

Zenon Eugeniusz Roskal

## **Miejsce historii nauki w zintegrowanym nauczaniu wiedzy przyrodniczej**

### **Wstęp**

W związku z dokonującą się reformą systemu edukacji dyskutuje się różne koncepcje nauczania zintegrowanego, w szczególności dotyczy to zintegrowanego nauczania wiedzy przyrodniczej. W tym kontekście dostrzega się ([Kotowska 1998]; [Raczkowska 1996]) możliwości wykorzystania do tego celu elementów historii nauki i techniki. W niniejszym artykule podejmuje się również ten problem. Celem tego artykułu jest właśnie podanie historycznych i merytorycznych argumentów za wykorzystaniem elementów historii nauki, jednakże nie tylko w procesie dydaktycznym zintegrowanego nauczania, ale również i na kursach doskonalących umiejętności zawodowe nauczycieli ze szkoły podstawowej i gimnazjum. Obok rzeczowych argumentów uzasadniających potrzebę wykorzystania wiedzy z zakresu historii poszczególnych dyscyplin naukowych zostaną także zaprezentowane konkretne zagadnienia, które w wysokim stopniu ukazują korelującą i integrującą funkcję elementów wiedzy historycznej w procesie nauczania wiedzy przyrodniczej. Ponadto zostaną też zaprezentowane propozycje zagadnień, które mogą być realizowane na kursach doskonalących w ramach przedmiotu elementy historii nauk przyrodniczych.

Artykuł składa się z trzech części. W części pierwszej zostaną przedstawione rzeczowe argumenty za wprowadzeniem elementów historii nauki do systemu edukacyjnego, w części drugiej będą omówione problemy integracji i korelacji wiedzy przedmiotowej wraz z podaniem przykładów zagadnień wokół których można by realizować proces integracji wiedzy przyrodniczej. W ostatniej, trzeciej części, zostaną zaprezentowane propozycje zagadnień, które można by realizować na kursach doskonalących nauczycieli szkół podstawowych i gimnazjów nauczających przedmiotów przyrodniczych, zarówno w tradycyjnym ujęciu (fizyka, chemia, biologia, geografia, astronomia), jak i (w przypadku nauczycieli uczących w szkołach podstawowych) w wersji zintegrowanej (blok przyroda). Do każdego z zagadnień podana będzie również wyselekcjonowana literatura na podstawie, której dane zagadnienie można realizować. Obszerna bibliografia podana

na końcu tekstu zawiera nie tylko pozycje cytowane, ale również szereg pozycji uzupełniających, które również mogą być wykorzystane do opracowania zaproponowanych zagadnień.

### **1. Uzasadnienie potrzeby historii nauki w systemie edukacyjnym**

Znaczenie historii nauki dla nauczania w szkołach (różnych typów i poziomów) dostrzegano już od dawna, aczkolwiek historia nauki jako przedmiot nauczania (zarówno szkolnego, jak i akademickiego) nie ma długiej tradycji (por. [Osińska 1974, ss. 311-316]; [Kuhn 1985, s. 162]). Na samym początku XX wieku (w 1900 r.), podczas obrad międzynarodowego kongresu historii porównawczej w Paryżu, a następnie (trzy lata później) na międzynarodowym kongresie nauk historycznych w Rzymie tacy wybitni historycy nauki jak, m.in. Paul Tannery, Gino Loria, czy Karl Sudhoff postulowali nauczanie historii nauki nie tylko w szkołach wyższych, ale również w liceach i gimnazjach. Postulat ten oraz związane z nim zagadnienia dyskutowano (Aldo Mieli) później m.in. na pierwszej sesji międzynarodowej konferencji nauczania historii w Hadze (1932). Stawiano wówczas wprost m.in. takie pytania, jak:

- 1) Czy historia nauki może interesować uczniów?
- 2) Czy nauczanie historii nauki jest potrzebne i jakie wnosi wartości do procesu dydaktycznego?
- 3) Kto jest najbardziej kompetentny, by uczyć historii nauki?

Odpowiedzi na dwa pierwsze pytania były wówczas pozytywne chociaż zauważano, że stopień zainteresowania uczniów problematyką historii nauki jest zależny od sposobu prezentacji treści, a ten z kolei zależy od stopnia zaawansowania wiedzy ucznia. Na najniższym poziomie atrakcyjne wydają się być przekazy dotyczące wynalazków technicznych i wątki biograficzne oraz dzieje podróży i odkryć geograficznych. Na średnim i wyższym poziomie może to być uzupełnienie wiedzy przedmiotowej (z fizyki, chemii, biologii, itp.) o treści historyczne poszerzające i uzupełniające zagadnienia przedmiotowe i pełniące zarazem funkcje systematyzujące. Na poziomie akademickim mógłby już to być systematyczny wykład ogólnej historii nauki integrujący całość wiedzy przyrodniczej. Przeszkodą nie do pokonania w realizacji postulatu nauczania historii nauki w szkołach średnich okazał się jednak problem zasygnalizowany w trzecim pytaniu. Próbowano różnych rozwiązań postulując zlecenie tego typu zajęć bądź to nauczycielom historii ogólnej, bądź filozofii, bądź nauczycielom poszczególnych przedmiotów, ale żadne z tych rozwiązań nie było zadawalające. Nie było też zgody co do celów i zadań nauczania historii nauki, gdyż w samej pracy badawczej historyków nauki również nie było jednoznacznie zdefiniowanego przedmiotu i celu badań. Według pewnej koncepcji historii nauki (Thomas S. Kuhn) jej przedmiotem badań są

dzieje poszczególnych dyscyplin naukowych zawężone do węższych lub szerszych ram czasowych, według innej (George Sarton), przedmiotem historii nauki jest nauka jako integralna całość, celem zaś synteza rozwoju myśli naukowej (historia nauki jako metanauka syntetyzująca). W ramach współczesnych dyskusji nt. celów i zadań historii nauki oraz jej roli w systemach edukacyjnych zauważa się ([Teske 1974, ss. 67-69]) przede wszystkim to, że współczesna cywilizacja realizując pragmatyczny cel panowania nad przyrodą jest bardzo silnie powiązana z techniką, która z kolei opiera się na naukach przyrodniczych (czasami wręcz je wyprzedza). Z drugiej strony trzeba zauważyć, że ludzkość zawsze czyniła intelektualne wysiłki w celu teoretycznego ujęcia przyrody, bez podporządkowywania jej swoim celom praktycznym. Najczęściej odbywało się to na drodze poszukiwania inteligibilnego, ahistorycznego i abstrakcyjnego czynnika transcendującego zmienną rzeczywistość ujawnianą przy pomocy bezpośredniego doświadczenia zmysłowego. Nauka u swych źródeł była przede wszystkim triumfem abstrakcyjnego porządku wprowadzonego przez zracjonalizowaną myśl do chaosu danych bezpośredniego doświadczenia (por. [Crombie 1960, t. 1, ss. 17-21]). Później okazała się także triumfem celów pragmatycznych nad teoretycznymi. Immanentne zróżnicowanie celów nauki nie znajduje jednak odbicia we współczesnych systemach edukacyjnych. Z jednej strony rozwija się bowiem i umacnia stechnicyzowaną wizję nauki, z drugiej zaś pomija teoretyczne, a więc humanistyczne i ogólnokulturowe znaczenie nauki. Tymczasem w kulturze europejskiej istnieje długa tradycja zgodnie z którą znajomość historii, zwłaszcza zaś znajomość historii własnej dyscypliny naukowej (ale również np. historii własnego kraju, czy historii własnego narodu) uchodzi za niezbędny element wykształcenia ogólnego. Wiedza z historia nauki jest niewątpliwie tym czynnikiem, który znakomicie rozszerza wykształcenie ogólne i pogłębia kulturę. Jest też niezbędną podstawą do wysuwania uogólnień natury filozoficznej (metodologicznych, epistemologicznych, ontologicznych). Tymczasem faktycznie jest tak, że systematycznie poszerza się zakres nauczania przedmiotów przyrodniczych kosztem przedmiotów humanistycznych, co prowadzi do (już dającego się zauważyć) procesu dehumanizacji wykształcenia. Niewiele się też robi, by ukazać kulturotwórczą i ogólnohumanistyczną rolę nauki. Wprowadzenie do systemów edukacyjnych elementów historii nauki jest w stanie w naturalny sposób, nie zrywając związków z daną dyscypliną przyrodniczą, ukazać jej powiązanie z szeroko rozumianymi dyscyplinami humanistycznymi (literaturą, sztuką, filozofią i teologią). Historia nauki wydaje się zatem być jedynym pomostem dzięki któremu możemy dokonać syntezy tradycyjnego humanizmu ze współczesnym przyrodoznawstwem, szczególnie w sartonowskim modelu historii nauki ([Sarton 1956]), według którego poszczególne nauki nie są niezależne, ale wzajemnie ze sobą powiązane. Zbudowanie takiego pomostu wydaje się też być główną kulturową potrzebą naszych czasów. Cel ten mógłby być zrealizowany właśnie w ramach jednej syntetycznej historii obejmującej zarówno historię nauk przyrodniczych, jak i historię nauk humani-

stycznych. Historii, której elementy mogłyby być nauczane w szkołach różnych typów i poziomów. Tak rozumiana historia nauki byłaby *sui generis* humanistyczną interpretacją nauk przyrodniczych. Dzięki zabiegom genetycznej narracji i historycznej interpretacji obszar przyrodoznawstwa otwiera się bowiem na pojmowanie nie tylko w kategoriach abstrakcyjno-matematycznego rozumowania, ale również w ramach sieci pojęć zdroworozsądkowych, których istotną częścią jest świat kategorii potocznego doświadczenia. Ten zaś jest o wiele bardziej dostępny umysłowości ucznia niż abstrakcyjny świat zmatematyzowanego i stechnicyzowanego przyrodoznawstwa.

Wprowadzenie (przynajmniej elementów) historii nauki do systemu nauczania mogłoby spełniać także i inne cele, takie jak np. usprawnienie procesu dydaktycznego. Nauczanie nauk przyrodniczych odbywa się bowiem w porządku systematycznym (aczkolwiek nie zawsze jest on konsekwentnie utrzymywany, gdyż stworzyłoby to barierę abstrakcji trudną do przebycia), w takim też porządku pisane są podręczniki (czasami zawierają one informacje o charakterze biograficzno-chronologicznym lub anegdotycznym, ale nie zmienia to ich generalnie ahistorycznego ujęcia). Ukazanie w procesie dydaktycznym historycznego, a więc rzeczywistego obrazu rozwoju nauki, pozwala nie tylko lepiej zrozumieć przekazywane treści, ale przede wszystkim urozmaica i ubogaca zrutynizowane zagadnienia wprowadzając ucznia w kontekst ich odkrywania i burzliwy proces akceptacji. Tymczasem porządek historyczny jest porządkiem naturalnym. Systematyzacja wiedzy według tego porządku jest najlepiej przyswajalna w procesie dydaktycznym w związku z tym, że zawiera najmniej założeń ogólnoteoretycznych i ideologicznych. Porządek systematyczny wykładu gubi istotne dla procesu zrozumienia jego treści pytania o genezę poszczególnych osiągnięć i pytania o sens niepowodzeń. Nauka wykładana jako pasmo zdobyczy intelektualnych bez ukazania procesu pokonywania barier stojących na ich drodze nie może być właściwie zrozumiana ani, tym bardziej, właściwie wartościowana. Ważne wydają się odpowiedzi na pytania: Jaki jest świat? albo raczej: Jakim my dzisiaj go postrzegamy?, ale równie ważne są odpowiedzi na pytania: dlaczego nasi intelektualni antenaci udzielali odpowiedzi tak bardzo różniących się od naszych? Warto jeszcze zauważyć, że historia nauki poprzez swoją integrującą rolę nie tylko zbliża i unifikuje kulturę przyrodniczą z humanistyczną, ale również przyczynia się do unifikacji samego przyrodniczego obrazu świata<sup>1</sup>. Proces ten odbywa się głównie dzięki korelacji<sup>22</sup> i integracji<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Pojęcie zunifikowanego (fizycznego) obrazu świata można by odnosić zarówno do pierwszych wizji całości przyrody pojawiających się w ramach antycznej filozofii przyrody, jak i bliższych nam czasowo ujęć dokonywanych w ramach, ukonstytuowanego na gruncie nowożytnym, matematycznego przyrodoznawstwa. Z uwagi na coraz większe znaczenie jakie mają we współczesnym świecie nauki przyrodnicze pojęcie fizycznego obrazu świata zrelatywizujemy do kontekstu nauk przyrodniczych zakładając (aczkolwiek założenie to wydaje się kontrowersyjne w świetle niektórych tez współczesnej filozofii nauki), że generują one spójną przedmiotowo, ale również metapredmiotowo (tzn. dysponują jednolitą metodą pozyskiwania wiedzy) wizję rzeczywistości przyrodniczej. Por. [Planck 1970, ss. 7-42].

<sup>2</sup> Pojęcie korelacji w równym stopniu należy do zagadnień przedmiotowych stawianych i rozwiązywanych na gruncie dyscyplin przyrodniczych (m.in. biologii, gdzie korelację definiuje się jako współzależność wy-

wiedzy przyrodniczej ujawniając komplementarność poszczególnych dyscyplin przyrodniczych w tworzonym przez nie przyrodniczym obrazie świata.

Ważnym argumentem za wprowadzeniem elementów historii nauki do nauczania szkolnego jest również możliwość akcentowania wkładu Polaków do nauki światowej oraz, szerzej, dziedzictwa ogólnokulturowego. Wątki biograficzne zawierają poza tym walory wychowawcze. Biografie wybitnych uczonych z reguły bogate są we wzorcowe typy zachowań.

## 2. Propozycje korelacji treści przedmiotowych w kontekście analiz historycznych

Wśród bogactwa zagadnień, jakie oferuje historia nauki znajdują się i takie, które dadzą się wykorzystać w procesie dydaktycznym do skorelowania treści przedmiotowych. Najczęściej mają one charakter zintegrowanych interdyscyplinarnych epizodów z historii nauki. Ponieważ egzemplifikacji tego typu epizodów jest bardzo dużo, dlatego ograniczymy się do podania tylko najbardziej reprezentatywnych. Przykładem takiego epizodu z historii nauki może być centralny problem geograficzno-nawigacyjny pierwszej połowy XVIII wieku określania długości geograficznej na pełnym morzu. Wagę tego problemu możemy ocenić choćby w ten sposób, że został on

---

stępowania niektórych cech budowy i funkcji organizmu u gatunków roślinnych i zwierzęcych), jak i do szeroko rozumianych zagadnień metaprzekmiotowych, do których można by zaliczyć występujący w dydaktyce problem jednoczesnego omawiania tych samych zagadnień na lekcjach różnych przedmiotów. W dydaktyce faktycznie mamy do czynienia co najmniej z dwoma pojęciami korelacji: bierną i czynną. Korelację bierną zapewnia prawidłowa sekwencja odpowiednich haseł programowych oraz stosownie do tej sekwencji skomponowane podręczniki. Korelację czynną stanowią: 1) analiza uprzednio zrealizowanych haseł w innych przedmiotach oraz 2) realizacja treści tematów zorientowana na wykorzystanie w przyszłych lekcjach innych przedmiotów. Por. [Burewicz 1985, ss. 72-73]. Z jeszcze innym pojęciem korelacji spotkamy się badając proces tworzenia zunifikowanego obrazu świata. Stosowne analizy tego procesu, prowadzone w ramach historii nauki, ujawniają liczne współzależności pomiędzy, wyłaniającymi się z filozofii przyrody i konstytuującymi zręby nowożytnego przyrodoznawstwa, poszczególnymi naukami empirycznymi. Zależności te, interpretowane w świetle zasad redukcjonizmu, ujawniają podstawowe znaczenie fizyki, a zrelatywizowane tylko do XVIII i XIX wieku, kilku jej wiodących teorii m.in. mechaniki i elektrodynamiki. Tego typu korelacja przełożona na praktykę dydaktyczną stwarza możliwości integracji wiedzy przyrodniczej.

<sup>3</sup> Integracja wiedzy może się odbywać według różnych schematów i procedur. Relewantnymi dla naszych rozważań będą dwie koncepcje integracji. Pierwsza z tych koncepcji (przedmiotowa) zakłada łączenie ze sobą różnych przedmiotów nauczania w kompleksy o spójnym powiązaniu treściowym polegającym na uwypukleniu takich zagadnień merytorycznych dotyczących wyselekcjonowanych fragmentów rzeczywistości fizycznej, które są równocześnie przedmiotem zainteresowania różnych dyscyplin przyrodniczych (fizyki, chemii, biologii, itp.). Druga koncepcja (metaprzekmiotowa, metodologiczna) zakłada integrację metod badawczych wykorzystywanych w ramach poszczególnych dyscyplin przyrodniczych. Por. [Tokar 1998, ss. 263-264]. Propozycję integracji poprzez korelację treści programowych fizyki i chemii można znaleźć w [Nawrocka 1996]; [Burewicz 1985], integracji fizyki z biologią [Kucharski 1980; Wójcicka 1981]; [Sokołowski 1990] oraz szeroko rozumianej integracji wokół fizyki pozostałych przedmiotów przyrodniczych z wykorzystaniem niekonwencjonalnych metod dydaktycznych [Gawron 1995] i zagadnień ekologicznych [Niewiarowska 1995], fizyki z geografiami [Sokołowski 1988]. W literaturze przedmiotu rozważane są również propozycje integracji fizyki z przedmiotami humanistycznymi [Raczkowska 1996]. Por. także [Teske 1970].

sformułowany w formie ustawy parlamentu (ustawa o długości geograficznej, wydana za panowania królowej Anny, 8 lipca 1714 r.). Na mocy tej ustawy ogłoszono konkurs, w którym dla zwycięzców przewidziano bardzo wysokie nagrody pieniężne. Powołano też komisję (Board of Longitude) w skład której weszli najwybitniejsi w owym czasie uczeni angielscy (m.in. Newton i Halley). Integralną częścią tego zagadnienia, które bynajmniej nie ogranicza się tylko do problematyki geograficznej, są dzieje mechaniki, w szczególności tych jej działów, które zajmują się konstruowaniem zegarów mechanicznych<sup>44</sup>, zwłaszcza zaś prototypowych konstrukcji chronometrów, czyli zegarów o bardzo wysokiej regularności chodu. Najbardziej oryginalne konstrukcje tego czasu były autorstwa człowieka bez formalnego wykształcenia uniwersyteckiego, a nawet praktyki zegarmistrzowskiej, a mianowicie Johna Harrisona<sup>55</sup>. Zastosowane przez niego materiały (drebno, mosiądz) oraz oryginalne konstrukcje (kompensator przyspieszeń, koszyczkowe łożysko kulkowe, bimetal, wychwyty nożycowy) ukazują nie tylko związek problematyki mechaniki precyzyjnej z ogólną problematyką fizyczną (rozszerzalność termiczna ciał, tarcie), ale również z zagadnieniami materiałoznawstwa blisko związanymi z problematyką chemiczną. W ramach innych (astronomicznych) metod wyznaczania długości geograficznych możemy doszukać się z kolei związków z problematyką astronomiczną, w szczególności z teorią ruchu Księżyca i katalogowaniem pozycji gwiazd. W szerszym zaś kontekście, poprzez problematykę związaną z czasem, pojawiają się także kwestie dotyczące rachuby czasu, w szczególności zagadnienie stref czasowych, ale również, w dalszej perspektywie, problem kalendarza (główne jego reformy: juliańska i gregoriańska). Historia odkrycia metody wyznaczania długości geograficznej na pełnym morzu daje również możliwość łatwego rozróżnienia pojęciowego długości od szerokości geograficznej. Pojęcia te definiowane są bowiem w sposób bardzo podobny, poprzez odwoływanie się do tych samych pojęciowych struktur geometrycznych i dopiero powiązanie pojęcia długości geograficznej z metodami jej wyznaczania daje możliwości łatwego rozróżnienia pojęcia długości od pojęcia szerokości geograficznej. Niebagatelna sprawą jest też aspekt wychowawczy zawarty w historii rozwiązania problemu określenia długości geograficznej na pełnym morzu. Tym, który najlepiej od strony praktycznej problem ten rozwiązał (John Harrison) był bowiem samotny geniusz pracujący z dala od ówczesnych ośrodków naukowych. Jego talent oraz systematyczna praca zapewniły mu ostateczne zwycięstwo i trwałe miejsce w historii nauki.

---

<sup>44</sup> Istotnych usprawnień w mechanizmach zegarowych (sprężyna regulująca ruch wahacza kołowego, zawieszenie zabezpieczające izochronizm wahadła) dokonał polski uczyony XVII w. Adam Kochański. Por. m.in. [Szołginia 1987, ss. 45-47].

<sup>55</sup> Biografię J. Harrisona ze szczególnym uwzględnieniem historii konstrukcji chronometrów (H 1, H 2, H 3 i najbardziej doskonałego – H 4), a tym samym wariant mechaniczny rozwiązania problemu określenia długości geograficznej na pełnym morzu można znaleźć m.in. w pracy [Sobel 1998, ss. 54-85]. Por. także [Zawielski 1981, ss. 59-62].

Ważnym przykładem jest też historia recepcji i rejekcji XVIII-wiecznej teorii flogistonu ukazana na tle genezy kinetyczno-molekularnego modelu materii. Większość świadectw empirycznych analizowanych w XVIII-wiecznej nauce była interpretowana jako dowody przeciwko flogistonowej teorii ciepła i równocześnie za kinetyczno-molekularnym modelem materii. Trudności z odrzuceniem teorii flogistonowej oraz akceptacją kinetyczno-molekularnej teorii ciepła w fizyce były tej samej natury co trudności z akceptacją atomistycznej koncepcji materii w chemii. Również źródła akceptacji obu teorii były te same. Można by je ująć, używając pewnych skrótów myślowych, jako ekspansję pojęć i metod ilościowych. W chemii proces ten doprowadził do stopniowego przejścia od jakościowego pojęcia atomu (molekuły) do ilościowej koncepcji równoważnika chemicznego (1767, Cavendish; 1792, Richter). W fizyce nastąpiło zaś totalne przejęcie kontroli nad procedurami akceptacji teorii przez kryteria wypracowane w oparciu o funkcje pomiaru. Jednakże pewne braki w aparacie matematycznym i, być może, trudności natury psychologicznej uniemożliwiały wypracowanie, bardzo ważnego z punktu widzenia akceptacji teorii kinetyczno-molekularnej, ilościowego ujęcia zasady zachowania energii z uwzględnieniem przekazywania energii na sposób ciepła. Z kolei w chemii trudności dotyczyły niemożności wyrażenia własności chemicznych przy pomocy ilościowych pojęć ujmujących poziom mikroskopowy. Ostateczne, poprawne pod względem pojęciowym i ilościowym, sformułowanie zasady zachowania energii (I-szej zasady termodynamiki) było udziałem Roberta Mayre'a i Jamesa Prescottta Joule'a. Osiągnięcie to pozwoliło nie tylko na ostateczny tryumf kinetyczno-molekularnej teorii ciepła, ale umocniło również atomistyczną koncepcję Johna Daltona w chemii ukazując tym samym komplementarność tych dyscyplin w tworzeniu przyrodniczego obrazu świata i zarazem przyczyniając się do integracji wiedzy przyrodniczej wyrażającej się w unifikacji fizycznego obrazu świata na gruncie ilościowych pojęć i metod.

Innym przykładem mogą być starożytne (Eratostenes z Cyreny, Posejdonios, Ptolemeusz) i nowożytne (Kartezjusz, Newton, Maupertius) próby określenia kształtu Ziemi oraz zmierzenia jej obwodu. Analiza tych zagadnień ujawnia z jednej strony pomysłowość zastosowanych metod przy jednoczesnym ubóstwie środków technicznych i bardzo małej (z dzisiejszego punktu widzenia) precyzji pomiaru. Różny (geometryczny, astronomiczny, geograficzny) charakter założeń przyjmowanych w tych intelektualnych przedsięwzięciach jest egzemplifikacją integralnego charakteru wiedzy naukowej i to nie tylko w jej historycznym wymiarze. Omawiając różne typy argumentacji za tezą o kulistym kształcie Ziemi nie sposób nie zauważyć zbieżności tych zagadnień z (matematycznym, geograficznym) problemem odwzorowania sferycznego kształtu Ziemi na płaszczyznę lub ogólniej z problematyką kartografii. Odstępstwa od kulistego kształtu Ziemi prowadzą zaś do zagadnień *stricto* fizykalnych zakładających znajomość takich pojęć fizycznych jak

m.in. siła odśrodkowa, przyspieszenie Coriolisa, pole grawitacyjne, czy zależności przyspieszenia ziemskiego od szerokości geograficznej i wysokości nad poziomem morza.

### 3. Propozycje zintegrowanych zagadnień do realizacji w ramach zajęć kursowych

1. Pomiary czasu i jego jednostki historyczne oraz współczesne [Zawielski 1981]; konstrukcje pierwszych zegarów oraz historia ich udoskonalania (Ch. Huygens, A. Kochański) [Szolginia 1987]; analiza przypadku określania długości geograficznej na pełnym morzu (J. Harrison, Galileusz) [Sobel 1998]; zagadnienie stref czasowych (S. Fleming), [Sirko 1999].
2. Rachuba czasu w starożytnych i nowożytnych cywilizacjach; problemy kalendarza juliańskiego oraz reforma gregoriańska kalendarza (Sosygenes, Kopernik, Luigi Lilla); metody wyznaczania wieku Ziemi, Księżyca; epoki geologiczne (E. Halley, W. Weserüll, B. Boltwood, Wasserberg, Fowler), kontekst odkrycia i modyfikacje metody węgla  $C^{14}$  (W. F. Libby, M. Stuiver, J. Zeuss) [Zawielski 1981], [Stankowski 1999].
3. Pomiary długości i jej jednostki historyczne oraz współczesne, różne typy układów współrzędnych; dowody kulistości Ziemi (Arystoteles, Pliniusz, Kopernik); starożytne i nowożytne metody pomiaru obwodu Ziemi (Archytas z Tarentu, Eudoksos, z Knidos, Eratostenes, Posejdonios, P. M. Maupertius, A.C. Clairaut, J. B. J. Delambre) [Kuhn 1966], [Sirko 1999]; historyczne metody pomiaru odległości Ziemi od Księżyca, Słońca i gwiazd, „prawo” Titusa-Bodego (Hipparch z Nikei, Arystarch z Samos, Posejdonios, Kopernik, Kepler, Bessel) [North 1997].
4. Słynne podróże geograficzne w różnych epokach historycznych (Pyteas, Kosmas, Marco Polo, Vasco da Gama, Ferdynand Magellan, Henry Hudson, James Cook); postępy kartografii, mapy morskie (portolany), pierwsze atlasy świata, metoda triangulacji (Ptolemeusz, Mercator, J. Blaeu, Wilbrord Snell, J. D. Cassini) [Sirko 1999], [Favier 1996].
5. Niektóre starożytne i średniowieczne modele kosmologiczne (model świata dwusferycznego i jego modyfikacje); geneza heliocentryzmu (Anaksymander, Filolaos, Herakleides, Eudoksos, Arystoteles, Ptolemeusz, Mikołaj z Oresme, Mikołaj z Kuzy, Kopernik, G. Bruno, Kepler) [Crombie 1960], [Kuhn 1966].
6. Spór o heliocentryzm w nauce, filozofii i teologii XVII i XVIII wieku a tzw. „sprawa Galileusza”; wybrane aspekty relacji nauka – kościół w dziejach kultury europejskiej (Tycho de Brahe, Kepler, Newton, Clavius, Bellarmine, Diego de Zuniga, Jan de Pineda) [Namer 1985], [Życiński 1989] [Minois 1995].
7. Pierwsze konstrukcje i udoskonalenia instrumentów naukowych (luneta, mikroskop, teleskop, teodolit, astrolabium, sekstans, kompas, termometr i barometr); rola nowych instrumentów w rewolucji naukowej XVI i XVII wieku oraz w poszczególnych odkryciach naukowych (geograficznych, fizycznych, biologicznych i astronomicznych) [Sirko 1999], [Ford 1998], [North 1998].
8. Odkrycie prawa powszechnej grawitacji; rozwój pojęcia siły; fizyczne pojęcia gęstości, ciężaru i masy; eksperymentalne próby „zważenia” Ziemi z wykorzystaniem prawa powszechnej grawitacji (Arystoteles, Archimedes, Borelli, Hook, Newton, Cavendish) [Rival 1997], [Cooper 1975], [Grotowski 1931].
9. Flogistonowa *versus* kinetyczno-molekularna teoria ciepła; pojęcie temperatury i ciepła, różne skale temperatur, zagadnienie pomiaru temperatury i ciepła (Fahrenheit, Celsius, Charles, Joule) [Kurkiewicz 1975], [Ingarden 1994], [Laue 1957].
10. Eksperymentalne a filozoficzne dowody istnienia próżni (Demokryt, Arystoteles, Straton z Lampasku, Heron z Aleksandrii, Ryszard z Midleton, Kartezjusz, Hobbes); pojęcie ciśnienia atmosferycznego, techniczne zastosowanie pomp (E. Torricelli, O. von Guericke, L. Euler, T. Saveri, D. Papin) [Crombie 1960], [Grotowski 1931].



11. Historyczne metody pomiaru prędkości dźwięku i światła; postępy akustyki i falowo-korpuskularnej teorii światła (Gassendi, Huygens, Newton, Young, Römer, Bradley, Fizeau) [Grotowski 1931], [Harré 1991], [Rival 1997].
12. Teorie barw, zagadnienie tęczy, złudzenia optyczne; wybrane zagadnienia starożytnej, średniowiecznej i nowożytnej optyki (Arystoteles, Alhazen, Witelton, Teodoryk z Freibergu, Kartezjusz, Newton, Goethe) [Harré 1991], [Crombie 1960].
13. Elementy starożytnych i średniowiecznych teorii zjawisk elektrycznych i magnetycznych a nowożytne wyjaśnianie niektórych zjawisk meteorologicznych (historia odkrycia piorunochronu); unifikacja wszystkich form elektryczności i zjawisk magnetycznych (Empedokles, Gilbert, Norman, Kolumb, Franklin, Galwani, Volta, Oersted, M. Fraday, Maxwell) [Harré 1991], [Taylor 1959]; [Harré 1991], [Grotowski 1931], [Cooper 1975].
14. Niektóre starożytne i średniowieczne teorie ciał elementarnych a nowożytna koncepcja pierwiastka chemicznego; odkrycia nowych pierwiastków chemicznych oraz sztuczne przemiany pierwiastków w nauce XIX wieku (Platon, Arystoteles, David z Dinant, Paracelsus, Boyle, Dalton, Mendelejew, M. Curie-Skłodowska, E. Rutheford) [Harré 1991], [Brock 1999].
15. Ezoteryczne koncepcje alchemiczne (kamień filozoficzny, eliksir życia, transmutacja) a praktyczne osiągnięcia alchemii (proch, porcelana, kwasy); źródła nowożytnej chemii eksperymentalnej (Bolos z Mendes, Jabir, Rhazes, Michał Sędziwój, Boyle, Lavoisier) [Mierzecki 1985], [Bugaj 1991], [Ferenc 1998], [Brock 1999].
16. Różne koncepcje odkrycia naukowego; analiza przypadku historii odkrycia tlenu oraz jego roli w procesach spalania i oddychania w kontekście flogistonowej teorii spalania (M. Sędziwój, J. Priestley, A. Lavoisier, G. Stahl) [Mierzecki 1985], [Ferenc 1998], [Harré 1991], [Brock 1999].
17. Wybrane zagadnienia starożytnej i nowożytnej embriologii, teorie formacji i epigenezy, przypadek embriologii pisklęcia (Arystoteles, Aldrovandi, Fabrizio, Casserio, C. F. Wolff, A. Von Haller); teoria samoródtwa, koncepcje palingenezy i homunkulusa, eksperymentalne dowody zasady „omne vivum e vivo” (Albert Wielki, Błażej z Parmy, Paracelsus, F. Redi) [Harré 1991], [Rival 1997], [Crombie 1960].
18. Niektóre starożytne, średniowieczne i nowożytne teorie chorób (medycyna humoralna, jatromatematyka i fizjatria) a mikrobowa koncepcja chorób zakaźnych, szczepionki; początki aseptyki i antyseptyki (Hipokrates, Galen, Paracelsus, Santorio, Pasteur, Semmelweis, Lister) [Harré 1991], [Bednarczyk 1984], [Szumowski 1961], [Brzeziński 1995], [Lyons 1996].
19. Starożytne badania nad hydrodynamiką roślin a podstawy nowożytnej fizjologii roślin; nowożytna botanika opisowa, klasyfikacje roślin (Teofrast, Jung. Linneusz); analiza przypadku odkrycia krążenia soku w roślinach (Teofrast, R. Hook, Malpighi, S. Hales) [Harré 1991], [Crombie 1960].
20. Wybrane starożytne i nowożytne teorie anatomiczne i fizjologiczne, anatomia człowieka, analiza przypadku odkrycia cyrkulacji krwi u człowieka (Galen, Vesliusz, A. Cesalpino, W. Herval) [Hall 1966], [Harré 1991], analiza przypadku odkrycia chemii procesu trawienia (J. B. Van Helmont, W. Beaumont) [Harré 1991].

## Bibliografia

1. Bednarczyk, A., *Filozofia biologii europejskiego oświecenia*, Warszawa: PWN 1984.
2. Białkowski, G., *Stare i nowe drogi fizyki. U źródeł fizyki współczesnej*, Warszawa: Wiedza Powszechna 1980.
3. Brock, W. H., *The Fontana History of Chemistry* (tłum. pol. J. Kuryłowicz, *Historia chemii*, Warszawa: Prószyński i S-ka 1999).

4. Brzeźński, T. (red.), *Historia medycyny*, Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL 1995.
5. Brzostkiewicz, S., *Przez ciernie do gwiazd. Opowieść o Janie Keplerze*, Warszawa: „Nasza Księgarnia” 1982.
6. Bugaj, R., *Hermetyzm*, Wrocław – Warszawa – Kraków: Ossolineum 1991.
7. Burke, J., *The Day the Universe changed* (tłum. pol. K. Środa, *Osiem stopni wtajemniczenia czyli jak zmieniliśmy świat*, Warszawa: „Świat Książki” 1998).
8. Chałubińska, A; Babicz, F., *Wartości dydaktyczno-metodologiczne historii geografii i jej miejsce we współczesnych programach nauczania*, [w:] W. Osińska (red.), *O nauczaniu historii nauki*, Wrocław - Warszawa - Kraków - Gdańsk: „Ossolineum” 1974, ss. 155-165.
9. Cohen, J. B., *The Birth of New Physics* (tłum. pol. S. Szpikowski, *Od Kopernika do Newtona. Narodziny nowej fizyki*, Warszawa: Wiedza Powszechna 1964).
10. Cooper, L., *An Introduction to the Meaning and Structure of Physics* (tłum. pol. J. Kozubowski i in. *Istota i struktura fizyki*, Warszawa: PWN 1975).
11. Crombie, A. C., *Medieval and Early Modern Science* (tłum. pol. S. Łypacewicz, *Nauka średnio-wieczna i początki nauki nowożytnej*, t. 1-2, Warszawa: PAX 1960).
12. Burewicz, A.; Michalak, D., *Treści skorelowane w programach nauczania chemii i fizyki w klasach szkół podstawowych*, „Fizyka w Szkole”, 2(1985): 72-77.
13. Dijksterhuis, E. J., *De Mechanisering van het Wereldbeeld* (tłum. ang. C. Dikshoorn, *The Mechanization of the World Picture*, Oxford: Oxford University Press 1961).
14. Dobrzycki, J., *Astronomia przedkopernikańska*, Toruń: Towarzystwo Naukowe w Toruniu 1971.
15. Favier, J., *Les grandes découvertes, D'Alexandre à Magellan* (tłum. Pol. T. Radożycki, *Wielkie odkrycia od Aleksandra do Magellana*, Warszawa: Bellona 1996).
16. Ferenc, W., *Na początku była filozofia. Od Alchemii do chemii*, Lublin: Wydawnictwo UMCS 1998.
17. Friend, N. J., *Men and the chemical Elements* (tłum. pol. S. Bylina, *Człowiek I pierwiastki chemiczne. Od ognisk epoki kamiennej do cyklotronu*, Warszawa: PWN 1959).
18. Ford, B., *W powiększeniu* „Świat Nauki” 82/6 (1998); 48-51.
19. Gawłowicz, J., *Opowieści nawigacyjne*, Szczecin: „Glob” 1987.
20. Gawron, E., *Wykorzystanie szarad do integracji wiedzy przyrodniczej*, „Fizyka w Szkole”, 4(1995): 231-233.
21. Gould, S. J., *The Book of Life* (tłum. pol. K. Hejwowski, *Dzieje życia na Ziemi. Od bakterii do homo sapiens*, Warszawa: „Świat Książki” 1998).
22. Grotowski, M.; Sadzewiczowa, M; Werner, W.; Ziemecki, S., *Dzieje rozwoju fizyki w zarysach*, Warszawa: „Mathesis Polska” 1931, t. 1-2.
23. Hall, R. A., *The Scientific Revolution 1500-1800. The Formation of the Modern Scientific Attitude* (tłum. pol. T. Zembrzuski, *Rewolucja naukowa 1500-1800. Kształtowanie się nowożytnej postawy naukowej*, Warszawa: PAX 1966).
24. Harré, R., *Great Scientific Experiments. 20 Experiments that changed our view of the World*, (tłum. pol. J. Kuryłowicz, *Wielkie eksperymenty naukowe*, Warszawa: Wiedza Powszechna 1991).
25. Heller, M.; Życiński, J., *Dylematy ewolucji*, Tarnów: „Biblios” 1996.
26. Hubicki, W., *Z dziejów chemii i alchemii w Polsce*, Warszawa: WNT 1991.
27. Hurwic, J., *Wkład Polaków do nauki*, Warszawa: PWN 1967.
28. Iłowiecki, M., *Dzieje nauki polskiej*, Warszawa: „Interpress” 1981.
29. Ingarden, R. S., *Galileusz, Newton, Fahrenheit – trzy etapy rozwoju pojęcia temperatury*, [w:] R. S. Ingarden, *Fizyka i fizycy. Studia i szkice z historii i filozofii fizyki*, Toruń: UMK 1994, ss. 128-140.

30. Kamiński, W. A.; Roskal, Z. E., *Przełom w fizyce XVI XVII wieku. Antyczne i średniowieczne źródła*, Lublin: Wydawnictwo UMCS 1994.
31. Kotowska, E.; Niemczyk, M., *Z fizyką przez wieki*, „Fizyka w Szkole”, 5(1998): 267-271.
32. Kucharski, M., *O integracji fizyki z biologią*, „Fizyka w Szkole”, 3(1980): 173-179.
33. Kuhn, T. S., *The Copernican Revolution* (tłum. pol. S. Amsterdamski, *Przewrót kopernikański. Astronomia planetarna w dziejach myśli*, Warszawa: PWN 1966).
34. Kuhn, T. S., *The Essential Tension* (tłum. pol. S. Amsterdamski, *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, Warszawa: PIW 1985).
35. Kuhn, T. S., Historia nauki, w: T. S. Kuhn, *The Essential Tension* (tłum. pol. S. Amsterdamski, *Dwa bieguny. Tradycja i nowatorstwo w badaniach naukowych*, Warszawa: PIW 1985, ss. 162-190).
36. Kurkiewicz, R., *Historia ciepła*, Warszawa: „Nasza Księgarnia” 1975.
37. Laue von, M., *Geschichte der Physik* (tłum. pol. A. Teske, *Historia fizyki*, Warszawa: PWN 1957).
38. Lyons, A. S.; Petrucelli, J., *Medicine: an Illustrated History* (tłum. pol. M. Stopa, *Ilustrowana historia medycyny*, Warszawa: Wydawnictwo Penat 1996).
39. Łukaszewska, D., *Korelacja treści nauczania przedmiotów matematyczno-przyrodniczych*, „Wychowanie Techniczne w Szkole”, 8(1983): 339-341.
40. Mierzecki, R., *Historyczny rozwój pojęć chemicznych*, Warszawa: PWN 1985.
41. Mierzecki, R., *Rozwój polskiej terminologii chemicznej*, Warszawa: Ossolineum 1988.
42. Minois, G., *L'Église et le science. Histoire d'un malentendu* (tłum. pol. A. Szymanowski, *Kościół i nauka. Dzieje pewnego nieporozumienia*, Warszawa: „Bellona” t. 1 1995, t. 2. 1996).
43. Namer, É., *L’Affaire Galilé* (tłum. pol. A. Galica, *Sprawa Galileusza*, Warszawa: „Czytelnik” 1985).
44. Nawrocka, K.; Niewiarowska, Z., *Integracja treści programowych fizyki i chemii*, „Fizyka w Szkole”, 5(1996): 297-299.
45. Niewiarowska, Z., *W poszukiwaniu sposobów integracji wiedzy przyrodniczej ucznia*, „Fizyka w Szkole”, 4(1995): 224-225.
46. North, J., *The Fontana History of Astronomy and Cosmology* (tłum. pol. T. i T. Dworak, *Historia astronomii i kosmologii*, Katowice: „Książnica” 1997).
47. Ochocki, K., *Spory o pojęcie materii*, Warszawa: „Wiedza Powszechna” 1972.
48. Osińska, W., *Karta z dziejów dyskusji wokół nauczania historii nauk*, [w:] W. Osińska (red.), *O nauczaniu historii nauki*, Wrocław - Warszawa- Kraków - Gdańsk: „Ossolineum” 1974, ss. 311-326.
49. Pietruska-Madej, E., *Metodologiczne problemy rewolucji chemicznej*, Warszawa: PWN 1975.
50. Planck, M., *Wege zur physikalischen Erkenntnis* (tłum. pol. R. i S. Kernerowie, *Jedność fizycznego obrazu świata*, Warszawa: KiW 1970).
51. Porębski, E., *Wielcy twórcy nauki*, Warszawa: Trzaska, Evert i Michalski (brak roku wydania).
52. Raczkowska-Tomczak, K., *Czy integracja nauczania fizyki z przedmiotami humanistycznymi jest możliwa?*, „Fizyka w Szkole”, 5(1996): 300-301.
53. Reston, J., *Galileo. A Life* (tłum. pol. A. Szymanowski, *Galileusz*, Warszawa: „Prószyński i S-ka” 1997).
54. Rival, M., *Les grandes experiences scientifiques*, (tłum. pol. K. Pruski, *Wielkie eksperymenty naukowe*, Warszawa: „Cyklady” 1997).
55. Rybka, E., *Kopernik. Człowiek i myśl*, Warszawa: Wiedza Powszechna 1972).
56. Rybka, E., *Cztery wieki rozwoju myśli kopernikańskiej*, Warszawa: PWN 1972.
57. Sarton, G., *The History of Science and the New Humanism*, New York 1956.

58. Sawicki, M., *Metodologiczne podstawy nauczania przyrodo-znawstwa*, Wrocław – Warszawa – Kraków: Ossolineum 1981.
59. Sirko, M., *Zarys historii kartografii*, Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej 1999.
60. Sobel, D., *Longitude* (tłum. pol. J. Biedroń, *W poszukiwaniu długości geograficznej. Prawdziwa historia samotnego geniusza, który rozwiązał największy problem naukowy swoich czasów*, Warszawa: Zysk i S-ka 1998).
61. Sokołowski, A., *Korelacja geografii z fizyką w kl. VI na przykładzie działu „Planeta Ziemia”, „Geografia w Szkole”, 4(1988): 214-219.*
62. Sokołowski, A., *Uwagi o korelacji matematyki z fizyką w klasach VI-VIII*, „Matematyka”, 5(1989): 263-267.
63. Sokołowski, A., *Niektóre problemy korelacji biologii z fizyką w klasie VII*, „Biologia w Szkole”, 5(1990): 246-252.
64. Stankowski, J., *Skala czasu i kalendarz*, „Nauka”, 109/2 (1999): 109- 119.
65. Stokłosa, A., *Integracja wiedzy w zadaniach z fizyki*, „Fizyka w Szkole”, 2(1994): 96-100.
66. Such, J., *Czy istnieje experimentum crucis*, Warszawa: PWN 1975.
67. Szolginia, W., *Geniusze szczęśliwi, geniusze nieszczęśliwi. Z historii polskiej nauki i techniki*, Warszawa: „Alfa” 1987.
68. Szumowski, W., *Historia medycyny*, Warszawa: PZWL 1961.
69. Taylor, S. F., *An Illustrated History of Science* (tłum. pol. J. Thor, *Historia nauk przyrodniczych w zarysie*, Warszawa: PWN 1959).
70. Teske, A., *Zagadnienie humanizacji nauk przyrodniczych*, [w:] A. Teske, *Wybór prac z historii i filozofii nauki*, Wrocław - Warszawa - Kraków: „Ossolineum” 1970, ss. 158-166.
71. Teske, A., *Miejsce historii nauki w systemie naszej edukacji*, [w:] W. Osińska (red.), *O nauczaniu historii nauki*, Wrocław - Warszawa- Kraków - Gdańsk: „Ossolineum” 1974, ss. 59-72.
72. Thorwald, J., *Das Jahrhundert der Chirurgen* (tłum. pol. K. Bunsch, *Stulecie chirurgów*, Kraków: Wydawnictwo Literackie 1989).
73. Tokar, D., *Szukamy ścieżek międzyprzedmiotowych*, „Fizyka w Szkole”, 5(1998): 263-266.
74. Wójcicka, D., *O związkach biologii z fizyką w praktyce szkolnej (propozycje metodyczne)*, „Fizyka w Szkole”, 4(1981): 219-226.
75. Zawielski, F. S., *Wriemia i jego izmierenie* (tłum. pol. M. Kalisz, *Czas i jego pomiary*, Warszawa: PWN 1981).
76. Zimmer, E., *Umsturz im Weltbild der Physik* (tłum. pol. R. Gagla, *Przewrót w fizycznym obrazie świata*, Warszawa: PWN 1966).
77. Zonn, W., *Astronomia z perspektywy czasu*, Warszawa: „Wiedza Powszechna” 1974.
78. Źyckiński, J. (red.), *Sprawa Galileusza*, Kraków: „Znak” 1989.