emisji promieniowania, akceptuje się wszystkie podstawy fizyki, która funduje współczesną astrofizykę, *space science* czy tzw. fizykę kosmiczną. W TKS przyjmuje się wiele hipotez *ad hoc*, to zmieniając je można zachować standardową fizykę, a więc ogólną teorię względności i fizykę atomową. Można zatem proponować alternatywne hipotezy wyjaśniające AMH, nie rujnując fizyki.

¹¹ Zgodnie z hipotezą HCD kwazar byłby galaktyką, emitującą niezwykle ilości promieniowania. Tworzyłoby się ono w wyniku opadania gazu i pyłu na dysk, i jego akrecji w masywnej czarnej dziurze. Por. R. L. White et al, *Signals from the Noise: Image Stacking for Quasars in the FIRST Surveys*, [w:] "The Astrophysical Journal", nr 1/2007, (654) s. 99-114. HCD nie narusza TKS.

¹² O statusie hipotez *ad hoc* por.: C. Zahar, *Why...*, op. cit.

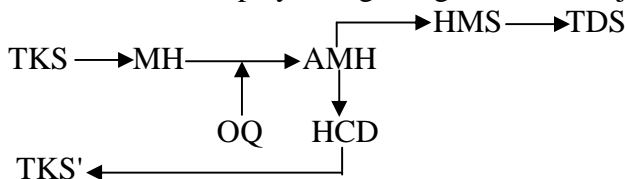
Skoro w zakresie konsekwencji najbardziej realistyczne są diagnozy typu D2, przyjrzyjmy się innemu sposobowi zaradzenia AMH zdiagnozowanej według D2.

3. PROPOZYCJA NOWOŚCI TEORETYCZNEJ W WYNIKU PRZEZWYCIEŻENIA ANOMALII W INTENSYWNOŚCI PROMIENIOWANIA OQ

W duchu diagnozy D2 można postulować inne rozwiązania niż to oparte na HCD. Można np. wprowadzić inną formułę dla M , inną funkcję $MS(z)$, wyprowadzoną z modelu czasoprzestrzeni z metryką nieeuklidesową De Sittera¹³, tzn. po przyjęciu hipotezy HMS o metryce De Sittera. Wyprowadzenie to jest dopuszczalne w PBKR, nie wymaga przyjęcia egzotycznych źródeł energii (jak w typie D3), ale konsekwencje tej formuły naruszają prawomocność PH i znacznie modyfikują TKS. Zgodnie z HMS wprowadzona zostaje **nowa** funkcja $MS(z)$. Sprawdzenie liczbowych wartości funkcji $MS(z)$ dla różnych wartości z pokazuje, że wartość MS jest prawie stała, toteż AMH zostaje tym samym usunięta. Konsekwencją HMS jest zastąpienie TKS teorią TDS. Znaczne przekształcenie TKS w TDS polega też na poważnym ograniczeniu mechanizmu opisanego przez PH w generowaniu wartości z i zastąpienie go mechanizmem, którego wynikiem jest $MS(z)$. PH zostaje wtedy zmarginalizowane w funkcji metrykalnego estymatora ewolucji. Wzrasta natomiast stopień „adhokowości” PH¹⁴.

Mamy zatem powszechnie akceptowaną HCD i postulowaną HMS. Nie jest naszym zadaniem ocena ich konkluzywności, lecz pokazanie procesu rozwijania teorii, w którego wyniku się zjawiają.

A oto schemat opisywanego fragmentu rozwoju wiedzy w PBKR:



W toku prób usuwania AMH i innych występujących anomalii z wyjaśnianiem danych obserwacyjnych w ramach TKS warto wspomnieć o hipotezie Arpa-Tifftha¹⁵ (HAT), której konsekwencje z jednej strony szły zarówno w kierunku modyfikacji PH,

¹³ P. Kerszberg, *The Invented Universe: The Einstein – De Sitter Controversy (1916-1917) and the Rise of Relativistic Cosmology*, Clarendon Press, Oxford 1989; M. Zabierowski, *Prawda i fałsz o gazie. Czym jest Wielki Wybuch i czym są rzeczy w kosmologii*, *The Pecularity of Man* 6 (2001) 302-318; *Ewolucja obiektów a ewolucja klasy*, *Cosmo-Logos* VI (2002) 49-60.

¹⁴ PH, jakkolwiek zostało włączone do TKS, to w perspektywie TRKR nie ma uzasadnienia w fundamentalnej dla TRKR metrykalnej conceptualizacji czasoprzestrzeni, lecz wywodzi się z elektrodynamiki ze zwykłym efektem Dopplera, a więc angażującej co najwyżej szczególną teorię względności. Natomiast HDS ma walor autentycznych konsekwencji dla metrykalnej koncepcji czasoprzestrzeni i nie da się wyprowadzić z klasycznej fizyki przesunięcia Dopplerowskiego, ani ze szczególnej teorii względności. Różnica między PH (w przeciwieństwie do HCD) a HDS.

¹⁵ Por. przyp. 10. H. Arp, *Observational Paradoxes in Extragalactic Astronomy*, *Science* 174 (1971) 1189-1200; *High-redshift Objects near the Companion Galaxies to NGC 2859*, [w:] “*The Astrophysical Journal*”, nr 240/1980, s. 415-420; W. G. Tiftt, *Discrete States of Redshift and Galaxy Dynamics*, Part I, [w:] “*The Astrophysical Journal*” 206/1976, s. 38-56; Part II and III, [w:] “*The Astrophysical Journal*”, nr 211/1977, s. 31-46 and s. 377-391; S. Kazimier, *Modyfikacja praw fizycznych a kwestia wyjaśniania przesunięć prążków widmowych galaktyk*, [w:] “*Studia Filozoficzne*”, nr 7/1980, s. 105-113; T. Grabińska, *Teoria...*, op. cit., s. 113-119.

jak i poszukiwania nowych mechanizmów fizycznych uzasadniających ową modyfikację, odpowiedzialnych za postulowane przez HAT skwantyzowanie energii emisji promieniowania galaktyk. Wszelkie drogi prowadzące ku modyfikacji PH, także z powodu innych anomalii, okazały się owocne, bowiem współcześnie formuła PH nie jest wyznaczona globalnie, lecz ma swoje specjalne postaci w zależności od np. skali obserwowanego zjawiska.

4. TESTOWANIE HIPOTEZ W TEORII PROMIENIOWANIA ŹRÓDEŁ WYSOKICH ENERGII

W zastosowaniach statystyki matematycznej w naukach empirycznych testowanie hipotez sprowadza się do procedur np. wyznaczania przedziałów ufności dla wartości średniej rozważanej wielkości, w których hipotezę należy przyjąć. Mamy zatem określone na mocy konwencji sformalizowane sposoby sprawdzania możliwych założeń. Inaczej ma się sprawa w teoretycznych naukach fizykalnych, gdzie hipoteza H jest zdaniem formułowanym w języku zrozumiałym w przyjętej teorii T (jak tu w teoriach PBKR), ale wprowadza do tego języka (a zatem i do T) nowe elementy treściowe, które pozwalałyby na wyjaśnienie fenomenu, który bez hipotezy H nie może zostać wyjaśniony¹⁶. Każda zatem hipoteza wprowadza do teorii *novum*, a więc ją zmienia.

Inaczej zatem niż w zastosowaniach statystyki matematycznej w naukach empirycznych testowanie hipotezy H w naukach fizykalnych nie sprowadza się do badania słuszności jej samej indywidualnie. Polega w zasadzie na testowaniu całej T wzbogaconej o H (czyli $T' \equiv T + H$)¹⁷. I tak przez to teoria ulega kolejnym modyfikacjom w procesie rozwoju *nauki normalnej*¹⁸. Rację ma Ludwik Fleck¹⁹, który w kolejnych modyfikacjach teorii, a nie w radykalnych zmianach, upatrywał podstawowego mechanizmu rozwoju wiedzy naukowej. A Karl R. Popper²⁰ o tyle ma rację w postulowaniu rozwoju wiedzy jako sekwencji kolejnych przypuszczeń (*conjectures* - w randze hipotez odpowiadających na anomalie) i obaleń (*refutations*), o ile te obalenia nie są rozumiane jako obalenia wiodącej teorii, lecz prowadzi do ich znacznej modyfikacji.

Widać zatem potrzebę rozróżnienia między tym, co jest tzw. nienaruszalnym wkładem teoretycznym (tu: TRKR) a tym, co jest wynikiem modyfikacji z asymilowania kolejnych hipotez. Dlatego Fleck wyróżnił *styl myślowy* jako najogólniejsze założenia teoretyczne, filozoficzne oraz przyjęte procedury przekształceń teoretycznych i praktyki eksperymentalnej, Thomas Kuhn (niejako wtórnie w stosunku do koncepcji Flecka) w tym celu wprowadził *paradygmat*, a Lakatos zaproponował *metodologię naukowych programów badawczych*.

Aby hipoteza H została zasymilowana w stylu myślowym (paradygmacie lub programie badawczym²¹), powinna w połączeniu z teorią T prowadzić do nowej teorii T',

¹⁶ H. Poincaré, *Science and Hypothesis*, Dover Publ., New York 1952; Grabińska, *Philosophy...; Teoria...*, op. cit.

¹⁷ Zgodnie ze sformułowaną przez I. Lakatosa tzw. tezę Duhema-Quine'a.

¹⁸ P. Kuhn, *Struktura...*, op. cit.

¹⁹ R. Fleck, *Powstanie...*, op. cit.

²⁰ K. R. Popper, *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*, Routledge and Kegan, London 1963; *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, tł. A. Chmielewski, PWN, Warszawa 1992.

²¹ Styl myślowy, paradygmat, naukowy program badawczy to nie to samo, ale wymieniamy je tu równoległe dla podkreślenia wspólnej ich funkcji jako układu odniesienia dla dopuszczalnych lub

która nie naruszając kanonów przyjętych w stylu myślowym (paradygmacie, programie badawczym), pozwala wyjaśnić anomalię (która stała się przyczyną modyfikacji) i równocześnie oferuje bogatszą bazę wyjaśniania niż T. Konkluzywność hipotezy H przekłada się zatem na jej płodność teoretyczną, empiryczną lub heurystyczną w *naukowym programie badawczym*²².

INNOVATION AS AN ELEMENT OF THE GROWTH OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE. A CASE STUDY

Summary

A theoretical novelty (innovation) is usually a prelude to a technological innovation. A theoretical novelty starts with the assumption of a research hypothesis. An episode of recent space history serves to reconstruct: a) the diagnosis of anomaly and the arising of hypothesis, b) the research functions of hypothesis.

Key words: *innovation, knowledge, science, space physics, empirical sciences, Lakatos's methodology*

Artykuł recenzował: dr hab. Tadeusz MARCZAK, prof. nadzw. UW

²² zabronionych modyfikacji teorii w toku rozwoju nauki normalnej.
C. Zahar, *Why...*