Nr 2 (168) 2013

MATEMATYCZNA HEURYSTYKA W WISKOZYMETRII. METROLOGICZNE ZAGADNIENIE KSZTAŁTU

Mirosław ZABIEROWSKI*

* *Wydział Zarządzania, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych*
e-mail: miroslaw_zabierowski@o2.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 13.11.2012 r. Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie otrzymano w maju 2013 r.

Ustala się znaczenie analizy matematycznej i analizy wymiarowej w fizyce. Odsłania się stosunek metrologii do fizyki oraz do rozumowania abstrakcyjnego. Przedstawia się uściślanie nauk ścisłych jako przedmiot nauk humanistycznych, jak i ustala znaczenie heurystyki w rozwoju badań naukowych, błędnie przedstawianej w podręcznikach akademickich. Praca jest kontynuacją metody analizy wymiarowej Weisskopfa (Science 187, 1975). Poddaje się precyzyjnej analizie podstawy fizyki lepkości i równanie Stokesa. Pokazuje się znaczenie heurystyki matematycznej i aparatury matematycznej w badaniach empirycznych nad ruchem w cieczy ciał o różnym kształcie oraz sens aproksymacji, idealizacji i strukturę języka opisu w hydrotechnice i fizyce lepkości. Rekonstruuje się znaczenia terminów teoretycznych i empirycznych oraz praw idealizacyjnych w wiskozymetrii i technice dla ciał o nieregularnym kształcie.

Słowa kluczowe: *prawa empiryczne, teoria, zasady fizyki, idealizacja, aproksymacja, metodologia, analiza wymiarowa, geometria w fizyce, logika odkrycia, filozofia fizyki, filozofia przyrody, humanistyka nauk technicznych*

WSTĘP

Każde prawo fizyki jest idealizacją prawidłowości zjawiska naturalnego. W postaci formuły matematycznej prawo fizyki opisuje zależności między mierzalnymi wielkościami fizycznymi. Prawo fizyki „pasuje” do zjawiskowego stanu rzeczy pod warunkiem dostosowania badanego fragmentu rzeczywistości fizycznej do okoliczności spełnienia relacji zawartych w prawie teoretycznym lub pod warunkiem „urealistycznienia” prawa, np. przez wstawienie dodatkowych wyrażeń (aproksymację), które reprezentują odstępstwo stanu zjawiskowego od idealizacji prawa fizyki. W pracy przedstawiono idealizacyjny charakter prawa Stokesa, opisującego ruch ciała kulistego w cieczy, w konfrontacji z problemami ruchu w cieczy ciał o dowolnym kształcie. Nie posłużono się aproksymacją lecz metodą heurystyczną, która wykorzystuje metody geometryczne. Pozwalają one dowolny kształt (o danej objętości i powierzchni) porównać z ciałem o kształcie kulistym i przekształcić idealizacyjne równanie Stokesa w równanie dostosowane do zjawiska ruchu w cieczy ciał o dowolnym kształcie, dającym się „zsyntetyzować" do ciała o kształcie kulistym. Kształt geometryczny jest tu reprezentowany przez tzw. promień efektywny ciała – odpowiednik promienia ciała kulistego.

Stosowana metoda heurystyczna nie jest ani metodą, która na podstawie uogólnienia indukcyjnego i idealizacji prowadzi do równania teoretycznego, ani nie jest metodą aproksymacji, która wynika z porównania prawa teoretycznego z opisem empirycznym. Jest metodą, która operuje językiem abstrakcyjnym i nie tylko za pomocą matematyki, która w tym przypadku pozwala odpowiedzieć na pytanie o geometryczną reprezentację kształtu. Idzie o heurystykę kształtu jako takiego, nie związanego z żadną fizycznością.

Heurystyczne przesłanki, obok badań teoretycznych i empirycznych, pozwalają na budowanie wiedzy naukowej w sposób nowatorski. Gdy Imre Lakatos i Elie Zahar [1, 2] zastanawiali się nad najbardziej istotną nowością w przewrotach – kopernikańskim i relatywistycznym, doszli do wniosku, że to heurystyka, nowy ogląd tych samych zagadnień empirycznych i teoretycznych zadecydowała o rewolucyjnym charakterze odkryć Kopernika i Einsteina. Heurystyka może opierać się na ontologii (jak w przypadku przewrotu kopernikańskiego i relatywistycznego, a także w przypadku podstaw mechaniki Newtona [3]) lub na matematyce, jak w przypadku prawa Stokesa.

1. *Krok pierwszy* w badaniu znaczenia heurystycznej roli geometrii w fizyce, technice i eksperymentach związanych z ruchem w cieczy ciał o różnych kształtach

Badanie lepkości dla ciał o różnych kształtach ujawnia niedocenioną i nieopracowaną heurystyczną rolę matematyki (tu: geometrii) w badaniach empirycznych. Przyjmijmy najprostsze równanie w fizyce, podane przez Stokesa (1851) w dziedzinie badania lepkości, ruchu ciał w cieczy, ciał kulistych, a nie o różnych kształtach. Dopiero trzeba zaprojektować badanie ruchu ciał w cieczy o różnych kształtach. Równanie Stokesa stosuje się w:

- technice mechanicznej, technologiach z udziałem tarcia, w technice cząsteczkowej, lotniczej, koloidów, zawiesin pyłowych;
- produkcji past, kremów i w przemyśle farmaceutycznym;
- technice wojennej, w wytwarzaniu sztucznej mgły;
- metrologii lepkości gazów, plazmy, cieczy i ciał stałych;
- względnym i bezwzględnym oznaczaniu lepkości;
- wiskozymetrii, hydrologii, hydrodynamice, hydraulice, gazownictwie[1].

Prawo Stokesa określa ruch ciała kulistego (nie o dowolnym kształcie), jednostajnie powolnie się przemieszczającego w cieczy, która ma współczynnik lepkości η, zwany też lepkością dynamiczną (ciecz generuje siłę oporu F działającą na ciało). Prędkość v ciała kulistego o promieniu r, spadającego w cieczy o lepkości dynamicznej η:

$$v = 2gr^2\Delta\rho/9\eta \qquad (1)$$

gdzie:

g – przyspieszenie ziemskie;

[1] Wymienienie w sekcjach poszczególnych obszarów stosowania prawa Stokesa narusza jednolitość języka tekstu na życzenie Recenzenta.

$\Delta\rho$ – różnica między gęstością cieczy i gęstością spadającej kulki[2].

Przy odpowiednio wyższych prędkościach (i wyższych liczbach Reynoldsa R_e) następują – najpierw zmiana linii opływu (naruszenie warstw laminarnych), potem wir za kulą i turbulizacja opływu. Aby przejść do ciał o różnym kształcie są potrzebne specjalne łańcuchy dedukcji oparte na heurystyce matematycznej (zwykle ukryte), zasygnalizowanej w [4], gdzie jednak nie wszystkie kroki zostały wyeksplikowane.

Najpierw musimy odtworzyć założenia idealizacyjne [5], które leżą u podstaw formuły (1):

1. Ciecz rozciąga się w nieskończoność, wymiary aparatury (szczeliny, czyli rurki) nie mają wpływu na ruch kuli.
2. Kulka spełnia odpowiednie parametry plastyczne i materiałowe. Jest nieściśliwa, jej struktura nie wykonuje drgań, jest gładka, wykonana z materiału nierozpuszczalnego, nie przenika w ciecz, a ciecz w kulkę. Materiał, z którego wykonano kulkę, nie reaguje chemicznie z cieczą.
3. Spadek kulki odbywa się jednostajnym ruchem laminarnym. Kolejno przebywane warstwy płynu nawet nie mieszają się, linie opływu (laminarne) są regularne.
4. Średnia droga swobodna cząstek cieczy jest mniejsza niż promień kulki r. Jest to zagadnienie ruchów Browna, ruchliwości cząstek i jonów, dyfuzji cząstek.
5. Zerowa jest prędkość przesuwania się warstwy przyściennej. Poślizg zjawia się przy dużej lepkości. Nawet nacina się ścianki aparatu, aby ciecz tarła o ścianki kanału i nie przesuwała się, nie ślizgała się wewnątrz rury. Poślizg występuje przy wąskich szczelinach kanału (cylindra). Poślizgowi sprzyjają zbyt gładkie ścianki szczeliny (kanału), w której jest ciecz i w której przesuwa się kulka. W wiskozymetrii rolę prędkości przesuwania się kulki pełni objętość wypływającej cieczy z wąskiej szczeliny na zewnątrz (tempo wypływania cieczy o badanej lepkości η). Dlatego do badań lepkości potrzebne są pokarbowane oraz „miękkie” powierzchnie kanału (rurki wiskozymetru). Miękkie, gdyż do poślizgu nie usposabia „miękka” powierzchnia kanału lecz twardy materiał, z którego wykonano ścianki wąskiej szczeliny (napełniony cieczą cylinder, rurki).

Zwykle bada się lepkość metodami względnymi, metody zaś bezwzględnego wyznaczania lepkości wymagają specjalistycznych przyrządów, stosuje się też połączenie obserwacji ruchu kulki w kanale i wypływu cieczy z kanału, także zachowania wiszącego menisku wypływającej z rurki cieczy. Wytwarza się drgania szczeliny z cieczą, analizuje te drgania, ich tłumienie, zamianę energii kinetycznej kulki (częściej walca), poruszającej się w kanale, na ciepło (wskutek wewnętrznego tarcia), wyznaczając lepkość cieczy. W badaniach wizualizuje się drgania, aby wyciągnąć wnioski z charakteru drgań, eliminuje się napięcie powierzchniowe itd. Za pomocą prawa Stokesa bada się ruchy Browna, ruchliwość cząstek, elektronów, jonów, dyfuzję.

[2] Prawo Stokesa obowiązuje przy niskiej wartości liczby Reynoldsa. Liczba Reynoldsa pozwala na określenie charakteru ruchu (laminarność) w płynie – praktycznie w szczelinie cylindra; lub samego płynu, w metodzie obserwacji wycieku płynu ze szczeliny cylindra o promieniu R (w wiskozymetrii badamy też ruch walca w cylindrze).

2. *Krok drugi* w badaniu znaczenia heurystycznej roli geometrii w fizyce. Przykład z fizyki lepkości

Urealistyczniona wersja równania Stokesa, podana przez Landenburga (1907), na prędkość v dla ruchu w cylindrycznej szczelinie o promieniu *R*, technicznie przygotowanej do wpuszczania kulki i wypełnionej cieczą, ma znaną postać [4]:

$$v(1 + 2{,}4r/R) = (2/9)gr^2\Delta\rho/\eta \tag{2}$$

Z równania (2) otrzymuje się wyrażenie na promień r kulki poruszającej się w szczelinie (wąskim cylindrze). Ponieważ promień kulki otrzymuje się doświadczalnie z pomiaru *v, to* będziemy nazywać go odtąd r_{ex}:

$$r = r_{ex} \tag{3}$$

Wskaźnik ex *w* r_{ex} podkreśla wynik uzyskany eksperymentalnie. Przemianowanie r na r_{ex} początkowo może wydawać się zbędne. Analizy logiczne polegają jednak na rozbiorze logicznym istniejących prawidłowości wyrażonych wzorem. To przemianowanie odpowiada ciągowi rozumowania, który ma na celu wykazanie znaczenia ukrytych podstaw nauk technicznych, tu – w problemie ruchu ciał o różnych kształtach w cieczy lepkiej. Nazwijmy te podstawy metodologicznymi. Przemianowane (3) zdaje relację z całego ciągu badania podstaw matematycznych (w technice) o znaczeniu heurystycznym, a nie jest potrzebne w doświadczeniach fizycznych, w naukach fizykalnych, mechanice płynów, hydrodynamice (tu w odniesieniu do lepkości).

Z równania (2) otrzymuje się wyrażenie na promień eksperymentalny r_{ex} [4]:

$$r_{ex} = (5{,}4/Rg)v\eta/\Delta\rho + [(5{,}4/Rg)^2\,(v\eta/\Delta\rho^2) + (4{,}5/g)\,(v\eta/\Delta\rho)]^{1/2} \tag{4}$$

ogólnie:

$$r_{ex} = A\zeta + (A^2\zeta^{2+}B\zeta)^{1/2} \tag{5}$$

gdzie:

$A = 5{,}4/Rg,\ B = 4{,}5/g$ – stałe instrumentalne,
$\zeta = v\eta/\Delta\rho$.

Parametr geometryczny spadającego w cieczy ciała, tu – promień kulki r_{ex} wyznacza się doświadczalnie, na podstawie prędkości spadania.

W fizyce doświadczalnej nie pytamy, czy można się uwolnić od wyłącznie doświadczalnego wyznaczania r_{ex}. Takich intencji fizyka nie przejawia, gdyż oznaczałoby to uwolnienie się od zjawiska rozumianego w całym jego konkrecie, czyli w całej doświadczalnej wykonawczości. Z punktu widzenia fizyka za każdym razem z jakimś konkretnym kształtem trzeba wykonywać osobno doświadczenie. Wydawałoby się, że nie można tu zrobić przeskoku i zminimalizować zadany konkret doświadczalny. Z punktu widzenia badań nad kształtem spadającego ciała równanie (5) jest nieoperacyjne[3].

[3] Przypomina to kołowość „orbit" Kopernika, z tym, że kołowość orbit w jego modelu nie przeszkodziła wprowadzeniu rewolucji w astronomii. W astronomii i w humanistyce, ponieważ Kopernik wprowadził zasadniczo nowy obraz świata. Koła nie musiały być od razu zamienione na elipsy, ponieważ Kopernikowi chodziło o zasadę względności ruchu i o nową (w porównaniu z arystotelesowską) zasadę kosmologiczną, o nową heurystykę. Co innego u Arystotelesa, a raczej u Ptolemeusza. Wystarczy-

W teorii ciśnienia osmotycznego p jest piękny wzór $p = RT/Vm$, który posiada bardzo dobrą interpretację fizyczną, mianowicie kinetyczną (molekularną). Można oczywiście wprowadzić do tej fizyki zinterpretowanej w kategoriach temperatury, ciśnienia i objętości wiele wyrazów dodatkowych w celu dopasowania do wyniku obserwowanego

$$pV_m = RT(1 + B/V_m + C/V_m^2 + \cdots),$$

$$pV_m = RT\left(1 + B'p + C'^{p^2} + \cdots\right),$$

gdzie:

B, C ... i B', C' ... są współczynnikami, które zależą tylko od temperatury.

Jednakże w ten sposób traci się fizykalną interpretację wzoru z dodatkowymi wyrazami, choć się zyskuje zgodność z wynikiem eksperymentu. Rzecz jasna, jest to tylko fizyka instrumentalistycznie rozumiana, aczkolwiek jest sprzeczna za wszystkimi podręcznikami dla chemików, którzy zajmują się osmozą. Podręczniki chemii podają tylko jeden wzór $p = RT/V_m$. Są to odpowiedniki dodawania w systemach astronomicznych „orbit” kołowych, czyli sfer, epicykli, deferensów i ekwantów. Przyświeca im jeden cel – uzyskanie zgodności z wynikiem obserwacji.

3. *Krok trzeci* w ustaleniu znaczenia heurystyki w podstawach nauk technicznych. Ciało kuliste a ciała o innym kształcie, poruszające się w płynie. Promień efektywny jako promień syntetycznej kulki reprezentującej dowolny kształt

W kolejnym kroku wykazania znaczenia matematycznej heurystyki w technice pomiarów wiskozymetrycznych możemy stwierdzić, że dla dowolnego ciała (o dowolnym kształcie), poruszającego się ruchem swobodnym w cylindrycznej szczelinie z cieczą, dla której wyznacza się ζ na podstawie pomiaru ν , można zdefiniować [4] promień efektywny r_{ef}:

$$r_{ex} = r_{ef} \tag{6}$$

Dowolny kształt chcemy sprowadzić (zsyntetyzować) do takiej reprezentacji pojęciowej (sztucznego języka), jakbyśmy mieli na względzie ciało kuliste, aby postępować jak w fizyce dla kulki. Nie jest to zagadnienie aproksymacji, idealizacji lecz sztucznego języka. To znaczy, że choć ciało o dowolnym kształcie nie jest kulą, to chcemy nowe najdziwniejsze kształty, spójne, przedstawiać tak, jakby chodziło o kulę[4].

Promień efektywny, obliczony z $\zeta = \nu\eta/\Delta\rho,$ to promień kulistej reprezentacji ciała kształtu dowolnego, która by opadała z prędkością taką samą, jak opada obserwo-

ły epicykle i deferensy oraz ekwanty. Z punktu widzenia obserwacji nie trzeba było Kopernikowi rezygnować z kół. Ogólności to nie zaburzało, lecz były to osobne systemy.

4 Przypomina to stosunek dzieł baroku do stylu barokowego. Dzieła były konkretne, np. w muzyce, architekturze, logistyce, urbanistyce, rzeźbie, malarstwie, muzyce, poezji – od XVII w., a nawet wcześniej, natomiast dopiero w wieku XX udało się odnaleźć to, „czego nie było” – styl baroku, czyli syntezę dzieł baroku. Pierwotnie barok miał określać drwinę, oznaczał brak stylu, chaos, przypadek. I tak swoje dzieła przekornie nazywał Bernini. Gdy go pytano, czym się kierował, odpowiadał: przypadkiem. Nie było to prawdą, ale też nie było języka, ani odpowiedniej ontologii. Syntezy poszukiwano kilkaset lat, aż się jej dopracowano w XX w. Dzieła baroku mają się tak do stylu barokowego jak fizyka do metodologii – fizyki, która jest dyscypliną humanistyczną i prawie nigdzie, poza pracami Grabińskiej i autora, nie rozwijaną.

wane ciało dowolnego kształtu – rzecz jasna, z prędkością odpowiednią dla ruchu laminarnego, który warunkuje (2). Kulka posiadałaby te same materiałowe parametry co ciało, które wykorzystywano w doświadczeniu. Ciecz w cylindrze, w którym poruszałaby się efektywna kulka, byłaby identyczna z tą, w której opada ciało. Czy jest jakaś metoda wyznaczania promienia syntetycznego dla dowolnej bryły, dowolnego kształtu, r_{ef}? Czy doświadczenia dla różnych kulek można przekształcić w wiedzę dla ciał o różnym kształcie i co tworzy tu pomost? Czy czysto matematyczne, geometryczne rozważania są odpowiednie?

4. *Krok czwarty* w zagadnieniu kształtu. Od techniki do heurystyki z poziomu geometrii. Jaki powinien być wzór Stokesa dla ciała zsyntetyzowanego do kuli, tak aby korzystać z doświadczeń dla ciał kulistych.

4.1. Niedoświadczalny, *stricte* matematyczny parametr kształtu

W pytaniu: Jaki powinien być wzór Stokesa dla ciała zsyntetyzowanego do kuli? idzie o kształt, który jest porównywalny z kształtem kuli. Doświadczenie pokazuje, że podstawowe są tu analizy geometryczne. W toku badań doświadczalnych ustalono, że ciało po osiągnięciu równowagi, tzn. gdy opada jednostajnie w ruchu laminarnym, znajduje się stale w położeniu takim, że ortogonalny rzut bryły na płaszczyznę poziomą maksymalizuje powierzchnię [4]. Dlatego sześcian ustawia jedną ze swych przekątnych pionowo (spada rogiem). Oznacza to, że w fizyce i całej hydrotechnice rola matematyki (tu geometrii, w fizyce cieczy lepkiej) jest głęboko ukryta.

Niech K oznacza liczbową, opartą na geometrii, miarę kształtu danej bryły spójnej w stosunku do kuli odpowiadającej jej powierzchnią i objętością [4]:

$$K = VP_k/V_kP \quad 0 < K \leq 1 \tag{7}$$

gdzie:

V i P – objętość i powierzchnia ciała o dowolnym kształcie,
V_ki P_k – objętość i powierzchnia kuli odpowiadające powierzchni i objętości ciała o dowolnym kształcie.

„Odpowiadające” oznacza sprowadzenie do (identyfikację z) V i P *ciała* dowolnego kształtu:

$$V = 4\pi r_1^3/3 \rightarrow r_1 = (3V/4\pi)^{1/3},\ P_k = 4\pi r_1^2 \rightarrow \quad P_k = 4\pi[(3V/4\pi)^{1/3}]^2$$

$$P = 4\pi r_2^2 \rightarrow r_2 = (P/4\pi)^{1/2},\ V_k = 4\pi r_2^3/3 \quad \rightarrow V_k = 4\pi(P/4\pi)^{3/2}/3 \tag{8}$$

Miarę kulistości K wyraża wzór:

$$K = [(36\pi)^5 V^{10}/P^{15}]^{1/6} \tag{9}$$

K mierzy stopień dopasowania kształtu dowolnego do kształtu kulistego. Im wartość K jest bliższa jedności, tym ciało lepiej symuluje kulkę, np. dla sześcianu $K = 0{,}583$, ale już dla dwudziestościanu umiarowego $K = 0{,}855$ [4].

4.2. Metoda heurystyczna w poszukiwaniu wyrażenia na promień teoretyczny r_g, czyli dla spójnego ciała dowolnego kształtu, spadającego w cieczy lepkiej

Aby osiągnąć rezultat potrzebne jest dodatkowe równanie, inne niż rozwiązanie r_{ex}, a więc z innego źródła. A ponieważ nie korzystamy tu z doświadczenia, to trzeba sięgnąć do źródła nie tyle matematycznego, ile analitycznego w sensie analizy wymiarowej [6, 7]. Promień matematyczny [4] (geometryczny) r_g

$$r_g = r_{ex} = CKP^mV^n \tag{10}$$

przy czym r_{ex} już od czasu ustalenia (redefinicji promienia kulki r) pełni rolę analityczną, wziętą z ustalenia znaczenia r_{ex}, a mianowicie $r_{ex} = r_{ef}$. Ma to sens analityczny, czyli oznacza, że wykładniki m i n w r_g są już tak dobrane, aby odzwierciedlać (zachować) syntetyczną reprezentację dowolnego $r_{ex} = r_g$, a C jest stałą tak dobraną, aby dla ciała kulistego o promieniu $r(K = 1)$:

$$r_{ex} = r_g = r_{ef} = r \tag{11}$$

Aprioryczna, z innego typu logicznego niż typowo fizyczne rozważania, jest sama formuła $r_g = CKP^mV^n$, a jej *novum* logiczne jest widoczne w formule dla r ((10) i (11)) – w postaci potęgowej, a nie (jak to jest sugerowane w [4]) w postaci wyrazów stokesowskich, promieni kulek (4) i (5), które przypominają nam, że łatwo traci się rozumienie procesu za cenę instrumentalnej zgodności z eksperymentem (wiedza ilościowa kontra nauka).

Heurystyka matematyczna zaznacza się tu tym, że istnienie m i n zakłada się poza fizyką eksperymentu, lecz nie w całkowitym odłączeniu od fizyki. Zakłada się ich odrębność od fizyki doświadczalnej i teoretycznej w sensie procedur technicznych operacji prowadzących do stokesowskiego promienia r, a więc *a priori*. Jest to wiedza *a priori*, ale nie „z powietrza" i nie z samej matematyki, lecz z wielce ogólnych zasad fizykalnych zwanych analizą wymiarową [6, 7, 8, 9]. Jest to wiedza z „fizyki" (którą trzeba napisać w cudzysłowie) dostatecznie ogólnej, potrzebna do sprawdzenia, czy da się same m i n wyznaczyć doświadczalnie, przy czym wskazówką heurystyczną jest tu parametr (wielkość) K dla bryły badanego kształtu. Doświadczenie rozstrzyga o m i n, ale nie jest to już wprost fizyka lepkości lecz ogólniejsza teoria podstaw fizyki. Tak stawia kwestie metodologia nauk empirycznych [10].

Po przeprowadzeniu doświadczeń z różnymi bryłami (wypukłymi lub wklęsłymi), ale na tyle regularnymi, aby można było geometrycznie obliczyć współczynnik K, wyniki rozważań *stricte* heurystyczne przedstawiają się w następujący sposób [4]:

dla brył o takiej samej powierzchni P $\quad r_{ex} \sim K/V$;

dla brył o takiej samej objętości V $\quad r_{ex} \sim KP^2$; (12)

dla brył o takim samym współczynniku K $\quad r_{ex} \sim P^2/V$.

Te wyniki potwierdziły *novum*, czyli heurystykę równania potęgowego (10), w sensie uszczegółowienia m i n, i samą równość r_g i r_{ex}:

$$r_{ex} = CKP^2V^{-1} = r_g \tag{13}$$

a stała $C = 1/12\pi$.

Z (13) i z definicji K, (7) lub (9):

$$r_g = [(81/4\pi)\ (V^4/P^3)]^{1/6} \tag{14}$$

Doświadczalnie sprawdzono też [4], że $r_{ex} = r_g$ dla wszystkich badanych ciał o dowolnym kształcie. Po wstawieniu (14) do prawa Stokesa (1) otrzymuje się uogólniony wzór Stokesa na prędkość spadającej bryły [4], w syntetycznym języku fizyki obowiązującej dla kulki:

$$v = (\varrho\Delta\rho/\eta)(2V^4/9\pi P^3)^{1/3}. \tag{15}$$

Widać, że czynnik heurystyki matematycznej jest w fizyce głęboko ukryty, ponieważ K nie występuje w uogólnionym równaniu ruchu kulki (15), czyli w równaniu odpowiadającym syntetycznemu językowi, całkowicie sztucznemu, gdyż opisuje on to, czego „nie ma”[5], a więc kulistość brył ewidentnie niekulistych.

Znaczenie heurystyki geometrycznej, *K*, a pośrednio ciągu dedukcji heurystycznej fizykalnej (sama matematyka nic jeszcze nie daje), $r = r_{ex}$, $r_{ex} = r_{ef}$, $r_{ex} = r_g$, jest dostrzegalne w tym, że w (14) Vma wykładnik 2/3, P zaś -1/2, a w (13) odpowiednio mamy wykładniki – 1 oraz 2. Bez K tego wyniku nie dałoby się uzyskać.

Syntetyczny promień r_g (stokesowski), „udający” (symulujący) promień kuli, bo tak jest skonstruowany język teorii ciał dowolnych kształtów, może być stosowany jako promień „kuli syntetycznej” w mechanice płynów, gazów, ciał stałych; nawet w pewnym stopniu i w innych działach fizyki, o ile tylko kształty nie są bardzo dziwne, a ciała niespójne. Dwa ciała o podobnym średnim promieniu i objętości V mogą mieć drastycznie inne powierzchnie P, gdy jednemu z nich nadamy kształt np. jeżozwierza. Albo, formalnie, przy podobnym średnim promieniu i powierzchni P dwa ciała nie są podobne, gdy drastycznie inne są ich objętości V. W przypadku kuli średnia miara odcinków od środka ciężkości ciała do powierzchni bryły wynosi *r*.

LITERATURA

1. Lakatos I., Zahar E., *Why did Copernican Programme supersede Ptolemy's*? [in:] *The Copernican Achievement,* ed. by Westerman R., Univ. California, Los Angeles, pp. 354-383.

2. Zahar E., *Why did Einstein's Programme supersede Lorentz's*? [in:] *Method and Appraisal in the Physical Sciences*, ed. by Howson C., Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 211-275.

3. Zabierowski M., *Metoda naukowa mechaniki newtonowskiej a kryterium demarkacji*, Annales Academiae Paedagogicae Cracoviensis 60 (2008) s. 11-20.

4. Sysło M., *Uogólnione prawo Stokesa dla brył sztywnych* [w:] *Metody geometryczne w fizyce i technice*, pod red. Kucharczyk P., PWN, Warszawa 1968, s. 367-373.

[5] Równanie (15) jest z języka wyższego typu logicznego, jakby z syntetycznego języka - odpowiednika dla wszystkich dzieł baroku, czyli rzekomego braku stylu, tego czego nie ma (bo tyle znaczy barok, brak stylu, przypadek w sztuce i wytworach technicznych architektonicznych, urbanistycznych, logistycznych przestrzennych). Formuły (14) i (15) mają się tak do równania Stokesa, jak styl barokowy do dzieł baroku. Język o stylu dzieł barokowych powstał w wiele wieków po powstaniu dzieł barokowych, por. np. przykuwające swym pięknem logistycznym dzieło urbanistyczne Berniniego. Dzieła baroku to strona wykonawcza (analogon fizyki), a styl barokowy to strona humanistyczna. Niniejsza praca należy do humanistyki zwanej w naszej szkole metodologią nauk empirycznych.

5. Grabińska T., *Teoria, model, rzeczywistość*, Ofic. Wydaw. Polit. Wroc., Wrocław, 1993.
6. Dibaj E. A., Kaplan S.A. *Razmiernosti i podobie astrofiziczeskich wieliczin*, Izd. Nauka, Moskwa 1976.
7. Weisskopf V.F., *Of Atoms, Mountains, and Stars: A Study in Qualitative Physics* [in:] Science 187 *(*1975) pp. 605-612.
8. Zabierowski M., Grabińska T., *A note on Dirac's large number hypothesis* [in:] "Lettere al Nuovo Cimento", no 26 (11)/1979, pp. 349-352.
9. Kasprzak W., Lysik B., *Dimensional Analysis – Algorithmic Procedure for Experimental Data Processing,* WNT, Warsaw 1988.
10. Grabińska T., *Od nauki do metafizyki*, PWN, Warszawa-Wrocław 1998.

MATHEMATICAL HEURISTICS IN VISCOSIMETRY. METROLOGICAL PROBLEM OF SHAPE

Summary

The significance of mathematical and dimensional analyses is settled. The relation of metrology both to physics and abstract reasoning is revealed. The example of viscosimetry is used to continue the making of science to be more precise and the role of heuristics in the development of scientific investigations is pointed out. Usually these topics are presented in textbooks in an improper way. The article is also the prolongation of the dimensional analysis method given by Weisskopf (Science, 187, 1975). Especially the foundations of viscosity physics and Stokes's equation are examined scrupulously. The following are reconstructed: mathematical heuristics and mathematical conceptual apparatus in the empirical research of various shape bodies moving in fluids as well as the idealisation and language structure of the phenomenal description in hydrotechnics and viscosity physics.

Keywords: *empirical laws, theory, principles of physics, idealisation, approximation, methodology, dimensional analysis, geometry in physics, logic of discovery, philosophy of physics, philosophy of nature, humanism of technical science*

NOTA BIOGRAFICZNA

dr hab. Mirosław ZABIEROWSKI, prof. WSOWL – autor kilkuset prac naukowych. W 300-lecie wprowadzenia przez Heweliusza nazwy „Scutum" (dla uhonorowania króla Sobieskiego), ogłasza istnienie struktur kosmicznych większych od wtedy największych, wykrytych przez uczonych amerykańskich i tym samym wprowadza na niebo nazwy JPII - dla uhonorowania Jana Pawła II, a także nazwę JPS - dla uhonorowania Jerzego Popiełuszki i Solidarności, której Popiełuszko był kapelanem. W latach 70. dowodził istnienia materii w 90% w postaci ukrytej i w związku z tym podał po raz pierwszy teorię zamkniętego wszechświata oraz powstawania nowych światów przez oddzielenie od naszego zamkniętego. Podał nowe modele kosmologiczne rozwoju materii, teoretyczne podejrzenie, że istnieją struktury wielkoskalowe typu JPII i JPS, później odkryte. (W astronomii nazwa „Scutum" oznacza, że chodzi o Wiktorię Wiedeńską - Sobieskiego z 1683). Jeszcze jako student, wygłaszał wykłady w KUL, UJ i in., przed przyjęciem na Zachodzie koncepcji materii ukrytej i oddzielania się świata od świata zamkniętego (wyodrębniania się światów ze świata), inżynierii produkcji światów, tego, co niektórzy ekonomiści zaliczają do nanotechnologii. Publikował w D.Reidel, Kluwer, Plenum i in.