

## W jakim sensie ilościowa teoria informacji jest fundamentem epistemologii?

Poniższy artykuł znajduje się w kolekcji: *Lectorium „Cafe Aleph”*, poz. A1:10. Zapraszam do odwiedzenia tej witryny, poświęconej epistemologii, filozofii nauki, filozofii informatyki etc.<sup>1</sup>

Zapraszam też do dyskusji w blogu czyli krytycznego komentowania wpisu, który streszcza tezy obecnego artykułu, wydobywając z niego kwestie do wspólnego przemyślenia.<sup>2</sup>

### §1. Epistemologia oparta na postulacie maksymalizacji informatywności

§1.1. Wśród głównych tez Marka Hetmańskiego w jego książce „Epistemologia informacji”, 2013, zdaje się być myśl, zgodna z poglądem L. Floridiego, że (i) epistemologię należy oprzeć na teorii informacji, oraz że (ii) nie nadaje się do tego celu ilościowe ujęcie informacji.

Można jednak wskazać takie ujęcie epistemologii, które całym, by tak rzec, ciężarem wspiera się na ilościowym określeniu informacji. To znaczy określeniu, w którym informację definiuje się jako odwrotność prawdopodobieństwa – według którejś z dwu znanych definicji:

$$\text{df.S } s.\text{inf}(A) = -\log_2(pr(A))$$

$$\text{df.C } c.\text{inf}(A) = 1 - pr(A)$$

Istotne dla interpretacji obu formuł jest to, że funkcja  $pr$  jest rozumiana jako prawdopodobieństwo logiczne w sensie Keynesa, Carnapa i in., przyjmowanym także przez Poppera. Z tego względu, pomimo identyczności kształtu, df.S ma inny niż u Shannona sens; nie frekwencyjny, lecz dostosowany do potrzeb epistemologii; tym nie mniej, pozostaje to sens ilościowy.

Epistemologia zbudowana na takim ilościowym pojmowaniu informacji pochodzi od Karla Poppera. Przyjęła się ona szeroko, choć ma i krytyków. Krytyka jednak nie wiele może tu zmienić. Skoro się bowiem zgodzimy że wiekopomnym osiągnięciem XX wieku są rewolucje naukowe (kwanty, względność, ewolucja kosmiczna), a rewolucja naukowa jest to kolosalna, wcześniej nie przewidywana, erupcja ilości informacji, to trzeba się zgodzić i z tym, że to ilościowe pojęcie jest dla refleksji epistemologicznej fundamentalne. Nie miejsce tu na szersze wyjaśnianie pojęcia prawdopo-

dość logicznego, ale jako szkic wyjaśnienia niech posłużą dwie następujące formuły, gdzie  $prl$  oznacza prawdopodobieństwo logiczne.<sup>3</sup>

$$[\text{Tw.1}] \quad prl(p \wedge q) < prl(p) < prl(p \vee q)$$

$$[\text{Tw.2}] \quad inf(p \wedge q) > inf(p) > inf(p \vee q)$$

Mamy tu „jak na dłoni” tę odwrotność, o której mówią wyżej formuły df.S i df.C. Im dłuższa (tj. więcej-członowa) jest alternatywa, tym bardziej jest prawdopodobna, gdyż ułamki, które wyrażają prawdopodobieństwa poszczególnych członów sumują się do ułamka wyrażającego prawdopodobieństwo całej alternatywy. Natomiast im dłuższa koniunkcja – tym mniej prawdopodobna, bo ułamki składowe tworzą iloczyn, a mnożenie ich mianowników prowadzi do coraz mniejszego ułamka.

W najprostszym przypadku, do oszacowania prawdopodobieństwa logicznego wystarczy rozpoznanie formy logicznej zdań. Jest to podejście ilościowe nie w sensie ustalania ułamka z przedziału od 0 do 1, lecz jedynie w sensie porównawczym. Ale i ten, choć o wiele mniej dokładny, zasługuje na miano ilościowego ze względu na stwierdzanie nierówności między wielkościami. Ma on płodne zastosowanie do porównywania teorii naukowych. Wystarcza bowiem do zaistnienia preferencji czyli do decyzji, którą z konkurencyjnych teorii włączyć do systemu wiedzy z racji tego typu ilościowej przewagi.

§1.2. Żeby dokładniej i zwięźlej zdać sprawę z ilościowego (w określaniu informacji) fundamentu epistemologii, posłużę się terminem: *wysoka informatywność tekstu*. Z tym ukierunkowaniem oddaje ów termin ideę, która przenika rozważania Poppera, choć ten termin w nich nie występuje. Obecnie jest on dobrze już zadomowiony i zasługuje, żeby go wprowadzić do dyskursu epistemologicznego.

Google wykazuje 5500 wystąpień zwrotu "high informativeness" i ponad 100 polskiego "wysoka informatywność". Wprowadzenie tego terminu w obieg pojęciowy dokonało się w gałęzi językoznawstwa uprawianej w Niemczech pod nazwą „Textlinguistik”. Wielce tu dla nas przydatną definicję terminu *Informativität* mamy w książce: Robert-Alain de Beaugrande, Wolfgang Ulrich Dressler, „Einführung in die Textlinguistik” (de Gruyter 1980, 4-te wyd. 2007). Oto jej brzmienie.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Przenosimy się do Lectorium, klikając na adres: <http://calculemus.org/CA>

<sup>2</sup> Żeby znaleźć się na blogu, trzeba kliknąć na adres: <http://blog.marciszewski.eu/?p=7907>

<sup>3</sup> Terminu „prawdopodobieństwo logiczne” używam zamiennie z „prawdopodobieństwo a priori” (aprioryczne), kierując się okolicznościami kontekstu. Pozwalam sobie na tę zamiennność, mając na uwadze zdanie Karla Poppera: „Keynes uses the expression "a priori probability" for what I call "logical probability" (s. 270, zob. też s. 102). Karl Popper, „The Logic of Scientific Discovery”, Taylor and Francis e-Library, 2005.

<sup>4</sup> Zob. <http://de.wikipedia.org/wiki/Informativität>

„Informativität ist ein Kriterium der Textualität.[...] Ein Text ist genau dann informativ, wenn er für den Rezipienten neue Informationen bringt. Die damit verbundene Unerwartetheit für den Textrezipienten erhöht dessen Aufmerksamkeit, sofern das neue Wissen auf vorhandenes Wissen aufbauen kann.”

Oddając to po polsku i zastępując „tekst” słowem „teoria”, otrzymamy, co następuje.

**Informatywność** jest jednym z kryteriów jakości teorii. Teoria jest wtedy informatywna, gdy dostarcza odbiorcy nowych wiadomości [czyli więcej niż teoria dotychczasowa]. Wywołane tym zaskoczenie odbiorcy teorii kieruje jego uwagę na pytanie, na ile da się zbudować w tej sytuacji wiedzę, która byłaby czymś nowym w stosunku do wiedzy dotychczasowej.

Doniosłe jest odróżnienie informacji od wiedzy (Wissenschaft). Wiarygodność teorii czyli jej przynależność do wiedzy, jest tą cechą, którą w połączeniu z informatywnością nadaje wiedzy pożądaną przez nas jakość. Dla uprzytomnienia, jak wzrost informatywności zależy od kurczenia się prawdopodobieństwa logicznego popatrzmy na następujące nierówności, podobne do Tw.1 i Tw.2 z §1.1 lecz uszeregowane odwrotnie, oraz ilustrowane związłym podstawieniem.

[Tw.1\*]  
 $\text{prl}(\text{dżdży lub śnieży}) > \text{prl}(\text{dżdży}) > \text{prl}(\text{dżdży i śnieży})$

[Tw.2\*]  
 $\text{inf}(\text{dżdży lub śnieży}) < \text{inf}(\text{dżdży}) < \text{inf}(\text{dżdży i śnieży})$ .

Jeśli z teorii meteorologicznej wynika, że w tym samym dniu wystąpią oba rodzaje opadów to jest to prognoza bardziej informatywna niż ta ostrożniejsza, czyli bardziej prawdopodobna, że wystąpi jeden lub drugi; pośrodku jest informatywność jednego z tych zdań, gdy się je stwierdza pojedynczo.

## §2. Wzrost informatywności teorii a wzrost jej wiarygodności

§2.1. Istnieją co najmniej dwa kryteria, według których przypisuje się teorii wysoką informatywność: wielość jej niezależnych wzajem *konsekwencji*; (2) duże zaskoczenie u odbiorcy *niezwykłością* teorii czy (ogólniej) wiadomości, czyli jej nieoczekiwaność na tle dotychczasowej wiedzy. Oznaczmy je, odpowiednio, skrótami:

$\text{inf.kn}$  = informatywność z racji różnorodności niezależnych konsekwencji rozważanej teorii;

$\text{inf.nz}$  = informatywność z racji zaskoczenia niezwykłością treści teorii.

Oba pojęcia spełniają, każde na swój sposób, warunek odwrotności między informatywnością i prawdopodobieństwem logicznym. Zobaczmy to, porównując koncepcje grawitacji Arystotelesa skr. gr/a, Newtona, skr. gr/n, i Einsteina, skr. gr/e.

[KN]  $\text{inf.kn}(\text{gr/a}) < \text{inf.kn}(\text{gr/n}) < \text{inf.kn}(\text{gr/e})$

[NZ]  $\text{inf.nz}(\text{gr/a}) < \text{inf.nz}(\text{gr/n}) < \text{inf.nz}(\text{gr/e})$

W ujęciu Arystotelesa spadanie ciał na ziemi tłumaczy się pokrewieństwem ciężących ku sobie obiektów z tego samego żywiołu (ziemia, woda, powietrze, ogień). Ciała stałe zachowują się na wzór kamienia (utworzonego z żywiołu ziemskiego), spadając ku ziemi. Jest to teoria bardzo uboga w konsekwencje, a więc minimalnie informatywna. Jej prawdopodobieństwo natomiast jest wysokie na gruncie koncepcji żywiołów; jej intuicyjność w odczuciu starożytnych czyniła dla nich to wyjaśnienie czymś naturalnym i w tym sensie wysoce prawdopodobnym. Z tego samego względu nie była ona dla nikogo czymś niezwykłym (w sensie formuły NZ).

Newtona teoria grawitacji ma tak niebotycznie wiele konsekwencji, że czyni to ją kolosalnie informatywną w sensie KN. Z tym zaś wiąże się minimalna wielkość prawdopodobieństwa logicznego; każda bowiem konsekwencja obciążona jest a priori ryzykiem konfrontacji z faktami doświadczenia; w tej mnogości wielce jest prawdopodobne, że znajdzie fakt, który ją podważy. W miarę jednak kolejnych testów doświadczenia, które teoria przechodziła zwycięsko, zyskiwała stawała się coraz bardziej prawdopodobna a posteriori, i tym samym coraz wiarygodniejsza, nie tracąc nic ze swej pierwotnej informatywności. W rezultacie uwieńczyły ją obie cnoty – wysokiej informatywności i wysokiej wiarygodności.

Teorię grawitacji Newtona przewyższyła pod względem informatywności dopiero Einsteina ogólna teoria względności. Wyjaśnia ona wszystkie zjawiska wyjaśnialne grawitacją Newtona, a ponadto takie, o których w czasach Newtona nikomu się nie śniło w najśmielszych fantazjach. Do takich należy, w szczególności, rozszerzanie się (ekspansja) wszechświata.

§2.2. Wyrażalny ilościowo wzrost informatywności jest nieodzowny dla postępów poznania. Jest tak z tego także względu, że teoria zwiększa swą wiarygodność dzięki dokładności testujących ją pomiarów. Jest to widoczne zwłaszcza wtedy, gdy pomiar ma rozstrzygnąć między konkurującymi ze sobą teoriami. Poczające są przypadki, gdy pomiar nie dość precyzyjny nie jest w stanie tego uczynić, i dopiero gdy się uzyska znaczący wzrost dokładności, uzyskuje się pożądaný wynik. Nim to zilustruję słynną opowieścią z dziejów teorii grawitacji, warto pokazać na najbardziej uproszczonym przykładzie, jak wiąże się dokładność pomiaru z prawdopodobieństwem logicznym, a przez to z informatywnością.

Wyobraźmy sobie zawody na sprawność oka w określaniu długości odcinków. Każda próba odgadnięcia stanowi hipotezę, którą następnie się sprawdza pomiarem. Ktoś np. powiada, że (na jego oko) wskazany mu klocek ma długość 5 cm., co potwierdza pomiar za pomocą szkolnej linijki. Ale pomiar suwmiarką wykazuje 5,1 cm., i tak hipoteza upada. Gdyby regulamin zawodów był mniej wymagający i dopuszczał tolerancję odchyłań, np. o 1/5 cm., to hipoteza, że długość wynosi 5 cm. byłoby alternatywą: 4,8 lub 4,9 lub 5,0 lub 5,1 lub 5,2. Hipoteza byłaby wtedy bardziej zabezpieczona przed obaleniem czyli – dzięki tej strukturze al-

ternatywnej – prawdopodobniejsza logicznie. A jeśli do oceny wyników zastosować nie suwmiarkę (dokładność pomiaru do 1/10 cm.) lecz mikromierz (dokładność do 1/100 cm.), to alternatywa będzie daleko dłuższa, a zatem prawdopodobieństwo logiczne jeszcze większe, zaś informatywność jeszcze mniejsza.

Opowiadka ta pokazuje, jak szkodliwa poznawczo jest tolerancja dopuszczająca daleko posuniętą alternatywność. Karl Popper, wspominając debaty w wiedeńskich kawiarniach nad modnymi w latach dwudziestych teoriami Marksa i Freuda, opowiada, jak naprowadziło go to pomysł powiązania informatywności ze sprawdzalnością. Każda ze wspomnianych teorii była wysoce tolerancyjna wobec tworzonych ad hoc interpretacji, a więc wysoce a priori prawdopodobna. Mglistość pojęć skutkowałą alternatywą wielu dopuszczalnych interpretacji, z których jedne się „potwierdzały” w jednych okolicznościach, inne w innych, i tak marksizm (podobnie jak freudyzm) miał zawsze rację.<sup>5</sup>

Nie ma tego rysu ogólna teoria względności. Uległaby ona obaleniu, gdyby przewidywane przez nią ugięcie promieni gwiazd w polu grawitacyjnym słońca różniło się od tego, które wykazał pomiar dokonany w roku 1919 przez ekspedycję Eddingtona. Einstein przewidywał ugięcie wielkości 1,74 sekundy kątowej, podczas gdy pomiar wykazał wielkość w przedziale 1,61–1,91 sekundy (przedział obliczony na podstawie wiedzy o niedokładnościach aparatury pomiarowej). Ugięcie promieni pod wpływem grawitacji przewiduje także teoria Newtona, ale określa ona kąt ugięcia na 0,87 sekundy, a więc daleko od wyników pomiaru.

Wniosek epistemologiczny z tej konfrontacji dwóch teorii wysnuto taki, że teoria Newtona, która przez dwa i pół wieku odniosła zawrotny sukces, pozostaje w mocy w dotychczasowym zakresie jej zastosowań, to jest w okolicach okołoziemskich, natomiast w przestrzeni kosmicznej z jej kolosalnymi siłami grawitacji potrzebna jest nowa teoria.

Słowo „nowa” oddaje tu nie tylko sekwencję w czasie, lecz także kolosalny ładunek nowych idei, podważający ugruntowane intuicje, które uchodziły za niepodważalne. Był to więc lawinowy wzrost informatywności. Ten sam efekt wzbudziła w swoim czasie teoria grawitacji Newtona. Gdy się pojawiła, odrzucono ją niekiedy wręcz gwałtownie (jak w polemice Leibniza z newtonistami). Nie respektowała bowiem tej niewzruszonej zasady, że nie istnieje w fizyce „actio in distans” – oddziaływanie na odległość czyli bez pośrednictwa jakiegoś fizycznego medium. Sam Newton miał z tego powodu wątpliwości, ale im nie uległ, świadom kolosalnej informatywności swej teorii, która czyniła ją wysoce sprawdzalną empirycznie; a czynione sprawdzenia wciąż potwierdzały jej skuteczność eksplanacyjną i prognostyczną.

Teoria Einsteina stanowiła w XX wieku wyzwanie dla utrwalonych intuicji porównywalne z tamtym, a może i większe, wymagając zupełnie nowego pojmowania przestrzeni czasu. Jakże różnego od tych pojęć, które dyktowała zarówno fizyka Newtona jak i powszechna przednaukowa intuicja. Na takim zderzeniu z intuicją i z ustalonym paradygmatem polega owa uchwytna ilościowo informatywność będąca u podstaw epistemologii. A przynajmniej u podstaw takiej epistemologii, która na serio bierze lekcje płynące zarówno z teoretycznej refleksji jak i z dziejowych doświadczeń postępu nauki.

### §3. Epilog

M o t t o: *Szukajcie nowych, nie odkrytych dróg...*  
Adam Asnyk „Do młodych”, 1880

§3.1. Wyobraźmy sobie mapę gór dla alpinistów, na której zaznaczono różne dojścia wspinaczkowe na pewien szczyt; nie jest to więc mapa dróg zbudowanych przez człowieka, lecz stworzonych przez Naturę. Nazwijmy ją mapą A. Wyobraźmy sobie z kolei wersję, gdy na A naniesiono trasę hipotetyczną, której nikt jeszcze nie odkrył, ale ktoś się jej domyśla na podstawie, powiedzmy, ogólnej konfiguracji danego terenu i swych wcześniejszych doświadczeń wspinaczkowych. Oznaczmy tę wersję jako B. Wreszcie, wersja C to taka, która powstała w wyniku potwierdzenia się hipotezy B, gdy już ktoś nową trasę wypróbował, doszedłszy nią na szczyt.

Co należy powiedzieć o informatywności każdej z tych wersji? To, że mapa B daje więcej informacji, niż A i tyle samo, ile daje C. Fakt, że C powiadamia o istnieniu nowej trasy, podczas B ją tylko zaznacza, np. linią kreskowaną (na znak hipotetyczności), to zupełnie inna sprawa. Szacujemy ilość informacji, czyli informatywność, na podstawie treści przekazu, a nie jego wiarogodności (co nie przesądza, czy w pewnych kontekstach potocznych nie traktujemy kreskowania linii jako informacji o jej hipotetyczności; nie jest to jednak sens *inf* w formułach *df.S* i *df.C* w §1.1).

Gdy informacja uzyska *wiarogodność*, czyli podstawę do przekonania (mniej lub bardziej silnego) o jej *prawdziwości*, wtedy mamy na to termin: *wiedza*.

Utwór Asnyka, z którego wzięte jest motto, epistemolog tak przekształcił, żeby zdanie „Szukajcie prawdy jasnego płomienia” znalazło się w wierszu następnym, a nie (jak w oryginale) w poprzedzającym. Zabrzmi wtedy apel: „Szukajcie nowych nieodkrytych dróg, szukajcie prawdy jasnego płomienia.” To znaczy: najpierw nowa treść, czyli zwiększenie informatywności, a potem dopiero jej weryfikacja.

§3.2. A jeśli wyjść, poza górską przypowieść i poetyckie wezwania, w kierunku sytuacji w nauce, to trzeba zauważyć, co następuje. Ogólna teoria względności

<sup>5</sup> Był on w krajach komunistycznych reinterpretowany zwłaszcza po zmianach we władzy politycznej: protest poznański, niesłuszny zdaniem Partii, obowiązującym w czerwcu 1956, okazał się słuszny w październiku 1958 jako „wyraz zbiorowej mądrości klasy robotniczej” (to sformułowanie mego szkolnego kolegi, silnie zaangażowanego partyjnego, potwierdzało, a nie obalało – jego zdaniem – słuszność marksizmu; podobnie się zachowywał niejeden marksistowski profesor filozofii).

tyle samo niosła informacji, czyli miała taka sama informatywność w postaci z roku 1916, gdy Einstein ją opublikował przed jakimkolwiek doświadczalnym potwierdzeniem, i w roku 1919, gdy obserwacje ekipy Eddingtona przyniosły pierwsze doniesłe potwierdzenie. Wynik pomiaru Eddingtona został powtórzony kilkakrotnie w obserwacjach z lat następných: 1922, 1953, 1973.<sup>6</sup> Żadne z tych kolejnych potwierdzeń nie zwiększyło informatywności teorii w stosunku do roku 1916. Zwiększało natomiast sukcesywnie jej wiarygodność, czyli jej tytuł do obecności w korpusie aktualnej wiedzy.

Zawdzięczam te refleksje lekturze „Epistemologii informacji”. Uświadomiła mi ona, że zamierzając oprzeć epistemologię na teorii informacji, jak to zdaje się Autor postulować wraz z Floridim, a zarazem, jak on to czyni, odżegnując się od ujęć ilościowych, trzeba mieć na uwadze dwa rozróżnienia.

Po pierwsze, należy zdecydować, czy definiując informację przez odniesienie do prawdopodobieństwa, ma się na uwadze jego wersję frekwencyjną (PF) czy logiczną (PL). Po drugie, zdecydować, czy wiążąc określenie ilości informacji z pomiarem, dopuszcza się też stosunkowo słabą skalę pomiarową, jaką jest *skala porządkująca* przez relację większości (SP), czy raczej wymaga się którejs z skal mocniejszych (SM). Przykład skali porządkującej stanowią formuły Tw.1 i Tw.2 w odcinku §1.1 oraz KN i NZ w §2.1.

Jeśli zgodzimy się na parę PL-SP, jak to czyniłem wyżej w tych rozważaniach, to będzie prawdą nie tylko to, że daje się oprzeć epistemologii na teorii informacji, lecz także myśl, że jest to koncepcja ilościowa z racji operowania definicjami ds.S lub df.C – przy rozumieniu „pr” w sensie prawdopodobieństwa logicznego. Taka epistemologia wraz z towarzyszącą jej metodologią nauk uprawiana jest z powodzeniem w kręgu Karla Poppera.

§3.3. Szkic ten koncentruje się na jednym wiodącym temacie. Jest nim ilościowy charakter pojęcia informacji definiowanej przez pewien stosunek odwrotności (zob. df.S i df.C w §1.1) do prawdopodobieństwa logicznego. A temat z nim powiązany, to epistemologiczna doniosłość tego pojęcia, ilustrowana poglądem Karla Poppera.

Żeby się nie rozpraszać tematycznie, pominąłem tu inny ilościowy aspekt informacji, nie mniej doniosły epistemologicznie. Jego wzorcem jest, dosteżony przez Leibniza, a przez G. Chaitina ele-

gancko ujęty w *algorytmiczną teorię informacji*, stosunek między długością programu (mierzona np. liczbą linijek) a wielkością produkowanego przezeń ciągu wyników, np. symboli pewnego zapisu. Im większa ta różnica, tym większa jest *kompresja* uzyskana w danym procesie przetwarzania informacji.

Ten informatyczny wzorec przetwarzania informacji w naturalny sposób przenosi się na teorie naukowe, tak empiryczne jak i dedukcyjne, gdy się pojmuje jako programy uzyskiwania wyników polegających na wyjaśnianiu iu przewidywaniu faktów. Kolosalną kompresję daje np. Newtonowski wzór na obliczanie grawitacji, który w kilkunastu symbolach dostarcza przepisu na dowolnie długie obliczenia torów planet, siły przyptywów morza, siły niezbędnej do pokonania grawitacji przez raketę itd. Na tym polega znaczenie epistemologiczne owej idei Leibniza w jej wersji teologicznej (maksymalną zdolność kompresji przypisuje on Stwórcy) oraz informatycznej teorii Chaitina.

Ograniczenie tak ważnej kwestii do krótkiej niniejszej wzmianki tym jest usprawiedliwione, że szerzej się w tej kwestii wypowiadam, m.in. na temat kompresji teorii matematycznych, w innym tekście, też dotyczącym Marka Hetmańskiego „Epistemologii informacji”. Jest to recenzja, przeznaczona dla *Wiadomości Matematycznych*, pod tytułem „Na czym polega związek epistemologii z teorią informacji? Co do jego zrozumienia wnoszą Leibniz, Gödel i Popper?”. Ten sam tekst jest w formacie elektronicznym zamieszczony w *Lectorium „Cafe Aleph”*, a jego wersja zaadaptowana do roli zagajenia dyskusji, wraz z repliką prof. Hetmańskiego i innymi głosami – w blogu *Polemiki i rozmówki w „Cafe Aleph”*.<sup>7</sup>

Tym odniesieniem do drugiej części problematyki dopełniam swój głos polemiczny pod adresem poglądu, który – jak rozumiem – znajduje się w omawianej książce. Poglądu, że ilościowa teoria informacji nie ma doniosłości epistemologicznej. Jeśli się myślę w tym odczytaniu książki, to prostujące pomyłkę wyjaśnienie Autora byłoby istotnym wkładem do naszej dyskusji. A jeśli rzeczywiście mamy tu do czynienia z poglądem, iż ilościowa teoria informacji niczego nie wnosi do epistemologii, to będzie niemałą satysfakcją poznawczą prześledzić podane przez Autora racje.

© Witold Marciszewski \* 14 kwietnia 2014

CC BY-SA 3.0 – oznaczenie praw do korzystania z tego utworu na licencji Creative Commons.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Zob. [http://en.wikipedia.org/wiki/Tests\\_of\\_general\\_relativity](http://en.wikipedia.org/wiki/Tests_of_general_relativity)

<sup>7</sup> Adres tekstu dla „Wiadomościach Matematycznych” – <http://calcuemus.org/CA/epist/14/rec-marc-hetm.pdf>. Adres wariantu pod dyskusję – <http://blog.marciszewski.eu/?p=7131>

<sup>8</sup> Zob. dane o Creative Commons w <http://creativecommons.org/licenses/>.