

MICHAŁ TEMPCZYK
UMK w Toruniu

CZY NAUKA SI ZESTARZEJE?

Nowoczesne nauki przyrodnicze powstały około 400 lat temu i w tym stosunkowo krótkim czasie w zasadniczy sposób zmieniły oblicze Ziemi, oraz życie ludzi. Zmiany te zachodzą w szybkim tempie i na razie nie ma oznak tego, iż w niedalekiej przyszłości mogą one ulec spowolnieniu, lub zahamowaniu. Jest wręcz przeciwnie: w miarę jak nauka i technika coraz bardziej kształtują i poprawiają nasze życie, spodziewamy się po nich coraz więcej. Oczekujemy od nauki rozwiązania trudnych problemów chorób, głodu, niekorzystnych zmian środowiska przyrodniczego. Mamy nadzieję, iż technika przyszłości da ludziom ogromne możliwości. Innymi słowami, spodziewamy się stałego korzystnego dla ludzi rozwoju nauki i techniki. Niemniej, dobrze wiadomo, że w każdej dziedzinie ludzkiej działalności istnieją nie do przekroczenia bariery i granice, wynikające, na przykład, ze skończonych zasobów, jakimi dysponujemy na Ziemi. Z tego powodu ciekawym w tym rozważaniu dotyczy tych nauk jest pytanie o granice jej rozwoju, o to, czy kiedyś ludzka wiedza o świecie materii stanie się kompletna i czy doprowadzi to do stabilizacji naukowego obrazu świata. Pytania tego typu określa się zwykle hasłem 'końca nauki'.

Zagadnienie to jest ważne zarówno z praktycznego, jak i teoretycznego punktu widzenia. Praktyczną konsekwencją rozwoju nauk przyrodniczych jest rozwój techniki. Jest to dziedzina, w której przewidywania są trudne, zawodne i mało wiarygodne, ponieważ wciąż powstają nowe gałęzie techniki, których możliwości i ograniczenia nie można aktualnie ocenić. Ponadto do wiadomości przeszło ci pokazują, że nawet krótkoterminowe prognozy rozwoju techniki, rzędu 10-20 lat, są zawodne. Z tego powodu pominiemy problem rozwoju i przyszłości techniki, przedmiotem dalszych rozważań czyni pytanie, czy współczesne podstawowe nauki przyrodnicze, czyli fizyka, chemia i biologia, mogą w

dajcej się przewidzieć przyszłości do granic swoich możliwości poznawczych. Innymi słowami, pytamy o to, czy nowoczesna nauka może dojść do granic swego rozwoju.

Chcąc sensownie dyskutować o problemie końca nauki należy rozpocząć od ustalenia, co rozumiemy pod tym terminem, o jaki 'koniec nauki' chodzi. Z pewnością nie chodzi o to, i naukowcy zdobędą kompletną wiedzę o świecie i nie pozostanie im nic do zbadania, ponieważ będą mieli dokładną odpowiedź na każde pytanie. Taka sytuacja nauce nie grozi ze względu na bogactwo badanego przez nią świata i na ograniczone możliwości gromadzenia i porządkowania informacji. Zawsze będą istniały nieznanie nauce gatunki zwierząt i roślin, ponieważ ocenia się, że samych owadów jest kilka lub kilkanaście milionów gatunków i stale powstają nowe. Podobnie astronomowie nigdy nie zgromadzą kompletnej wiedzy o Słońcu i naszym układzie planetarnym, nie mówiąc o dokładnym poznaniu wszystkich galaktyk i gwiazd. Z tego powodu dyskusje na temat przyszłości nauki nie opierają się na założeniu, że naukowcom może zabraknąć pracy, że staną się niepotrzebni. Takiej sytuacji nikt poważnie nie rozważa. Przez rozwój nauki rozumie się ciężej jako cięwe wzbogacanie jej treści, poznawanie nowych własności lub składników przyrody. Przy takim spojrzeniu na naukę pytanie o jej przyszłość staje się ciekawym i ważnym, ponieważ można znaleźć wiele argumentów popierających zarówno odpowiedź pozytywną, jak i negatywną. Zaczniemy od analizy faktów pokazujących ograniczenia poszczególnych nauk, wyczerpywania się ich pola badawczego.

Zwolennik tezy o tym, i w wielu dziedzinach współczesnej nauki panuje zastój i nie ma w nich nowych istotnych pytań, może bez trudu podawać przykłady potwierdzające jego stanowisko. Są to głównie nauki klasyfikujące lub opisujące konkretne rodzaje obiektów oraz procesów. Dobrze znanymi przykładami są klasyfikacje roślin i zwierząt, chemia ogólna, fizjologia, geografia, astronomia, fizyka ciała stałego i cieczy itp. Tego rodzaju nauki, czesto liczące sobie setki lub nawet tysiące lat, dobrze wykonały swoje zadanie, osiągnęły stan dojrzałości, zgromadziły ogromną wiedzę i stale mają wiele problemów do rozwiązania, lecz nie można spodziewać się w ich obszarze nowych odkryć, zmuszających do istotnych zmian i wzbogacenia systemu pojęć oraz praw. Cóż zaskakują -

czego mo e przynie rozwój botaniki, zoologii lub geografii opisowej? Je eli w pewnych obszarach bada odkrywane s nowe rodzaje obiektów, takie jak pulsary i kwazary w astronomii, to w wyniku intensywnych bada w ci gu krótkiego czasu s one dobrze poznane i opisane teoretycznie i sytuacja wraca do normy, czyli do stanu stabilizacji i standardowego rozwizywanie typowych zada , przez Thomasa Kuhna nazwanego nauk normaln .

Podobna sytuacja panuje w teoretycznych działach nauk przyrodniczych. Wi kszo z nich osi gn ła poziom dojrzało ci i kompletno ci i nikt nie spodziewa si po nich jakichkolwiek rewolucyjnych odkry . Wielkie rewolucje w fizyce, w wyniku których powstała fizyka relatywistyczna i kwantowa, pokazały ograniczenia klasycznych teorii fizyki, takich jak mechanika, termodynamika i elektrodynamika, lecz jednocześnie udowodniły, e teorie te s wiarygodne i kompletne w zakresie swojej stosowalno ci. Wyja nienia niezgodno ci ich przewidywa z do wiadczeniem szuka si na poziomie bardziej podstawowym, a nie w tych teoriach. Na przykład elektrodynamika klasyczna jest odpowiedni teori pola elektromagnetycznego dopóty, dopóki opisuje si je jako obiekt ci gły i zapomina o istnieniu fotonów. Wnikaj c w jego kwantow natur opuszczamy zakres elektrodynamiki klasycznej i przechodzimy na bardziej podstawowy kwantowy poziom opisu i zrozumienia zjawisk. Nie mo emy zatem w granicach klasycznego opisu procesów poszukiwa zjawisk nowych, wymagaj cych istotnych zmian teoretycznych. Z punktu widzenia nowoczesnej fizyki jej teorie klasyczne s zawsze przybli one i poj ciowo uproszczone.

Nowo mogłaby zatem pojawi si tam, gdzie bada si kwantowe i relatywistyczne własno ci materii, lecz w wi kszo ci teorii tego typu tak e nie ma dla niej miejsca, poniewa teorie te s w zasadzie kompletne. Obie podstawowe teorie aktualnej fizyki - szczególna teoria wzgl dno ci i mechanika kwantowa - nie napotkały dot d na nie daj ce si wyja ni anomalie i nie wymagaj poprawek. Ich wszystkie przewidywania s dobrze potwierdzone empirycznie, nawet zjawiska tak trudne do zrozumienia jak stany spl tane. Fizycy maj kłopoty z intuicyjnym zrozumieniem i wyobra eniem sobie procesów zachodz cych na poziomie cz stek elementarnych i atomów, lecz nic nie wskazuje na to, e

sama mechanika kwantowa wymaga poważnych przeróbek lub uzupełnień. Jej ogólny schemat teoretyczny i prawa są nieustannie potwierdzane w licznych dziedzinach zastosowań. Tak samo jest ze szczególnymi teoriami względności. Gdzie wobec tego można spodziewać się nowych wyzwań i zmian wiedzy o istotnych własnościach przyrody? Jeżeli takich zmian nie będzie, to nauka zacznie rozwijać się coraz wolniej i w końcu ustabilizuje się. Uczonym pozostanie tylko praca nad problemami być może trudnymi, lecz nie wymagającymi inwencji i wzbogacania porządkowej struktury nauki, zwłaszcza fizyki i biologii. Na koniec nauki jako fascynującej przygody poznawczej ludzkości.

Propagatorem tezy o szybko zbliżającym się końcu nauki jest John Horgan, autor wydanego w 1996 roku bestsellera *KONIEC NAUKI czyli o granicach wiedzy u schyłku ery naukowej*. Był on autorem wywiadów dla pisma „Scientific American”, przeprowadzonych z wieloma wybitnymi fizykami, kosmologami, biologami, informatykami itp. Tematem rozmów była sprawa przyszłości ich dziedzin, a ogólnym wnioskiem tych wypowiedzi było przekonanie, że podstawowe dziedziny nauki osiągnęły lub wkrótce osiągną kres swego rozwoju. Horgan dobrze opracował i uzasadnił swoje przekonanie, dlatego nie omawiając jego argumentów i analiz przejdziemy do zbadania stanowiska przeciwnego, zgodnego z którym nasza obecna wiedza o przyrodzie nie jest jeszcze kompletna i spójna, dlatego wymaga głębszych zmian. Naszym zadaniem jest ustalenie, gdzie można oczekiwać tych zmian.

Odpowiadając na to pytanie odwołamy się do dobrze opracowanego znanego obrazu hierarchicznej struktury materii. Największym osiągnięciem nauk przyrodniczych było udowodnienie, że materia ma budowę atomową, czyli istnieje najmniejsze, podstawowe i niepodzielne składniki wszystkich obiektów fizycznych. Nie są to wprawdzie, jak sądził Grecy, klasycznie rozumiane atomy, lecz cząstki elementarne, z których składają się jądra atomowe, atomy i molekuly. Poszczególne poziomy strukturalne materii można ułożyć w ciąg, rozpoczynający się od cząstek, poprzez jądra, atomy itd. aż do gwiazd, galaktyk i całego Wszechświata. Prawie wszystkie rodzaje obiektów fizycznych są dobrze poznane. W badaniu i wyjaśnianiu ich własności niezwykle skuteczna okazała się metoda analityczna. Polega ona na podzieleniu obiektu złożo-

nego na jego cz ci, poznaniu tych cz ci i odtworzeniu struktury oraz własno ci cało ci w oparciu o wiedz o cz ciach. Stosuj c t metod mo na zrozumie własno ci molekuł jako układów atomowych, j der jako układów złożonych z nukleonów, kryształów jako struktur złożonych z atomów. W podobny sposób stosuje si w biologii prawa fizyki i chemii traktuj c organizmy jako bardzo skomplikowane układy fizyczne i chemiczne. Jednak nie wszystkie własno ci układów złożonych mo na zadowalaj co sprowadzi do własno ci ich cz ci, dlatego coraz szersze zastosowanie w nauce maj sposoby cało ciowego opisu układów dynamicznych, zwane ogólnie teori chaosu. Teoria ta, stosowana obok klasycznych analiz redukcjonistycznych, doprowadziła do dobrego poznania wi kszo ci poziomów budowy materii. Odpowiednie działy nauki opisuj ce te poziomy s kompletne lub bliskie kompletno ci. Przyjrzyjmy si tym teoriom.

Najprostszymi strukturami s j dra atomowe. Ich teoria nie jest dokładna, nie ma jednego zadowalaj cego modelu j der i pozostało wiele trudnych pyta , na które trzeba odpowiedzie , jednak nie ma oznak tego, i potrzebne s zasadnicze zmiany i nowe podej cie do j der. Trzeba przeprowadza nowe eksperymenty, poszerza wiedz o j drach i udoskonala modele oraz metody obliczeniowe. Jest to sytuacja typowa dla dobrze opracowanych dziedzin i nie wida potrzeby zmian ani istotnego rozszerzania teorii.

W teorii atomów i ich prostych zwi zków sytuacja jest stabilna i dobrze poznana. Fizyka i chemia kwantowa dobrze wyja niaj własno ci atomów i procesów atomowych; nie ma zjawisk, których zrozumienie i modelowanie sprawiałoby trudno ci. Jednak nie wszystko mo na dokładnie wyliczy teoretycznie z powodu potrzeby wykonywania skomplikowanych oblicze . Badacze musz stosowa przybli one modele ju przy wyliczaniu własno ci kilkuatomowych molekuł. W teorii atomów i prostych zwi zków mikroredukcjonizm jest najbardziej skuteczny, poniewa te układy nie maj cało ciowych własno ci nieredukowalnych do własno ci ich cz ci.

Dobrze rozwini ta i pozbawiona zasadniczych trudno ci jest tak e teoria ciał stałych, która dobrze sobie radzi opisuj c i wyja niaj c własno ci kryształów, metali, półprzewodników itp. W tej dziedzinie zda-

rzaj si niespodzianki, takie jak odkryte wier wieku temu nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe, lecz fizycy skutecznie sobie z nimi radz pozostaj c w ramach standardowego kwantowego modelu, bez wprowadzania podstawowych zmian. Praktyczne sukcesy mikroelektroniki, chemii i szybko rozwijaj cych si nanotechnologii dowodz , i wiedza o atomach, molekułach i kryształach jest kompletna i dokładna. Fizycy potrafi manipulowa pojedynczymi atomami, kwantowymi zespołami kilkudziesi ciu atomów (kropki kwantowe) i warstwami jednoatomowymi. Chemicy projektuj i konstruuj molekuły o zadanych własno ciach, tworzc zwi zki, które nigdy nie powstały w przyrodzie.

Obecnie najwi kszy post p w poznawaniu własno ci i dynamiki złożonych struktur dokonuje si w biologii, zwłaszcza w genetyce i biologii molekularnej. Metoda analityczna była tradycyjnie krytykowana przez biologów, którzy zwracali uwag na to, i organizmy ywe nie s jedynie sum swoich prostych cz ci, podlegaj cych prawom fizyki i chemii. Ich integralno , bogat dynamik i stabilno mo na zrozumie dodaj c do praw lokalnych prawa globalne, wykraczaj ce poza własno ci cz ci i ich lokalnych oddziaływa . Z tego powodu w biologii dokonuje si swoista synteza podej cia lokalnego (mikroredukcjonizmu) i całego. Podej cia te były do niedawna traktowane jako konkurencyjne i przeciwstawne, natomiast obecnie u ywa si ich jako uzupełniaj cych si , komplementarnych opisów struktur dynamicznych. Zaskakuj ce wyniki badania makromolekuł, DNA, komórek, układu nerwowego i mózgu, oraz systemów ekologicznych z pewno ci b d źródłem wielu niespodzianek, wydaje si jednak, e uczeni dysponuj wystarczaj co bogatym zestawem teorii podstawowych, metod i praw, aby bez rewolucyjnych zmian dobrze zrozumie i opisa wszystko to, co jest zwi zane z yciem. Mo na wi c twierdzi , e chocia w tej sferze czeka nas wiele niespodzianek i nowych wa nych rezultatów, nic nie wskazuje na to, i w biologii mo e nast pi rewolucja.

Nie b dziemy kontynuowa tego przegl du nauk przyrodniczych, lecz skoncentrujemy uwag na wniosku, jaki z niego wynika. Jest on nast puj cy: Otaczaj cy nas wiat przyrody ma struktur hierarchiczn . Uczeni nauczyli si wyja nia własno ci układów złożonych odwołuj c si do własno ci ich cz ci i budowy wewn trznej. W przypadku ukła-

dów stosunkowo prostych, takich jak j dra atomowe, atomy, molekuly, kryształy, gazy, ciecze i gwiazdy, metoda ta jest skuteczna i wystarczająca. Chc c zrozumie dynamik i własno ci układów zintegrowanych, takich jak nieliniowe struktury termodynamiczne i organizmy, trzeba stosowa dodatkowo prawa globalne i wtedy teoria tak e staje si zadowalająca. W rezultacie wi kszo teorii fizyki i chemii jest kompletna i nie wymaga istotnych zmian. W tych dziedzinach, głównie biologicznych, lecz tak e w psychologii, kognitywistyce i ekonomii, które szybko si rozwijaj i s dalekie od kompletno ci, oczekuje si wa nych niespodzianek i zmian, lecz zmiany te nie powinny prowadzi do rewolucji. Dziedziny te pr dzej czy pó niej dojd do stanu nasycenia. Ich wyniki, problemy i modele ustabilizuj si i zabraknie w nich miejsca na twórcze idee.

Z powy szego obrazu budowy materii i stanu wiedzy o jej obiektach i własno ciach wynika wniosek wa ny dla naszego problemu. Chodzi o to, e podstawowe nierozwi zane pytania i trudno ci mog pojawi si jedynie w działach badaj cych skrajne poziomy materii, czyli cz stki elementarne i Wszech wiat. I tak rzeczywi cie jest, poniewa istotny post p dokonuje si współcześnie nie tylko w czterech dziedzinach: teorii cz stek, mechanice kwantowej, biologii i kosmologii. Przyjrzyjmy si wi c tym naukom.

Zacniemy od mechaniki kwantowej. Chocia ma ona ponad sto lat, fizycy wci spieraj si o ni i d do zmian. Spory te nie wynikaj jednak z trudno ci w uzgodnieniu jej przewidywa z obserwacjami i eksperymentami, poniewa pod tym wzgldem wszystko jest w porz dku. S one konsekwencj kłopotów ze zrozumieniem tego, co dzieje si w mikro wiecie. Jego pewne podstawowe własno ci s absurdalne z punktu widzenia wiata, w którym yjemy i który spostrzegamy zmysłami. Wi kszo fizyków pogodziła si z tym, lecz dla niektórych jest to sytuacja trudna do zniesienia i próbuj oni tak przebudowa fizyk kwantow , by dawała zrozumiały opis wiata atomów i cz stek elementarnych. Prace te maj przewa nie charakter interpretacyjny, nie chodzi w nich o uzupełnienie ani zmian teorii, lecz o jej sformułowanie w sposób zgodny z pewnymi intuicjami. Z tego powodu ró ne sformułowania mechaniki kwantowej, a jest ich kilkana cie, prowadz do tych samych

przewidywa i obserwowanych efektów. Jeżeli udałoby się w końcu znaleźć interpretację mechaniki kwantowej, która zadowoliliby wszystkich, to i tak nie pojawiłyby się nowe perspektywy badawcze, ponieważ jej empiryczne konsekwencje byłyby takie same jak aktualnej teorii kwantowej. Fizycy musieliby najwyżej w nowy sposób sformułować teorię dra, atomów, molekuł, plazmy itp. Warte zmiany mogłyby zajść jedynie tam, gdzie nie ma jeszcze dokładnej i dobrej teorii, czyli w dziedzinie cząstek elementarnych.

Fizyka cząstek elementarnych znajduje się w innej sytuacji niż większość dziedzin fizyki i chemii. Jej trudności i braki są tak poważne, iż powszechne jest przekonanie o potrzebie stworzenia całkowicie nowej teorii, w spójny i kompletny sposób opisującej najniższy poziom struktury materii. Teoria taka mogłaby zawierać także nowe sformułowanie tego, co obecnie opisuje mechanika kwantowa, dlatego nowości i poważnych rewolucyjnych odkryć szuka się w jednolitej teorii cząstek elementarnych i ich oddziaływań. Teorii takiej dotychczas nie sformułowano, chociaż przekonanie o jej konieczności i możliwości jest powszechne. Tak więc główny wysiłek fizyków dąży do pełnego zrozumienia mikroświata idzie w kierunku fizyki cząstek, która nie jest ani kompletna, ani spójna. Jest to więc ten dział nauki, któremu obecnie nie grozi skostnienie i wyczerpanie się ciekawej i trudnej tematyki badawczej. Mamy więc w końcu podstawowe dziedziny nauk przyrodniczych, która ma poważne trudności, szybko rozwija się i daleka jest od stanu, który groziłby nudzie i rutynie.

Na przeciwnym krańcu badań budowy materii, w kosmologii, sytuacja jest jeszcze bardziej niepewna i rewolucyjna. Dominująca w niej inflacyjna teoria pochodzenia i historii Wszechświata, oparta na ogólnej teorii względności i kwantowej teorii pola, ma obecnie ogromne trudności, wyraźnie wskazujące na to, iż potrzebne są gruntowne zmiany. Nie ma tutaj miejsca na wyjaśnienie źródła tych trudności, wspomnimy tylko, że odnoszą się do nich dwa coraz bardziej popularne terminy - ciemnej materii i ciemnej energii. Pojęcia te zostały wprowadzone przez astrofizyków, gdy odkryli one, że brak im wyjaśnienia obserwowanych ruchów gwiazd w galaktykach, wzajemnych ruchów galaktyk i szybkości rozszerzania się całego Wszechświata. Na poziomie obiektów astro-

nomicznych: gwiazd, planet, komet, galaktyk itp. jedyn działaj c sił jest grawitacja, pod wpływem której odbywaj si wszystkie procesy, na przykład dobrze poznany ruch planet wokół Słca. Z tego powodu teoretyczn podstaw astronomii, a pó niej kosmologii była teoria grawitacji Newtona, sto lat temu zast piona przez ogóln teori wzgl dno ci. Dzi ki sile grawitacji miliardy gwiazd tworz galaktyki, w ramach których gwiazdy te poruszaj si w skoordynowany sposób. Najbardziej powi zane i zgrane s ruchy gwiazd w galaktykach spiralnych, które jako cało obracaj si wokół rodka masy, zachowuj c swój kształt.

Do niedawna było dla astronomów spraw oczywist , e ruchy i tory gwiazd wewn trz galaktyki s konsekwencj ich wzajemnych oddziaływa grawitacyjnych. Okazało si jednak, e nie jest to prawd . Znaj c rozmiary i okres obrotu galaktyk spiralnych wyliczono, e siła grawitacji jest stanowczo zbyt mała, aby przeciwdziała sile od rodkowej wynikaj cej z ich obrotu. Aby w typowej galaktyce spiralnej nie dopu ci do rozbiegania si gwiazd i rozpadu cała ci, potrzeba masy około pi razy wi kszej od sumy mas wszystkich gwiazd tworz cych dan galaktyk . T brakuj c materi , potrzebni tylko po to, aby wyja ni dynamik gwiazd i galaktyk, nazywa si ciemn materi . Przymiotnik 'ciemna' oznacza, e materii tej w aden sposób nie mo na zaobserwowa , nie wiadomo o niej nic, oprócz tego, e jest ródłem siły grawitacji, wpływaj cej na ruch obserwowanych gwiazd. Obecnie prowadz c dokładne obserwacje ruchu poszczególnych gwiazd astronomowie s w stanie obliczy , ile 'ciemnej' materii znajduje si w ich otoczeniu. Materia ta potrzebna jest tak e przy analizie wzajemnie powi zanych ruchów galaktyk tworz cych gromady. Działaj ca mi dzy nimi siła grawitacji tak e wskazuje na istnienie ciemnej materii.

Na tym nie koniec, okazało si bowiem, e Wszech wiat jako cało rozszerza si szybciej, ni to wynika z równa Einsteina. Dodatkowy czynnik przyspieszaj cy ucieczk galaktyk nazwano ciemn energi . Jest on kilka razy silniejszy od siły grawitacji. W rezultacie po wprowadzeniu do dynamiki Wszech wiata obu hipotetycznych rodzajów materii okazuje si , e to, co znamy i obserwujemy, i co do niedawna uwa ano za cał materi - gwiazdy, planety, drobne ciała, obłoki pyłu kosmicznego, promieniowanie - stanowi zaledwie 4% całej materii działaj cej

na poziomie gwiazd i galaktyk. O pozostałych 96% materii wiemy tylko to, że wpływa na ruch obserwowanych gwiazd i galaktyk. Jest to, trzeba przyznać, sytuacja wymagająca poważnych zmian na podstawowym poziomie rozumienia istoty materii. Z tego powodu kosmologia jest w stanie głębokiego kryzysu, a wyjścia z tego kryzysu nie widać.

Do omówienia pozostała jeszcze biologia. Była mowa o tym, że biolodzy są zadowoleni ze stosowanych w niej metod lokalnego, czyli redukcjonistycznego, i globalnego opisu zjawisk. Od fizyki i chemii różni się ona dynamiką i złożonością badanych układów i procesów. Uczniowie coraz lepiej rozumieją, jak silnie sprzężone i dopasowane do siebie są lokalne procesy zachodzące w organizmach na każdym poziomie ich struktury. Powstała niedawno teoria złożoności ma w biologii najlepsze pole do działania, i dzięki biologii coraz więcej dowiadujemy się o tym, jak bogate i twórcze mogą być powiązania występujące w skomplikowanych układach dynamicznych. Prowadzi to do stałego wzbogacenia języka, metod i praw nauk przyrodniczych. Jest to jednak w przekonaniu większości biologów proces rozwoju nie prowadzący do istotnych, rewolucyjnych zmian. Czy wobec tego w biologii może dojść do rewolucji naukowej? Biolodzy, z którymi wywiady zamieścił Horgan w swojej książce, w zasadzie rewolucji takiej nie przewidywali. Uważali oni, że zasadnicze sposoby opisu i interpretacji zjawisk biologicznych są już utrwalone i nie ulegną zmianie, chociaż wiele jest jeszcze do zrobienia. W niektórych dziedzinach, na przykład w teorii ewolucji, trwają zasadnicze dyskusje, lecz wyjście poza schemat sformułowany przez Darwina nie jest możliwe. Z uczonymi tymi nie trzeba się jednak zgadzać. Może się okazać, że dokładne poznanie sieci sprzężenie kształtujących własności i dynamik skomplikowanych układów, takich jak układ nerwowy lub mózg, doprowadzi do zasadniczych zmian w rozumieniu wpływu człowieka na całość i całości na człowieka. Mogłoby to stać się przyczyną odmiennego, nowego spojrzenia na budowę, historię i dynamikę świata przyrody. Pozostaje pytanie o to, czy konsekwencją tego nowego podejścia do powiązania człowieka i całości byłyby nowe przewidywania empiryczne lub nowe dziedziny badań, tak jak miało to miejsce w przypadku fizyki kwantowej, która ukazała fizykom nieznane wcześniej dziedziny mikroświata.

Innym ródlem rewolucyjnych zmian naukowego obrazu wiata mogłoby by zetknie cie si naszej cywilizacji z formami materii o ywionej zbudowanej w inny sposób ni ziemski. Mogłyby to by , na przykład, zwi zki zbudowane z krzemu zamiast z w gla. Wtedy potrzebna byłaby inna biologia.

Doszli my w ten sposób do ko ca przegl du obecnego stanu nauk przyrodniczych w poszukiwaniu działów rozwijaj cych si i poszerzaj - cych naukowy obraz wiata. Takimi twórczymi dziedzinami nauki s bez w tpienia badania prowadzone w wiecie cz stek elementarnych i w kosmologii - naukach badaj cych najni szy i najwy szy poziom struktury materii. W tych dziedzinach bez przerwy dziej si rzeczy wa ne i nowe i nie wiadomo obecnie, do czego doprowadzi ich rozwój. W ich obecnym stanie konieczno sformułowania nowej zadowalaj cej teorii cz stek, oraz nowej kosmologii jest oczywista, dlatego warto zastanowi si nad pytaniem, jaki byłby wpływ tych poszukiwanych teorii na pozostałe dziedziny i na naukowy obraz wiata. Je eli chodzi o ogólne zrozumienie podstawowych własno ci i składników materii, to znaczenie nowej teorii byłoby ogromne. Fizycy pracuj cy nad ró nymi wersjami jednolitej teorii cz stek maj wobec niej okre lone oczekiwania. Chc , aby stworzyła ona jednolity obraz wszystkich rodzajów cz stek; wyja niła ich własno ci takie jak ładunek elektryczny, spin, izospin, dziwno ; poł czyła wszystkie podstawowe oddziaływania. Uczeni s uparci i b d pracowa tak długo, a znajd odpowied na te pytania. Podobnie w kosmologii trzeba wyja ni , jaka jest natura ciemnej materii i ciemnej energii, jakie były przyczyny Wielkiego Wybuchu, czy Wszech wiat istniał przed Wielkim Wybuchem i czy istniej inne wszech wiaty. Problemy te maj podstawowe znaczenie dla stworzenia pełnej wiedzy o przyrodzie, dlatego zachodz ce obecnie i przewidywane zmiany b d miały zasadniczy wpływ na naukowy obraz wiata.

Inaczej przedstawia si zagadnienie wpływu zmian w fizyce cz stek i w kosmologii na pozostałe teorie fizyki i chemii. Teorie innych szczegó bli budowy materii s ju tak ustabilizowane i dojrzałe, e trudno wyobrazi sobie, by mogły w nich zaj wa ne zmiany zwi zane z nowym spojrzeniem na cz stki i histori materii. Ogólne pogl dy mog zmieni si radykalnie, lecz konkretna wiedza o atomach, molekułach, kryszta-

łach i organizmach pozostanie ta sama, ponieważ nie ma w niej miejsca na radykalne nowości. Moemy sobie, oczywiście, fantazjować na temat innych cywilizacji i spotkania z ich przedstawicielami, których nauka byłaby zasadniczo odmienna od naszej. Gdyby takie wyżej rozwinięte istoty rozumne przywędrowały na Ziemię i pokazały swoje możliwości, trzeba byłoby odrzucić naszą naukę i zacząć od nowa, a tego się nie da przewidzieć ani zaplanować. Pozostając w ramach obecnej wiedzy o przyrodzie widzimy, że w zasadniczych sprawach wymaga ona poważnych zmian, lecz w kształcie jej teorii jest już dojrzała i zadowolająca.

Z tym wnioskiem nie wszyscy się zgodzą. Uczni i filozofowie przekonani o tym, że w przyszłości zajdą rewolucyjne zmiany w kształcie działań fizyki, chemii i biologii, przyrównują obecny stan fizyki do stanu fizyki klasycznej pod koniec XIX wieku. Wtedy kilku wybitnych uczonych, zafascynowanych osiągnięciami fizyki atomowej, mechaniki, elektrodynamiki, termodynamiki i chemii, było przekonanych, że wiedza o podstawowych własnościach materii i o atomach jest już kompletna i pozostały tylko do wyjaśnienia pewne drobne szczegóły. Oto co na ten temat powiedział Max Planck w wykładzie wygłoszonym w 1924 roku (Planck, 2003, s. 186): „Chyba w żadnym innym półwieczu fizyka tak gruntownie i tak kompletnie nie zmieniła swojego oblicza. Gdy rozpoczynałem studia fizyczne i zasiągałem rady u mojego czcigodnego nauczyciela Philippa von Jolly’ego na temat warunków i perspektyw moich studiów, przedstawił mi on fizykę jako wysoko rozwiniętą, niemal całkowicie dojrzałą naukę, która ponadto, przez odkrycie zasady zachowania energii, została niejako ukoronowana i zapewne wkrótce uzyska stabilną ostateczną formę. Zapewne jest jeszcze w tym czy innym zakątku jakiś pyłek albo pryszczek do zbadania i uporządkowania, ale system jako całość jest wystarczająco zabezpieczony i fizyka teoretyczna wyraźnie zbliża się do takiego stanu doskonałości, jaki na przykład geometria ma już od stuleci”.

Cytując ten pogląd wspomina się zwykle, że jako dwa problemy wymagające wyjaśnienia wymieniano rozkład promieniowania ciała doskonale czarnego i nieudane poszukiwania eteru elektromagnetycznego. Rozwinięcie tych zagadnień było początkiem nowej, całkowicie innej fizyki. W podobnej sytuacji znajduje się fizyka dzisiejsza, która ma o

wiele poważniejsze problemy niż fizyka klasyczna sto lat temu, dlatego uzasadnione jest przekonanie o czekających tu nauk rewolucyjnych przemianach, które otworzą nowe perspektywy i usuną w cie aktualne teorie.

Zwolennicy takiego spojrzenia na przyszłość fizyki mają rację, jeżeli bierze się pod uwagę wiadomośc fizyków i ich stosunek do tworzonych przez siebie teorii. Sto lat temu powszechne było spojrzenie na rozwój nauki jako na stałe powiększanie wiedzy sprawdzonej i pewnej, której prawdziwość nigdy nie będzie podważana. Naukowcy wiedzieli, że w nauce pojawiają się teorie fałszywe lub niedoskonałe, lecz byli przekonani, że w miarę rozwoju wiedzy fałsz jest skutecznie eliminowany. Teorie dobrze poznane i sprawdzone mogły być rozwijane i uzupełniane, nie grozi im jednak odrzucenie. Był to kumulatywny model rozwoju nauki, uważany za oczywisty aż do okresu powstania rewolucyjnych teorii fizycznych. Teorie te nie tylko poszerzyły wiedzę o przyrodzie, lecz przede wszystkim pokazały, że klasyczna mechanika, przez setki lat traktowana jako symbol teorii prawdziwej i uniwersalnej, jest teorią przybliżoną i nie nadaje się do wyjaśnienia procesów kwantowych. Trzeba była zastąpić przez dwie nowe teorie - szczególnie teorię względności i mechanikę kwantową. To pozbawienie mechaniki jej centralnej pozycji w fizyce było szokiem, z którym wielu uczonych nie mogło się pogodzić. Obecnie uczeni i filozofowie wiedzą, że każda teoria, niezależnie od stopnia jej precyzji i zgodności z doświadczeniem, może w przyszłości podzielić los mechaniki. Innymi słowami, dobrze wiadomo, że nie ma teorii absolutnie prawdziwych. Gdyby nawet udało się tak teorię sformułować, to i tak uczeni nie byłiby w stanie udowodnić, że opisuje ona prawdziwą strukturę przyrody, ponieważ nie ma metody niezależnego od nauki poznania przyrody. Po tych doświadczeniach naukowcy są ostro niejsi i spodziewają się niespodzianek, które mogą zmusić ich do radykalnej zmiany teorii dobrze potwierdzonych i skutecznie stosowanych w technice. Z tych powodów, rozwijając teorie coraz dokładniejsze i skuteczniejsze, spodziewają się istotnych zmian, tym bardziej, że w teorii cząstek elementarnych i kosmologii zmiany takie są potrzebne i potrzebne.

Z drugiej strony, wikszo działów fizyki, chemii i biologii jest ju tak rozwinięta, precyzyjna i skuteczna, e nie ma w nich miejsca na istotne przeróbki i zmiany. Oczekiwane rewolucje mogłyby zmieni podstawowy obraz materii, lecz, jak była o tym mowa, ich wpływ na teorie opisuj ce dobrze poznane struktury, takie jak atomy, molekuly i kryształy, byłby nikły. Fizycy przełomu XIX i XX wieku byli w przeciwniej sytuacji. Mogli wprawdzie wierzy , tak jak cytowany nauczyciel Plancka, e poznali podstawowe składniki i własno ci materii, lecz w prawie ka dej teorii szybko dochodzili do jej granic, napotyka c pytania, na które nie było odpowiedzi, w nawet nie było wiadomo, jak odpowied tak uzyska . We my dla przykładu teorii atomow .

Udowodnienie, e wszystkie makroskopowe obiekty fizyczne składaj si z atomów było chyba najwi kszym sukcesem nauk przyrodniczych XIX wieku i ukoronowaniem klasycznego okresu ich rozwoju. Atomowa teoria budowy materii stała si podstaw chemii, fizyki statystycznej, teorii cieczy i ciał stałych, termodynamiki. Tablica Mendelejewa dawała kompletn klasyfikacj wszystkich mo liwych rodzajów pierwiastków, dziel c je na rodziny o podobnych własno ciach. Dzi ki temu była ona podstaw teorii wszelkich reakcji chemicznych i powstaj cych w ich wyniku prostych zwi zków. Mogło si wydawa , e w dziedzinie chemii niczego wi cej nie potrzeba. Tymczasem wiedza o atomach była powierzchowna i niepełna. Przede wszystkim nie było wiadomo, jaka jest natura atomów, ich własno ci, takich jak warto ciowo i reakcji chemicznych. Uczeni nie wiedzieli, dlaczego atomy, ł cz c si w molekuly , wydzielaj ciepło i jaki jest mechanizm ich połącze . Naiwne, pochodz ce od Demokryta pogl dowe przedstawienie atomów jako bryłek o określonych kształtach, zaopatrzonych w wypustki i haczyki, za pomoc których ł cz c si w zespoły, nie wystarczało. Próbowano opisa atomy jako zawirowania eteru lub jako układy zło one z najprostszego atomu wodoru, lecz modele te nie dawały dobrych wyja nie ani przewidywa . Ponadto tablica Mendelejewa była odgadni ta, nie było wiadomo, dlaczego istniej określone rodziny pierwiastków. Podsumowuj c t sytuacj mo na stwierdzi , e teoria atomowa była dobrym punktem wyj cia dla teorii wyszych szczebli budowy materii, lecz sama wymagała gł bszego wyja nienia, które dała

kwantowa teoria atomów. Czy w tej sytuacji teza o końcu fizyki i chemii nie była naiwną przesadą? Tym bardziej, że w tym okresie fizycy poznali przemiany jądrowe i wiedzieli, że z atomów wydzielają się różne rodzaje promieniowania. Ponadto wiadomo było, że procesy emisji promieniowania zmieniają rodzaj atomu.

Podobne podstawowe braki miały inne teorie. Na przykład klasyczna termodynamika dobrze tłumaczyła ciepło właściwe gazów i cieczy, natomiast zawodziła przy opisie ciał stałych. W mechanice statystycznej trwały w tym okresie spory dotyczące jej teoretycznych podstaw. W astronomii nie było wiadomo, skąd pochodzi ogromne ilości ciepła, dzięki którym gwiazdy zachowują wysoką temperaturę przez miliony lat. Dzięki budowie coraz lepszych teleskopów uczeni odkrywali inne galaktyki i powoli uświadomiali sobie ogrom kosmosu. Oprócz kilku dobrze opracowanych i poznanych teorii, takich jak mechanika i elektrodynamika, wiarygodnych teorii fizyki była w tym czasie w stanie szybkiego rozwoju lub poważnego kryzysu i dzisiaj, patrząc wstecz, można łatwo stwierdzić, jak potrzebne były istotne zmiany i nowe teorie. Obecnie, oprócz fizyki cząstek i kosmologii, potrzeby takiej nie ma. Z tego powodu porównywanie obecnej sytuacji fizyki z sytuacją sprzed stu lat jest mało przekonujące i nieuzasadnione.

Pora na uwagi końcowe. Zdaj sobie sprawę z tego, że zaprezentowane przeze mnie stanowisko w sprawie perspektyw istotnych zmian fizyki współczesnej nie jest popularne. Sformułowana przez Th. Kuhna pół wieku temu teoria rewolucji naukowych głęboko zmieniła filozofię nauki, prowadząc do zmian w koncepcji prawdy naukowej i do wzrostu znaczenia antyrealizmu. Skrajne poglądy antyrealistyczne, typu anarchizmu metodologicznego Feyerabenda, nie są jednak zgodne z przekonaniem uczonych i sytuacją w naukach przyrodniczych, które coraz bardziej stabilizują się. W rezultacie realizm w bardziej wyrafinowanej postaci zyskuje na znaczeniu, a o potrzebie rewolucji w dobrze potwierdzonych i rozwiniętych dziedzinach nauki mówi się coraz mniej. Dokładne badania historyczne pokazały, że najbardziej znane rewolucje naukowe, powstanie fizyki relatywistycznej i kwantowej, nie były wcale takie 'rewolucyjne', jak twierdzili zwolennicy Kuhna; że było w nich obecne nawet zaniechanie do fizyki klasycznej. Rozwój nauki nie jest ani cał-

kowicie kumulatywny i zachowawczy, ani z konieczności przerywany rewolucjami. Rewolucje zachodzą wtedy, gdy uczeni dochodzą do zjawisk istotnie nowych. Wydaje się, że zjawisk takich w obecnej nauce jest coraz mniej.

Prognozy na temat rozwoju wiedzy są zawsze ryzykowne i wbrew sformułowanym powyżej wnioskom mogą dojść do rewolucji, której zasięgu i głębi nie potrafimy sobie obecnie wyobrazić. Celem tych rozważań była ocena, na ile rewolucji tak można przewidzieć na podstawie aktualnego stanu wiedzy o przyrodzie. Wiedza ta staje się coraz bardziej kompletna i stabilna, a miejsca dla głębszych zmian jest w niej coraz mniej. Teza o zbliżającym się końcu nauki jest coraz lepiej uzasadniona.

Literatura:

Horgan J., 1999, *KONIEC NAUKI czyli o granicach wiedzy u schyłku ery naukowej*, przełożył Michał Tempczyk, Prószyński i S-ka, Warszawa.

Planck M., 2003, *NOWE DROGI POZNANIA FIZYCZNEGO A FILOZOFIA*, przełożył Kazimierz Napiórkowski, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa.

Summary

The XX century was a period of rapid changes in physics, chemistry and biology. The process of their development is now continuing. The question appears what are the limits of the conceptual and experimental development of natural sciences. The analysis of the present state of science shows, that most of its fields are stable and almost complete. Inside them there is no need nor place for revolutionary changes. Only elementary particle physics and cosmology are now in the period of deep crisis therefore scientists try to formulate new revolutionary theories. Such theories would change the general scientific picture of the material world, however their influence on other fields of science would be rather small. Science is aging and small part of it is creative and open to new ideas.

Key words: limits of sciences, revolutionary changes, new ideas.